



Guide méthodologie de conduite
d'un projet d'accès à l'eau potable et à
l'assainissement au Sénégal Oriental

Introduction

Les enjeux de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement

L'accès à l'eau potable et à l'assainissement sont deux conditions essentielles à l'atteinte des objectifs du millénaire et à la réduction de la pauvreté.

Au Sénégal, les chiffres témoignent des efforts qu'il reste à accomplir:

- Sur le plan hydraulique, le taux d'accès à l'eau en milieu rural est passé de 56 % en 2000 à 64 % en 2004. Cependant ces taux cachent des disparités énormes : seulement 35 % des ménages ruraux ont accès à l'eau des bornes fontaines, mais ils consomment à peine 20 litres par jour et par personne.
- Sur le plan de l'assainissement, 28 % des ménages en milieu rural ne disposent d'aucun système d'évacuation des excréta, alors que la plupart des ménages sont équipés de latrines traditionnelles ne répondant pas aux normes internationales.

Au regard de cette situation problématique, notamment en milieu rural, et pour inverser la tendance, l'Etat est tenu de « *mettre en place de manière soutenue une politique économique et sociale permettant de relever significativement ses performances socio-économiques et de placer le pays sur un sentier de développement humain durable* ».

Pour ce faire, les pouvoirs publics, avec l'appui des bailleurs de fonds et du secteur privé, dont les ONG nationales et internationales, ont défini des axes stratégiques pour l'accé-

lération de la promotion de l'accès à l'eau et à l'assainissement et ont élaboré, en 2005, le Programme d'eau potable et d'assainissement du millénaire (Pepam).

Il repose sur le principe que seule la conjugaison des efforts de l'État, de la société civile, des collectivités locales, des ONG, du secteur privé et des partenaires au développement permettra d'atteindre les objectifs du millénaire pour le développement.

En milieu rural, le Pepam s'est assigné les objectifs suivants:

- Assurer l'approvisionnement durable en eau potable de 2,3 millions de personnes supplémentaires et faire passer le taux d'accès des ménages ruraux à l'eau potable de 64 % en 2004 à 82 % en 2015.
- Permettre à 355 000 ménages ruraux de s'équiper d'un système autonome d'évacuation des excréta et des eaux usées ménagères, et faire passer le taux d'accès à l'assainissement en milieu rural de 17 % en 2004 à 59 % en 2015.
- Assurer l'assainissement des principaux lieux publics des communautés rurales par la réalisation de 3 360 édifices publics.

Ces objectifs devront être atteints par la mise en œuvre des différentes composantes du Programme: des infrastructures d'eau potable, des infrastructures d'assainissement et un cadre unifié d'interventions.

Les interventions du GRDR

C'est dans ce cadre que le GRDR conduit, depuis 2008, deux programmes d'accès à l'eau potable et à l'assainissement. Une méthodologie d'action a été développée en proposant, en plus des réalisations matérielles (forages et puits), de nombreux outils de diagnostic, et en insistant sur la dimension sociale afin de garantir l'appropriation des projets par les populations locales.

Le contenu de ce guide vise à combler un vide documentaire dans la zone de socle au Sénégal oriental, tout en proposant aux acteurs qui interviennent dans le domaine de l'eau et de l'assainissement une méthodologie d'action et un retour sur des expérimentations déjà entreprises. Il doit permettre aux acteurs locaux, bailleurs, prestataires de services, acteurs de l'eau, coopérations décentralisées et associations de migrants de cibler précisément ce qu'il convient de mettre en place selon le village et la zone.

Il s'articule en 7 parties

- 1 Les partenaires institutionnels P.06
- 2 La méthodologie d'intervention P.09
- 3 Le contexte géographique et hydrogéologique P.18
- 4 L'accès à l'eau potable dans la zone de socle au Sénégal oriental P.25
- 5 La réalisation d'infrastructures d'accès à l'eau potable (AEP) P.30
- 6 La recharge des nappes alluviales P.39
- 7 Le SIG AgepaBase P.48

AGEPA

Accès et Gestion de l'Eau Potable et de l'Assainissement 2008-2011

LOCALISATION	FINANCEMENT
Communautés rurales Gabou, Moudéry (département de Bakel), Aouré, Bokiladji et Orkadiéré (département de Kanel)	Facilité ACP-UE pour l'eau et l'assainissement de 2006 l'Agence Française de Développement France Volontaire Collectivités locales

RÉSULTATS ATTENDUS

- Les 20 villages les plus défavorisés de la zone sont dotés d'infrastructures adaptées et disposent d'une alimentation en eau suffisante.
- 30 litres d'eau par jour et par personne.
- 12 FMFT sont réalisés et fonctionnels avec un dispositif de gestion et de pérennisation du système.
- 7 puits hydrauliques sont réalisés et fonctionnels.
- 39 latrines publiques sont construites, fonctionnelles et bien entretenues dans 28 écoles.
- 8 structures de santé et 3 marchés hebdomadaires.
- 30 maçons sont équipés et formés en techniques de construction de latrines VIP.
- 155 familles sont dotées de latrines familiales adéquates et fonctionnelles dans les cinq communautés rurales.
- Au moins trois opérateurs privés en gestion et maintenance des infrastructures hydrauliques officient dans la zone.
- Les 20 ASUFORS existantes dans la zone sont formés et assurent correctement leurs missions.
- Dans la zone expérimentale, plus de la moitié des puits et forages qui tarissaient sont réapprovisionnés en eau toute l'année.
- Les cinq communautés rurales disposent chacune d'un PLHA.
- Les résultats de l'action sont capitalisés et diffusés.
- Une base de données cartographique est implantée dans les services régionaux de l'hydraulique, dans les brigades des puits et forages et dans les Agences régionales de développement. Des atlas papier et des posters A0 des infrastructures hydrauliques sont diffusés dans les maisons communautaires au niveau de CR. Un site internet permet une diffusion large de cette information.

Intermédiation sociale du projet « 150 forages dans la zone de socle »

Mission d'intermédiation sociale (MIS) du Programme économique régional (PER) de l'UEMOA 2011

LOCALISATION
15 communautés rurales des régions de Matam et Tambacounda, 150 villages
FINANCEMENT
UEMOA - AGETIP - Ministère de l'Hydraulique du Sénégal
RÉSULTATS ATTENDUS
<ul style="list-style-type: none"> • Réalisation des études du milieu sur l'ensemble de la zone du projet • Élaboration de 150 dossiers communautaires (un dossier par village)

1

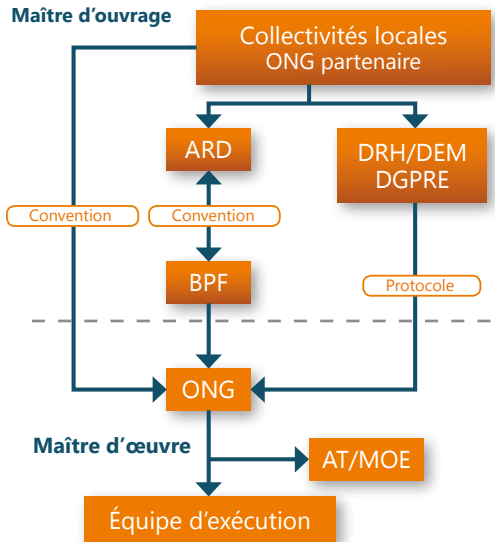
Les partenaires institutionnels

La zone de socle est partagée entre les régions de Matam, de Tambacounda et la nouvelle région de Kédougou. Plusieurs instances étatiques et services techniques sont compétents pour instruire des projets d'Accès à l'eau potable.

Divisions Régionales de l'Hydraulique (DRH)

Les Divisions Régionales de l'Hydraulique de Matam et Tambacounda jouent le rôle d'assistant à la maîtrise d'ouvrage des projets d'hydraulique, pour le compte des collectivités locales notamment. Le rôle des DRH dans la mise en œuvre des sous-projets eau et assainissement portera essentiellement sur:

- l'appui à la planification des sous-projets;
- la validation des options techniques retenues,
- l'appui à la maîtrise d'ouvrage des sous-projets d'extension de réseau d'eau potable, de réhabilitation de puits et de renouvellement d'équipements d'exhaure,
- la participation aux phases critiques d'im-



plantation, de contrôle des travaux de superstructures et forage,

- la participation à la réception des ouvrages finis, au suivi et à la maintenance des équipements.

Ces différentes formes d'appui peuvent s'effectuer dans le cadre de Conventions d'assistance à la maîtrise d'ouvrage ou de Délégation de la maîtrise d'ouvrage spécifique aux sous-projets eau et assainissement.

Les Brigades des puits et forages (BPF)

Au niveau départemental, les BPF sont des structures déconcentrées de la Direction de l'Exploitation et de la Maintenance. Elles interviennent en accompagnement de la mise en œuvre et en aval en termes de suivi et prestation de maintenance des systèmes d'exhaure, des ouvrages de captage (puits, forages, contre-puits) et des réseaux de distribution d'eau potable.

Les BPF assurent le dépannage des forages. Les dépenses liées à ces interventions sont à la charge des populations (frais de carburant et déplacement des équipes de maintenance, achat ou remboursement des pièces usagées et de rechange, prise en charge des repas de l'équipe intervenante).

Les BPF assurent le suivi de l'exploitation, la collecte des données de fonctionnement (rapports techniques) et d'exploitation-gestion (rapports financiers). Lors de ses interventions de dépannage des forages

ou des visites de routine, l'équipe de la BPF (contremaître, électromécanicien, chef de brigade) procède au suivi des activités du conducteur et à un appui-conseil technique ponctuel.

La BPF supervise les travaux sur le réseau (extension, densification, branchements privés) dont la maîtrise d'ouvrage est assurée par les ASUFOR qui ont en charge :

- l'appui à l'organisation et à la formation des usagers,
- l'appui à la contractualisation de la maintenance,
- l'appui à l'identification de sous-projets de réhabilitation de puits ou forages, de renouvellement d'équipements d'exhaure et de traitement et d'extension-densification de réseaux de distribution.

Les Agences Régionales de Développement

Depuis 1996, avec le transfert progressif des compétences aux élus, la région, jusque-là entité administrative déconcentrée, est devenue une collectivité locale de type intermédiaire entre la base (communautés rurales et communes) et le sommet (administration centrale). Pour une plus grande efficacité, le gouvernement a voulu mettre en place des structures de planification et d'exécution à la disposition de ces collectivités locales : ce sont les ARD.

Celles-ci ont des rôles d'assistance technique aux collectivités locales, de planification et d'orientation pour un développement harmonisé et harmonieux au niveau local et régional. Plus spécifiquement, l'ARD appuie les communautés rurales, qui sont souvent bénéficiaires de micro-projets eau et assainissement, dans la réalisation des documents de planification locale (PLD), des documents de planification en eau et assainissement (PLHA), et dans la définition des priorités

annuelles d'investissement (PAI/PIC).

Les ARD participent également aux séances publiques d'orientation des budgets des communautés rurales et veillent à l'inscription des apports des CR dans leur budget, notamment pour les projets étatiques mis en œuvre dans le cadre du PNDL (Programme national de développement local).

De plus, les ARD peuvent être partenaires ou associées dans le cadre de la conception et de la mise en œuvre des projets au bénéfice des communautés rurales. Au moment de la mise en œuvre, les agents des ARD peuvent participer aux études de diagnostic, aux formations et aux évaluations des programmes d'eau et d'assainissement.

Les communautés rurales

Les communautés rurales sont des personnes morales de droit public. Elles sont dotées d'une personnalité juridique et d'une autonomie financière, selon le code des collectivités locales. Elles sont dépositaires de compétences transférées pour lesquelles les moyens font défaut. Elles conduisent le processus de planification et de priorisation des actions en leur sein avec l'appui des ARD et des autres acteurs comme les ONG.

Elles procèdent, sur la base des priorités exprimées dans les documents de planification, à la recherche de partenaires et de financement pour les actions retenues. Dans la conception des documents de projets, elles peuvent s'engager à être partenaire simple, cofinanceur ou les deux à la fois. Dans la mise en œuvre des micros-projets, les communautés rurales participent à tout le processus: depuis la conception du projet jusqu'à l'évaluation des actions.

Les autres institutions

Liste non exhaustive des institutions qui ont participé à des projets d'accès à l'eau potable dans la zone de socle:

- UNICEF
- UEMOA
- GREC
- JICA (coopération japonaise)
- AGEPA.

2

Méthodologie d'intervention

Introduction

Le GRDR (qui fêtait ses 40 ans en 2010) est présent dans la zone du bassin du fleuve Sénégal depuis plus de trente ans.

Cette présence confère à l'ONG une bonne connaissance des acteurs locaux et la reconnaissance du GRDR par ceux-ci. En outre, la présence transfrontalière (le GRDR est présent le long du fleuve au Sénégal, en Mauritanie et au Mali) et le travail étroit avec les associations de migrants en France permet une cohérence des actions de développement local et assure leur durabilité.

Fort de cette connaissance, le GRDR a été chargé de deux projets dans le domaine de l'accès à l'eau potable :

- le projet Accès et gestion de l'Eau Potable et de l'Assainissement au Sénégal oriental (AGEPA) co-financé par l'UE et l'AFD,
- la mission d'intermédiation sociale du programme hydraulique villageois financé dans le cadre du programme économique régional de l'UEMOA.

Depuis 2007, le GRDR conduit qui s'inscrivent, d'une part, dans un contexte rural composite. Ils prennent en compte de nombreux facteurs sociaux et historiques qui sont aussi déterminants que les facteurs hydrologiques et techniques dans la mise en œuvre d'une bonne gestion de l'eau. La maîtrise de ces interactions complexes garantit la réussite des projets ainsi que de la pérennité dans le temps des réalisations.

D'autre part, les bonnes pratiques recommandent une bonne appropriation des projets par les populations afin d'assurer une bonne réussite. En effet, de nombreux acteurs sont intervenus dans cette zone dans le domaine de l'accès à l'eau au cours des dernières décennies, sans toujours prendre le temps d'impliquer les bénéficiaires dans leurs projets. Certaines expériences se sont soldées par des abandons qui ont laissé dans certains villages un climat de défiance à l'égard des partenaires au développement.

Le GRDR a donc pris le parti de consacrer une grande importance à l'ingénierie sociale en deux temps :

- la mise en place d'un dispositif complet de concertation pour favoriser le dialogue et la participation des habitants des villages concernés à chaque étape des projets,
- la réalisation de plusieurs enquêtes qui ont permis de connaître non seulement l'état des infrastructures existantes mais aussi le contexte social de l'usage de l'eau.

Les résultats montrent la pertinence et l'utilité de ce volet dans la conduite des projets de développement en général et des projets d'AEP en particulier. Cette stratégie a permis de procéder à des réadaptations du projet initial et à revoir certains choix techniques. Ce travail a également mis en avant certaines situations où il était préférable de réhabiliter les infrastructures existantes plutôt que d'en implanter de nouvelles.

Dispositif de concertation

Pour asseoir les projets d'accès à l'eau potable dans les CR de la zone d'intervention, l'équipe AGEPA a appuyé la mise en place de dispositifs de concertation fonctionnels afin de partager toutes les informations et de permettre aux populations bénéficiaires d'être présentes à toutes les étapes importantes du déroulement des actions.

