



REPUBLIQUE DU SENEGAL

**ETUDE DE FAISABILITE DES FORAGES MANUELS
IDENTIFICATION DES ZONES POTENTIELLEMENT
FAVORABLES**

PRACTICA
FOUNDATION


EnterpriseWorks/VITA
A Division of  RELIEF INTERNATIONAL

unicef 

Introduction	5
Description générale du contexte du Sénégal:	5
Cadre géographique	5
Relief et géomorphologie	6
Climat	7
Environnement	8
Hydrographie	11
Contexte Géologique	13
Hydrogéologie	14
Distribution de la population (source PEPAM)	19
Caractéristique des ressources en eau utilisées	21
Desserte en eau potable	21
Captage des eaux souterraines	22
Eaux de surface	23
Problèmes et perspectives	24
Forages manuels dans le pays, existence, distribution et caractéristiques	29
Détermination de l'aptitude aux forages manuels et des zones favorables	30
Critères utilisés pour l'identification des zones favorables	30
Détermination de l'aptitude géologique	30
Interprétation de l'aptitude géologique	37
Détermination de l'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau	37
Aptitude globale	42
Classification des zones favorables	42

LISTE DES FIGURES

Carte des zones éco-géographiques du Sénégal	6
Carte altimétrique	6
Carte des précipitations	7
Moyennes décennales pluviométriques.....	8
Carte des sols du Senegal.....	9
Carte morpho-pédologique	10
carte du réseau hydrographique	12
Carte Géo-lithologique du Sénégal	13
Carte des aquifères du Sénégal : source DGPRE.....	18
Distribution de probabilité des lames d'eau à Bakel de 1904 à 1995 (Source : IRD, 2000)	26
Un mini-forage sur une exploitation.....	29
Caractéristiques des couches superficielles dans les logs de forages disponibles.....	33
Carte de distribution des puits et forages	34
Carte d'aptitude géologique aux forages manuels.....	36
Carte de profondeur du niveau statique dans les points d'eau	38
Carte de profondeur estimée de l'eau.....	39
Carte des zones favorables aux forages manuels.....	44

LISTE DES TABLES

Récapitulatif synthétique des aquifères du Sénégal'	16
Répartition des forages et puits entre les régions du Sénégal	23

Introduction

L'UNICEF a lancé cette année un projet sur le Manual Drilling pour avoir une vision générale sur le potentiel du pays pour l'implémentation des techniques de perforation à bas coût (forages manuels).

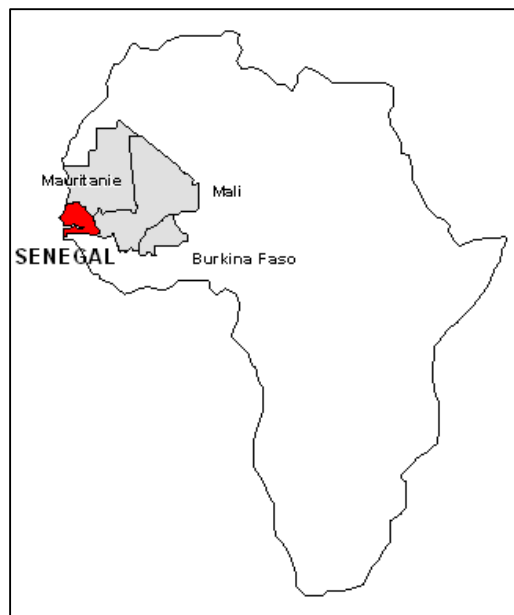
Dans le cadre du projet d'appui à la diffusion des techniques de forages manuels en Afrique, l'UNICEF a réalisé une étude pour identifier les zones favorables à la réalisation des forages manuels au Sénégal. Pour mener à bien cette étude, il a fallu effectuer une collecte d'information au niveau local (dans les principales institutions détentrices de données de base) qui a été transférée dans le site ftp de l'UNICEF. Ces données ont été traitées en collaboration avec un groupe de consultants internationaux de l'Unicef basés aux Etats-Unis ce qui a permis de les rassembler dans un système d'information géographique (SIG). Avec la mise en place du SIG, il a été possible d'analyser les différentes couches thématiques qui ont permis de déterminer, dans chaque zone, les paramètres qui contribuent à déterminer la faisabilité des forages manuels.

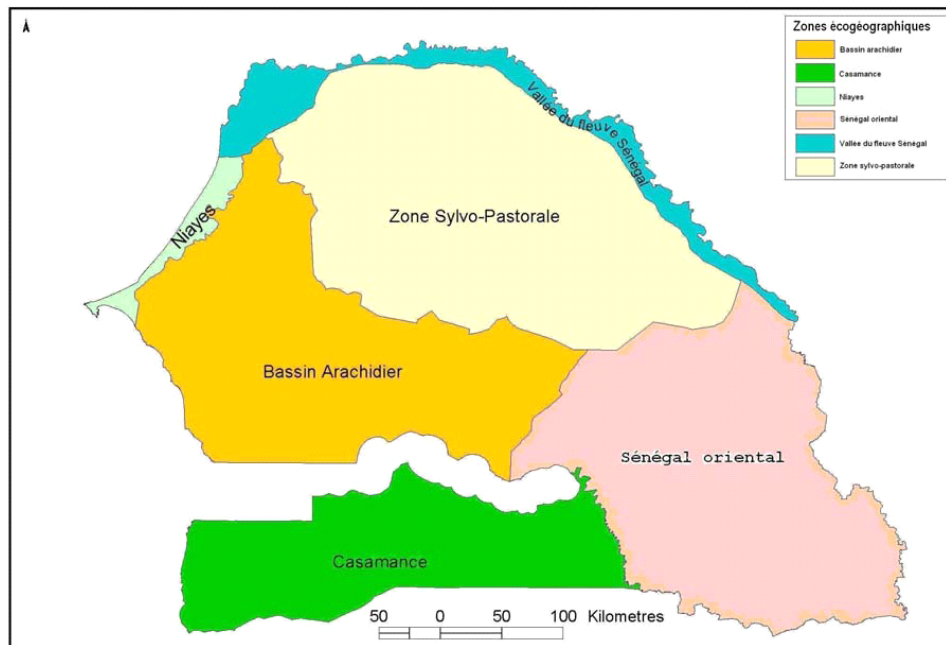
Description générale du contexte du Sénégal:

Cadre géographique

Le Sénégal est situé à l'extrémité Ouest du continent africain. Il a une superficie totale de 196 720 km². Il est limité au Nord et Nord-Est par la Mauritanie, au Sud-Est par le Mali, au Sud par la Guinée et la Guinée Bissau et à l'Ouest par l'Océan Atlantique. A l'Ouest du pays se trouve l'Océan atlantique avec près de 700 km de côte et la Gambie qui dessine au Nord de la Casamance une enclave de 300 km de long sur 20 km de large à l'intérieur du Sénégal.

Le Sénégal occupe la partie méridionale du bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien régulièrement incliné vers l'ouest en direction de l'Océan Atlantique. Cette position ajoutée à son histoire géologique confère au pays une grande diversité des écosystèmes.



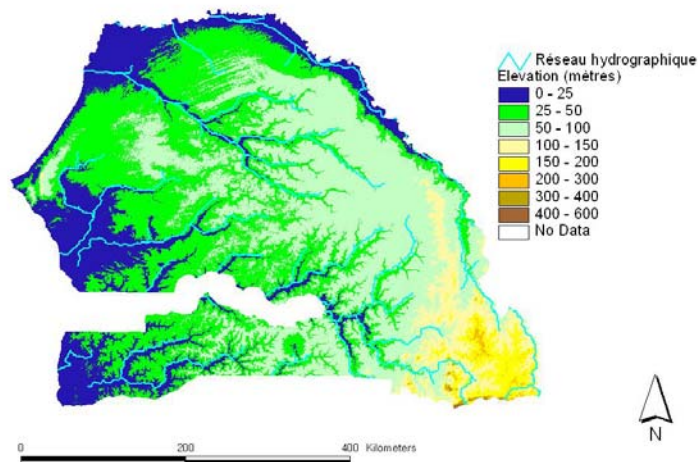


Carte des zones éco-géographiques du Sénégal

Relief et géomorphologie

Le Sénégal est un pays plat, constitué essentiellement de plaines et de plateaux. Le relief oppose les régions du socle (localisées dans le Sud Est et avec des altitudes dépassant 500m) à celles du bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien qui est constitué de bas plateaux, de plaines et de vallées alluviales dont les altitudes dépassent rarement 50m, à l'exception du Horst de Ndiass plus de 100m). Ces plateaux sont incisés par le réseau hydrographique fossile du Ferlo, du Sine et du Saloum et entaillées plus profondément par la Gambie et la Casamance. Par contre, à la frontière guinéenne s'élèvent les contreforts du Fouta Djalon où se trouve le point culminant du pays avec 581 mètres.

SENEGAL - carte altimétrique



Carte altimétrique

Climat

La situation géographique (entre 12°20' et 16°30' Nord et 11°20' et 17°30' Ouest) du Sénégal intègre le territoire dans le cadre général du climat tropical soumis au cours de l'année aux mouvements alternatifs de masses d'air d'origine et de caractères hygrothermiques différents.

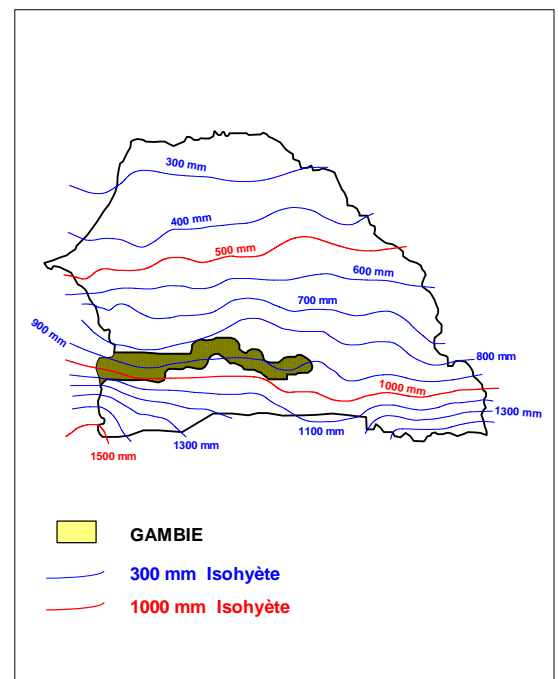
La latitude tropicale du Sénégal fait que les températures sont généralement élevées. Mais elles varient dans le temps, avec les saisons (notamment avec les pluies qui les abaissent), et dans l'espace (proximité ou éloignement de l'océan), l'amplitude thermique subissant la même variation. Les minima thermiques sont atteints pendant le mois de janvier et les maxima pendant la saison des pluies. Le cours général des isothermes est nord-sud avec un effet atténuant très marqué de la mer. Sur le littoral nord, les températures sont modérées (16-30°C). Elles montent jusqu'à plus de 40°C dans la zone centre-est du Ferlo (Linguère-Matam), s'approchent de 39°C à Tambacounda.

Le Sénégal a un climat de type soudano-sahélien, caractérisé par l'alternance d'une saison sèche allant de novembre en mai et d'une saison des pluies allant de juin en octobre. Le maximum de pluviométrie se situe en août et septembre.

La pluviométrie moyenne annuelle suit un gradient croissant du Nord au Sud du pays. Elle passe de 300 mm au Nord à 1400 mm au Sud, avec des variations d'une année à l'autre.

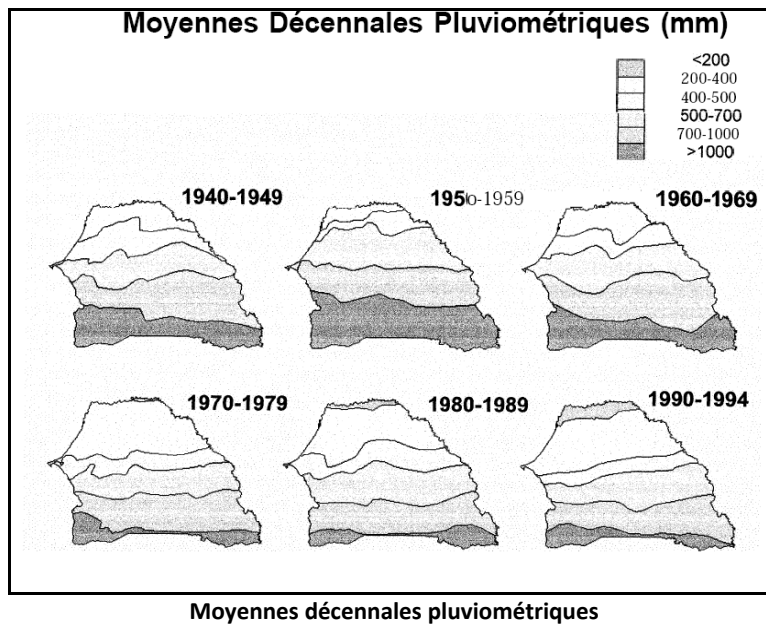
Cette répartition spatiale des précipitations permet de diviser le pays en deux grandes régions climatiques de part et d'autre de l'isohyète 500 mm :

- La région sahélienne au nord de cette isohyète comprend deux régimes pluviométriques (le régime nord sahélien avec une pluviométrie inférieure à 300 mm et le régime sud sahélien avec une pluviométrie comprise entre 300 et 500 mm);
- La région soudanienne au sud de l'isohyète 500 mm comprend les régimes nord soudanien (entre 500 et 800 mm) et sud soudanien (au-delà de 800 mm).



Carte des précipitations

D'une façon générale, la situation pluviométrique est déficitaire au Sénégal, comme dans tout le sahel d'ailleurs. Cela est manifesté par une régression pluviométrique observée bien avant 1970 et marquée ces dernières décennies par des variabilités inter annuelles et des déficits atteignant parfois 40%.