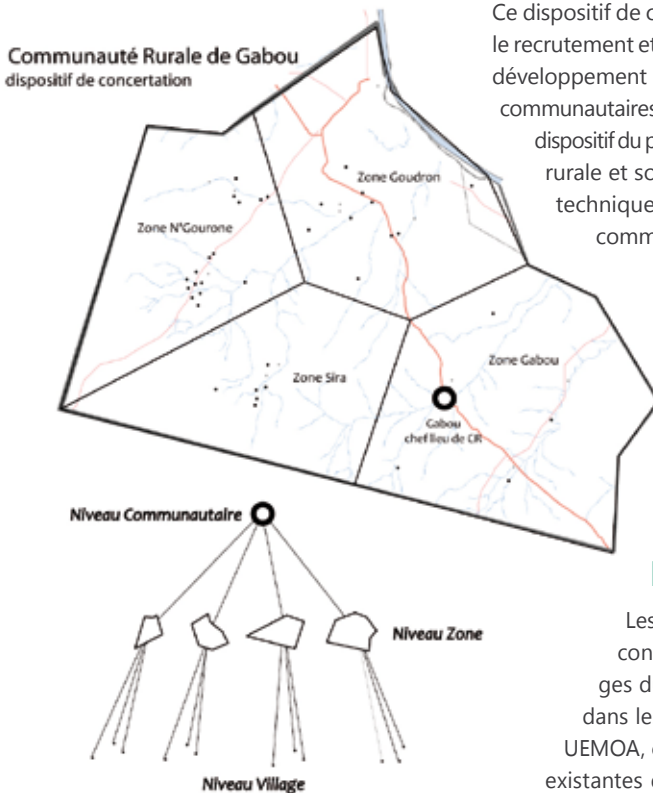
Dispositif multi-niveaux

Pour favoriser la concertation et le partage de l'information de façon ascendante (du village vers la communauté rurale) ou descendante (de la communauté rurale vers le village), ont été mis en place, dans chaque communauté rurale, des cadres de concertation à trois échelons: village (inférieur), zone (intermédiaire) et communauté rurale (faitière).

Le dispositif d'animation

Ce dispositif de concertation est complété par le recrutement et la formation d'animateurs de développement local et de relais villageois ou communautaires. Ces animateurs prolongent le dispositif du projet dans chaque communauté rurale et sont en même temps un appui technique des cadres de concertation communautaire.

Ces agents sont capables d'assurer la pérennité du processus et d'accompagner les communautés rurales dans la recherche de partenariats et l'élaboration de micro-projets de développement.

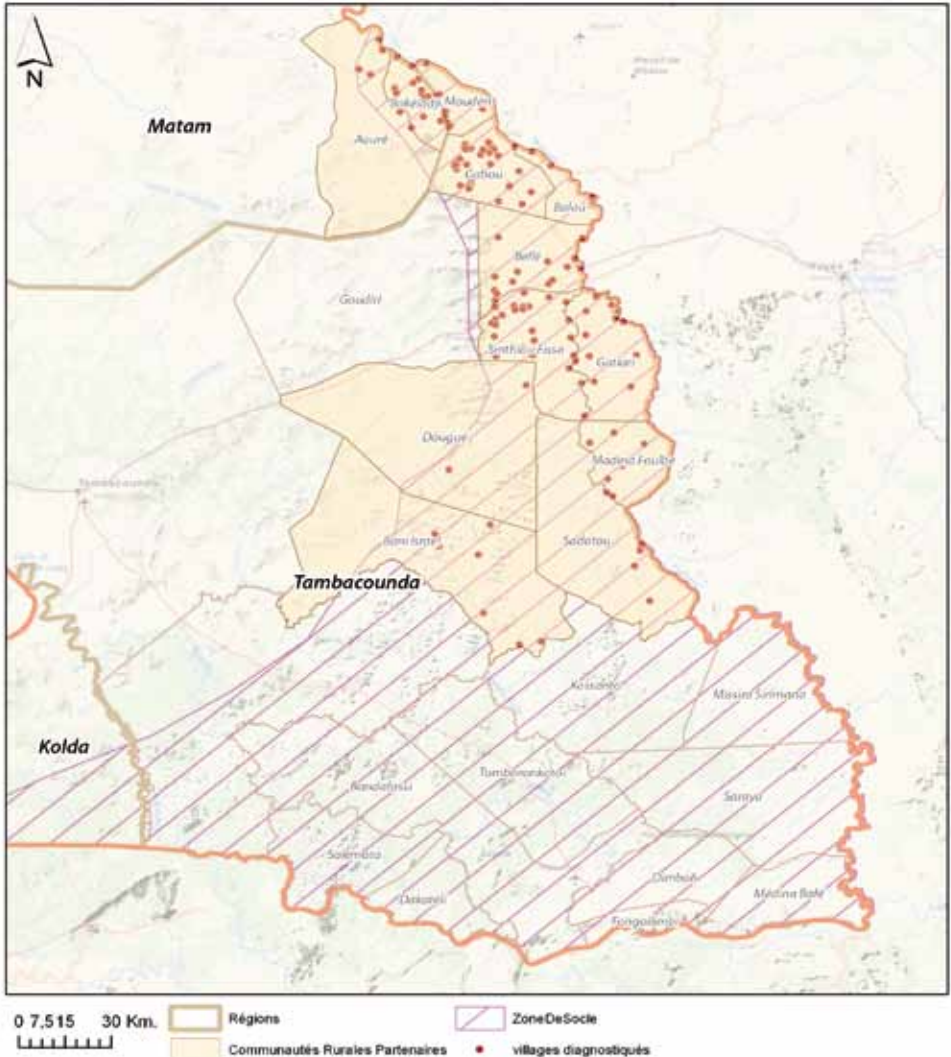


Enquêtes

Les diagnostics participatifs sont conduits dans plus de 300 villages du département de Bakel, puis dans les villages ciblés par le projets UEMOA, concernant les infrastructures existantes d'accès à l'eau potable et les usages de l'eau des habitants. Trois types

de diagnostics ont été réalisés et ont permis d'avoir une connaissance approfondie de l'accès à l'eau potable de chaque village mais également des réalités sociales (population, cheptel, infrastructures scolaires et de santé,

conflits latents, migrations importantes...) qui pourraient être des sources de faiblesses ou des points forts sur lesquels s'appuyer pour la bon déroulement du projet ainsi que pour sa pérennisation.



Assemblées communautaires

Des assemblées communautaires, organisées dans chaque village, permettent de mieux cerner les réalités sociologiques des usages de l'eau et de cerner les solutions à apporter pour assurer durablement l'accès à l'eau potable. Plusieurs thématiques sont abordées :

- la ressource disponible,
- les usages de l'eau,
- l'existence et le dynamisme des structures de gestion,
- la place des femmes et les impacts de la corvée d'eau,
- l'état de l'hygiène et de l'assainissement,
- le diagnostic des infrastructures hydrauliques,

Inventaire et état des puits ; forages existants

L'inventaire systématique des infrastructures d'accès à l'eau potable (puits et forages) communautaires et privées fournit des informations quantitatives précises sur leur nature et leur état.

Ces diagnostics dessinent une situation de référence actuelle et complète, disponible sous forme d'une base de données et d'un système d'information géographique. Cette base de données doit permettre aux services techniques de l'État, gestionnaires de l'eau, de connaître et de gérer efficacement le parc existant.

Un certain nombre de documents sont produits à partir de cette base de données. Pour chaque communauté rurale, les relevés sont cartographiés et des Atlas de l'état du parc sont édités.

Les données sont mises à disposition sur le site internet du projet : <http://grdr.org/agepa>

DIAGNOSTIC

Des assemblées sont organisées systématiquement dans les villages cibles du projet. Les données sont collectées sur le terrain à l'aide de plusieurs questionnaires élaborés selon les besoins du projet AGEPA et les attentes des différents services techniques. L'élaboration de ces questionnaires a fait l'objet de plusieurs étapes : *conception d'une grille préliminaire, validation sur le terrain avec un échantillon réduit de villages, réajustements, validation par les partenaires et finalisation.*

Les enquêtes sont réalisées sur le terrain par des équipes de deux animateurs relais, recrutés dans les Communautés Rurales en fonction de leur bonne connaissance de la zone. Ils ont suivi des séances de formation à l'animation, à l'usage des questionnaires, à la collecte de coordonnées géographiques par GPS. Des séances pratiques d'animation sur le terrain, encadrées par les membres de l'équipe AGEPA, ont complété ces formations. Pratiquement, les enquêtes se déroulent sous la forme d'une assemblée villageoise à laquelle est convié l'ensemble des couches socio-démographiques : hommes, femmes, jeunes. Les responsables des infrastructures sanitaires et scolaires, des associations des parents d'élèves ainsi que des représentants des organisations communautaires de base participent également à l'assemblée. Les questionnaires sont administrés de façon participative aux personnes concernées. Simultanément, une fiche d'enquête est remplie pour chaque infrastructure hydraulique du village, puits ou forage, privée ou publique.



Projet AGEPA
Accès et Gestion de l'Eau Potable et de l'Assainissement



Fiche d'inventaire des Puits

Date Enquêteur

Nom du village Nom de la CR

1. Identification.

1.1 Type de puits <input type="radio"/> Moderne <input type="radio"/> Traditionnel <input type="radio"/> Autre	1.2 Usage <input type="radio"/> Public <input type="radio"/> Privé	1.5 Distance au village <input type="text"/>	1.6 Date de réalisation <input type="text"/>
1.3 Si Autre, Précisez <input type="text"/>	1.7 Coordonnées N <input type="text"/>		
1.4 Dénomination <input type="text"/>	1.8 Coordonnées W <input type="text"/>		

2. Infrastructures hydrauliques.

2.1 Aménagements <input type="checkbox"/> Mairie HT: <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Dalle anti-bourbillon <input type="checkbox"/> Couverture <input type="checkbox"/> Pompe <input type="checkbox"/> Abreuvoirs <input type="checkbox"/> Bornes fontaines <input type="checkbox"/> Potence à Charette <input type="checkbox"/> Réservoir au sol <input type="checkbox"/> Châneau d'eau <input type="checkbox"/> Adduction autres villages <input type="checkbox"/> Périmètres irrigués <input type="checkbox"/> Autre: <input type="text"/>	2.2 (Tit & Caractéristiques) <input type="radio"/> Bon <input type="radio"/> Moyen <input type="radio"/> Mauvais <input type="radio"/> Fonctionnelle <input type="radio"/> Non fonctionnelle Nombre <input type="text"/> Nombre <input type="text"/> <input type="radio"/> Bon <input type="radio"/> Moyen <input type="radio"/> Mauvais Volume <input type="text"/> Volume <input type="text"/> N° de villages <input type="text"/>	2.3 fonctionnalité de l'ouvrage <input type="radio"/> Fonctionnel <input type="radio"/> Abandonné <input type="radio"/> En panne <input type="radio"/> Non équipé <input type="radio"/> Autre: <input type="text"/> Combien d'années <input type="text"/>	2.5 Energie <input type="radio"/> Motorisé Humain <input type="radio"/> Motorisé Animal <input type="radio"/> Electrique <input type="radio"/> Thermique <input type="radio"/> Solaire <input type="radio"/> Eolienne
		2.4 Cause de la panne <input type="checkbox"/> Quantité insuffisante <input type="checkbox"/> Qualité insuffisante <input type="checkbox"/> Pompe en panne <input type="checkbox"/> Problème de recteur <input type="checkbox"/> Problème de tubage <input type="checkbox"/> Problème de maintenance <input type="checkbox"/> Autre: <input type="text"/>	2.6 Usage <input type="checkbox"/> Boisson, cuisine <input type="checkbox"/> Vaisselle, linge, toilette <input type="checkbox"/> Elevage <input type="checkbox"/> Maraîchage <input type="checkbox"/> Construction <input type="checkbox"/> Autre: <input type="text"/>

3. Ressource.

3.1 Profondeur (m) <input type="text"/>	Niveau statique <input type="text"/>	3.5 Goût de l'eau <input type="radio"/> Salé <input type="radio"/> Doux <input type="radio"/> Fâché
3.2 Débit <input type="radio"/> Présentié <input type="radio"/> Tarissement	3.6 Couleur <input type="radio"/> Claire <input type="radio"/> Trouble	
3.3 Nombre d'heures d'utilisation avant tarissement <input type="text"/>	3.7 Combien de villages utilisent cet ouvrage? <input type="text"/>	
3.4 Temps de recharge <input type="text"/>		
3.8 Observations complémentaires <input type="text"/>		

4. Gestion de l'ouvrage.

4.1 Organisation <input type="radio"/> Comité de gestion <input type="radio"/> ASU/FOR <input type="radio"/> Autre: <input type="text"/>	4.2 Fonctionnalité de l'organisation <input type="radio"/> Fonctionnelle <input type="radio"/> Non Fonctionnelle	4.3 Raisons: <input type="text"/>
4.4 Fréquence des réunions <input type="radio"/> hebdomadaire <input type="radio"/> mensuelle <input type="radio"/> trimestriel <input type="radio"/> jamais		
3.7 Prix de l'eau <input type="text"/>	3.8 Unité de mesure <input type="text"/>	
3.9 Projets en cours, idées. <input type="text"/>		

Diagnostic technique

Enfin, le dernier type de diagnostic est réalisé en partenariat avec services de la maintenance et de l'hydraulique au niveau régional et les agents des BPF. Effectué sur l'ensemble des villages concernés par le projet AGEPA, ils ont mis en évidence avec précision les caractéristiques techniques des forages, l'état des équipements ainsi que les types de réparation nécessaires pour la remise en

marche de certains types d'ouvrages.

Dotés d'un lot de pièces de rechange financées par le projet, les agents des BPF ont pu procéder au remplacement de certaines pièces défectueuses ou manquantes au fur et à mesure de l'avancée des relevés de terrain, ce qui a considérablement réduit le taux de pannes dans la zone du projet depuis l'hivernage 2009.

Structures de gestion

Pour garantir la pérennité des infrastructures d'accès à l'eau potable, la méthodologie proposée par le GRDR insiste sur la sensibilisation des populations aux aspects organisationnels à mettre en œuvre en accompagnement des réalisations proprement dites. En effet, la majeure partie des villages de la zone de socle est dépourvue de structures formelles de gestion des points d'eau. Avant les projets AGEPA et UEMOA, les migrants étaient la principale source de financement en cas de dysfonctionnement de ces infrastructures. Cela a souvent

conduit à des réparations tardives, certains forages restant en panne durant plusieurs années. Dans chaque village concerné par le projet, un dispositif complet de gestion et de maintenance des ouvrages a été mis en place. Du suivi des chantiers à la formation d'artisans réparateurs locaux en passant par la gestion de l'accès au point d'eau, le recouvrement des cotisations ou la petite maintenance, les usagers de chaque infrastructure sont maintenant intégrés à l'entretien et à la préservation des points d'accès à l'eau potable.

EXEMPLE DE MANTHIABOU



Situation: dans le village de Manthiabou, le projet AGEPA prévoit l'implantation d'un forage PMH.

La phase de diagnostic révèle l'existence de 3 forages récents mais non fonctionnels. Il en ressort que le problème d'accès à l'eau est lié à des insuffisances dans la gestion des ouvrages: manque d'entretien et non protection des abords des ouvrages, mauvais recouvrement des cotisations.

Le diagnostic technique révèle que deux ouvrages peuvent être réhabilités. En concertation avec les instances locales, la décision est prise de réhabiliter les anciens ouvrages. Des mesures d'accompagnement des usagers et un comité de gestion sont mis en place. La sensibilisation au prix de l'eau et l'ouverture d'un compte bancaire permettent de bénéficier d'un fonds de roulement pour les opérations de maintenance.

Résultats: Deux forages sur trois réhabilités et fonctionnels. Un comité de gestion opérationnel.

AOURE : Infrastructures Hydrauliques & Accès à l'Eau Potable - 2009

Population : 26 565 personnes



Réseaux d'adduction d'eau

Nombre de réseaux : 4
 Nombre de localités desservies : 7
 Population desservie : 17 186

Localité	Population	Distance (km)	Statut
AOURE	26 565	0	Centre
BOUANE SALINA D'AOURE	1 000	10	Localité
BOUANE SALINA D'AOURE	1 000	10	Localité
BOUANE SALINA D'AOURE	1 000	10	Localité
BOUANE SALINA D'AOURE	1 000	10	Localité
BOUANE SALINA D'AOURE	1 000	10	Localité
BOUANE SALINA D'AOURE	1 000	10	Localité
BOUANE SALINA D'AOURE	1 000	10	Localité
BOUANE SALINA D'AOURE	1 000	10	Localité
BOUANE SALINA D'AOURE	1 000	10	Localité

Infrastructures Villageoises

Nombre de Puits : 109
 Nombre de Puits Privés : 7
 Nombre de Forages : 5

Forages à Pompe Manuelle

Fonctionnalité : 80 %
 Périmètre : 51 %



Puits Modernes

Fonctionnalité : 90 %
 Périmètre : 47 %



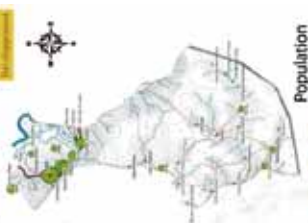
Disponibilité en eau et temps de recharge (en minutes)



Profondeur des Puits (en mètres)



Végétation



Population



Types de sols

Type de sol	Description
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...

Sources :

Partenaires financiers :

Plus d'informations et détail de chaque infrastructure : <http://gdrd.org/agepa>

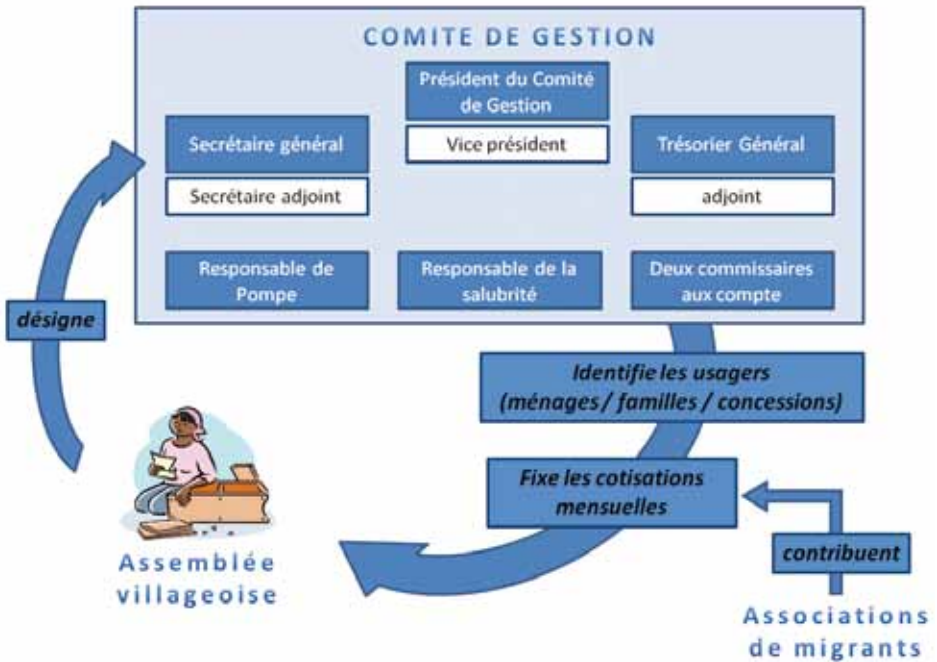
Comité de gestion

Dans chaque village, un comité de gestion est mis en place en accord avec les populations. Ces comités définissent des règles de fonctionnement et d'accès au point d'eau et sensibilisent les populations aux enjeux d'une bonne gestion et d'une pérennisation des infrastructures hydrauliques. Une cotisation est demandée et une caisse dédiée l'entretien des infrastructures est ouverte.

Les membres des comités sont formés à la gestion administrative, organisationnelle et financière pour mieux prendre en charge la

gestion des forages. Ils sont également sensibilisés, à travers des séances d'IEC, à l'hygiène et à l'assainissement afin de préserver la santé des populations.

Quand de nouveaux ouvrages sont implantés, le comité de gestion est également compétent pour suivre le chantier, ceci afin de mieux impliquer les bénéficiaires. Suivi rapproché et pérennisation des ouvrages restent en filigrane. Pour une plus grande efficacité, les comités sont formés aux techniques du génie civil, au suivi des travaux de maçonnerie, etc.



Ce dispositif permet une remontée rapide de l'information du chantier vers l'unité de coordianction du projet pendant les travaux et facilite les missions de suivi sur les sites.

En parallèle au comité de gestion, un dispositif d'intervention doit également être mis en place afin d'assurer la maintenance et les réparations

des ouvrages pour une prise en charge rapide, rapprochée et efficace des pannes.

Ainsi, chaque comité de gestion est doté d'un responsable de pompe qui est chargé des « soins primaires » à la pompe: resserrer un boulon, graisser, fermer et ouvrir aux heures de paysage, etc.

Artisans réparateurs

Pour renforcer le dispositif de maintenance de proximité, la méthodologie proposée passe également par la formation d'artisans réparateurs locaux. À l'échelle des communautés rurales, ils sont formés pour intervenir à un niveau intermédiaire sur certaines pannes ne nécessitant pas l'utilisation de gros moyens ni de gros montants d'argent.

Ces artisans réparateurs travaillent directement en rapport avec le comité de gestion du forage sous l'autorité des BPF, qui restent les référents techniques pour les pannes les plus lourdes.

ÉCHELLE DÉPARTEMENTALE	Brigade des puits et forages <i>Réparations lourdes</i>
ÉCHELLE ZONALE	Artisan réparateur <i>Réparations au niveau de la pompe. doté d'un outillage approprié</i>
ÉCHELLE VILLAGEOISE	Responsable de pompe <i>Maintenance quotidienne & petites réparations. Doté d'une boîte à outils et de pièces de rechange</i>

Les systèmes de cotisation varient en fonction des villages et des niveaux de revenu. La démarche la plus reccurrente est la suivante: la détermination des droits d'adhésion (de 500 à 1000 francs CFA), la détermination de la cotisation mensuelle (par concession, ménage, canari ou femme mariée). D'autres types de revenus sont souvent tirés de la participation des migrants, de la collecte de pénalités en cas de violation des règles de fonctionnement du comité et des produits de vente de l'eau à certaines catégories d'usagers (non résidents du village) ou pour certains usages économiques tels que la confection de briques ou le maraîchage.

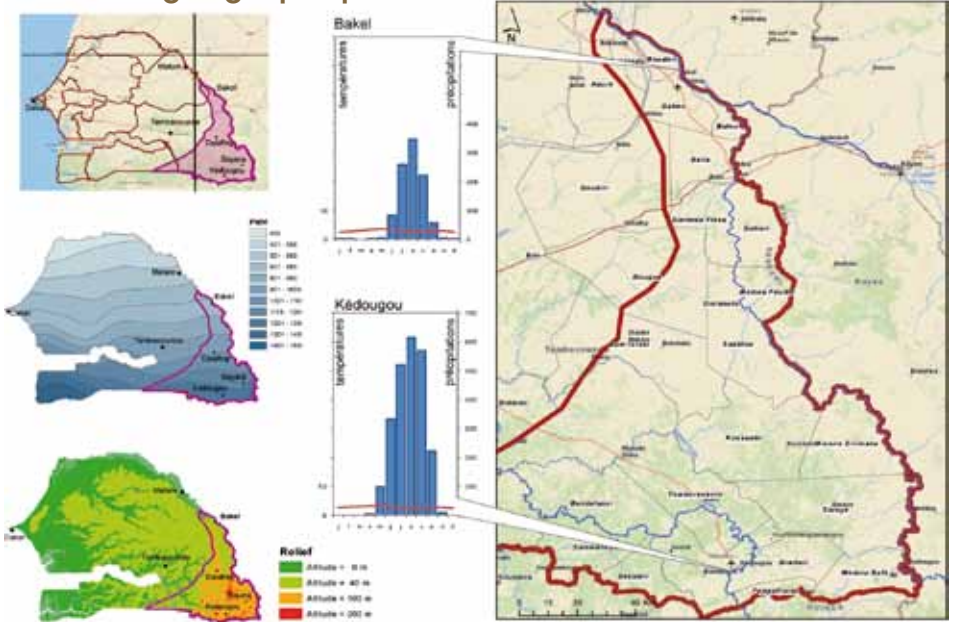
Ces fonds constitués financent les charges de fonctionnement, d'entretien et de réparation du forage. L'expérience dans le cadre du projet AGEPA a montré qu'il est possible, à travers une bonne approche d'ingénierie sociale, de réussir à mettre en place un dispositif de gestion fonctionnel des ouvrages. Un des facteurs de bonne gestion est effectivement la disponibilité de fonds propres : certains comités sont ainsi arrivés à ce jour à avoir des réserves de plus de 200 000 f CFA dans leur caisse alors qu'ils ont commencé à exister courant 2009.

3

Typologie de la zone

La zone de socle

Contexte géographique



Situation

La zone de socle au Sénégal oriental correspond à l'espace situé entre la frontière Sénégal-guinéenne au sud, la rivière Falémé et le fleuve Sénégal à l'ouest, et la fin du bassin

sédimentaire sénégal-mauritanien à l'est. Sur le plan administratif, la zone de socle couvre une partie de la région de Matam, la région de Tambacounda et de Kédougou.

Relief

D'une altitude comprise entre 40 et 200 mètres, la zone de socle est la région la plus élevée du Sénégal. Elle est formée de vastes glaciais

dominés localement par des buttes cuirassées (MICHEL, 1974). Ces surfaces sont souvent couvertes d'un épais manteau latéritique,

cuirassé ou non, qui masque les formations géologiques originelles (DIOUF, 1999).

La région de Bakel est marquée par des guirlandes de buttes allongées et de crêtes rocheuses. Le sommet de ces buttes est plat,

constitué de vestiges de carapace fissurés. Les reliefs sont plus marqués au Sud, constitués par la chaîne des collines Bassaris, les massifs des roches vertes de Mako et Bransan, ou les anciens reliefs volcaniques de Baraboye et Ndébou. (CAMUS & DEBUISSON, 1964).

Climat

Du Sud au Nord, la zone de socle est caractérisée par un gradient climatique provenant du domaine soudanien et se dégradant progressivement en un climat de type sahélo-soudanien dans les environs de Bakel. La saison des pluies, en liaison avec le battement du front intertropical, s'étend au Sud sur 6 mois (mai à octobre, avec un maximum en août). La pluviosité est de l'ordre de 1 100 mm à Kédougou. Au Nord, la mousson ne dure pas plus de quatre mois (de fin juin à mi-octobre, avec un maximum en

août). Les précipitations sont beaucoup moins importantes, avec une moyenne de 500 mm à Bakel. Les températures varient simultanément dans les deux zones, avec des maximums d'avril à juin. Cependant, le nord, balayé par l'Harmattan en saison sèche, est plus chaud avec des moyennes d'environ 42 °C. Les masses d'air sont très sèches, ce qui entraîne une évaporation intense. Le tarissement des mares et marigots y est plus précoce, avec la disparition de toutes eaux stagnantes dès janvier.

Hydrographie

La zone de socle est drainée par deux organismes fluviaux majeurs :

- le fleuve Sénégal et son affluent, la rivière Falémé, bordent la zone du sud au nord et récoltent les eaux de toute la partie est,
- le fleuve Gambie collecte les eaux de la partie sud-est de la zone et s'écoule vers l'ouest,

en direction de l'océan Atlantique.

Le réseau secondaire est très dense, constitué d'une multitude de marigots au cours très sinueux. Ces cours d'eau sont actifs durant les mois d'hivernage pour les plus gros, et seulement quelques heures après les précipitations pour les plus petits.

Végétation

La végétation de la zone est très variée. Dans le domaine sahélien, de grandes étendues nues ou couvertes d'une strate herbacée alternent avec des steppes arbustives, composées essentiellement de fourrés et épineux ainsi que de quelques baobabs.

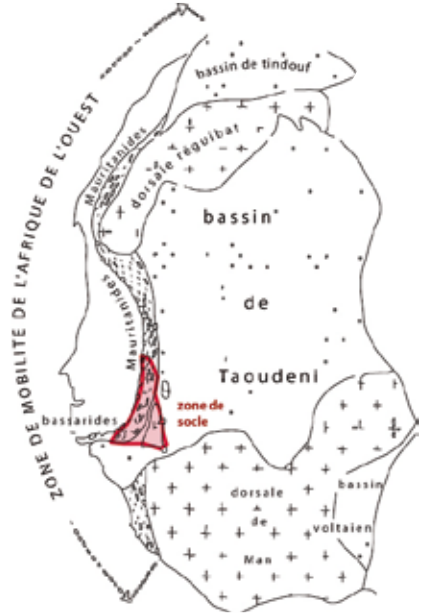
Vers le Sud, les steppes font place progressivement à des savanes arbustives puis arborées composées de petits arbres et arbustes ainsi que d'une strate herbacée très dense à la fin de la saison des pluies.

Structure géologique

Les formations birimiennes

L'est de la zone est formé par un vaste anticlinal érodé, formant la boutonnière de Kédougou-Kéniaba, composée d'une accumulation de roches basaltiques, produites par une activité volcanique intense, datée du Birimiens (~2000 Ma). La structure des terrains birimiens est modelée par une tectonique marquée par des couloirs de cisaillement orientés NNE à NE (MILESI, et al., 1986): la faille sénégalo-malienne et la 'Main Transcurrent Zone'(MTZ).

La boutonnière est divisée en trois principales unités stratigraphiques qui sont, d'Ouest en Est, le supergroupe de Mako, à dominante volcanique, le supergroupe de Dialé et le supergroupe de Daléma (BASSOT, 1966).



Les formations hercyniennes

Ces terrains correspondent aux restes de la chaîne hercynienne qui borde la façade Ouest du craton africain et qui s'étend du nord du Haut-Atlas jusqu'au Libéria. Au Sénégal, ils constituent deux chaînes d'âge différent: la chaîne des Bassarides (-800 à 660 Ma) au Sud et le prolongement de la chaîne des Mauritanides (-300 à 250 Ma) au Nord (VILLENEUVE, BONVALOT, & ALBOUY, 1990).

Les terrains sont composés de formations sédimentaires et métamorphiques, principalement des schistes et grès à quartzites. Ces formations géologiques ont connu de nombreux plissements et compressions qui ont donné

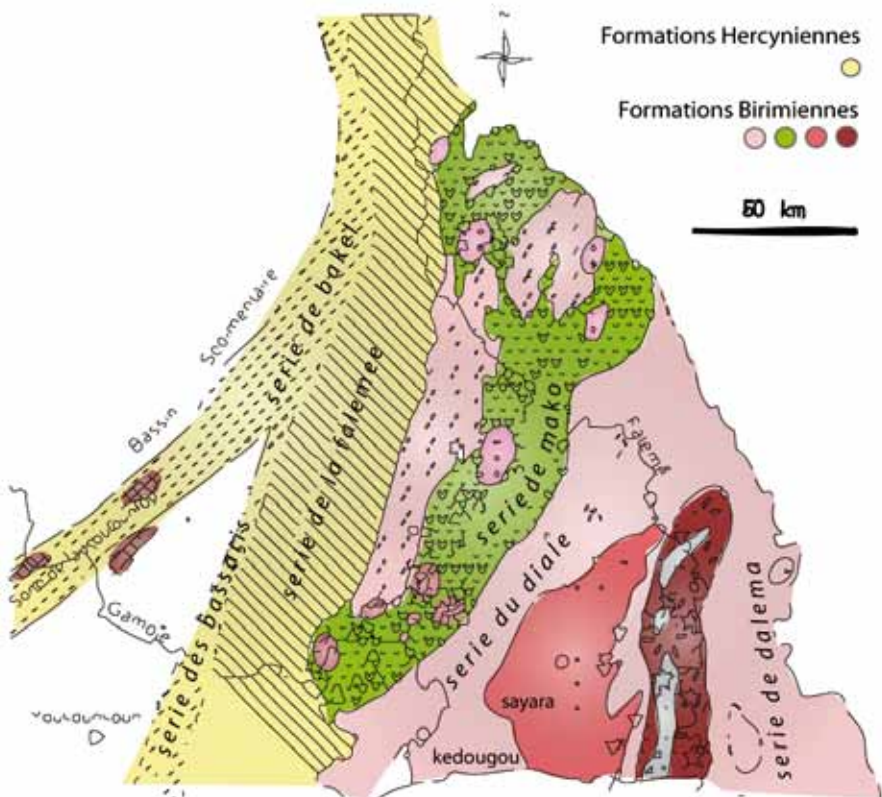
naissance à des massifs hétérogènes et à un intense réseau de fissuration, principalement durant la phase hercynienne (-300 Ma).