Environnement

Le milieu écologique au Sénégal, comme dans tous les pays du Sahel, subit encore les effets de la sécheresse de ces dernières décennies. Mais plus encore, la dégradation des paysages est liée à l'utilisation des terres et à l'ensemble des activités humaines (agriculture, exploitation forestière, habitat, pâturage, feux de brousse...)

Occupation du sol

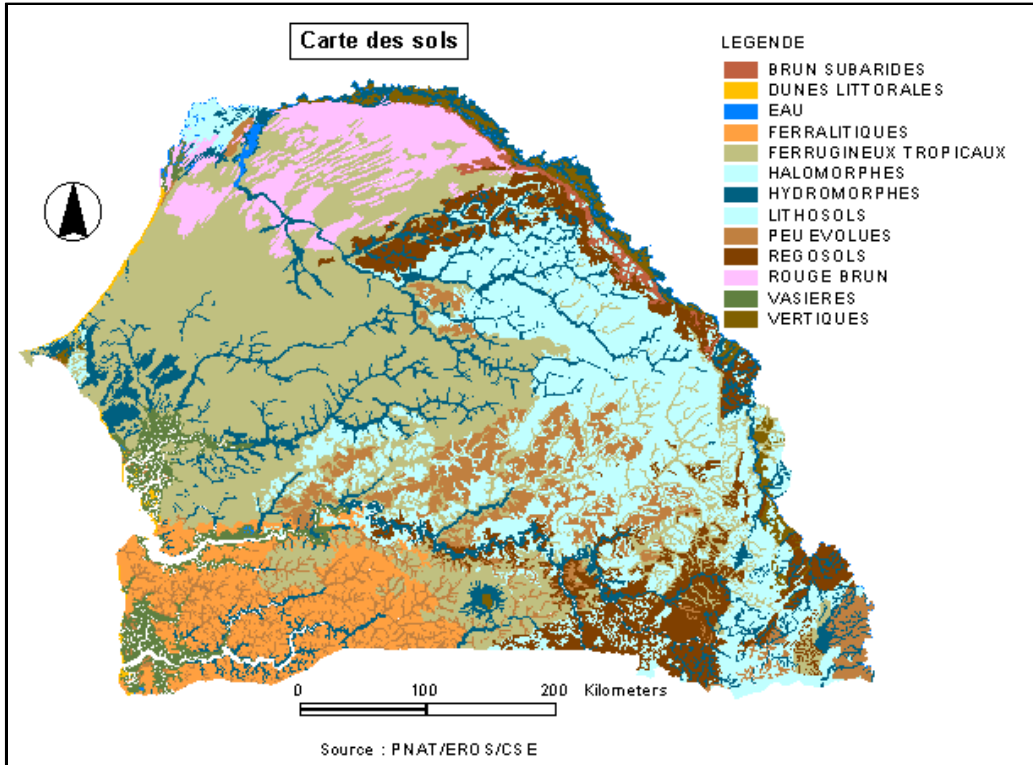
Au Sénégal, les terres arables représentent seulement 19 % de la superficie du pays, soit 3,8 millions d'hectares. Ces terres arables sont inégalement réparties dans les zones éco-géographiques (57 % au bassin arachidier, 20 % en Casamance, 10 % au Sénégal oriental, 8% au Fleuve Sénégal, 4 % dans la zone Sylvo-pastorale et 1 % dans les Niayes). Annuellement, les mises en valeur agricole ne portent que sur 65 % de ces terres, soit 1,5 millions d'hectares environ. En outre, l'essentiel de ces terres sont cultivées sous pluie, de sorte que l'activité agricole est exposée aux aléas climatiques. Seulement, 2 % sont mises en valeur grâce à l'irrigation.

Caractéristiques des sols

Le Sénégal est marqué par l'existence de plusieurs types de sol avec des caractéristiques et des aptitudes différentes. Ces sols dont la formation est liée à la géologie, à la géomorphologie et aux conditions climatiques, jouent un rôle important dans l'agriculture et la préservation de l'environnement. En fonction du critère « eau » on distingue au Sénégal deux grands groupes de sols :

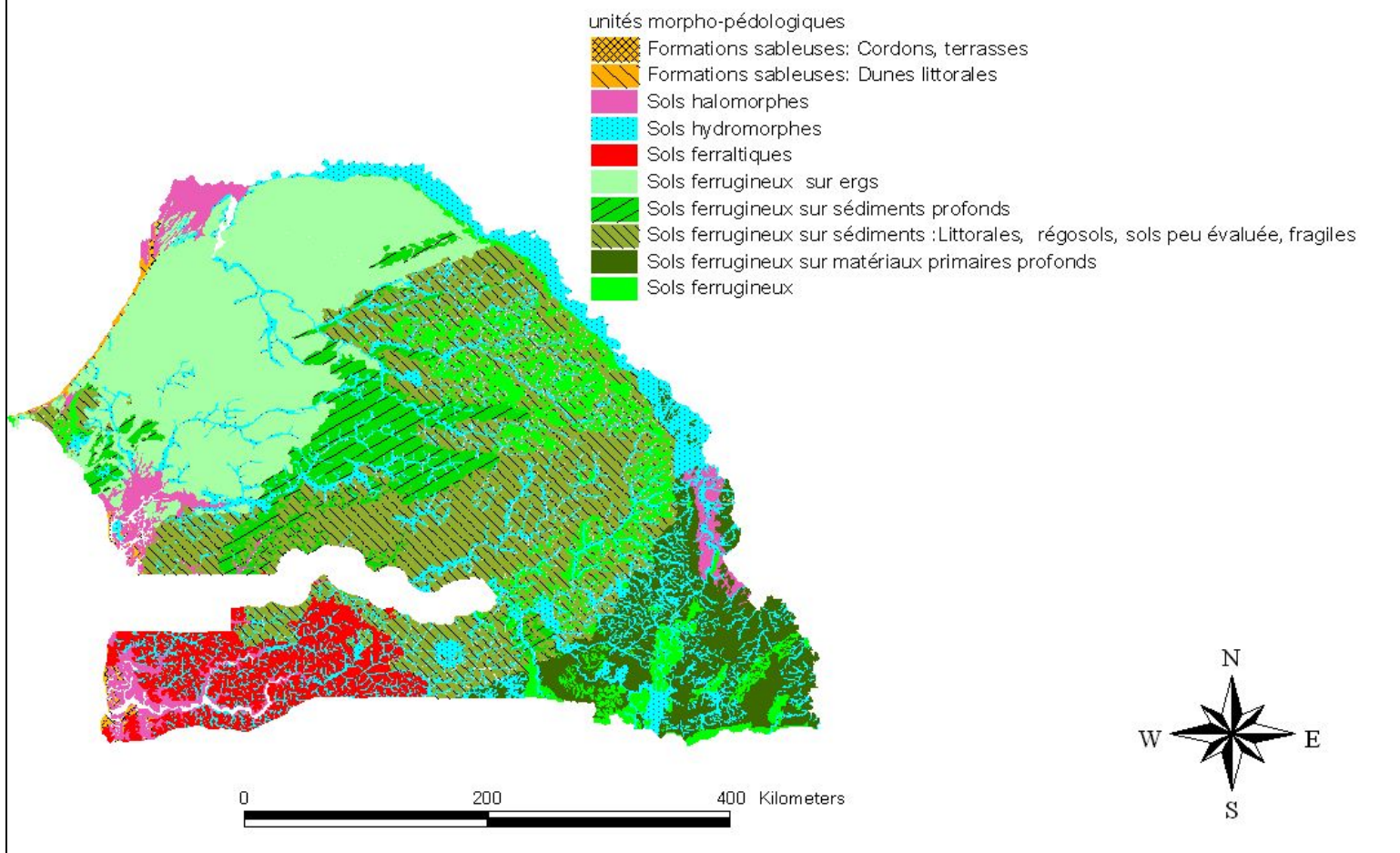
- Les sols hydromorphes et vertisols des bas fonds et zones humides

- Les sols bruns, bruns-rouges, les sols ferrugineux et les sols ferralitiques des parties exondées.



Carte des sols du Senegal

Carte morpho-pédologique



Carte morpho-pédologique

Ecosystèmes aquatiques

Les écosystèmes aquatiques regroupent les écosystèmes fluviaux et lacustres cités plus haut et les écosystèmes côtiers constitués des zones estuariennes et deltaïques de ces fleuves.

Le Sénégal recèle sur son territoire des zones humides d'importance mondiale. Certaines zones humides sont favorisées par les aménagements hydrauliques érigés sur les différents cours d'eau. Le fleuve Sénégal par exemple alimente de part et d'autre de son cours des dépressions naturelles considérées comme « zones humides » : Réserve de Geumbeul, Langue de Barbarie, Trois marigots, Réserve de Bango, Gorom Lampsar, Réserve de Diama, Parc du Djoudj, Cuvette du Ndiaël, Grande mare de Ross-Béthio et Lac de Guiers.

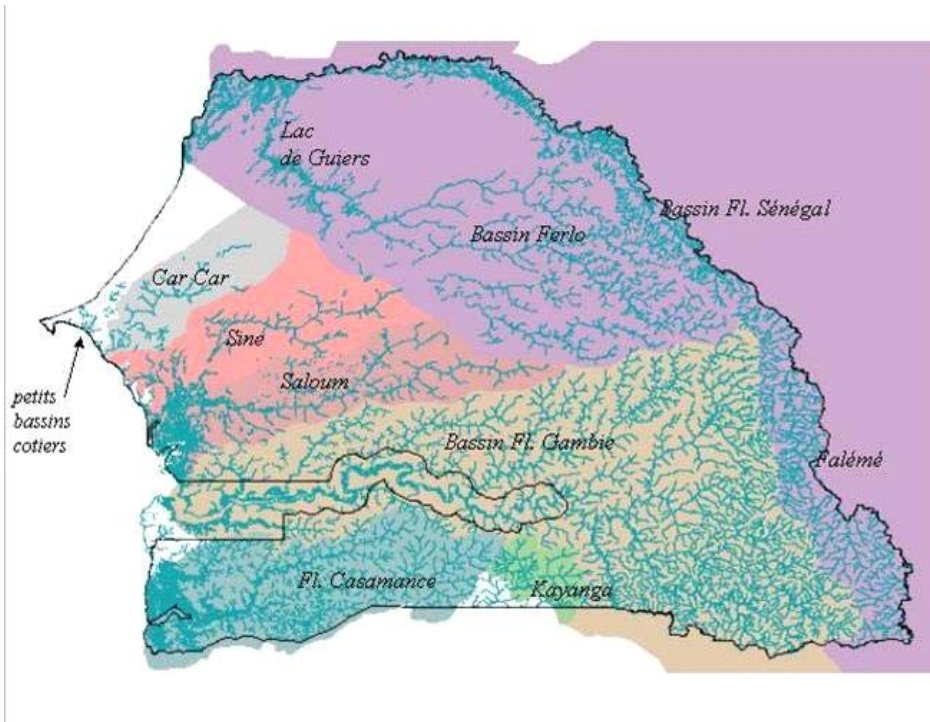
Les berges des lacs et les marais inondés en permanence sont colonisés par des typhas et des phragmites, alors que là où l'inondation est temporaire, on a une végétation constituée de nénuphars, sporobolus, Cyperaceae, Vossia etc. Les berges hautes inondées occasionnellement sont occupées par une végétation ligneuse : Acacia sp., Myragyna inermis, Balanites aegyptiaca... De nombreuses dépressions interdunaires et mares sont répertoriées au Sénégal. Les Niayes sont les importantes et abritent des espèces à affinité guinéenne et soudanienne.

Les mares fonctionnent pour la plupart en hivernage mais jouent un rôle de choix dans l'abreuvement du cheptel et de la faune.

Hydrographie

Le réseau hydrographique du pays est tributaire, d'une part, de la configuration géologique et géomorphologique, et, d'autre part, du régime et de la répartition de la pluviométrie dans la sous région. Le réseau hydrographique est mal réparti sur l'ensemble du pays. Les cours d'eau sont caractérisés par un régime tropical avec une période annuelle des hautes eaux après le maximum pluviométrique en août septembre et une période des basses eaux assez longue. Cette répartition temporelle des écoulements pose la question de la variabilité saisonnière des écoulements.

Le Sénégal a quatre grands systèmes hydrographiques : le fleuve Sénégal, le cours moyen de la Gambie, le Sine Saloum et la Casamance. Les deux derniers ont leurs bassins intégralement dans l'espace national alors que les autres cours d'eau sont des bassins internationaux dont les surfaces s'étendent au mois sur trois Etats. D'autres ressources en eau de surface sont constituées par : le lac de Guiers, le bassin de l'Anambé avec le cours moyen de la Kayanga ayant son entrée en Guinée Bissau, les vallées fossiles du Ferlo, auxquelles et les marigots ou bas-fonds.



carte du réseau hydrographique

Le bassin du fleuve Sénégal dans le pays couvre 60 000 km² soit 9.5% de la superficie totale du bassin (220 000 km²). Il entre au Sénégal à sa confluence avec la Falémé. Au delà de Bakel, le fleuve coule dans la vallée où il bénéficie plus d'apports importants marqués par une forte irrégularité. Aujourd'hui, les apports moyens du fleuve et de ses dépendants sont estimés à près de 20 milliards de m³ par an.

Le fleuve Gambie prend sa source à 1 150 km de son embouchure et à quelques kilomètres au nord est de Labé en Guinée. Le fleuve Gambie traverse trois États : Guinée, Sénégal et Gambie. La Gambie franchit la frontière sénégalaise à quelques kilomètres en amont de Kédougou. La superficie du bassin versant de la Gambie en territoire sénégalais est estimée à 54 631 km² soit 70.9% du bassin versant. Les apports annuels du fleuve Gambie sont estimés à environ 2.7 milliards de m³ à partir de Kédougou.