La zone est affectée par une tectonique cassante polyphasée mais surtout par une tectonique souple marquée par des plissements isoclinaux serrés, souvent redressés. L'ensemble donne lieu à des filons et de nombreuses lentilles de quartz avec un pendage de 30 à 70° ouest.

Les quartzites constituent des guirlandes de buttes allongées et de crêtes rocheuses orientées SO/NE, au commandement de 50 à

80 mètres. Le sommet de ces buttes est plat, constitué de vestiges de carapace fissurés. Les flancs à pentes fortes (20 à 50 %) sont très caillouteux, composés de grès et quartz. Aux pieds de ces buttes s'étend le bas glaciais (MICHEL, 1974), dégagé dans les schistes moins résistants à l'érosion. Ils autorisent la formation de petites vallées et plaines où s'inscrivent les lits des cours d'eau. Ces zones colluvionnaires à sol compact sont le

siège principal du ruissellement. Au moment des premières pluies, une mince couche très humide d'environ 2 cm se forme en surface empêchant l'eau de pénétrer en profondeur. Le ruissellement en nappe est alors intense, seulement freiné par les buttes enherbées qui alternent avec les zones nues. Dans ces zones, le ravinement est intense, favorisé par des chemins préférentiels (pistes, remblais, murets) perpendiculaires au drainage.



Roches métamorphiques



Cipolin

Quartzites

Schiste vert

Roches sédimentaires détritiques



Grès

Grauwackes

Pélites

Calcaires gréseux

La série de Mako à dominante volcanique forme une bande d'une trentaine de kilomètres de large orientée N-NE. Elle comprend des basaltes (pillow-lavas), des gabbros et des andésites. Les roches plus acides de type rhyolite et dacite sont plus fréquentes sur la bordure est de la série. Toutes ces roches volcaniques sont interstratifiées avec des roches volcano-sédimentaires et sédimentaires comprenant des grès, des grauwackes et quelque passées carbonatées. L'ensemble est métamorphisé dans le faciès des « schistes verts ». Des intrusions de deux types s'y sont successivement mises en place: le granite de Kakadian puis les intrusions granodioritiques post-tectoniques de type Bondoukou.

La série du Dialé est située entre la série de Mako et le granite de Saraya. Elle comprend essentiellement des roches d'origine sédimentaire. Se succèdent un ensemble carbonaté (cipolins, calcaires gréseux) et un ensemble franchement détritique de type flysch avec grauwackes, grès et pélites. Au sud-est de la série, se rencontrent des passées de roches vertes d'origine volcanique. La série serait chevauchée à l'ouest par la série de Mako. Elle est métamorphisée dans le faciès des « schistes verts », auquel vient s'ajouter un métamorphisme de contact en bordure du granite de Saraya.

La série de la Daléma est située à l'ouest du granite de Saraya et s'étend au-delà de la Falémé sur le territoire malien. Elle est composée d'un

ensemble de formations volcano-sédimentaires avec, d'ouest en est, une prédominance de pélites, de grauwackes puis de cipolins. L'ossature principale de la série est une mégastucture méridienne, anticlinale recoupée par la granodiorite de Boboti. La plupart des roches volcaniques sont de type andésite. C'est dans cette série que se situent les amas de fer de la Falémé, associés à des intrusions de microdiorites albitisées. Environ 30 % de la zone birimienne du Sénégal sont occupés par des granitoïdes. Bassot (1966) a distingué trois grands groupes:

- > Les granites de type Baoulé, batholites intrusifs, concordants, syn ou tardi-tectoniques; les granites de Badon-Kakadian, en bordure ouest de la série de Mako et le granite de Saraya appartiennent à ce groupe. Le granite de Badon est de type diorite-granodiorite et il a une affinité métasomatique tandis que celui de Saraya est véritablement un granite de type leucocrate d'affinité magmatique.
- > Les granites de type Boboti, filons ou stocks, intrusifs, concordants, syn ou tardi-tectoniques.
- > Les granites de type Bondoukou, batholites intrusifs, discordants, post-tectoniques recoupant à l'emporte-pièce les série de Mako et du Dialé. D'une manière générale, les formations du Birimien sont structurées selon une direction dominante: NE-SO à NNE-SSO.

(*Extraits de l'article C.Gineste (2005) - Sénégalite et phosphates associés de Kouroudiako, Falémé, Sénégal, le Règne Minéral n°65, sept-oct 2005, pp. 13-24)

Roches plutoniques

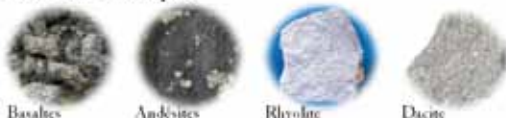


Gabbro

Granite

Granodiorite

Roches volcaniques



Basaltes

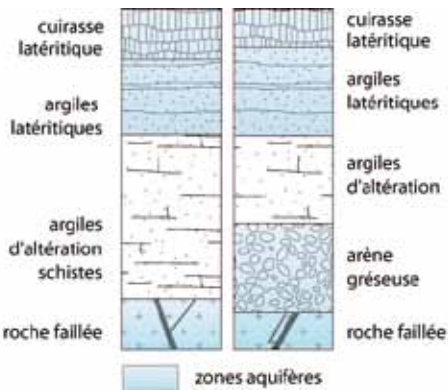
Andésites

Rhyolite

Dacite

Les formations superficielles

Une fois mises en place, ces roches ont subi l'altération physico-chimique de l'eau sous un climat humide et chaud. La roche-mère s'est décomposée par hydrolyse et un manteau d'altération latéritique plus ou moins cuirassé s'est créé progressivement.

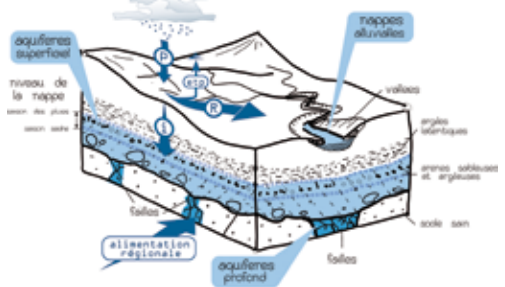


Plusieurs niveaux stratigraphiques composent le profil de ces altérations. On distingue :

- la cuirasse indurée et compacte contenant des gravillons de quartz,

- un niveau d'argiles latéritiques, produits de la décomposition des niveaux supérieurs,
- un niveau d'argiles d'altération, constitué des particules fines produites par la décomposition de la roche-mère,
- éventuellement, en milieu granitique, une arène constituée d'éléments plus grossiers également produits par la décomposition de la roche en place,
- la roche-mère du socle, plus ou moins fissurée.

Ces différents niveaux sont plus ou moins propices à la constitution de réserves aquifères, notées en bleu sur l'esquisse suivante :



Les aquifères en zone de socle

Les roches qui composent la zone de socle au Sénégal oriental sont caractérisées par une porosité très faible (inférieure à 1 % en général, au plus de 1 à 2 %) (BRGM, 2005). Ces caractéristiques ne permettent que le développement de petits aquifères discontinus, localisés soit dans les zones d'altération supérieures lorsqu'elles sont suffisamment épaisses, de bonne porosité, à rôle capacitif

(les aquifères superficiels) ou dans le réseau des fissures qui traversent la partie supérieure de la roche-mère (les aquifères profonds).

La productivité de ces ressources en eau dépend donc des caractéristiques lithologiques de la roche encaissante mais également de la localisation et de l'étendue du réseau de failles qui la parcourt.

Les nappes alluviales

Même en l'absence d'un réseau hydrographique pérenne, il existe souvent un écoulement souterrain à la base des alluvions qui tapissent le fond des vallées.

Lorsque l'épaisseur de ces alluvions est importante (elle est souvent de plusieurs dizaines de mètres), ces aquifères représentent une

ressource en eau importante pour l'utilisation villageoise et pastorale. Toutefois, ces réserves sont tributaires des précipitations annuelles et leur niveau diminue rapidement après la fin de la saison des pluies.

Épaisseur : entre 10 et 15 mètres. Exploitation par puits traditionnels

Les aquifères superficiels

Situés dans les arènes argilo-sableuses produites par la décomposition de la roche-mère. L'alimentation des nappes se fait selon un mode direct : l'eau de pluie s'infiltre à l'horizontale de l'aquifère, parvient à la nappe par percolation à travers la zone non saturée après avoir comblé le déficit en eau du sol et

l'évapotranspiration. Le niveau de ces aquifères varie donc en fonction de l'alternance des saisons sèches et pluvieuses.

L'épaisseur est variable selon la couche d'altération. Ces nappes sont exploitées par des puits qui tarissent quotidiennement et se rechargent en quelques heures.

Les aquifères profonds

Ces réserves en eau se situent en profondeur (> 100 mètres), dans le réseau de faille de la roche-mère. Leur alimentation se fait de manière indirecte, en relation avec l'extension régionale du réseau de failles. Le rendement de ces nappes varie en fonction du degré de fracturation mais également du type de roches et de leur profil d'altération.

■ Les schistes ne présentent pas de porosité d'interstices. Des filons de quartz peuvent localement créer des niveaux favorables dans les schistes métamorphiques de Bakel et des collines Bassaris.

■ Les différents types de granites ont le même

comportement. Leur altération conduit à la formation d'arènes favorables à l'établissement de plusieurs niveaux aquifères superposés : le sommet de la cuirasse comporte de nombreuses petites fractures. Dans les arènes granitiques, la bonne perméabilité permet la circulation de l'eau.

■ Enfin, les grès à quartzites sont des roches peu altérées et pratiquement imperméables. Le développement de réserves aquifères ne peut se faire qu'au droit des secteurs de faille, très localisés. Ces aquifères sont pérennes tout au long de l'année, mais à faible productivité.

4 L'accès à l'eau potable

La présence de ressources en eau dans la zone de socle au Sénégal oriental est directement liée à sa structure géologique. L'accès à cette ressource est lié aux différents modes d'exploitation.

Dans le cadre des deux projets mis en œuvre par le GRDR (AGEPA et UEMOA), des diagnostics participatifs des structures de gestion et des infrastructures d'accès à l'eau potable dans plus de 300 villages du département de Bakel,

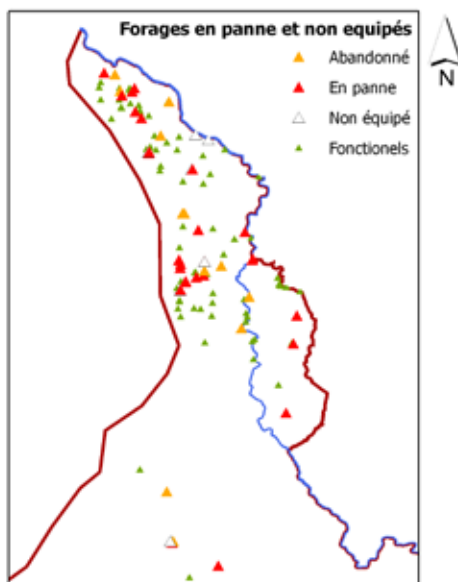
au nord de la zone de socle (carte ci-dessous) ont été conduits. Les résultats, consignés dans la base de données AGEPA, ont permis d'avoir une vision d'ensemble de l'état du parc, des problématiques liées aux équipements et au fonctionnement des structures de gestion.

Les enquêtes s'étant principalement déroulées en milieu rural, les résultats présentés dans ce guide concernent uniquement les puits et forages équipés de Pompes à Motricité Humaine (PMH).

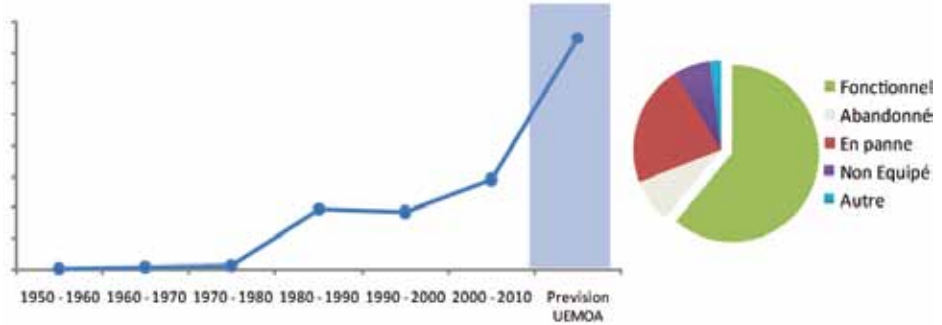
Les forages à pompe manuelle



Il faut remarquer que pour les villages diagnostiqués, près de la totalité des forages (94 %) sont équipés de pompes manuelles de marque India II et III.



Nouvelles implantations de forages



Bien que la zone ait connu une forte vague d'implantation de forages durant la décennie 1980-1990, le parc est vétuste. Seulement un peu plus de 57 % des forages diagnostiqués sont opérationnels et près de la moitié sont dépourvus d'aménagements de surface (seulement 32 % des forages sont équipés d'une dalle antibourbier en bon état).

Il en résulte des problèmes d'hygiène en raison des eaux stagnantes, des activités domestiques (lessive, vaisselle) effectuées à proximité de l'ouvrage ou de la divagation du bétail. L'inexistence ou la défectuosité des dalles antibourbier (trottoirs) favorise la stagnation des eaux perdues, usées qui deviennent source de maladies (prolifération de moustiques et de bactéries). Ce phénomène est accentué par les mauvaises habitudes de certains usagers.

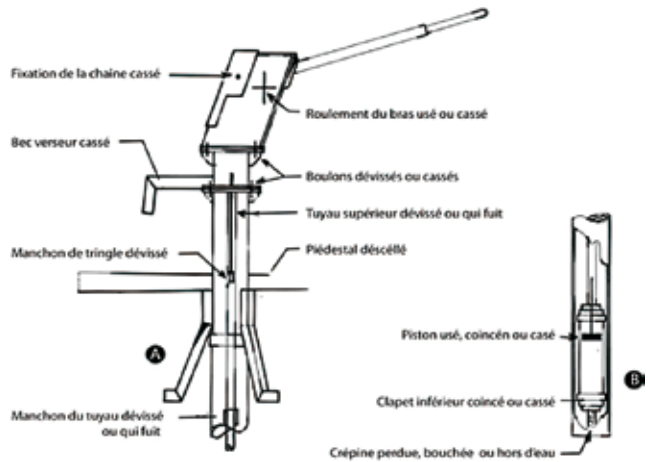
Le problème d'entretien et de maintenance est la cause principale des dysfonctionnements des forages à pompe manuelle. Les pannes les plus récurrentes sont localisées au niveau

de la pompe elle-même et de la tringlerie du système d'exhaure. Certains types de pannes survenant au niveau de la pompe sont facilement réparables. Toutefois, l'absence de réparateurs qualifiés sur place et le manque (non disponibilité à proximité) de pièces de rechange allongent considérablement les délais de réparation. À cela il faut ajouter le coût souvent élevé des opérations de réparation qui n'est pas toujours à la portée des villageois (comités de gestion).

Ainsi, le diagnostic des forages MFT et des



structures de gestion a montré que, même si la majorité des forages en panne sont réparés dans l'année, un fort taux (plus de 30 %) des ouvrages sont à l'arrêt depuis deux ans et plus. Les populations ont fréquemment recours aux migrants pour financer la réparation des forages en panne. Aucune forme d'organisation viable et fonctionnelle interne n'existe autour du forage.



Les puits

Plus des deux tiers des puits diagnostiqués sont traditionnels (69 %) : leurs parois sont non cuvelées, maçonnées à partir de roches locales, le plus souvent des blocs de latérite. 36 % des puits ont une margelle dégradée ou vétuste et seulement 8 % sont pourvus d'une dalle antibourbier en bon état. Ces équipements sommaires ou en mauvais état entraînent des problèmes de salubrité et des risques d'effondrement des parois. La profondeur des puits varie selon la zone et la nappe captée : quand il s'agit des nappes alluviales du fleuve Sénégal ou de la Falémé, les profondeurs sont faibles, de l'ordre d'une quinzaine de mètres au maximum. Plus on s'éloigne des grands cours d'eau, plus la profondeur s'accroît : les puits les plus profonds dépassent les 40 mètres.

Sur l'ensemble des villages diagnostiqués, seul trois puits sont équipés d'une pompe motorisée. Pour 89 % d'entre eux, le système d'exhaure est manuel. Pour les puits les plus profonds,



des ânes ou des chevaux sont utilisés pour la traction. Dans ces cas, la corde de puisage est attachée à l'animal qui tracte les seaux d'eau en s'éloignant du puits. La corde mouillée traîne alors sur le sol et se charge de sable et de poussières qui vont contaminer l'eau.

On note une nette augmentation des infrastructures hydrauliques durant les deux dernières décennies. Si près de 36 % des puits diagnosti-

L'émergence des puits privés

qués dans la zone ont plus de 20 ans, plus d'un quart de ces points d'accès à l'eau potable ont été creusés depuis 2000. Cette augmentation, amorcée durant la période 1980-1990, s'est surtout produite entre 1990-2000, décennie durant laquelle 110 puits ont été creusés.

Cette tendance peut se nuancer en examinant la part des puits publics – généralement foncés par les services de l'État et les différents projets internationaux d'accès à l'eau potable – et les puits privés situés à l'intérieur des habitations, le plus souvent financés par l'apport des migrants.

On observe une croissance régulière, entre 10 et 20 %, sur la période 1950-2000, des puits publics. Cette tendance semble s'essouffler dès les années 1990 et s'inverse aujourd'hui. Sur la période 1990-2000, la croissance des puits publics n'était plus que de 11 %. Pour la décennie actuelle, on compte 50 nouveaux

puits contre 57 sur la période 1990-2000, soit un repli de près de 3 %. À l'inverse, le nombre de puits privés est resté modeste jusqu'à la fin des années 1980: seulement 4 infrastructures ont été foncées, soit 3 % du total des puits privés. Depuis 1980, on note une progression exponentielle de leur nombre. Leur croissance est passée de 9 % durant les années 1990 à plus de 22 % en 2000. Et même si la tendance tend à s'essouffler, ce ne sont pas moins de 72 nouveaux puits qui ont été foncés depuis l'an 2000. Le rapport entre la progression des infrastructures privées et publiques s'explique par deux facteurs. D'une part, les acteurs institutionnels orientent leur financement vers les forages manuels ou motorisés au détriment des puits communautaires. D'autre part, des puits privés de plus en plus nombreux ont été implantés dans quelques centres ruraux dynamiques où la part de l'immigration est importante.

Les eaux de surfaces

Durant l'hivernage et une partie de la saison sèche, les eaux de surface constituent la principale source d'approvisionnement pour la population et pour le bétail, ce qui expose les habitants à des maladies hydriques et du péril fécal.

Les eaux de surface utilisées proviennent **des mares naturelles et/ou artificielles.**

Elles sont alimentées par les eaux de ruissellement retenues en amont d'une digue ou d'une zone surcreusée. Le taux d'évaporation élevé dans la zone entraîne un tarissement rapide des mares peu profondes (leur durée de vie est de

deux à trois mois en moyenne). Par ailleurs, les mares sont rapidement envasées, ce qui, sans entretien ni surcreusement régulier, conduit à leur comblement.

Des céanes creusées dans les lits mineurs des marigots. Elles captent les nappes alluviales superficielles qui baissent continuellement durant la saison sèche et obligent les populations à des surcreusements permanents. L'exposition aux pollutions aériennes et la forte turbidité de cette eau est un réel problème sanitaire et source de maladies hydriques ou parasitaires.

Un accès à l'eau potable encore inégal

Outre les questions de fonctionnalité des ouvrages, qui en limitent l'usage, la faible productivité des aquifères ou la qualité de l'eau de la zone pose problème dans

de nombreux villages. De plus, les points d'accès à l'eau potable sont surexploités pour des usages autres que l'alimentation humaine.

Tarissement des ouvrages

Les ouvrages sont généralement utilisés deux fois par jour. Près de la moitié des puits tarissent au bout d'un certain temps d'utilisation et il faut ensuite patienter le temps qu'ils se rechargent. Seulement 17 % des forages subissent le même tarissement

journalier. Cette différence s'explique par la plus grande profondeur des forages qui les protège des fluctuations saisonnières des nappes superficielles.

Le temps moyen de recharge représente environ la moitié du temps d'utilisation.

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau est globalement bonne selon ce qui a été exprimé par les populations lors des assemblées. Elle est salée que dans 12 % des cas et fade dans la même proportion. Elle est trouble dans 7 % des infrastructures diagnostiquées. Ainsi, seules 4 % des infrastructures hydrauliques diagnostiquées sont considérées comme fournissant une eau impropre à la consommation. Néanmoins, il

existe une différence de qualité entre l'eau issue des puits et celle issue des forages. Concernant le goût, seul 7 % des forages fournissent une eau salée, contre 14 % pour les puits. L'eau de 8 % des forages est fade, contre 12 % pour les puits. Concernant la couleur, la comparaison est nette: 10 % des puits ont une eau trouble alors que la totalité des forages fournit une eau claire.

Les usages de l'eau

Dans les villages diagnostiqués, les points d'accès à l'eau potable font face à plusieurs usages ne nécessitant pas le même degré de qualité. Une moitié de l'eau des puits (un peu plus de celle des forages) est réservée à la consommation humaine ou aux besoins domestiques.

Près d'un quart de l'eau sert à l'alimentation du bétail et une part non négligeable sert à la confection de briques et de matériaux de



construction. Ces usages, qui ne nécessitent pas une eau potable, ajoutent une pression supplémentaire sur des infrastructures déjà faiblement productives, ce qui se traduit par leur tarissement quotidien.

5

Réalisation d'infrastructures AEP

Localiser la ressource

Plusieurs techniques permettent de localiser les zones où des indices laissent présager la présence de niveaux aquifères.

Piézométrie

L'observation périodique du niveau de la nappe dans les différents ouvrages de captage d'eau permet de réaliser une carte piézométrique de la zone étudiée. On peut ainsi déterminer les axes de drainage, les zones d'alimentation et les lignes de partage des eaux.

Téledétection

La téledétection fait appel à des images aériennes ou satellitaires pour mettre en évidence les réseaux de failles. Les images satellites permettent notamment de différencier les formations géologiques, de mettre en évidence des structures reconnues intéressantes en prospection hydrogéologique, des linéaments (alignements d'arbres, tracés particulièrement rectilignes des cours d'eau, alignements géomorphologiques, qui sont révélateurs de failles du socle, ou de rechercher des contrastes dans la végétation, qui reflètent les caractéristiques de la nappe en profondeur.

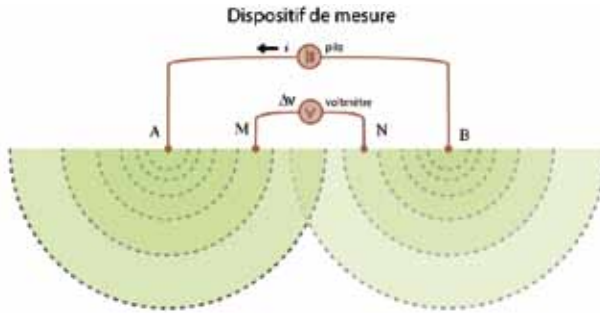
La prospection géophysique

Les études géophysiques sont indispensables à

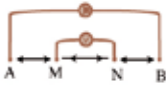
la localisation des niveaux du sous-sol favorables à l'établissement d'un aquifère. Ces études constituent une base pour l'identification des zones de broyage du socle (failles, contacts géologiques, zones de cisaillement, fractures) qui constituent des réservoirs préférentiels d'eau souterraine.

Il existe principalement trois dispositifs de mesure qui consistent à injecter un courant continu (i) dans le sol par des électrodes en acier A et B, puis de mesurer la différence de potentiel ΔV entre les électrodes réceptrices M et N, ce qui permet de déterminer la résistivité apparente du terrain (ρ_a):

- La traînée électrique. Ce dispositif est employé pour une prospection latérale sur une épaisseur plus ou moins constante. On obtient un profil des résistivités apparentes.
- Le sondage électrique vertical est destiné à la recherche d'anomalies profondes. On obtient une courbe de variation de la résistivité apparente en profondeur.
- Enfin, des panneaux électriques composés de 32 électrodes reliées à un m multinode permettent de « reconnaître » chacune des électrodes (leur emplacement, leur ordre...). Enfin, on utilise un multiplexeur pour pouvoir attribuer un rôle à chaque électrode. Le tout est relié à un résistivimètre qui effectuera les mesures automatiquement.

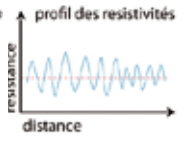


A. Sondage électrique vertical
variation de la distance entre les électrodes



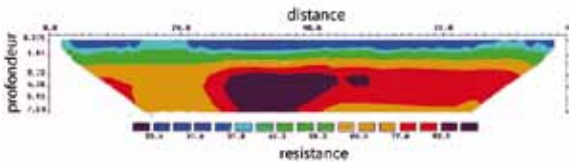
B. Trainée électrique

répétition sur le terrain d'un dispo de dimensions fixes



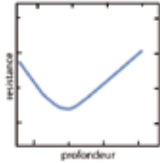
C. Dispositifs multiélectrodes

des panneaux de 32 électrodes reliés à un micro-ordinateur permettent une représentation 2D des resistivités

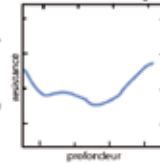


De nombreuses études au Sénégal oriental ou dans des contextes géologiques similaires ont permis de dégager cinq familles de courbes, correspondant à différents types d'aquifères (DIOUF, 1999).

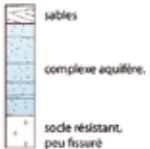
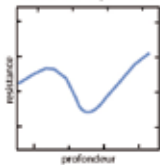
zone à recouvrement latéritique



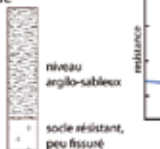
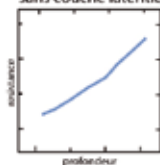
zone à recouvrement latéritique et un niveau d'argiles sèches



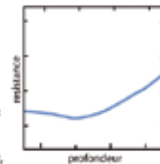
zone à recouvrement latéritique et niveau supérieur sablo-limoneux



zones argilo-sableuses sans couche latéritique



niveau du socle fortement faillé



Le forage Marteau Fond de Trou (MFT)

Sources: www.watersanitationhygiene.org

En zone de socle, la méthode dite de percussion MFT est la plus adéquate. Un taillant à boutons en carbure de tungstène, fixé directement sur un marteau pneumatique, est mis en rotation et percussion pour casser et broyer

la roche du terrain foré. Il fonctionne comme un marteau-piqueur, grâce à l'air comprimé délivré par un compresseur en plus de la machine de forage. Le flux d'air permet de remonter les *cuttings* du terrain.

Paramètres de la foration

L'avancement d'un forage MFT dépend de plusieurs paramètres, dont le contrôle est essentiel au bon déroulement des travaux: avancement, évacuation régulière des *cuttings*, stabilisation des parois.

La rotation et la poussée du marteau

Le paramètre principal est la percussion du taillant sur la roche donnée par la pression de l'air comprimé injectée dans le marteau. Toutefois, un défaut de poussée peut induire des frappes à vide qui sont très néfastes pour le matériel (marteau et tête de forage). Une poussée trop forte peut également endommager les boutons du taillant.

La rotation est transmise soit de manière hydraulique (circuit hydraulique), soit directement (moteur, boîte, embrayage ou tige carrée sur les grosses machines) au train de tige par la tête de rotation qui entraîne les tiges mécaniquement.

La poussée est fonction de la puissance propre de la machine et du poids du train de tige au-dessus de l'outil. Plus le forage est profond, plus le poids sur l'outil induit par le poids des tiges est important. Par conséquent, en début de forage la poussée sur l'outil est parfois faible,



ceci est particulièrement vrai pour les machines légères, et inversement pour les profondeurs importantes. Le train de tige doit être retenu pour ne pas appliquer une poussée excessive sur l'outil.

L'air comprimé

Le fluide de forage est l'air comprimé lubrifié (avec ou sans mousse). Il permet la mise en mouvement du marteau ainsi que la remontée des *cuttings* à la surface. Il faut donc contrôler le débit d'air minimal au fonctionnement du

marteau et surtout celui disponible pour créer un flux d'air d'une vitesse suffisante permettant de faire remonter les *cuttings* de taille moyenne (quelques millimètres).

L'ajout de mousse permet de créer une émulsion air/mousse qui augmente le phénomène de portance, et donc permet de remonter des *cuttings* de l'ordre du centimètre pour des vitesses ascensionnelles faibles de l'ordre de 10 à 15 m/s. Enfin la lubrification de l'air doit être permanente car elle lubrifie la chemise du piston du marteau.

Dimensionnement du forage

Le plan du forage (profondeur, diamètre des tubes et place des crépines) dépend du contexte hydrogéologique (profondeur de la nappe, débit d'exploitation défini par les études géophysiques) et de son utilisation (pompe manuelle ou motorisée).

Le choix du diamètre de la colonne est conditionné par l'encombrement de la pompe immergée (son diamètre) qui dépend du débit qu'elle peut fournir.

Une pompe de 4" passe normalement dans un tube de 100 mm de diamètre. Toutefois, il est recommandé de laisser un pouce de jeu entre pompe et tubage pour limiter les pertes de charge (surtout pour les débits importants) et pour le refroidissement de la pompe. Pour une pompe immergée de 4", il

Diamètre des pompes (pouce)	Débits (m ³ /h)
3"	1-3 m ³ /h
4"	3-10 m ³ /h
6"	10-50 m ³ /h
8"	50-150 m ³ /h

est donc recommandé d'utiliser un tubage de 112 mm intérieur.

Le diamètre de foration choisi doit permettre de passer le tubage librement sans forcer et de laisser un espace pour le gravier filtre autour des crépines. La qualité d'un forage (pérennité, qualité et turbidité de l'eau, débit d'exploitation) dépend pour beaucoup de la mise en place de l'équipement, du positionnement des crépines en face des venues d'eau et du niveau de la mise en place du gravier filtrant de la cimentation de l'espace annulaire pour éviter les infiltrations de surface.

Étapes de réalisation

Installation du chantier

L'organisation du chantier doit permettre au foreur d'en visualiser la totalité et donc d'intervenir rapidement en cas de problème.

Typiquement, un chantier doit comporter les éléments suivants:

Mise en œuvre du marteau de percussion

La circulation d'air fermée, le taillant est approché

à quelques centimètres du terrain à forer, puis la rotation à droite engagée. L'arrivée d'air est ouverte et le marteau progressivement mis en appui sur le sol. Au démarrage, la circulation d'air est ouverte à mi-course, la percussion relativement faible et la rotation lente jusqu'à ce que le taillant pénètre dans le terrain. Les vannes d'air sont progressivement ouvertes à fond pour augmenter la percussion. La poussée et la rotation sont alors réglées de manière à obtenir un avancement régulier.

Une bonne foration correspond à un équilibre poussée/rotation offrant une vitesse de pénétration constante et une rotation régulière sans à-coup.

Évacuation des *cuttings*

Régulièrement (tous les 50 cm) le trou est net-

toyé par soufflage afin d'évacuer les *cuttings* et d'éviter tout bourrage. Les gros *cuttings* ont tendance à rester en suspension au-dessus du MFT pendant la foration. À l'arrêt de la circulation d'air, ils retombent sur le MFT et peuvent le bloquer.

Pour nettoyer le trou, le MFT est relevé légèrement et mis en position de soufflage. La totalité du débit d'air fourni par le compresseur doit permettre de nettoyer le forage de tous les *cuttings*. Si nécessaire, on peut ramoner sur la hauteur de la tige pour bien nettoyer le trou. La remontée violente des *cuttings* et de l'eau (soufflage de l'air comprimé) sera canalisée pour permettre un échantillonnage et une estimation du débit. Il faut prendre soin de définir au sol un plan circulaire orientant l'écoulement vers

Estimation des débits

Analyse des *cuttings*

Le fluide utilisé étant l'air, les *cuttings* sont propres et non mélangés à une boue. Leur analyse en est donc facilitée. En règle générale, plus ils sont gros plus le terrain traversé est friable et plus ils sont fins (poussière), plus la roche forée est dure.