A ces deux principaux systèmes, il faut ajouter le système du fleuve Casamance dont le bassin versant (20.150 km²) est compris entièrement dans le territoire sénégalais ainsi que le cours supérieur de la Kayanga qui draine un bassin de 2.870 km² avant son entrée en Guinée Bissau.

Outre les principaux bassins (Sénégal, Gambie, Casamance et Kayanga), les autres cours d'eau ont uniquement des écoulements non pérennes sporadiques. Il s'agit essentiellement :

- du Saloum, le Sine et le Car Car formés d'un ensemble de petits bassins débouchant dans un estuaire complexe aux eaux très salines ;
- d'une série de petites rivières côtières coulant d'Ouest en Est et débouchant sur la Côte entre Dakar et Joal-Fadiouth, Bargny, YèneTode, Toubab Djalao, Guéréo, Somone, Baling, Mbodjène.

Pendant les mois pluvieux de l'année, d'importantes quantités d'eau s'écoulent sur les petits bassins versants, juste après les fortes averses. Ces écoulements alimentent les grands cours d'eau, et quelques lacs et mares qui complètent le réseau hydrographique. Le plus important est

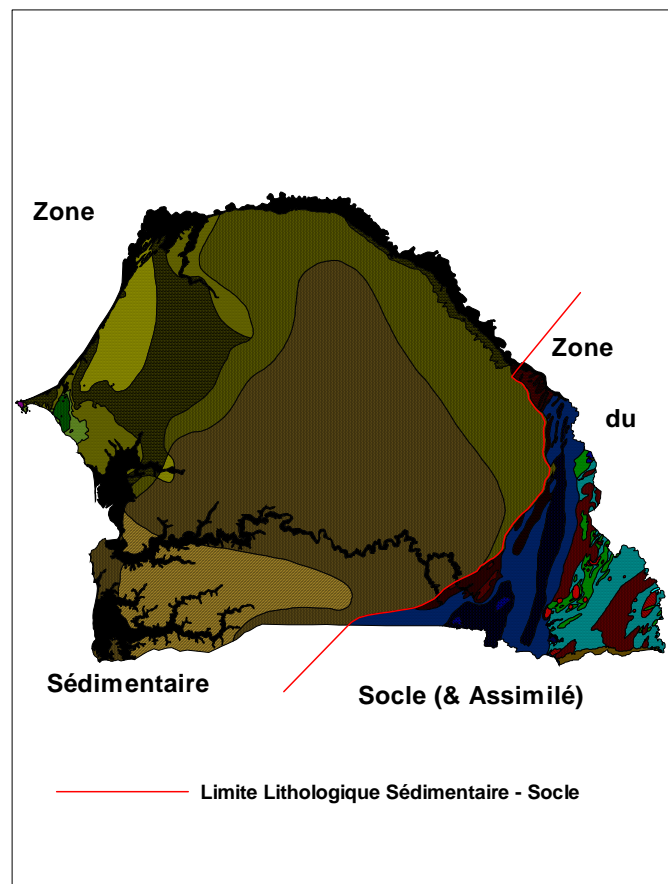
le lac de Guiers, dépression naturelle qui constitue une réserve d'eau douce de près de 500 millions de m³.

Les petits lacs des Niayes sont des zones d'affleurement de la nappe phréatique. Leur étendue dépend du niveau piézométrique de la nappe phréatique. On note aussi l'existence de mares dans les grandes dépressions. Généralement, la durée de rétention de l'eau dans ces mares et marigots à écoulement non pérenne n'excède pas 4 mois. Lorsque la qualité de l'eau le permet, elle est utilisée aussi pour la riziculture et le maraîchage.

Contexte Géologique

Le Sénégal est caractérisé par deux grands ensembles géologiques et structuraux :

- Le bassin sédimentaire côtier sénégal-mauritanien constitué de couches d'épaisseur variable de sables, argiles et calcaires qui s'étendent sur 1 400 km depuis la Mauritanie jusqu'en Guinée Bissau ;
- Le socle ancien, représentant moins de 1/5 du territoire, est constitué de formations plutoniques et métamorphiques dans la partie orientale du Sénégal.



Carte Géo-lithologique du Sénégal

Hydrogéologie

Pour satisfaire les besoins en eau de la population face à l'insuffisance d'eaux de surface qui répondent aux normes d'usage, le Sénégal s'appuie sur l'exploitation des ressources en eaux souterraines par la mise en place d'une politique d'hydraulique villageoise (forage, puits et ouvrages hydrauliques) et l'extension des réseaux d'adduction en milieu urbain.

Ces ressources en eau souterraine sont contenues dans différentes nappes qui renferment des formations allant du Quaternaire au Maastrichtien et dont l'extension et la continuité verticale et latérale sont variables (voir tableau). Elles peuvent être subdivisées en quatre groupes:

- la Nappe de la zone du socle située dans la partie sud du pays dans la région de Tambacounda. Elle est difficilement mobilisable du fait de sa discontinuité et de la compacité du réservoir. Les potentialités de l'aquifère du socle sont estimées à 3.6 millions de m³ par an avec des débits moyens variant de 6 à 10 m³ / heure et pouvant atteindre localement plus de 30 m³/ heure. Cette nappe est actuellement captée par des forages de 40 mètres de profondeur maximale.
- la nappe profonde qui correspond à celle des sables et des grès du Maastrichtien. Elle couvre les 4/5 du territoire avec une potentialité de 500 000 m³ /j. Elle est la nappe la plus exploitée avec des forages atteignant parfois 500 mètres de profondeur avec des débits variant entre 100 et 205 m³/h et de faibles rabattements.
- les nappes semi - profondes qui sont représentées par celles :
 - ✓ des calcaires du Paléocène à l'Est du massif de Diass à l'Ouest du Lac Tanma et dans les régions de Thiés et Fatick avec une potentialité de 68 000 m³/j. Elles sont captées à partir des forages de profondeur maximale avoisinant les 100 mètre et des puits ;
 - ✓ des calcaires du Lutétien entre Bambey et Louga d'un potentiel de 115 000 m³/j. Elles sont captées par des forages essentiellement avec une profondeur avoisinant les 100 mètres ;
 - ✓ de la nappe de l'Oligo-Miocène localisée sur la bordure méridionale du Ferlo entre Kaffrine et Tambacounda et sur la partie sud du pays (Casamance) avec un potentiel estimé à 105 000 m³/j.
- Les nappes superficielles sont les plus accessibles et font l'objet d'une surexploitation par des puits et des forages comme c'est le cas de la nappe des sables de Thiaroye. Elles représentent la famille des nappes les plus vulnérables représentée par :
 - ✓ la nappe du continental terminal qui couvre la quasi totalité du Sénégal avec une potentialité de près de 450 000 m³/j qui est revue en baisse ces dernières années.
 - ✓ la nappe des sables des alluvions du fleuve Sénégal, les sables du littoral Nord de Saint louis à Dakar, les sables infrabasaltiques de Dakar et les lentilles d'eau douce des îles du Saloum et de la Basse Casamance. Leur potentialité est estimée à 273 000 m³/j.

L'estimation du potentiel en eau des aquifères reste encore imprécise malgré les nombreuses études réalisées. En effet, ces études sont réalisées à des périodes différentes et par des auteurs divers. Le bassin est très étendu avec des structures assez complexes. Un modèle global qui fait un bilan exhaustif et détaillé de tous les aquifères composites du bassin n'est pas encore réalisé. Par ailleurs la zone Est qui est considérée comme la zone probable de recharge du maastrichtien

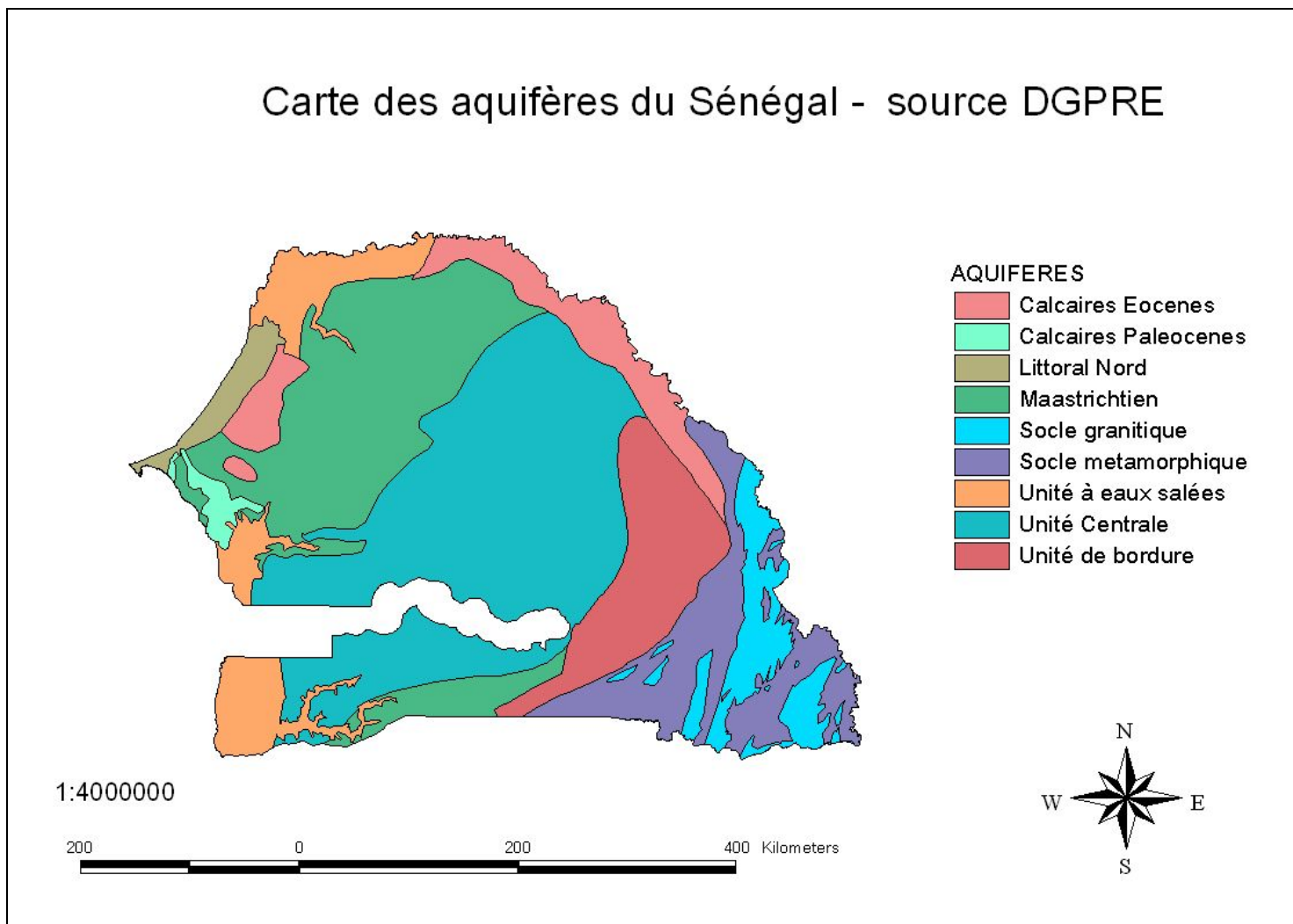
représente un flou pour le système aquifère car il constitue la zone de transition du socle au sédimentaire.

Les nappes du Sénégal souffrent de plusieurs maux : la surexploitation à l'ouest, la salinisation (maastrichtien profond, zones deltaïques ; intrusion marine), l'excès de fluorure dans le bassin arachidier, la concentration élevée de fer dans les nappes du Quaternaire, la pollution anthropique...

ERE	Syst	Epoque	Etage	Regroupement Strati..	Zone Nord		Système Aquifère	Zone Sud		
					Lithologie dominante	Aqui..		Lithologie dominante	Aqui..	
QUATERNAIRE						Sables éoliens alluvions tufs volcaniques	Aquifère	Sables marins et éoliens	Aquifère	
TERTIAIRE	NEOGENE	PLIOCENE	« CONTINENTAL TERMINAL »			Sables coquilliers sables +/- argileux	Aquitard	sables ou grès argileux et argiles	Aquitard	
		MIOCENE				marno calcaire	Aquitard	sables avec bancs d'argile et calcaires	Aquifère	
		OLIGOCENE				marnes et argiles	Aquitard			
	PALEOGENE	EOCENE	moy		LUTETIEN SUP.		Calcaires marno-calcaires	Aquiclude	calcaires karstifiés	Aquifère
					LUTETIEN INF.		sables	Aquifère		
			inf		YPRESIEN		Marnes et argiles	Aquiclude	marno calcaires passés sables	Aquitard
		PALEOCENE			PALEOCENE sup. À moyen		Marno-calcaires calcaires karstifiés marnes	Aquifère	sables, calcaires coquilliers ou karstifiés	Aquifère
					DANIEN		Marno calcaires argiles	Aquitard	marno calcaires argiles	Aquitard
SECONDAIRE	CRETACE	CRETACE Supérieur	SENONIEN	MAASTRICHTIEN		sables grès, sables gréseux sables argileux	Aquifère	sableux avec passées d'argile	Aquifère	
				CAMPANIEN		Grès Sables argileux	Aquifère	sables argileux	Aquifère	
				SENONIEN INF		sables argileux et argiles sableuses	Aquitard	argile sableuse	Aquitard	
				TURONIEN		argiles noires	Aquiclude	Argiles noires	Aquiclude	
		CRETACE Moyen			CENOMANIEN		calcaires argiles sableuses	Aquiclude	marno calcaire	Aquiclude
					ALBIEN		calcaire, marno calcaire sables argileux		Marno calcaires, argiles sableuses	
			APTIEN		calcaire, marno calcaire argiles sableuses	Marno calcaires, argiles sableuses				
			CRETACE Inférieur	NEOCOMIEN			calcaire dolomitique			
	JURASSIQUE						calcaires, calcaires dolomitiques	Aquiclude	calcaires et bancs de dolomie	Aquiclude
	TRIAS						couche salifère	Aquiclude	couche salifère	Aquiclude
PRIMAIRE						argiles silteuses grès quartzites conglomérats	Aquiclude	argiles silteuses grès quartzites conglomérats	Aquiclude	
Socle cristallin						granites, diorites, roches métamorphiques		Aquifère dans les zones superficielles fracturées et arénisées		

Récapitulatif synthétique des aquifères du Sénégal'

Carte des aquifères du Sénégal - source DGPRE



Carte des aquifères du Sénégal : source DGPRE

Distribution de la population (source PEPAM)

La population du Sénégal est estimée à 6 897 000 habitants en 1988 selon les statistiques du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH). Avec un taux d'accroissement naturel moyen annuel de 2,9 %, elle pourrait atteindre les 13 millions en l'an 2015 et elle serait de 17,1 millions d'habitants en l'an 2025.