Estimation des débits

En forage à l'air, les venues d'eau sont dans la majorité des cas visibles et quantifiables (remonté d'un mélange eau + *cutting* au soufflage). Toutefois, des venues d'eau peuvent être ignorées car colmatées par les *cuttings* qui forment un cake sur les parois du forage.

Il est facile d'estimer le débit en cours de forage, pour décider de son arrêt et de son équipement.

Une mesure de débit est prise à chaque venue d'eau importante et sur un temps assez long (soufflage). Toute l'eau sortie du forage est canalisée vers un exutoire équipé par un bout de tube de forage pour faciliter la mesure prise au seau. La venue d'eau doit être régulière et ne pas s'épuiser. Le débit mesuré est minimisé puisque les *cuttings* colmatent certaines zones d'alimentation et le forage n'est pas encore développé correctement. Les venues d'eau sont en général progressives, elles apparaissent sous forme de traces d'humidité puis au fur à mesure de l'avancement du forage par un débit cumulé provenant des diverses fissures ou fractures. Dans certains cas, la traversée d'une fracture majeure bien alimentée entraîne l'augmentation radicale du débit.

Équipement et aménagements de surface

La mise en place de l'équipement, des tubes et du captage (crépine et gravier filtre) est une étape essentielle de la réalisation du forage d'eau. Le plan de captage et la position des crépines influenceront de façon très importante sur le débit d'exploitation de l'ouvrage. La nappe captée doit être isolée des pollutions superficielles pouvant s'infiltrer le long du tubage (rôle de l'aménagement de surface et du bouchon de ciment).

Le tubage définitif et les crépines

Le matériau le mieux adapté aux forages d'eau peu profonds est le PVC. Il est préférable d'utiliser du vrai tubage de forage renforcé, à visser. La résistance mécanique des tubes peut être calculée.

L'ouverture des crépines dépend de la granulométrie de la formation aquifère captée. En l'absence d'information sur la granulométrie de l'aquifère, l'ouverture des crépines sera choisie entre 0,8 et 2 mm.

Les risques d'effondrement pouvant être importants, le tubage est mis en place le plus rapidement possible. Le trou ne doit pas rester longtemps sans protection au risque de perdre le forage. Le plan de tubage (longueur et position des tubes pleins et des tubes crépinés) est établi en fonction de la coupe géologique du forage où sont notées les différentes « couches » de terrain et les venues d'eau, ainsi qu'en observant *de visu* la coupe géologique grâce aux échantillons. Les crépines sont placées en face des niveaux aquifères ou des venues d'eau. Le tubage doit descendre librement dans le trou. Si le forage n'est pas vertical (fréquent au-delà de 20 mètres), il est fréquent que les

frottements le long du tube bloquent la mise en place du tubage. Ceci peut être résolu en appuyant légèrement sur le tubage pour qu'il descende. Dans le cas contraire, il faut le remonter et réaléser le trou.

Le massif filtrant

Le gravier filtre doit être assez uniforme, calibré, propre, rond et siliceux de préférence. Il ne doit être ni calcaire, ni latéritique ni concassé. Dans la pratique, la granulométrie du gravier filtre est définie par l'ouverture de la crépine: il doit être le plus fin possible sans pour autant passer au travers de la crépine. À titre d'exemple, pour une ouverture de crépine de 0,8 mm, la taille des plus petits graviers doit être de 1 mm et celle des plus gros de 3 mm. Le volume nécessaire de gravier peut être défini théoriquement (volume du trou foré moins volume du tubage) ou de manière empirique.

La cimentation

La cimentation est une opération indispensable qui permet de protéger le forage des pollutions extérieures. Même si une dalle est par la suite construite autour du tube de forage, seule une cimentation correcte peut prévenir les écoulements d'eau d'infiltration qui peuvent se développer le long du tubage. Un bouchon d'argile doit être placé entre le gravier filtre et le ciment afin d'éviter que le laitier de ciment colmate le massif filtrant. Cette opération consiste à remplir avec un mélange eau + ciment (laitier de ciment) l'espace annulaire au dessus du massif de gravier jusqu'à la surface du sol.

Développement

Le développement d'un forage est une étape très importante qui permet d'éliminer la plupart des particules fines du terrain et du gravier filtre qui pourraient pénétrer dans le forage ainsi que le reste du cake de boue et d'arranger le terrain autour de la crépine afin d'en augmenter la perméabilité. Cette opération permet d'améliorer de façon significative le débit du forage initialement estimé. La nappe est en effet progressivement mise en production, l'aquifère est libéré de ses fines, la perméabilité et le débit instantané augmentent.

Choix de l'entreprise

De nombreux problèmes peuvent se poser pour trouver une entreprise. Dans le cadre de projets d'AEP, le choix des prestataires de service se fait suivant les procédures d'appel d'offres définies par les bailleurs ou par l'État. Deux situations extrêmes existent dans le choix des entreprises :

- au niveau local il est quasi impossible de trouver une entreprise qualifiée performante avec l'expérience requise et les compétences qui lui permettent de respecter les conditions à remplir pour prétendre gagner un marché de réalisation,
- les rares entreprises qui répondent aux appels d'offres se trouvent en général au niveau de la capitale. Beaucoup de ces entreprises sont des filiales d'entreprises de BTP. Elles

Le développement pneumatique (*l'air lift*) est le plus efficace et le plus répandu. L'avantage est que le matériel de pompage ne subit pas de détérioration (pompage de sable). Il s'agit de faire subir au captage des contraintes assez fortes dans toutes les directions, pression et dépression en introduisant d'importants volumes d'air et de mettre en production l'ouvrage. L'opération consiste à alterner les phases de pompage à *l'air lift* et les phases de soufflage direct d'air au niveau des crépines.

sont pour la plupart plus spécialisées dans l'élaboration de dossiers (offres techniques et financières) que dans leur exécution. Souvent la solution qui s'impose aux bailleurs est la résiliation. Mais par peur de ne pas trouver un repreneur du marché, la patience et la négociation priment toujours sur la sanction catégorique.

À cela s'ajoutent les équipements (atelier de forage, compresseur, tiges et outils de foration) anciens, « amortis », peu fiables et demandant beaucoup de réparations et maintenance. Les entreprises ne disposent en général que d'un stock minimum de crépines, tubages, pièces détachées et d'autres équipements de première nécessité.

Coût indicatif

Le coût unitaire d'un point d'eau moderne est étroitement lié à (BM, 2007) :

■ L'administration :

Les demandes exprimées par le dossier d'appel

d'offres et le cahier des prescriptions techniques; les taxes douanières; les textes régissant l'analyse des offres (la part de note technique et financière, favorisant le « moins-disant » ou la « pondération »); les modalités de gestion du projet (mise à la disposition des effectifs, locaux, eau, électricité et autre logistique) et le délai de paiement pénalisant parfois les entreprises et plus particulièrement les entreprises locales.

■ **Le bailleur:**

L'exigence sur le choix d'origine des effectifs, de l'entreprise, des matériels et autres (aide liée ou non liée); le pourcentage de la part en devises et de la part en monnaie locale; le délai d'approbation pour le choix des entreprises (objection ou non-objection) et le délai de paiement.

■ **La maîtrise d'œuvre/ bureau d'études:**

Le degré d'acceptation d'une maîtrise d'œuvre 100 % nationale, étrangère ou combinaison des deux.

■ **L'accompagnement/ animation:**

La réalisation par une équipe nationale avec la présence ou non d'experts internationaux.

■ **L'implantation/ sélection de site:**

La présence ou non d'un aquifère discontinu demandant l'utilisation de techniques spécifiques (photo fracturation, utilisation des appareillages

de géophysique classiques, appel aux méthodes géophysiques sophistiquées comme panneau de résistivité, RMT...).

■ **La foration:**

L'origine de l'entreprise; le nombre d'ouvrages; le type d'attribution (appel d'offres restreint, national ou international ou de gré à gré); la localisation géographique des travaux (distance par rapport au centre d'approvisionnement); la nature du terrain (roche consolidée, roche meuble, l'épaisseur d'altération, perte de fluide de foration, épaisseur des couches argileuses...); le diamètre de foration; la nature et le diamètre des

équipements (en ce qui concerne le tube plein: PVC simple, PVC « *Heavy duty* », acier simple, galvanisé ou inox. Et en ce qui concerne les crépines: nature, diamètre des ouvertures, taux de vide, débit de passage, etc.); la profondeur moyenne des ouvrages.

■ **Le type de superstructure (margelle) pour les points d'eau équipés de PMH.**

Quatre types de superstructures figurent dans les dossiers d'appels d'offres. Type 1: une plateforme bétonnée pour recevoir la pompe; type 2: plateforme + canalisation des eaux usées; type 3: plateforme, canalisation et muret de clôture; type 4: prestations de type 3 + puisard de collecte d'eau évacuée et abreuvoir ou lavoir.

■ **Pompe à motricité humaine (PMH):**

La marque, la nature de la colonne d'aspiration, la profondeur moyenne du niveau de l'eau (HMT).

Pour la réalisation des puits modernes, les facteurs à budgétiser sont quasi identiques à ceux des forages sauf pour la partie fonçage qui peut être mécanisée, coûteuse et rapide « grue derrick » ou manuelle, peu coûteuse et lente.

Les éléments particuliers d'une adduction d'eau potable simplifiée sont: la longueur du réseau; le type d'habitat (groupé ou non groupé); le nombre de bornes-fontaines; la présence ou l'absence de branchement privé; le volume, la hauteur et la nature du château d'eau; les caractéristiques des pompes (nombre, débit et HMT); la source d'énergie (solaire, thermique ou réseau national d'électricité); les dispositifs de mise en marche-arrêt (automatique, programmable ou manuel); l'avertisseur de niveau (sonore ou lumineux) et finalement la présence ou l'absence des travaux de génie civil (abri de pompe, local technique...).

Devis estimatif d'un forage MFT

Désignation des prestations	Unité	Qté	P.U (CFA)	P.T (CFA)
Déplacement et installation				800 000
Préparation à la base principale et amenée de(s) l'atelier(s) de forage nécessaire(s) à l'exécution des travaux dans les délais prévus (inclus tous les matériels et matériaux). Ce prix s'applique aussi sur le transport et l'installation	forfait	1	300 000	300 000
Déplacement de l'atelier de forage (inclus l'équipe de foreur, l'unité de pompage et tout équipement et matériel entre deux sites y compris l'installation), montage et démontage de l'atelier de forage. Le déplacement n'est pas payé pour les forages négatifs	forfait	1	500 000	500 000
Foration				4 040 000
Foration en rotary en terrain tendre d'un Ø de 10" y compris toutes sujétions	ml	20	50 000	1 000 000
Foration en marteau fond-de-trou en terrain dur ou très dur d'un Ø de 6 ½" y compris toutes sujétions	ml	80	38 000	3 040 000
Équipement				4 142 800
Fourniture et mise en place d'une colonne de soutènement provisoire en PVC ou en acier, visée en Ø de 202/225 mm	ml	1	55 000	55 000
Fourniture et la mise en place de tube plein PVC DN 125, vissé en Ø de 112/125 mm	ml	75	40 000	3 000 000
Fourniture et mise en place de tube PVC crépiné DN 125, vissé en Ø de 112/125 mm	ml	15	42 000	630 000
Fourniture et mise en place d'un bouchon à pied à la base du décanteur DN 125	unité	1	35 000	35 000
Fourniture et mise en place d'un massif de gravier calibré	m3	0,3	160 000	52 800
Fourniture et mise en place d'un bouchon d'argile, soit de quillon, soit d'argile de 2 m de hauteur au dessus du massif de gravier calibré	unité	1	50 000	50 000
Comblement de l'espace annulaire avec du tout venant.	m3	1	50 000	50 000
Isolement des morts terrains par packer	unité	pm	300 000	
Cimentation de l'espace annulaire avec du laitier de ciment CPA à densité 1,7 – 1,8 sur les 5 derniers mètres jusqu'à la surface de sol.	m3	1	200 000	200 000
Bouchon en PVC cadencé sur le PVC de tête de forage	unité	1	70 000	70 000
Développement				1 000 000
Développement de forage jusqu'à l'obtention de l'eau claire sans particules solides.	unité	1	1 000 000	1 000 000
Pompage d'essai				950 000
Mise à disposition du dispositif de pompage y compris le montage et démontage	forfait	1	600 000	600 000
Essai de débit à la pompe en 3 paliers (1 heure – 1 heure – 2 heures), enchaînés et suivis par l'observation de la remontée du niveau dynamique pendant 1 heure. (méthode CIEH)	forfait	1	350 000	350 000
Analyse physico-chimique et bactériologique				200 000
Attente				130 000
Temps de mise à disposition d'un atelier de forages pour des opérations spéciales sans force motrice.	heure	1	50 000	50 000
Temps de mise à disposition d'un atelier de forages pour des opérations spéciales avec force motrice.	heure	1	80 000	80 000
Superstructure				695 200
Construction d'une dalle antibourbier de 4,30 m	Unité	1	500 000	500 000
Construction de socle en béton armé de dimension 1,2x1,2x1,7 m	m ³	1,2	160 000	195 200
Fourniture et installation des pompes				800 000
Fourniture et installation de pompes INDIA II	Unité	1	800 000	800 000
Désinfection des forages				300 000
TOTAL GENERAL HT/HD				12 858 000 FCFA 19 601.89 €

6

Recharge des nappes alluviales

Ouvertures

La ressource en eau potable est limitée dans la zone de socle. L'implantation de nouveaux forages est couteuse et aléatoire. En outre, la majeure partie des installations existantes n'est pas assez productive pour répondre aux prélèvements actuels et aux tarrissements fréquents. En réalité, seule la part consommée

par les populations nécessite une eau potable, le reste étant destiné à l'agriculture, à l'élevage et aux activités de construction. Partant de ce constat, il est possible de soulager les infrastructures d'accès à l'eau potable en diversifiant les sources d'eau pour des activités ne nécessitant pas une qualité optimale.

Une démarche intégrée

L'approche de gestion intégrée des ressources en eau contribue à la gestion et à l'aménagement durable et adapté de la ressource, en prenant en compte les divers intérêts sociaux, économiques et environnementaux. Elle reconnaît les nombreux groupes d'intérêt divergent, les secteurs économiques qui utilisent et/ou polluent l'eau, ainsi que les besoins de l'environnement. Elle met l'accent sur la participation des acteurs à tous les niveaux dans l'élaboration des textes juridiques, et privilégie la bonne gouvernance et les dispositions institutionnelles et réglementaires efficaces de façon à promouvoir des décisions plus équitables et viables. Un ensemble d'outils, tels que les évaluations sociales et environnementales, les instruments

économiques et les systèmes d'information et de suivi soutiennent ce processus.

De manière spécifique, il s'agit d'accompagner les populations dans la mise en valeur du potentiel hydrographique et la gestion durable des ressources en eau pour résoudre durablement le problème de l'accès à l'eau potable.

L'objectif est donc de faciliter l'accès à l'eau potable à travers la réalisation de petits ouvrages de retenue d'eau favorisant la recharge de la nappe phréatique, la préservation de l'environnement à travers la lutte contre l'érosion, éolienne et hydrique et le développement d'activités économiques (agriculture, élevage, pêche etc.).

L'exemple du bassin de TKLM

Le bassin-versant du Térékolé, Kolimbiné, Lac Magui (TKLM) est un vaste territoire transfrontalier entre la Mauritanie et le Mali. Les sécheresses successives, conjuguées aux pluies violentes concentrées sur trois mois,

ont favorisé l'érosion des sols et des berges occasionnant la diminution du couvert végétal, la disparition de nombreuses espèces végétales et fauniques et la perte des terres cultivables. Cette dégradation des terroirs a

été accélérée par les pressions anthropiques (sédentarisation, surexploitation des terres cultivables, défrichage, surpâturage, coupe abusive d'arbres...) favorisant l'avancée de la désertification, et menaçant les populations rurales, dépendantes de leur écosystème.

En réponse à cette évolution, le Programme d'aménagement des eaux de surface et de gestion des ressources naturelles du Bassin Versant du Térékollé, Kolimbiné, Lac Magui, ou programme TKLM, a été lancé par le GRDR

a été testée dans trois communes pilotes: Koussané, Sandaré et Marintoumania. Elle sera élargie à l'échelle du bassin-versant y compris du côté mauritanien.

L'implication continue de l'ensemble des acteurs locaux, à toutes les étapes du programme, a abouti à créer une synergie forte entre le GRDR, le conseil communal et la population. Les activités, notamment les aménagements d'eaux de surface et les puits citernes, ont été priorisées et réalisées



en janvier 2007. L'objectif de ce programme était d'améliorer, sécuriser et valoriser par des pratiques respectueuses de l'environnement le potentiel agro-sylvo-pastoral du TKLM par la maîtrise des eaux de surface et la définition de règles concertées de gestion durable des ressources naturelles. Il met en évidence la nécessité d'une gestion concertée pour aboutir à une utilisation durable des ressources, notamment en eau.

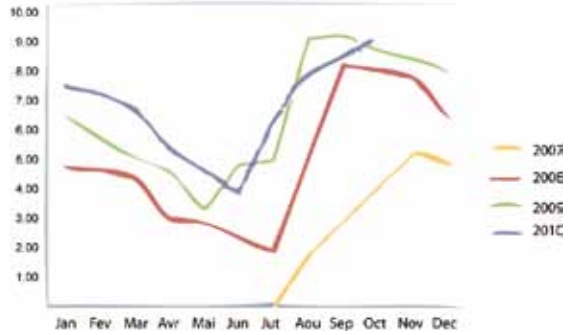
La réalisation d'aménagement des eaux de surface (7 microbarrages, 7 digues filtrantes) et de puits pastoraux a été l'une des activités phare de ce programme. Cette démarche de gouvernance locale des ressources en eau

par les acteurs locaux (élus, représentants de l'État, société civile, chefferie villageoise, services techniques, etc.). Cette implication continue des bénéficiaires a été le facteur de réussite du projet et est le garant de la pérennité des aménagements réalisés.

L'expérience du programme TKLM affirme l'intérêt d'une démarche concertée, intégrant tous les usages de l'eau, et démontre l'impact de l'aménagement des eaux de surface sur la recharge des nappes superficielles, améliorant l'accès à l'eau potable en plus de la valorisation agricole. L'évolution du niveau de la nappe superficielle a été suivi grâce à la mesure du niveau de la colonne d'eau

dans les puits deux fois par mois. Ce suivi a démarré une année avant la fin de l'aménagement et s'est poursuivi jusqu'à la fin du programme. Des puits dans des villages n'ayant pas bénéficié d'aménagements hydro-agricoles ont également été suivis pour servir de témoins. Ces données ont été analysées pour comprendre l'effet des aménagements hydro-agricoles sur la remontée de la nappe superficielle.

Hauteur de la colonne d'eau dans le puits de Koronga



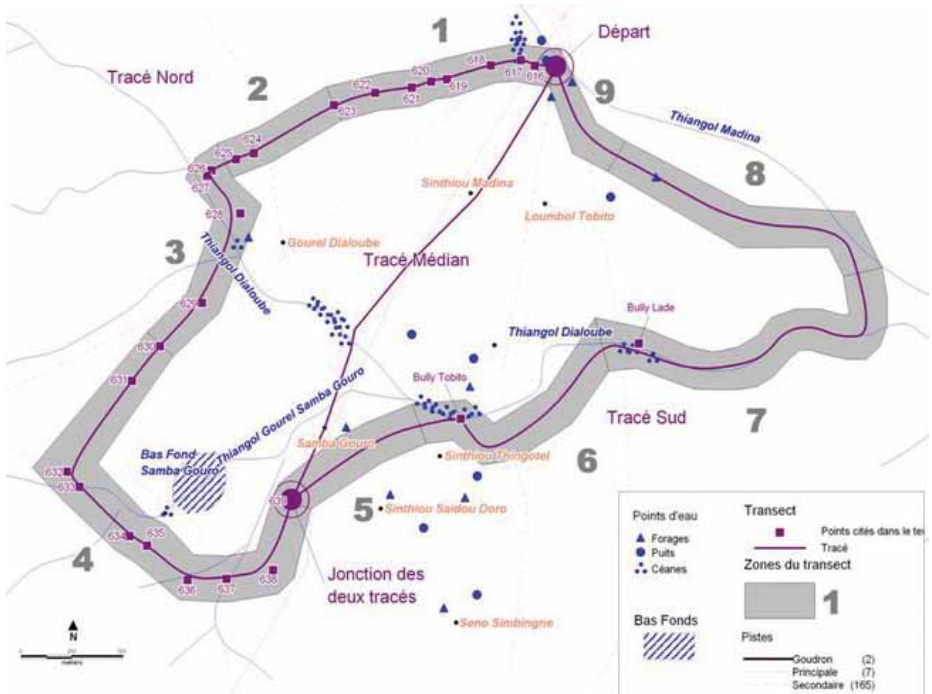
Les résultats montrent clairement une augmentation de la colonne d'eau dans les puits, pendant les mois les plus secs, en contre-saison chaude. Cette variation

du niveau de la nappe est spécifique aux puits à proximité des aménagements hydro-agricoles (jusqu'à 3 km) et ne se ressent pas dans les autres puits.

La recharge des nappes à N'Gouronne

Dans le cadre du projet AGEPA, le GRDR mène une étude expérimentale dans la zone de N'Gouronne, communauté rurale de Gabou, région de Matam. Cette zone est constituée de neuf villages et d'un hameau, pour une population totale d'environ 1500 personnes. L'accès à l'eau potable est assuré par six puits et sept forages équipés de pompes manuelles.

Ces ouvrages sont surexploités et insuffisants pour alimenter en eau les hommes et le bétail. Pour palier ce manque d'eau, les populations exploitent les nappes alluviales superficielles des marigots, en creusant des puisards (appelés céanes ou Mbouli en langue pulaar) dans les fonds des vallées pour les usages domestiques et souvent alimentaires.



L'usage de ces céanes pose plusieurs problèmes :

- chargée en sédiments et exposée aux pollutions, cette eau est impropre à la consommation humaine,
- en raison de l'imperméabilité des sols et du tarissement précoce des nappes alluviales, cette ressource n'est facilement exploitable que durant une courte période après la saison des pluies. Ensuite, il faut surcreuser considérablement les puisards (souvent sur plus de 10 mètres) pour atteindre le toit de la nappe.

La problématique de cette zone est donc double :

- soulager les ouvrages fournissant de l'eau

potable aux populations en trouvant des sources d'eau alternatives pour alimenter le bétail et développer l'agriculture,

- renforcer les nappes alluviales pour pérenniser les céanes tout au long de l'année. Cela revient à favoriser l'infiltration des précipitations durant la saison des pluies.

L'étude propose la réalisation d'aménagements de surface dans le but de renforcer l'infiltration des précipitations et une meilleure recharge des nappes afin d'allonger leur durée de vie. Ceci nécessite une connaissance approfondie de l'hydrodynamique superficielle de la zone, pour déterminer les types d'ouvrages à planter.

L'étude porte sur trois cours d'eau de la zone de N'Gouronne. Ce sont des marigots temporaires: thiangol Gourél Dialoubé, thiangol Mboulié Yiwel et thiangol Mbouli Lade (« thiangol » signifie marigot en langue pulaar).

Les bassins-versants prennent naissance au pied de la pseudo-cuesta du Continental terminal, qui marque dans le paysage la transition des terrains paléozoïques à l'est aux grès quaternaires à l'ouest. Ce relief correspond également à la ligne de partage des eaux entre le bassin du fleuve Sénégal et le fleuve Gambie.

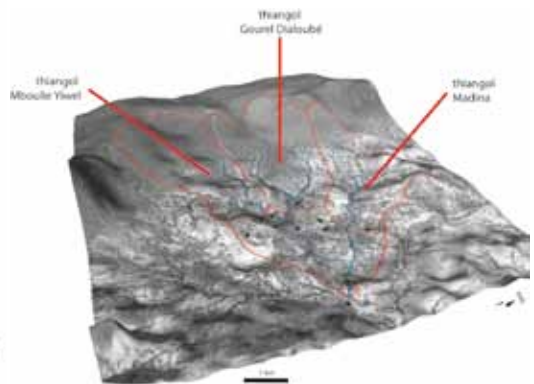
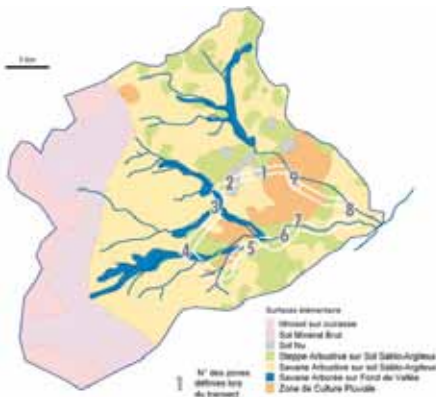
Un bas fond aux versants évasés apparaît dans la topographie, créant des zones d'inondation (PLANCHON & al. 1987). En aval, les vallées s'élargissent considérablement et un lit mineur bien marqué apparaît, bordé par de petites levées alluviales. Tout le lit majeur est tapissé d'un remblai alluvial argilo-limoneux.

En croisant les caractéristiques des sols, des organisations pelliculaires de surface et de la végétation, on peut dresser une typologie des surfaces élémentaires des bassins et



décrire ainsi les mécanismes d'infiltration et de ruissellement de la zone.

- Savane arborée sur fond de vallées. Sol argileux. Pas d'encroûtement. Bonne porosité.
- Steppe arbustive sur sol sablo-argileux. Croûte structurale. 47 % d'infiltration, lame d'eau ruisselée pour la précipitation décennale de 154 mm.
- Savane arborée sur sol sablo-argileux. Croûte structurale arborée. 65 % d'infiltration, lame d'eau ruisselée pour la précipitation décennale de 154 mm.
- Zone de cultures pluviales. Surface élémentaire des zones cultivées.
- Sol nu. Croûte d'érosion.



	Thiangol Madina		Thiangol Gourel Dialoubé		Thiangol Bouli Yiwel	
	Surface (km ²)	%	Surface (km ²)	%	Surface (km ²)	%
Zone de culture pluviale	0,76	6,75	0,21	1,49	0,15	1,32
Sol nu	0,42	3,76	0,20	1,42	0,00	0,00
Steppe arbustive sur sol sablo-argileux	2,31	20,54	0,80	5,80	0,50	4,37
Savane arborée sur fond de vallée	0,63	5,57	0,63	4,56	0,88	7,68
Savane arbustive sur sol sablo-argileux	5,93	52,86	6,45	46,81	4,43	38,62
Sol minéral brut	1,18	10,51	5,50	39,92	5,50	48,00
Surface totale	11,23	100,00	13,78	100,00	11,46	100,00

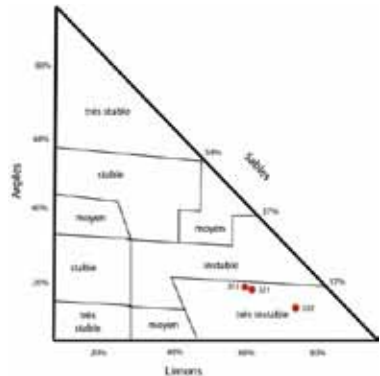
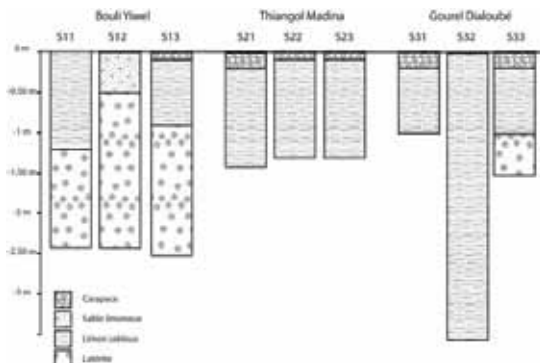
Réalisations

Les caractéristiques des sols qui composent les versants entraînent une infiltration faible et un ruissellement intense. Les précipitations massives et concentrées dans l'intervalle de quelques heures sont concentrées dans le réseau de drain et rapidement évacués vers l'exutoire. D'autre part, la porosité des sols des cuvettes alluviales et des lits mineurs est beaucoup favorable à l'infiltration.

Ainsi, les aménagements retenus sont situés directement dans le lit des cours d'eau afin d'allonger le temps de rétention des eaux ruisselées dans les lits mineurs et favoriser leur épandage dans les zones de bas fonds pour

augmenter le temps de submersion des terrains perméables et favoriser l'infiltration.

Des semblables études menées dans des contextes climatiques similaires ont montré l'efficacité de ces méthodes. Le barrage expérimental de Torodi, au Niger, construit par la JGRC en 1984 a entraîné un volume de recharge de 7 mm/J soit 1400 m³/j sur la totalité de l'aire de stockage. Deux types d'aménagement sont retenus pour répondre à ces objectifs. Il s'agit de digues filtrantes et de digues déversantes. À noter également le creusement d'une mare artificielle en marge de l'expérimentation.



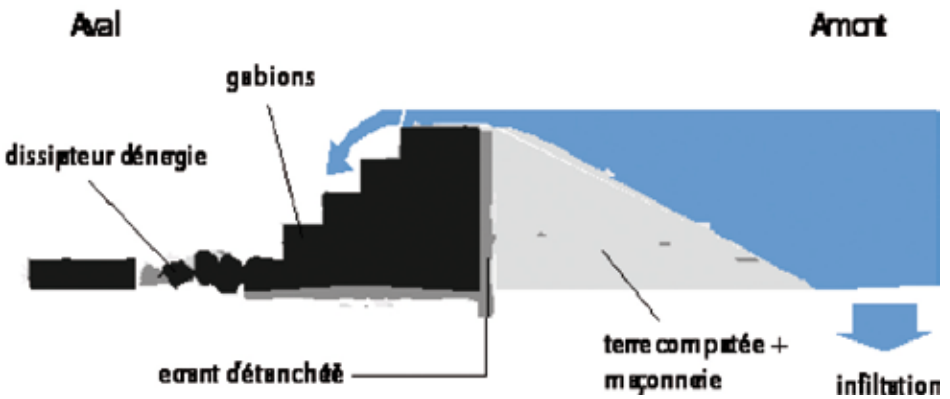
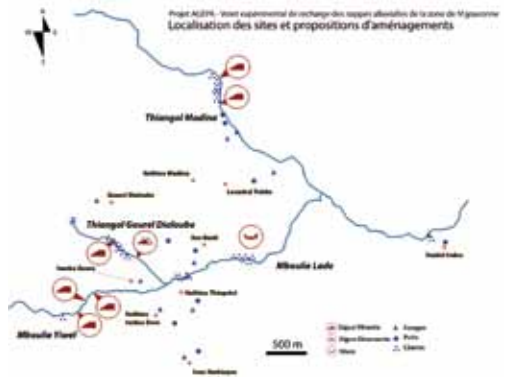
Digue déversante

Une digue déversante est un petit barrage de moins de 5 mètres de hauteur qui peut être en béton, en maçonnerie de moellons ou en gabions et enrochement. Lors des crues, la lame d'eau passe sur la totalité ou une partie de la digue.