Le rapport de Projections de population du Sénégal issues du recensement de 2002, édité par la DPS en 2004, distingue la population "urbaine" de la population "rurale" suivant un critère unique de statut administratif :

- les populations des localités ayant le statut administratif de Commune (incluant les Communes d'arrondissement dans la Région de Dakar) sont classées comme population urbaine;
- les populations des localités n'ayant pas le statut de Commune sont classées comme population rurale, y compris les chefs-lieux de Communauté rurale.

La population urbaine est répartie dans 66 Communes et représente 41% de la population totale en 2003 selon le rapport Projections de population du Sénégal issues du recensement de 2002. La population rurale est répartie dans les 13212 autres localités répertoriées dans la base de données AFDS/DPS 2000 qui sert de base de référence des localités pour la présente étude.

On peut constater que cette classification urbain-rural ne prend pas en compte de critères de population. Un seuil de 5000 habitants est souvent mentionné au Sénégal pour fixer la limite supérieure de classification d'une localité en "rural" mais on ne trouve pas l'utilisation de ce critère dans le rapport précité.

En matière d'hydraulique, on constate que la classification administrative et la délimitation sectorielle ne se recoupent pas: des localités classées "rurales" sont alimentées par la SdE et relèvent donc de l'hydraulique urbaine, tandis que des localités classées "urbaines" (c'est-à-dire dotées du statut de Commune) sont alimentées par des infrastructures hydrauliques de type rural.

Néanmoins, les études antérieures et les travaux actuellement en cours pour la préparation d'un projet de loi sur le service public de l'eau potable (dans le cadre de l'étude sur l'évolution institutionnelle du secteur de l'hydraulique urbaine et de l'assainissement) ont adopté un système de classification basé sur la taille de la localité:

- les localités de moins de 5000 habitants sont définies comme centres ruraux : elles relèvent normalement de l'hydraulique rurale, à l'exception de celles qui sont déjà dans le périmètre affermé de SdE ou bien ont acquis le statut administratif de Commune;
- les localités de plus de 10000 habitants sont définies comme centres urbains : elles relèvent normalement de l'hydraulique urbaine. Celles qui sont encore hors du périmètre affermé de la SdE ont vocation à y entrer à plus ou moins court terme;
- les localités comprises entre 5000 et 10000 habitants sont définies comme centres semi-urbains; elles peuvent relever de l'hydraulique rurale comme de l'hydraulique urbaine. L'incorporation de ces centres dans le périmètre affermé est envisageable sur base d'études de faisabilité fondées sur des critères sociaux et technico-économiques. L'étude d'incorporation

de 22 centres réalisée en 2003 a montré les limites actuelles de ce type d'opération, puisque seuls 3 centres ont in fine été proposés à l'incorporation.

Le tableau ci-après propose la classification qui pourrait être retenue pour la définition des objectifs et stratégies d'investissement. Elle combine d'une part, la délimitation rural-urbain à 5000 habitants, d'autre part la sous-classification des localités rurales suivant 4 tranches de populations figurant dans le CCMH.

Tableau 1 : Classification des localités

Classe	Tranche d'habitants	Type de localités	Milieu	
1	< 500	Villages Petits centres ou centre ruraux	RURAL	
2	500 – 999			
3	1000 – 2499			
4	2500 – 4999			
5	5000 – 9999	Centres semi – urbain ou villes secondaires	SEMI-URBAIN	
6	A B	> ou = 10.000	Centres Urbains ou Villes principales	URBAIN
			Agglomération Dakaroise	
			Autres villes principales	

A l'issue du deuxième recensement général de la population humaine de 1988 (RGPH II), la Direction de la prévision et de la statistique (DPS) a construit une table des localités qui sert généralement de référence pour la quasi totalité des études menées au Sénégal.

Cette table fournit notamment le numéro administratif qui identifie de manière unique chaque localité du Sénégal, et sa population 1988. L'actualisation de la population aux années ultérieures est effectuée par application du taux de croissance de la communauté rurale d'appartenance de la localité, disponible également dans le RGPH 1988.

Un troisième recensement général de la population (RGPH III) a été effectué en 2002, et a fait l'objet d'une première publication officielle en Juillet 2004 fournissant la population 2003 par Communauté rurale. Cependant, l'accès aux données de population par localité sous forme numérique n'étant officiellement pas encore possible à cette même date, elles n'ont donc pas pu être utilisés dans le cadre du présent rapport, mais pourront l'être ultérieurement.

Caractéristique des ressources en eau utilisées

Desserte en eau potable

Le 'Programme Eau Potable et Assainissement du Millénaire ou PEPAM est le cadre unifié d'interventions du Sénégal pour la réalisation des Objectifs du Millénaire dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement. Il a été lancé en janvier 2005 à la suite d'un processus de planification rigoureux ayant pris en compte les préoccupations de l'ensemble des acteurs. Au COURS des dernières décennies, le Sénégal a consenti d'importants efforts sur ressources nationales et avec l'appui de ses partenaires au développement pour la satisfaction des besoins en eau potable des populations, du cheptel et des autres acteurs de l'économie (agriculteurs, industriels, etc.).

Toutefois, force est de reconnaître que malgré l'importance des investissements la demande en eau potable est loin d'être entièrement couverte.

Les statistiques sur l'accès à l'eau qui ont été faites lors de la revue annuelle du PEPAM tenue à Dakar le 28 avril 2009 indiquent :

- un taux d'accès global en fin 2007 qui se stabilisé à 98% en fin 2008 (branchements particuliers et bornes fontaines) pour l'hydraulique urbaine. Ce résultat place le sous-secteur en phase avec les projections du PEPAM. La consommation spécifique moyenne par branchement particulier est de 56 litres/jour/habitant à Dakar et de 48 litres/jour/habitant dans les autres centres urbains.
- un taux d'accès qui est passé de 75.5% en fin décembre 2008 contre 72% en fin 2007 pour l'hydraulique rurale. Ce résultat qui permet de maintenir le sous-secteur sur le chemin des OMD, est dû à l'addition des efforts de la DHR, de la DEM, des autres projets gouvernementaux, des ONG et de la coopération décentralisée. La consommation spécifique varie entre 17 et 32 litres/jour/habitant

Les orientations stratégiques de la politique de maîtrise de l'eau s'articulent autour de quatre (4) axes prioritaires :

- accroître l'accès facile et durable à l'eau potable pour tous les citoyens ;
- amélioration de la qualité de l'eau distribuée aux populations ;
- gestion durable de la ressource en eau et maintenance efficiente des infrastructures hydrauliques;
- prise en compte des besoins en eau de l'agriculture.

Les objectifs visés par l'hydraulique urbaine sont la sécurisation de l'alimentation en eau de Dakar jusqu'à l'horizon 2016 et l'atteinte d'un taux d'accès à l'eau potable dans tous les centres urbains de 95 % en 2015 et de 100 % en 2020.

L'objectif visé, à l'horizon 2015 en hydraulique rurale, est un taux d'accès à l'eau potable en milieu rural de 85 %.

Il s'agira de poursuivre la réalisation de forages multi-villages, en favorisant l'installation de grandes adductions d'eau, de manière à desservir tous les villages satellites (sur un rayon d'au moins 5 kms). Les localités isolées de moindre importance seront dotées prioritairement de puits modernes équipés de pompe solaire, éolienne ou à motricité humaine.

L'utilisation de systèmes de traitement de l'eau sera préconisée dans les zones où la qualité des eaux souterraines n'est pas satisfaisante par des procédés de dessalement ou de traitement des eaux de surface.

Captage des eaux souterraines

Les ouvrages d'exhaure peuvent être regroupés en cinq grands systèmes par ordre d'importance :

- Les forages, les forages-puits, les puits-forages et les puits modernes motorisés

Ils constituent l'objectif prioritaire dans le bassin sédimentaire où les potentiels aquifères permettent une exploitation par pompage de débits unitaires élevés (de 10 à plus de 100 m³/h) pouvant aisément couvrir les besoins d'un village important et des villages avoisinants à partir d'infrastructures adaptés (châteaux d'eau, réservoirs au sol, extensions par conduites, bornes-fontaines et rampes de robinets, potences, abreuvoirs, branchements particuliers,...). Leur nombre est un plus de 3000 ouvrages.

- Les forages et les puits modernes équipés d'éoliennes

Ces ouvrages sont relativement peu nombreux et sont concentrés surtout dans les régions du fleuve Sénégal, de Thiès, de Louga et de Diourbel.

L'irrégularité et/ou la faiblesse des vents, l'usure rapide de certaines pièces et la diversité des marques sont autant d'inconvénients qui ont fait que ce type d'équipement n'a pas répondu à l'attente des utilisateurs et qu'aujourd'hui une grande partie de ces éoliennes ne fonctionne plus. Les débits obtenus varient entre 5 et 30 m³/j.

- Les forages et les puits modernes équipés de pompes à motricité humaine

Ce type d'équipement s'est surtout développé au Sénégal oriental où les aquifères de socle discontinus fournissent des débits unitaires le plus souvent inférieurs à 5 m³/h non exploitables économiquement par des pompes à moteur (à la rigueur par des pompes solaires).

Le nombre exact de forages et de puits équipés de pompes à motricité humaine (PMH) n'est pas connu avec précision car ces équipements sont le plus souvent installés par des projets sans le contrôle du Ministère en charge de l'Hydraulique.

Avec ce type de pompe, on obtient généralement des débits variant entre 3.5 et 8 m³/j.

Leur nombre est estimé à 850.

La multiplicité des marques de pompes (du fait de la multiplicité des projets qui les ont installées), l'insuffisance de formation et l'absence de suivi post-projet (pour les pièces notamment) ne sont pas à favoriser un taux de fonctionnement correct des pompes qui sont souvent en panne.

- Les puits modernes à exhaure manuelle ou animale

Les puits modernes correspondent à des puits construits par une entreprise selon les règles de l'art c'est-à-dire avec captage de l'aquifère par buses filtrantes sur au moins 10 mètres de hauteur, cuvelage et margelle, dalle de fond, potence à poulies, couverture amovible et ceinture cimentée anti-bourbier avec évacuation des eaux résiduelles et abreuvoirs à distance adéquate du puits.

Au seau ou à l'outre, l'exhaure dans ce type d'ouvrage peut atteindre de 3.5 à 10 m³/j et représente une importante source d'approvisionnement en eau des populations rurales.

Leur nombre est estimé 700.

- Les puits traditionnels à exhaure manuelle ou animale

Les puits traditionnels sont généralement exécutés par un puisatier et ne disposent pas de revêtement. Ils sont de loin les plus nombreux. En milieu rural, il existe quasiment un puits traditionnel par concession.

Comme les puits modernes, l'exhaure se fait avec un seau ou à l'outre les volumes pélevés dépassent rarement m³/j. Leur nombre est estimé à près 40 000.

La base de données de la DGPRE fournit la répartition suivante des forages et puits modernes entre les différentes régions du pays :

Région	Forage	Puits moderne
DAKAR	86	10
DIORBEL	168	192
FATICK	171	132
KAOLACK	285	33
KOLDA	138	2
LOUGA	452	156
SAINT LOUIS	252	181
TAMBACOUNDA	387	20
THIES	666	70
ZIGUINCHOR	89	
TOTAL	2694	796

Répartition des forages et puits entre les régions du Sénégal

Eaux de surface

La maîtrise des eaux de surface est souvent associée à des efforts d'intensification et de modernisation de l'agriculture. Les efforts ont porté surtout sur la réalisation des grands barrages de Diama et de Manantali, sur le fleuve Sénégal, de ceux de la vallée de l'Anambé, des ouvrages anti-sel de la région naturelle de Casamance, mais aussi, plus récemment, des petits barrages ou bassins de rétention.

Les dépressions lacustres situées dans la zone des Niayes font aussi l'objet d'aménagement. On note un projet de 4 barrages dans la région de Dakar d'une capacité de stockage de 215 millions de m³. La réhabilitation de retenues collinaires à Panthior et Bargny permet de mobiliser un volume d'eau de 350.000 m³ /an.

Les ouvrages anti-sel de la région naturelle de Casamance ont été construits surtout dans les départements de Sédhiou (Région de Kolda), dans les départements de Ziguinchor et de Bignona (Région de Ziguinchor). Il s'agit généralement de réalisations associées à l'aménagement de vallées pour le développement de la culture irriguée. Signalons l'existence d'ouvrages anti-sel dans le delta du Saloum et du Sine construits dans les années 1950 et 1960 par les pouvoirs publics (une soixantaine) pour le développement de la riziculture et, plus récemment, avec l'appui d'organismes comme le Projet de Gestion Intégrée des Ecosystèmes du Sénégal (PGIES) et d'ONG comme l'UICN (Union mondiale pour la nature). Les premiers ouvrages étaient destinés au développement de la riziculture, mais avec la sécheresse et le défaut d'entretien, ils ne sont plus opérationnels. Quant aux ouvrages plus récents, ils sont destinés surtout au maraîchage.

De petits ouvrages de retenue ont été réalisés dans différentes parties du pays, notamment dans les régions de Kolda et de Tambacounda. Elles sont surtout le fait d'ONGs et sont destinés surtout au maraîchage et à la riziculture.

Le programme « bassins de rétention » a été lancé au cours de l'années 2000. Sous la conduite de la Direction du Génie Rural ; on compte la réalisation de près de 134 ouvrages répartis les 11 régions administratives (tableau). Ces bassins de rétention ont des objectifs multiples :

- Stocker et mobiliser les eaux de ruissellement;
- Renforcer l'agriculture familiale par le développement des activités de contre saison ;
- Développer, sécuriser et diversifier la production agricole par l'aménagement de près d'une dizaine d'hectares autour de chaque ouvrage ;
- Préserver et améliorer les écosystèmes ;
- Développer la pisciculture;
- Offrir une plus grande disponibilité de l'eau au cheptel
- Protéger les infrastructures (routes, ponts) et lutter contre les inondations et l'érosion hydrique.

Problèmes et perspectives

Aujourd'hui, il est admis que la question de l'eau au Sénégal ne se pose pas en termes de quantité globale mais en termes de disponibilité et/ou de qualité des ressources. En effet, ces ressources sont mal réparties, car trop éloignées des grands centres de consommation et des pôles de développement, ou sont difficilement mobilisables. Ces contraintes peuvent parfois créer des situations de "concurrence" et de tensions localisées entre usagers potentiellement en conflits.

Crises pluviométriques

Le Sénégal a connu plusieurs crises pluviométriques dont les plus significatives sont celles de 1913-1915, 1941-1945. Les effets de la dernière sécheresse, qui a débuté à la fin des années 1960, se font encore sentir. Ces changements climatiques ont eu un impact sur les écoulements de surface. Durant la période de déficit pluviométrique, il s'est produit un abaissement progressif du niveau de la nappe statique, notamment celles contenues dans les sables et les grès du continental terminal alimenté par les pluies

L'effet conjugué de l'élévation du niveau marin et de l'évapotranspiration expose les eaux douces à la salinisation rendant ainsi une partie des eaux superficielles et souterraines impropres à de nombreux usages. Le réseau hydrographique important envahi en permanence par les eaux marines (fleuves Casamance & Sine Saloum). Dans la partie sud du pays, cette salinisation

constitue une contrainte de taille au développement des activités rizicoles et contribue au recul tendanciel des superficies cultivables en riz (de plus de 25 %).

Eaux souterraines : baisse du niveau des nappes, pollution et salinité

La péjoration climatique de ces dernières années combinées à la surexploitation (à l'ouest du pays) a engendré par endroits la baisse des nappes phréatiques (de 20 à 25 m en 25 ans au horst de Ndiass) et l'intrusion saline notamment dans les basses vallées du Sine Saloum et au niveau des deltas de la Casamance et du fleuve Sénégal. Ainsi, on assiste à la surexploitation de certaines nappes par des prélèvements qui dépassent les capacités de renouvellement (nappes des sables quaternaires du Cap Vert et des calcaires paléocènes de Sébikhotane). La recharge de la nappe est rendue d'autant plus difficile que l'urbanisation incontrôlée des grands centres urbains (tel que Dakar) a diminué la surface d'infiltration des eaux et de recharge des nappes. Cette situation traduit la dégradation du système d'équilibre des nappes et de l'écosystème. Au centre du pays, sous alimenté par les précipitations, les aquifères sont profondément déprimés et la désertification progresse dans les zones les plus défavorisées.

La pollution d'origine anthropique des nappes est essentiellement due aux activités agricoles, industrielles et à l'occupation anarchique de l'espace. Les paramètres révélateurs de cette pollution sont la présence de nitrates et de micropolluants organiques et la pollution bactériologique. La pollution des nappes par les nitrates dans la zone du Cap Vert est importante notamment au niveau de la décharge de Mbebeuss mais aussi niveau des nappes affleurant dans les bidonvilles (Dalifor, Médina Gounass) dans la proche banlieue de Dakar.

La pollution des nappes peut être fossile du fait de la nature de la roche encaissante ou de phénomènes naturelles (tectonique, marin etc.). Elle se caractérise alors par des concentrations excessives de fluor (cas de la nappe maastrichtienne, 6 à 8 g par litre dans les régions de Louga, Diourbel et Kaolack) ou de fer (cas de la nappe des sables quaternaires du littoral avec des teneurs supérieures à 5 mg par litre).

L'impact de la sécheresse sur la bande côtière est visible avec la baisse du niveau piézométrique favorisant l'avancée du front salé. Une forte salinité affecte aussi la totalité des ressources en eau souterraine dans une partie des régions de Diourbel et Fatick et une bonne portion de la région de Thiès correspondant au département de M'Bour. Pour une partie de la région de Louga, la surexploitation des nappes du littoral entraîne une salinité progressive. Cette salinité oblige à faire appel de plus en plus à des systèmes de traitement d'eau douce de surface (ex : AEP Gorom-Lampsar) et aux systèmes de transfert d'eau sur de longues distances (AEP Notto-Ndiosmone-Palmarin) pour l'approvisionnement en eau des populations rurales.

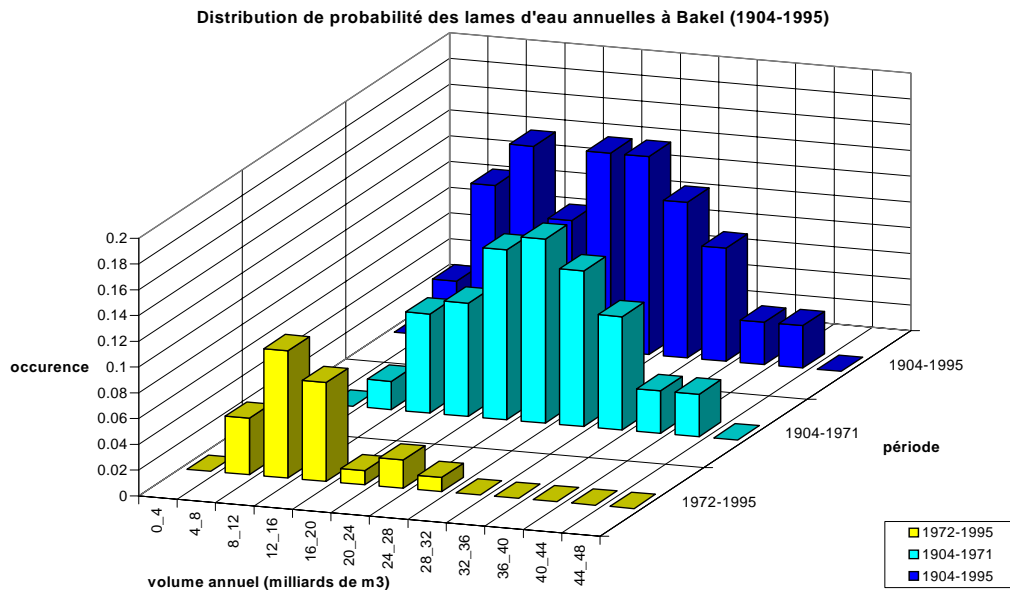
La zone dite « de socle » située dans la partie sud-est du Sénégal oriental correspondant aux départements de Bakel, de Kédougou et le sud-est du département de Matam, est caractérisée par une rareté des nappes d'eau douce qui y sont présentes sous forme de lentilles. Les captages de telles nappes sont souvent aléatoires et les productions assez faibles et limitées dans le temps. Les ouvrages qui y sont réalisés (Marteau Fond de Trou) sont de faible débit, et ne peuvent être équipés que de pompes manuelles.

Eau de surface : variation des débits, pollution et envahissement par les plantes aquatiques

Les effets de la variabilité climatique se sont amplifiés au niveau des cours d'eau. L'hydraulicité des fleuves soudano-sahéliens a aussi beaucoup diminué depuis 25 ans. Sur 75 bassins d'Afrique de l'Ouest et du Centre affectés par la sécheresse, 62 soit 84% présentent un déficit d'écoulement supérieur ou égal à 30%, et 28 soit 37% un déficit supérieur ou égal à 50%. Du point de vue spatial, on notera que les déficits les plus importants sont enregistrés sur le bassin du Sénégal et sur les bassins de Côte d'Ivoire. L'hydraulicité du fleuve Sénégal a beaucoup diminué depuis 25 ans. Ainsi, la lame d'eau annuelle écoulée au niveau du fleuve Sénégal à la station de Bakel a atteint 42 milliards de m³ en 1924 mais n'était que de 6,5 milliards de m³ en 1983, 1984 et 1987.

De 1904 à 1971, le volume moyen annuel a été de 25,8 milliards de m³.

De 1972 à 1995, il a été de 12,8 milliards de m³, soit une réduction de moitié de la lame d'eau moyenne écoulée. La figure ci dessous illustre le caractère de sécheresse accentuée de la période 1972-1995 comparé à l'ensemble du siècle. Ainsi, 11 des 12 années les plus sèches du siècle ont eu lieu sur cette période. Tous les secteurs reposant sur la disponibilité des ressources en eau sont aujourd'hui fortement pénalisés par la diminution des précipitations et par ses conséquences sur les ressources en eau.



Distribution de probabilité des lames d'eau à Bakel de 1904 à 1995 (Source : IRD, 2000)

La qualité des eaux superficielles connaît elle aussi une forte altération due à la pollution chimique résultant des produits utilisés dans l'agriculture et notamment les pesticides et les engrais. Ceci dépend de plusieurs facteurs : caractéristiques des sols, irrigation, types de cultures pratiqués, déficiences de la réglementation, analphabétisme des exploitants agricoles, facilité de financement des intrants chimiques. Ces problèmes sont sensibles dans des régions comme le Delta du fleuve Sénégal, la presqu'île du Cap-Vert, les zones de Mbour et de Fatick, la zone comprise entre Vélingara et Tambacounda. Des études menées dans le delta du Sénégal ont montré que le cours principal et les défluent sont affectés par une pollution minérale due aux rejets des périmètres privés dans la plaine alluviale du Djeuss, des rejets des stations d'exhaure de Ndong et Gaéla sur le Gorom et aux rejets d'eaux de drainage très minéralisées de la Compagnie sucrière dans le lac de Guiers. La présence de résidus herbicides ou insecticides dangereux a été décelée dans les analyses faites à plusieurs endroits au niveau du lac de Guiers. La minéralisation

croissante des eaux se traduit par une augmentation considérable des coûts d'exploitation de cette ressource, que ce soit au niveau du traitement de l'eau distribuée aux populations ou de la lutte contre les phénomènes d'eutrophisation

L'invasion des plans d'eau par la végétation aquatique constitue aussi un problème environnemental majeur. Dans le delta du fleuve Sénégal, le barrage anti sel de Diama a changé les conditions hydrochimiques. L'adoucissement des eaux a favorisé la prolifération de la végétation est signalé dans la plupart des zones humides du Delta. Le développement de la



Salvinia molesta constitue une réelle menace pour la biodiversité et l'agriculture de la région. Elle prolifère principalement à l'intérieur des Typha qui poussent le long du fleuve. D'épais tapis se sont formés au niveau des prises d'eau connectés au fleuve Sénégal : ouvrages de Djoudj et Caïman pour le parc du Djoudj, ouvrages de Gorom et de Ndeupélou pour l'alimentation en eau des villages et au point de débarquement des pêcheurs, station de pompage de Débi-Tiguet etc. Les estimations faites par la SAED en 2001, à partir d'images SPOT, font état d'une

superficie de 16 000 ha occupée par le *Typha australis* et la *Salvinia molesta*. Aujourd'hui, la situation des végétaux aquatiques envahissante est une préoccupation majeure dans le Delta. Les effets socio-économiques et écologiques sont inestimables en termes de perte d'habitats, de gêne pour la navigation, de difficulté pour mener les activités domestiques et de pêche ainsi qu'en terme d'investissement pour la restauration des axes hydrauliques.

Coûts de mobilisation et accessibilité des ressources en eau

Les volumes d'eau réellement mobilisés annuellement sont actuellement estimés à moins de 10% des réserves posant ainsi un grave problème d'accès pour certaines populations.

Le potentiel en ressources en eau du Sénégal (eaux de surface et eaux souterraines) est considérable mais se pose toutefois le problème de la disponibilité due aux énormes coûts de mobilisation et de distribution des ressources en eau souterraine et de surface.

Les eaux de surface ne peuvent être mobilisées que par la réalisation d'ouvrages hydrauliques (barrage, canal ou conduite) et la mise à disposition de machines (groupes motopompes ou électropompes) mais les coûts restent souvent inaccessibles. La mobilisation des eaux



souterraines nécessite la réalisation d'ouvrages de production. Dans les régions où les nappes superficielles existent, les coûts de mobilisation sont moins élevés et l'accès à l'eau est plus facile. Par contre, dans les régions où la seule alternative reste la nappe profonde (le Maastrichtien), les coûts de mobilisation sont très élevés, surtout du fait des grandes profondeurs à atteindre pour accéder à l'eau.

Au niveau des bassins de rétention, il a été relevé aussi le coût élevé des aménagements (1 à 3 millions de FCFA) qui ne sont pas à la portée des communautés et collectivités locales. En outre, la faiblesse des ressources financières allouées au programme constitue une sérieuse contrainte.