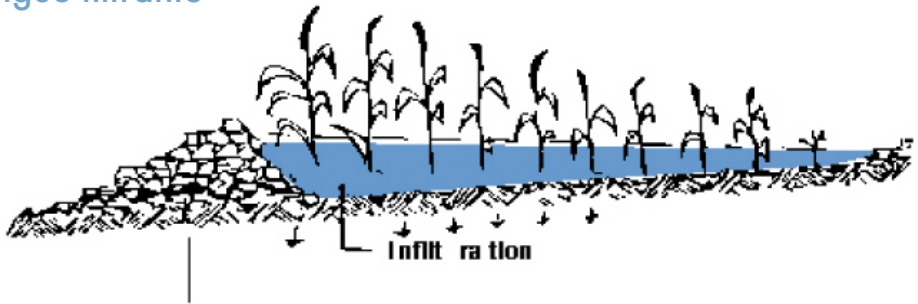
En amont, la digue est un remblai de terre compactée qui se comporte comme un remblai de petit barrage en terre. En aval, la digue est un massif pierreux en enrochement libre, couvert de gabions.

Compte tenu du degré d'évaporation, la zone inondée reste pérenne que quelques mois après la fin des pluies. Toutefois, cette retenue d'eau permet d'allonger le temps de submersion des bas fonds et d'augmenter substantiellement les quantités d'eau infiltrées.

Ce type d'aménagement s'implante au droit d'un resserrement de la vallée, directement en aval d'une cuvette alluviale. Dans la zone de N'Gouronne, le bas fonds en aval de Gourel Dialoubé est favorable à l'implantation de ce type d'infrastructure.



Digue filtrante



Pierres libres et Gabion

Une digue filtrante est un petit barrage perméable, en pierres libres ou en gabions, qui freine l'eau de crue et l'épand sur les terres cultivables du bas-fond où elle stagne pendant quelques heures après la pluie tout en s'écoulant progressivement vers l'aval.

En principe, ce type d'ouvrage ne doit pas déverser et toute l'eau de crue doit percoler au travers du massif de la digue. Seuls les

dans le lit mineur des cours d'eau, dans les secteurs de Thiangol Gourel Madina, Thiangol Mbouli Yiwel et Thiangol Gourel Dialoubé. Leur vocation est d'aplatir l'hydrogramme de crue afin de ralentir les écoulements. Elles sont constituées de gabions filtrants constitués de cubes en grillage tressés d'un mètre cube, remplis de blocs de latérite. Elles sont associées deux à deux le long du



ouvrages en gabions ou les digues totalement colmatées après plusieurs années peuvent déverser. Il s'ensuivra une succession de petites cuvettes alluviales artificielles où une nappe alluviale pourra être retenue. Les digues filtrantes sont implantées directement

cours d'eau, formant une succession de petits seuils filtrants.

Le projet a construit six digues filtrantes de longueur comprise entre 40 et 150 mètres. Le coût d'une digue varie entre 3 et 5 millions FCFA.

Premiers résultats

Un tel dispositif nécessite un suivi sur le long terme pour se rendre compte des impacts sur l'infiltration et la recharge des nappes alluviales. Les niveaux statiques d'un certain nombre de puits et céanes à proximité des ouvrages sont suivis mensuellement depuis leur implantation et les premiers résultats semblent positifs.

Dans cinq des huit céanes surveillées, la profondeur a diminué et le niveau statique de deux puits sur les trois que compte la zone semble avoir augmenté. Bien que parcellaires, ces résultats semblent indiquer une remontée du toit de la nappe.

Par ailleurs, l'eau dans le réservoir de la digue déversante de Gourel Dialoubé est restée

jusqu'en mars 2010, permettant l'établissement d'activités maraîchères plus de six mois après les dernières pluies.

Certains ouvrages ont subi des dommages suite à la violence des écoulements et aux embâcles transportés par les crues. Il faut noter également des marques d'érosion sur certaines portions de berges au droit des digues de Thiangol Madina en raison de la faible cohésion des sédiments et de la hauteur importante des berges à ces endroits. Pour faire face à ces dommages, des comités d'entretien ont été mis en place pour entretenir les digues et brûler les embâcles.

Reproductibilité de l'expérimentation

Les résultats encourageants obtenus sur la zone de N'Gouronne laissent présager de l'importance de ce type d'actions pour la gestion intégrée de la ressource en eau dans la zone de socle.

L'implantation de ces ouvrages nécessite une très bonne connaissance des milieux afin d'identifier des sites d'implantation. C'est pourquoi le GRDR conduit des diagnostics environnementaux des cours d'eau de plu-

sieurs Communautés rurales du nord de la zone de socle.

Ces diagnostics fournissent une cartographie environnementale de l'ensemble des cours d'eau et de la configuration des vallées. Ils ont d'ores et déjà permis de localiser des sites potentiels pour la réalisation d'aménagements des eaux de surface dans la CR de Gabou et sont en cours de réalisation pour la CR de Bokiladji.

7

SIG AgepaBase



AgepaBase

Le SIG Agepa-Base est conçu comme un outil de gestion et de planification des points d'accès à l'eau potable pour les services

de l'État, les communautés rurales et les opérateurs de développement en charge de projets d'accès à l'eau potable au Sénégal.

Il est conçu pour être adapté à toutes les régions du Sénégal. Il regroupe des informations sur 734 puits, 163 forages, 197 sources d'eau de surface, ainsi que des données sur 30 infrastructures de santé, 141 écoles, la population, le cheptel et les équipements de 248 villages.

La réalisation a duré dix-huit mois, consacrés pour un quart à la réflexion méthodologique et à la conception des outils d'enquête, pour un autre quart à la programmation des systèmes et pour la moitié à la collecte des données sur le terrain, à leur validation, et à leur saisie dans la base. Il se présente sous la forme d'une application à installer sur un poste fixe, composé d'une géodatabase ESRI, qui rassemble toutes les données géographiques, d'un formulaire de gestion de données, de recherche et d'édition de rapports (le module Access), d'une interface cartographique basée sur un modèle de document Arc GIS, ou une version minimale Arc Reader (fourni avec l'application).

Il se décline en plusieurs versions et éditions:

Menu général



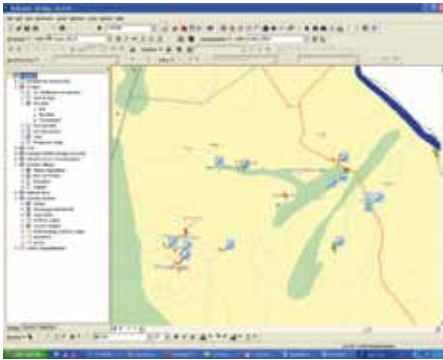
Formulaire de recherche



Formulaire de consultation et d'édition



Document Arc GIS



1. une version administrateur, avec les droits de création, modification, suppression des enregistrements.

Ces versions sont installées sur un poste unique, basé dans les locaux des directions régionales de l'hydraulique. Les mises à jour sont réalisées par les agents des Brigades des puits et forages, qui sont équipés et formés. Elles sont ensuite publiées sur un serveur pour une diffusion publique. À ce jour, il existe deux éditions de la version administrateur: AgepaBase Matam et AgepaBase Tambacounda. Une version administrateur globale est également installée à la cellule de Bakel.

2. une version de consultation avec des droits restreints.

Cette version est disponible au téléchargement pour tous via le site Agepa. Elle donne uniquement la possibilité de rechercher et d'afficher les données. La version de la base contient initialement les données des deux régions, enregistrées à l'installation des versions Administrateur. Une fonction permet de récupérer et d'intégrer les mises à jour réalisées par les services techniques.

Analyses et recommandations

1. Malgré l'intérêt exprimé par les services techniques durant tout le projet, il semble qu'il n'y ait qu'une faible utilisation de l'outil et aucune mise à jour n'a été publiée. Il faut également relativiser les habitudes de travail et le matériel disponible pour généraliser l'utilisation au niveau des services de l'État. De futurs projets devront encore plus renforcer l'implication des services techniques dans la réflexion méthodologique et dans la définition de leurs besoins en matière de cartographie numérique. De nouvelles solutions technologiques, notamment de collecte par SMS ou SIG mobiles peuvent également réduire le degré de technicité nécessaire à l'utilisation de ces outils.

2. La version de consultation atteint ses objectifs. 38 % des téléchargements sont localisés au Sénégal, ce qui montre un intérêt du public local pour la base de données.

Par ailleurs, le site agepa.grdr.org totalise plus de 1800 visites uniques depuis sa mise en ligne, avec en moyenne 5 visites quotidiennes. Ceci montre la pertinence du Web dans l'utilisation et l'appropriation des projets SIG. En conséquence, le développement d'interfaces cartographiques en ligne devrait être envisagé pour de futurs projets. Enfin, la question de l'interopérabilité des systèmes cartographiques dans le domaine de l'eau doit être posée à l'échelle nationale. Face à la multitude des acteurs et des SIG qui se développent actuellement, l'Etat sénégalais par l'intermédiaire du PEPAM, gagnerait à enclencher une réflexion méthodologique autour de référentiels géographiques communs. Le GRDR devrait être partie prenante de cette réflexion dans l'ensemble de l'espace transfrontalier sahélien.

Conclusion

La réussite du projet est le résultat d'une implication en amont des services techniques concernés par la question de l'eau et des bénéficiaires dès le début du projet. Le souci de transfert de compétences et de formations des artisans locaux a permis de disposer d'un service de qualité en matière de gestions des infrastructures et d'assurer ainsi la pérennité des actions.

La zone de socle a des caractéristiques propres qui en font une zone particulière en matière d'accès et de gestion de l'eau potable :

Les nappes d'eau discontinues rendent l'accès à l'eau potable extrêmement difficile. Néanmoins la zone regorge d'énormes potentialités en eaux de surface (cours d'eau) pendant l'hivernage. Il semblerait donc pertinent de réaliser des retenues d'eau ou des lacs artificiels qui pourraient garantir de l'eau en permanence durant au moins 6 mois de l'année. Ceci confirme la pertinence du volet expérimental initié par le projet AGEPA, non seulement pour recharger les nappes mais également pour fournir une abondante source d'eau alternative au cheptel, réduisant considérablement la pression sur les rares points d'eau potable destinés exclusivement à la consommation humaine. L'enseignement tiré est ici l'interdépendance entre la réalisation

des infrastructures AEP et la gestion intégrée de la ressource en eau (GIRE).

Par ailleurs, la zone présente une forte densité d'élevage extensif, il n'est donc pas envisageable de mettre en place uniquement des infrastructures d'AEP sans prévoir des aménagements d'eau pour le cheptel.

Les résultats du programme AGEPA sont appréciables en termes de réalisations d'infrastructures et d'appropriation par les populations : ils démontrent par des actions expérimentales que l'accès à l'eau potable est possible et qu'il faut multiplier les moyens pour atteindre les Objectifs du Millénaire pour le Développement en 2015 au Sénégal oriental.

Il semble toutefois aussi pertinent de développer le champ de la recherche-action vers des dispositifs de gestion intégrée de la ressource en eau. Les futurs projets pourront étendre leurs actions au-delà de l'exploitation de l'eau souterraine et mettre l'accent sur les volets expérimentaux visant à diversifier l'existence des points d'eau, pérenniser les acquis des acteurs locaux, mutualiser les savoirs et les pratiques au service d'une action durable et soucieuse de la préservation de l'environnement.

Bibliographie

- ACF, 2006.** Eau – Assainissement – Hygiène pour les populations à risque
- Albergel, J., 1996.** Les écoulements non pérennes sur les petits bassins du Sénégal.
- Ba, Y.; Trouillet, J.; Thonnon, J.; Fontenille, Didier, 1999.** Phlébotomes du Sénégal : inventaire de la faune de la région de Kédougou : isolements d'arbovirus
- Babacar Ndiaye, 1988.** Contribution à la définition et à l'estimation des potentialités hydrauliques en milieu fissuré
- BANQUE MONDIALE, PROGRAMME POUR L'EAU ET L'ASSAINISSEMENT – AFRIQUE (PEA-AF), 2007.** Etude sur l'optimisation du coût des forages en Afrique de l'Ouest. Rapport de Synthèse
- Bantsimba, Christian Jules Hervé, 2001.** Contribution à l'étude des couvertures latéritiques du Sénégal oriental par imageries électrique et radar
- Bassot J.P.-1966.-** Etude géologique du Sénégal oriental et de ses confins Guinéo-maliens. Mém. Bur. Rech. géol. min., Paris, 40, 322 p.
- Blot Alain.- 1980 -** L'altération climatique des massifs de granite du Sénégal. Thèse de Doctorat ès Sciences (1980) et Mémoires ORSTOM n° 114, Paris 434 p.
- Blot, Alain, 1980.** L'altération climatique des massifs de granite au Sénégal
- Blot, Alain; Leprun, Jean-Claude; Pion, Jean-Claude, 1976.** Originalité de l'altération et du cuirassement des dykes basiques dans le massif de granite de Saraya (Sénégal oriental)
- Brigaud F., 1960.** Connaissance du Sénégal. Fascicule I : Géologie.
- Brigaud F., 1960.** Connaissance du Sénégal. Fascicule II : Hydrographie
- Brigaud F., 1960.** Connaissance du Sénégal. Fascicule III : Climat - Sol - Végétation.
- Dione, Ousmane, 1997.** Evolution climatique récente et dynamique fluviale dans les hauts bassins des fleuves Sénégal et Gambie
- DIOUF, Same. 1999.** Hydrogéologie en zone de socle cristallin et cristallophyllien du Sénégal oriental : application de la méthode électrique 1D et 2D à la localisation et à la caractérisation des aquifères du batholite de Saraya et ses environs
- Ely CAMARA, Amadou Diadié CISSE, Mamadou DIALLO, Hydroconseil, Denis DÉSILLE, 2002.** Guide des projets d'alimentation en eau potable au Mali.
- Félix Adégnika, Christophe Le Jallé, 2007.** La concertation et l'implication de tous les acteurs au niveau local pour relever le défi de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement pour tous. Atelier sous régional de réflexion sur la contractualisation des SEPA - Ouagadougou, 18-20 Avril 2007
- G. Beaudet; R. Coque, 1994.** Reliefs et modelés des régions tropicales humides : mythes, faits et hypothèses
- Gac, Jean-Yves; Carn, Michel; Orange, Didier, 1991.** Données hydroclimatiques et géochimiques sur le bassin versant du fleuve Sénégal et sur la Guinée : tome 1
- GRDR, AIDDE, 2005.** Diagnostic hydraulique et environnemental du réseau hydrographique de la communauté rurale de Gabou, département de Bakel.
- HONORÉ DACOSTA, KONATE YAYE KANDIA, 2002.** La variabilité spatio-temporelle des précipitations au Sénégal depuis un siècle
- JICA - MINISTRE DE L'HABITAT, DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HYDRAULIQUE DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE RURALE, 2011.** Etude sur l'hydraulique rurale dans les régions de Matam et Tambacounda.
- Michel, P., 1973.** Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie : étude géomorphologique
- Niang, M.F.K.; Diouf, Same, 1997.** Méthode électrique 2D appliquée à la recherche des aquifères du granite de Saraya (Sénégal)
- Olivry, Jean-Claude; Chastanet, Monique, 1986.** Evolution du climat dans le bassin du fleuve Sénégal (Bakel) depuis le milieu du 19^e siècle : essai d'extension de la période d'observations hydropluviométriques à partir de données historiques
- PEPAM, 2006.** Manuel des projets eau.
- Philippe GOMBERT, 1997.** Variabilité spatiale de la productivité aquifère du socle sahélien en hydraulique rurale
- RESACOOP, 2002.** La coopération autour de la gestion de l'eau en milieu rural
- UICN, Groupe d'experts des plaines d'inondation sahéliennes, 2000.** Vers une gestion durable des plaines d'inondation sahéliennes.
- Villeneuve, M.; Bonvalot, Sylvain; Albouy, Yves, 1990.** L'agencement des chaînes (panafricaines et hercyniennes) sur la bordure occidentale du craton Ouest Africain
- Wackermann, Jean-Marie, 1975.** L'altération des massifs cristallins basiques en zone tropicale semi-humide : étude minéralogique et géochimique des arènes du Sénégal oriental : conséquences pour la cartographie et la prospection



Graphisme : Audrey Zeller et © GRDR 2011.

Financé par



Partenaires techniques



Gred I ARD Tambacounda Matam | DRH Matam
Brigade des puits et forages (BPF) Goudiry, le District
sanitaire de Bakel et le GRDR