Forages manuels dans le pays, existence, distribution et caractéristiques

Les forages manuels ne sont pas très bien développés ni vulgarisés au Sénégal. Ces techniques de foration n'ont commencé à être développées en Afrique francophone qu'à la fin des années 80 et elles n'ont jamais été promues à grande échelle.

Au Sénégal, la technique de foration manuelle est rudimentaire et n'est pratiquée que dans des zones sablonneuses (lithologie dépourvue d'argiles et de roches dures). Elle se fait à la tarière par fonçage à diamètre unique et la profondeur d'investigation n'excède pas 20 mètres. Les tubages utilisés sont en PVC et les fentes des crépines sont réalisées de façon manuelle et enveloppées d'un tissu (trous de diamètre de 2 cm environ sur le PVC). Par ailleurs, la zone crépinée n'est pas gravillonnée et les ouvrages ne sont pas généralement développés. On note aussi que ces ouvrages ne font pas souvent l'objet d'analyses chimiques avant leur rétrocession.

S'agissant des forages manuels qu'on pourrait ici appeler mini forages, ils ne sont rencontrés que dans les Niayes, en Casamance et exceptionnellement à Tambacounda (zone sédimentaire au niveau de la zone alluvionnaire, dans les bas fonds). Dans certaines zones, bien que la nappe n'y soit pas profonde, la nappe n'est atteinte qu'après avoir traversé des couches d'argiles, des latérites, des calcaires ou des marnes. Ces forages peu profonds et n'excédant pas 20 mètres captent la nappe phréatique. Il faut préciser qu'on ne dispose d'aucune donnée lithostratigraphique de ces ouvrages réalisés le plus souvent sans autorisation et en conséquence aucune fiche signalétique n'est disponible au niveau de la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE)



Un mini-forage sur une exploitation

Le coût unitaire de ces mini forages dans la zone des Niayes varie de 350 000 à 400 000 FCFA selon la complexité des terrains traversés et pour des profondeurs d'investigation ne dépassant pas 20 mètres.

Détermination de l'aptitude aux forages manuels et des zones favorables

Critères utilisés pour l'identification des zones favorables

On a utilisé deux paramètres principaux pour la définition du niveau d'aptitude de chaque zone du pays et l'identification des zones plus favorables :

L'aptitude géologique /géomorphologique

Il s'agit d'identifier les zones où les couches superficielles ont des caractéristiques de dureté et de perméabilité favorables à la réalisation des forages manuels (possibilité de forer avec de techniques manuelles, et aussi la perméabilité de la couche exploitée doit être suffisante pour donner un débit significatif dans un forage à faible profondeur et de petit diamètre)

L'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau

Il s'agit d'identifier les zones où est il est possible trouver des venues d'eau exploitable à une profondeur compatible avec les techniques manuelles de foration.

Dans le cas du Sénégal il n'est pas apparu utile de réaliser une classification d'aptitude morphologique à partir du modèle d'élévation, pour identifier les zones morphologiquement favorables, pour les raisons suivantes :

- la morphologie du territoire est presque plate, c'est pour cela que la division automatique en zones morphologiques différents ne donne pas des résultats acceptables ;
- la présence de dépôts superficiels favorables (non mentionnés dans les cartes géologiques) est déjà prise en compte dans la carte morphopédologique disponible.

En outre, il a été pris en compte la zone est du pays où il ya plus de dénivelés et où la présence et l'épaisseur des couches d'altération peuvent montrer des variations locales en fonction de la topographie pas observable dans la carte morpho-pédologique (à cause du niveau limité de détail).

Détermination de l'aptitude géologique

Il s'agit d'identifier les zones qui présentent des couches superficielles (formées par la formation géologique principale ou par des couches d'altération ou sédimentation superposée à la formation géologique principale) avec des caractéristiques de dureté et perméabilité favorables à la réalisation des forages manuels.

Informations utilisées

Les principales sources d'informations utilisées sont les suivantes :

- Carte des aquifères du Sénégal, publiée par la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau en 2008, disponible en format numérique vectoriel.
- Carte morpho-pédologique
- Base de données des points d'eau (puits et forages)

- Données stratigraphiques de logs de forage

Au moment de la réalisation de l'étude, la carte géologique en format numérique n'était pas disponible et c'est pour cela qu'il a été utilisé comme base de caractérisation géologique générale la carte des aquifères, intégrée par les informations de la carte morpho-pédologique.

Définition de l'unité géographique à analyser

Sur la base d'une superposition et observation des différents niveaux d'information, il a été constaté que les unités aquifères enregistrées dans la carte sont généralement couvertes par des épaisses couches de sédimentation (déposition faite par les agents géomorphiques superficiels) ou d'altération ; c'est pour cela que les caractéristiques de dureté et perméabilité de la formation aquifère principale (celle enregistrée dans la carte) ne correspondent pas, dans la plupart des situations, à la lithologie existante dans les premiers 30-40 mètres de profondeur (limite intéressante pour la réalisation des forages manuels). Sur la même unité aquifère, les conditions des couches superficielles sont très différentes.

En même temps les unités de la carte morpho-pédologique (plus conformes à la condition réelle des couches superficielles) peuvent présenter des caractéristiques différentes en fonction de la formation géologique sur laquelle elles sont présentes.

Pour définir des zones qui potentiellement sont caractérisées par le même type de couches superficielles, on a utilisé une combinaison des unités morpho-pédologique (voir *carte morpho-pédologique*) et aquifère (voir *carte des aquifères*) comme critère de définition géométrique, base pour la classification de l'aptitude géologique. Les deux unités ainsi combinées et considérées comme deux couches d'information (aquifères et morphopédologie) ont produit une couche vectorielle où chaque polygone est caractérisée par une combinaison spécifique des unités morpho-pédologique et aquifère.

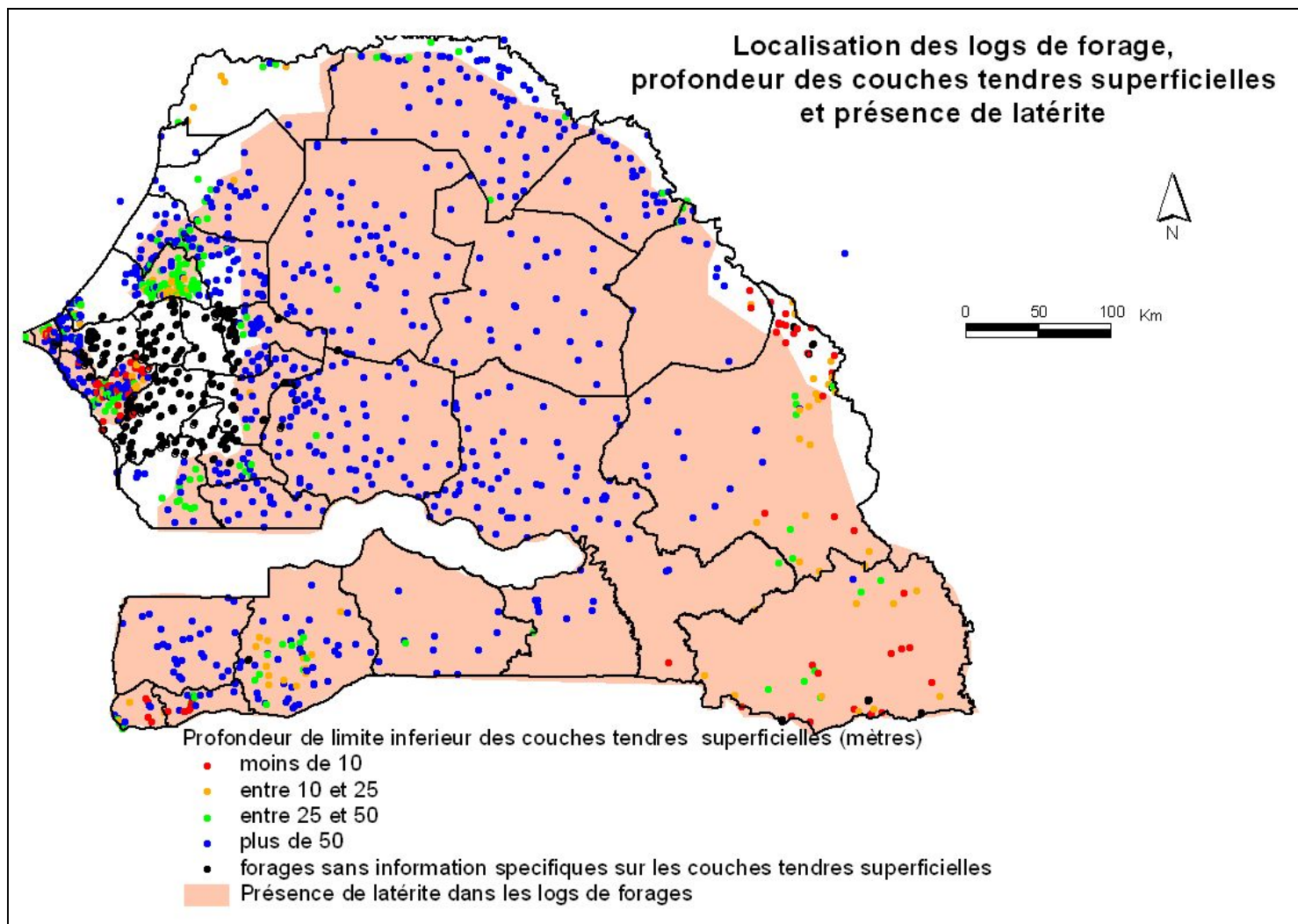
Estimation des caractéristiques des couches superficielles

Pour chaque unité (morphopédologique + aquifère) on a observé :

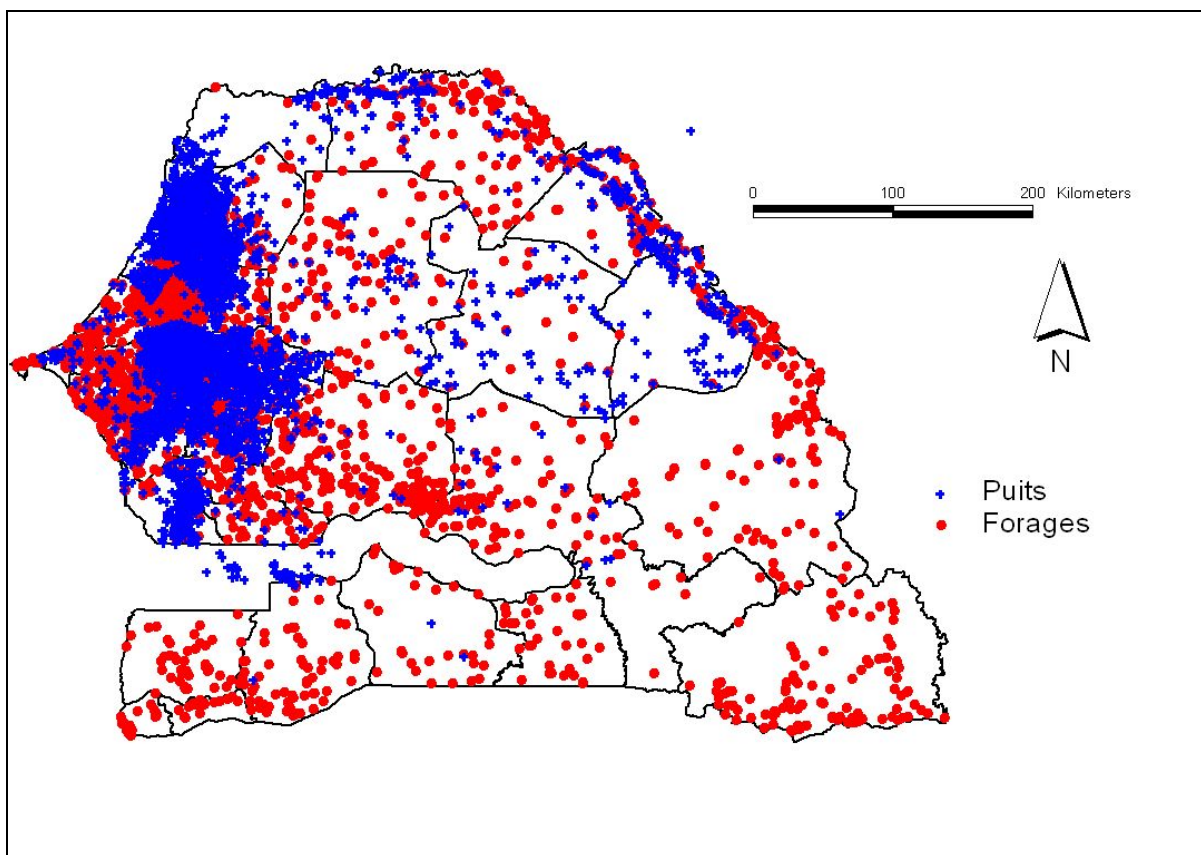
- la lithologie et la texture des niveaux plus superficiels des logs de forages (considérant seulement les niveaux qui ont des épaisseurs de plus de 5 mètres) ;
- l'épaisseur et la profondeur des tous les niveaux lithologiques avec dureté faible ou moyenne ;
- la localisation des forages avec des niveaux de latérites et le pourcentage de forages ayant des niveaux latéritiques ;
- la présence des puits manuels, et le rapport entre puits manuels et forages existants.

Pour estimer la profondeur des couches faibles et la présence de latérite on a fait une exploitation des données des logs de forage (voir carte information des logs de forages). Le traitement de ces données a montré que les logs des forages, presque dans tout le pays, présentent des couches faibles et « perforables » avec des épaisseurs de l'ordre de plus de 50 mètres. En d'autres termes, il y a des conditions favorables du point de vue de la dureté des couches superficielles à la foration manuelle. En même temps il est aussi évident que dans toute la partie centrale et sud du pays les logs de forages présentent presque toujours des intercalations de latérites, dont l'épaisseur est en général de 3 à 5 mètres. Autrement dit, si les couches latéritiques ne peuvent pas être considérées

comme un obstacle à la foration manuelle, il s'avère plus adéquat de choisir (dans la plupart du pays) des techniques appropriées pour permettre de creuser dans des couches latéritiques de quelques mètres.



Caractéristiques des couches superficielles dans les logs de forages disponibles



Carte de distribution des puits et forages

Sur la base des observations il a été fait une estimation des caractéristiques des couches superficielles (comme conditions moyennes jusqu'à 30 mètres) pour chaque unité morphopédologique + aquifère). On a défini :

- une description de la lithologie superficielle probable
- la dureté estimée de la lithologie superficielle
- la perméabilité de la lithologie superficielle
- la classe d'aptitude géologique

Assignment des classes d'aptitude géologique

Sur la base des caractéristiques des couches superficielles, on a assigné à chaque zone une valeur d'aptitude géologique.

La classification d'aptitude géologique considère les classes suivantes

FO : zone à aptitude géologique forte (correspondante aux conditions de dureté et de perméabilité très favorables) sur la roche principale de la formation aquifère

FO- alt : zone à aptitude géologique forte sur la couche d'altération de la roche principale de la formation aquifère

FO – dep : zone à aptitude géologique forte sur des dépôts de sédimentation sur la formation aquifère principale (les dépôts correspondent généralement à la description morpho-pédologique)

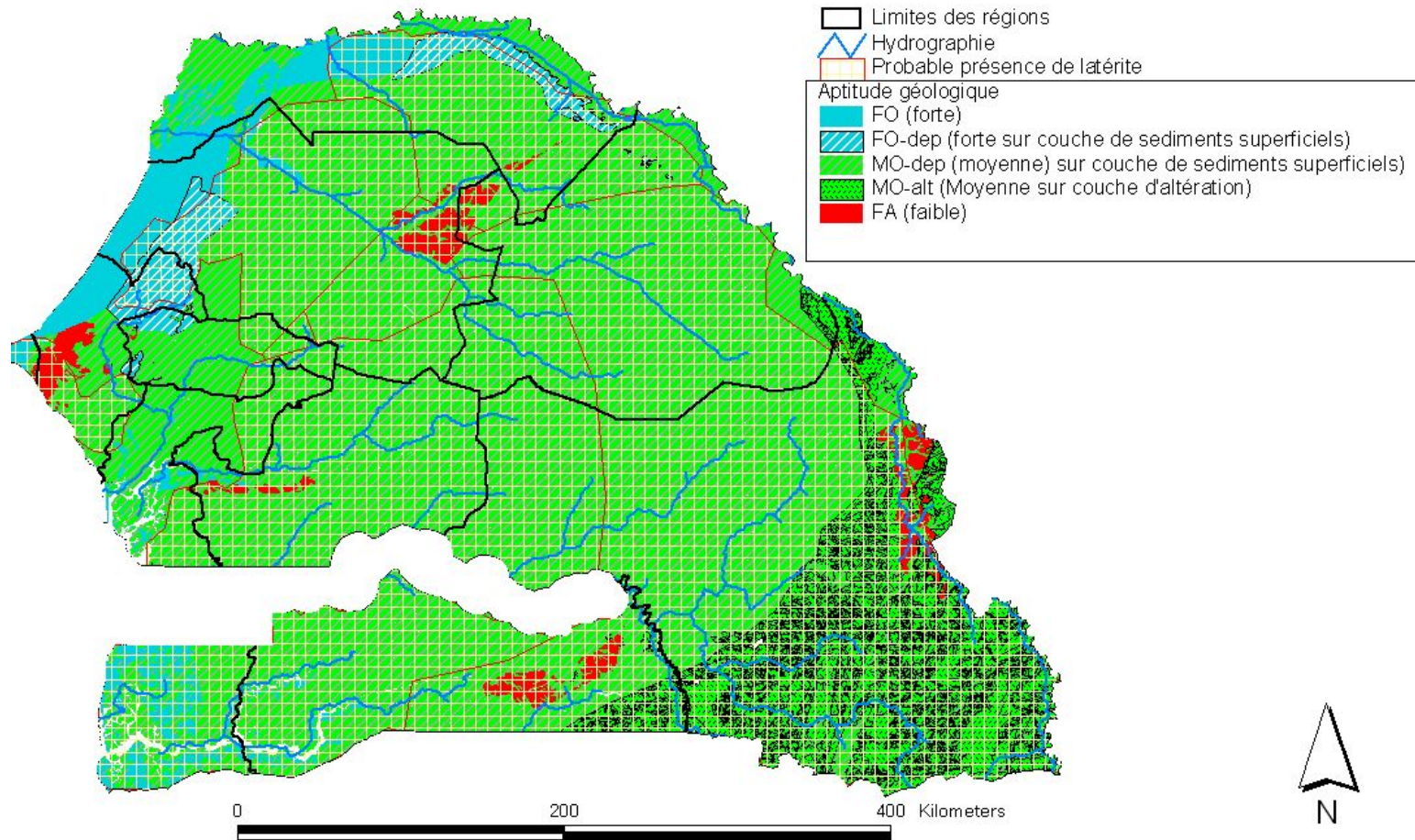
MO zone à aptitude géologique moyenne (correspondante à conditions de dureté et perméabilité moyennement favorables ou discontinues) sur la roche principale de la formation aquifère

MO-alt : zone à aptitude géologique forte sur la couche d'altération de la roche principale de la formation aquifère

MO – dep : Zone à aptitude géologique forte sur des dépôts de sédimentation sur la formation aquifère principale (les dépôts correspondent en général à la description morpho-pédologique)

FA : zone à aptitude géologique faible, c'est-à-dire en général pas favorable à la réalisation des forages manuels

Carte d'aptitude géologique



Carte d'aptitude géologique aux forages manuels

Interprétation de l'aptitude géologique

On peut observer que la grande partie du territoire sénégalais montre des conditions géologiques de moyenne aptitude aux forages manuels. La zone de la vallée du fleuve Sénégal, les Niayes du littoral Nord et la zone maritime au sud sont classées comme étant très aptes d'un point de vue géologique. D'autres zones de moindre importance montrent des fortes limitations géologiques et sont considérées comme zones pas favorables aux forages manuels.

Au sud est du pays, l'aptitude géologique est considérée comme *moyenne sur couches d'altération* ; dans ces zones il y a le domaine du socle cristallin, avec des roches dures mais avec des conditions partiellement favorables en présence des couches d'altération superficielles. En conséquence, la faisabilité des forages manuels sera fonction de l'accumulation des matériaux d'altération liée aux zones de bas-fonds (ou de faible pente) et à la perméabilité des roches (roches cristallines, en particulier les roches à texture fine donnent des couches d'altération avec forte présence d'argile).

On doit remarquer que dans toute la zone centrale il ya la présence de couches latéritiques. Si ces couches peuvent être perforées en général avec les techniques manuelles (lorsque l'épaisseur est faible) il faut reconnaître que les techniques à percussion sont les plus adaptées.

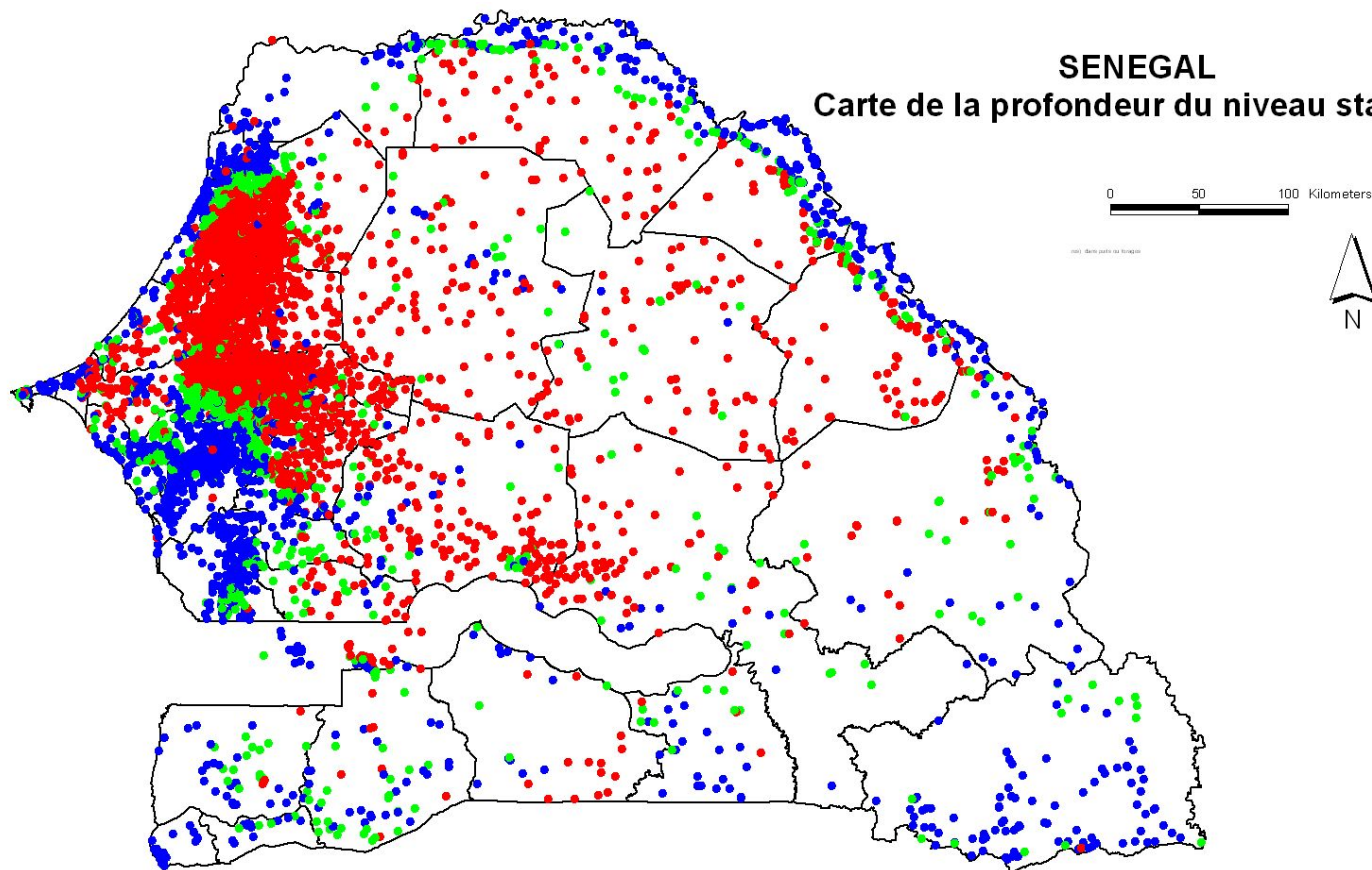
Détermination de l'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau

Au Sénégal il y a une base de données des puits et forages avec beaucoup d'informations (plus de 7000 points d'eau enregistrés) notamment dans la zone ouest et nord du pays. Cette masse d'informations permet de faire une bonne estimation de la profondeur de l'eau. Dans la zone centrale et Est le niveau d'information est plus faible.

La méthodologie adoptée pour la détermination de l'aptitude en fonction de la profondeur de l'eau a consisté à faire une interprétation directe en considérant la valeur moyenne du niveau statique pour chaque zone à partir de la carte de profondeur du niveau de l'eau. Cette méthodologie tient compte des aspects suivants :

- La densité de points d'eau est très différente d'une zone à une autre et dans certaines régions il y a une distance très grande entre les points d'eau enregistrée. Ainsi pour avoir des résultats fiables, les algorithmes d'interpolation demandent une distribution des données de référence le plus possible homogène et compatible avec la dimension de la maille d'interpolation.
- Les variations locales de la profondeur de l'eau dépendent de la forme du niveau piézométrique de la nappe mais aussi des variations topographiques locales qui ne sont pas enregistrées dans la base de points d'eau (il y a la profondeur de l'eau, mais il n'y a pas le niveau statique absolu en termes d'élévation sur le niveau de la mer).

SENEGAL Carte de la profondeur du niveau statique

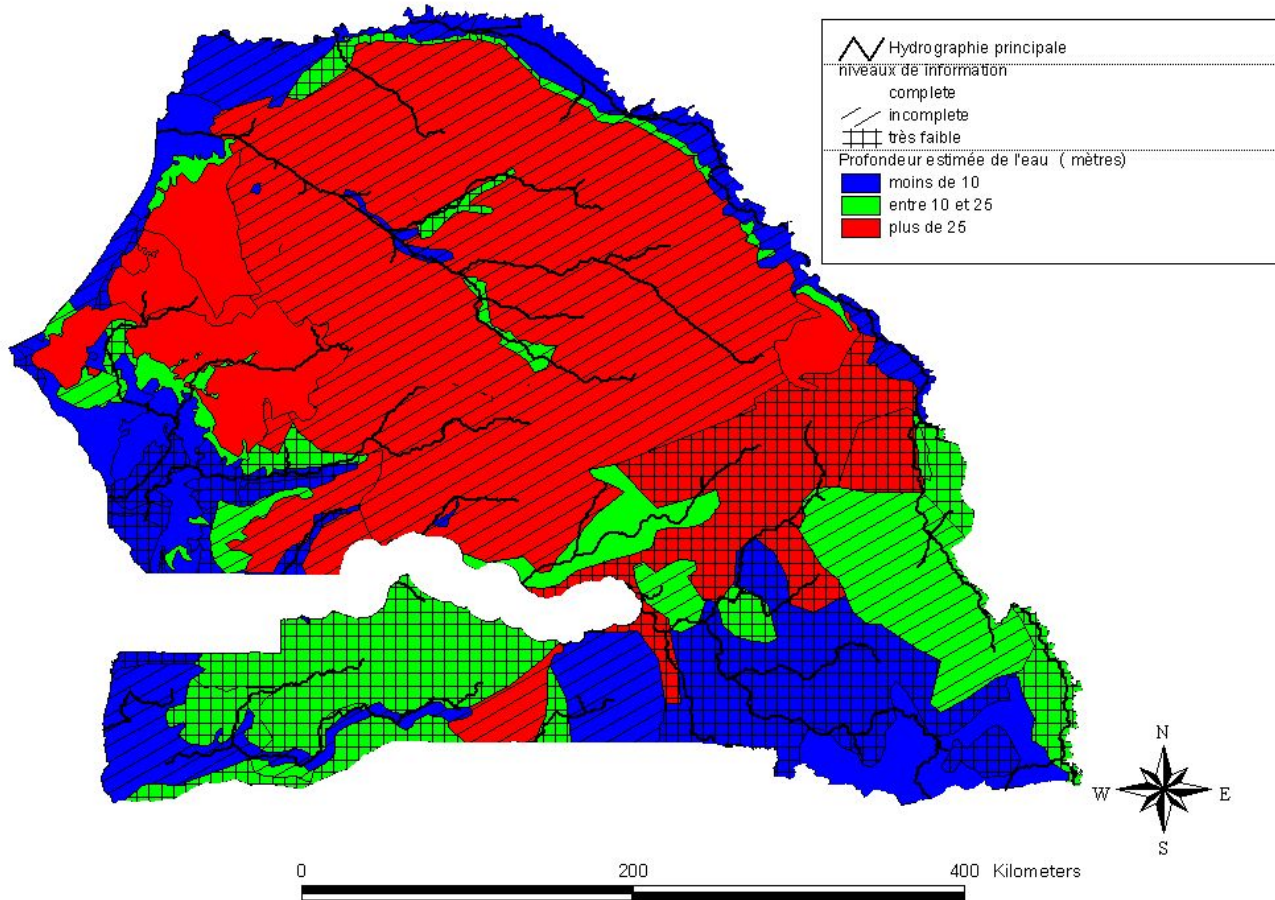


Profondeur du niveau statique (mètres) dans puits ou forages

- moins de 15
- entre 15 et 25
- plus de 25

Carte de profondeur du niveau statique dans les points d'eau

Carte de profondeur estimée de l'eau



Carte de profondeur estimée de l'eau

Pour l'estimation de l'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau, les catégories suivantes ont été utilisées :

- Profondeur de l'eau inférieure à 10 m : compatible avec les différentes techniques des forages manuels, **favorable** ;
- Profondeur de l'eau entre 10 et 25 mètres : les forages manuels sont réalisables. Pour cette catégorie toutes les techniques sont applicables mais pour la foration manuelle il faudra faire attention à l'existence de couches plus résistantes qui ne permettent pas d'atteindre les profondeurs escomptées ;
- Profondeur de l'eau supérieure à 25 mètres : en général la profondeur de l'eau ne permet pas l'application des techniques de foration manuelle.

Il convient de noter qu'au niveau du littoral, dans toute la Casamance et à l'est du pays, la profondeur estimée de l'eau permet de dire que la réalisation des forages manuels est possible. Par contre, dans la partie centrale du pays, l'application des techniques de foration manuelle est difficile à cause des profondeurs d'eau généralement élevées.

L'insuffisance d'informations disponibles pour l'établissement de carte de la profondeur de l'eau a fait que l'estimation a été faite sur la base d'un nombre limité de points d'eau, où il y a des différences du niveau statique remarquables. Cette situation ne permet pas de définir avec précision la tendance générale. Pour une analyse beaucoup plus fine, il faudra compléter avec d'autres informations et des observations sur le terrain pour avoir une indication précise de la profondeur de l'eau dans les zones concernées.

Aptitude globale

L'estimation de l'aptitude globale du territoire pour l'implantation des forages manuels s'est faite avec la superposition de l'aptitude géologique et l'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau.

Les classes d'aptitude suivantes ont été définies :

- Très favorable : sont les zones où la nature des formations géologiques et le niveau de la profondeur de l'eau sont favorables
- Favorable : sont les zones où un des deux paramètres montre une aptitude moyenne aux forages manuels, et l'autre est favorable
- Peu favorable : sont les zones où tous les deux paramètres montrent une aptitude moyenne (c'est-à-dire favorable mais avec des limites) ; dans ces zones il est possible que dans les conditions topographiques spécifiques il y a la possibilité de réalisations des forages manuels, mais en général la zone a des limites pour l'application de cette technique. On peut citer les zones situées l'est du pays, avec une topographie plus ondulée et avec des couches exportables liées à l'altération des roches cristallines du socle.
- Pas favorable : sont les zones où un ou tous les deux paramètres montrent des conditions pas favorables aux forages manuels, et de ce fait ces techniques sont en général difficiles à utiliser.

Classification des zones favorables

Une grande extension dans la zone centrale du pays est considérée comme n'étant pas favorable, à cause principalement de la profondeur de l'eau relativement élevée.

A l'ouest, au sud et au nord du pays (vallée et fleuve Sénégal) du pays, on trouve des zones très favorables pour l'application des techniques de forages manuels. On peut citer :

La zone de la vallée et du fleuve Sénégal

Elle constitue une bande large de 10 à 25 km le long du fleuve Sénégal de Bakel à l'embouchure. Elle est partagée entre les régions administratives de Saint-Louis, de Matam et de Tambacounda. Sous forme d'arc de cercle, cette zone éco-géographique est à cheval sur deux domaines climatiques : le domaine sahélien du nord-ouest au nord-est, et le domaine soudanien au sud-est. Le domaine sahélien reçoit en moyenne 200 à 300 mm de pluies par année ; elles sont caractérisées par leur insuffisance, leur irrégularité et des écarts interannuels importants. Dans le domaine soudanien les précipitations sont de l'ordre 500 mm/an.

Sur la base des informations de la carte morpho-pédologique et des logs de forages on estime que les couches superficielles sont constituées par des sédiments non consolidés avec des perméabilités variables (argile, argile sableuse, dans certaines zones limités sables). La nature de

ces formations permet de considérer qu'il est possible de réaliser dans ces zones des forages manuels mais le facteur limitant pourrait être des débits exploitables faibles.

La zone du littoral nord

Elle s'étend sur la bande côtière nord du Sénégal appelée la grande côte et couvre les régions administratives de Dakar, Thiès, Louga et St Louis

La région est caractérisée par des formations sédimentaires du quaternaire qui reposent sur des formations plus anciennes du secondaire et du tertiaire (maastrichtien, paléocène et éocène). Ces formations quaternaires, couvre la majeure partie du pays et sont constituées d'un matériel sableux.

L'eau disponible et accessible aux populations notamment aux paysans provient essentiellement de deux sources : la nappe souterraine et les eaux de surface localisées au niveau d'un certain nombre de lacs qui constituent les exutoires d'un réseau hydrographique actif en saison des pluies

Sur la base des conditions géologiques et de la profondeur de l'eau cette zone est considérée comme étant la plus favorable aux forages manuels.

Il faudra faire attention localement dans certaines zones aux risques d'intrusions salines dans les eaux des forages. En conséquence, il convient pour ces cas de figure de développer une stratégie d'approvisionnement en eau potable fondée sur des points d'eau à pompe manuelle, pour des petites communautés avec de faibles débits d'exploitation qui peut limiter le risque de salinisation. De tels débits sont obtenus grâce aux forages manuels dans ces zones.

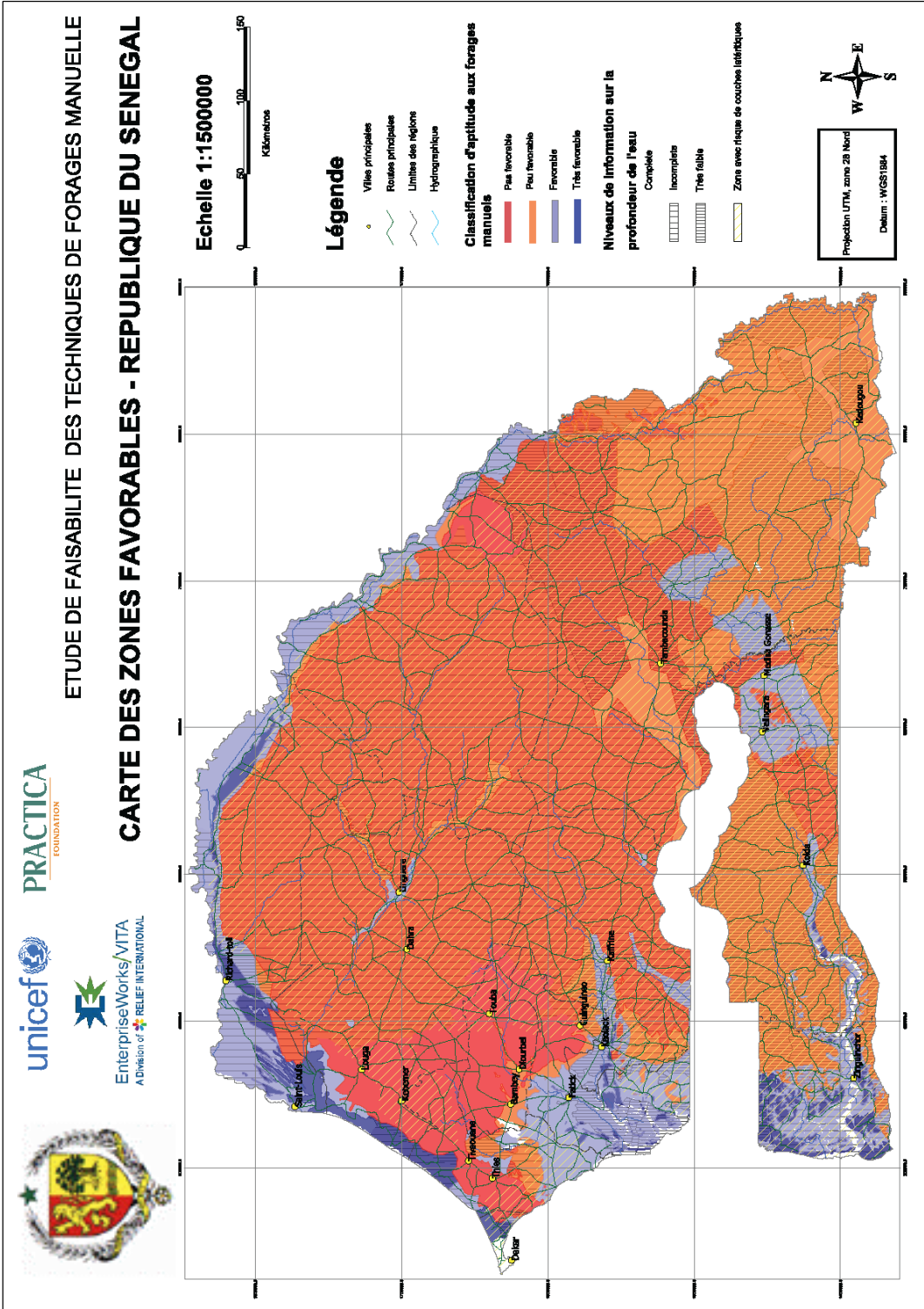
La zone côtière de la région de Fatick

Dans cette zone, on note une profondeur d'eau pas très élevée et la présence de couches superficielles caractérisées par des sédiments d'argiles sableuses et de sable. Elle est considérée comme une zone favorable, avec des débits exploitables limités dans les zones présentant des proportions d'argiles dans les dépôts consolidés.

La zone de la Casamance

Dans cette zone les conditions géologiques sont en général favorables, avec des couches superficielles formées d'argiles sableuses ou d'argile. Du point de vue de la profondeur de l'eau, il y'a des zones à faible profondeur d'eau comme dans la zone ouest (région de Ziguinchor) et des zones avec des profondeurs d'eau relativement élevées situées dans la zone centrale (région de Kolda).

Cette délimitation fait qu'il a été considéré que la zone ouest de la Casamance est favorable aux forages manuels contrairement à la zone centrale qui est jugée comme partiellement favorable puisque la profondeur des forages peut être supérieure à 20 mètres, avec des intercalations d'horizons plus durs qui doivent être forés avec des techniques plus appropriées (présence des couches latéritiques)



Carte des zones favorables aux forages manuels

Références bibliographiques

Aurélien Jacoutot, 2006 : Modifications environnementales et conséquences dans le bas delta du fleuve Sénégal- Cas du Gandiolais et du parc national de Diawling Programme MIRA Recherche

Audibert, M., 1970 : Delta du Fleuve Sénégal Etude hydrogéologique Projet hydroagricole du bassin du Fleuve Sénégal

Cheikh Hamidou Kane, 2007 : Etude sur l'optimisation du coût des forages en Afrique de l'Ouest – Rapport Sénégal, Financement Banque Mondiale, 2007.

PAGIRE, 2007 : Plan d'Action pour une Gestion Intégrée des Ressources en Eau, Rapport Sénégal ; DGPRE, 2007

PSE/COWI/POLYCONSULT, 2002 : Etude hydrogéologique de la nappe profonde du Maastrichtien

SENAGROSOL/EDE, 2009 : Etude d'impact environnemental et sociale des travaux de mobilisation des ressources alternatives pour l'irrigation des Niayes

SENAGROSOL, 2009 : Evaluation Environnementale Stratégique (EES) des activités relatives à la promotion de la micro irrigation dans les niayes, le bassin arachidier élargi à la région de Tambacounda et à la Casamance

SENEGAL, 2004 / PEPAM : Élaboration d'un document de stratégie pour la réalisation à l'horizon 2015 des Objectifs du Millénaire pour le Développement, Volume I État des lieux.