

Aperçu sur les ressources en eau des îles du Sine Saloum

Ce document est basé sur une recherche bibliographique, sur les observations recueillies lors d'un bref premier séjour en avril 2008, et sur une première campagne de mesures en novembre 2009.

Il concerne uniquement les îles de Dionewar et Niodior, ainsi que très brièvement la pointe de Djiffer.

1 / Présentation, hydrographie

Le delta du Saloum, petit fleuve côtier d'environ 130 Km de long situé au nord de la Gambie, est constitué d'un chapelet d'îles basses séparées par des bras de mer appelés bolongs, domaine des premières mangroves de la côte sénégalaise. En rive droite, l'embouchure du Saloum se trouve décalée vers le sud par un mince cordon littoral, où s'accrochent les villages de Palmarin et Djiffer.

En rive gauche, face à Djiffer et autrefois protégée de l'océan par le cordon littoral aujourd'hui rompu (voir § 2 ci-après), les deux îles jumelles qui portent les villages de Dionewar et Niodior.

Le Saloum, dont le cours amont remonte à l'est au-delà de Kaolack et Kaffrine, reçoit au niveau de Fatick les apports d'un petit affluent, le Sine. Plus au sud, le Diombos et la Bandiala (Toubacouta), également inclus dans la région naturelle du Sine Saloum, n'ont pas de véritables bassins versants.

Du point de vue de sa salinité, le Sine Saloum fonctionne en « estuaire inverse », c'est-à-dire que celle-ci augmente, au lieu de décroître, en remontant de la mer vers l'amont. Ce phénomène est dû à la large prédominance de l'évaporation sur les apports d'eau douce (ceux-ci ne sont probablement pas nuls, mais très réduits et limités à la saison des pluies), qui conduit à un écoulement inverse, l'eau de mer venant remplacer les volumes perdus par évaporation. Il n'est pas récent (des profils de salinité déjà relativement anciens - Diop, 1986 - ont montré que celle-ci passait de 36.7 ‰ à l'embouchure à 90 ‰ à Kaolack - 65 Km de la côte- en moyenne annuelle et jusqu'à 110 ‰ en pointe annuelle), mais se trouve certainement aggravé par la dérive pluviométrique et la forte diminution des apports de l'amont qui en résulte.

2 / Description, morphologie des îles de Dionewar et Niodior

L'île de Dionewar a la forme d'un croissant. La branche nord, relativement large, fait 1400 m de long et 825 m de large en son centre. Mis à part l'hôtel Delta Niominka qui est situé sur sa côte nord et sa frange sud qui comporte le collège et quelques habitations, elle est très peu peuplée¹.

La branche sud fait 1500 m de long, mais elle est beaucoup plus étroite (200 à 400 m), et digitalisée par des zones basses plus ou moins envahies d'eau de mer. Le village est situé sur la partie Nord de cette branche, qui atteint 575 m de large en son centre.

Les deux branches sont séparées par une zone basse dont l'altitude ne doit pas dépasser + 0.5 à 1m par rapport à la marée haute. Cette zone basse, qui accueille l'ancien marché aux poissons et le terrain de football porte le nom de « **tan de Mbin Mack** ».

¹ Cette branche nord est appelée « île nord » dans la suite de ce rapport, la branche sud, « île sud »

L'île de Niodior est séparée de celle de Dionewar par un petit bolong traversé par une passerelle (béton + bois) qui permet le passage des gens et des animaux. Nettement plus importante, elle a une longueur totale de 9 Km, une largeur moyenne de 700 m et une largeur maximale de 1100 m. Le village est situé sur la pointe nord, à un endroit où l'île est relativement peu large (500 à 900 m) et formée de plusieurs cordons dunaires parallèles, séparés par des zones plus basses.

L'île principale est joutée au sud-est par une autre, plus petite et très peu habitée. Sa longueur totale est de 3650 m, sa largeur moyenne de 550 m (max 1020 m).

Les îles sont constituées de plusieurs **unités géomorphologiques**, qui se succèdent généralement sur un profil transversal d'ouest en est (voir coupe n°1) comme suit :

- un cordon dunaire plongeant directement dans la mer à l'ouest ; son altitude doit varier de + 2 à + 4/5 m au maximum ; c'est sur lui que sont bâtis les villages, et que sont situés les jardins, cocoteraies, intercalés de maigres boisements ; ce cordon dunaire est ondulé, ménageant des dépressions qui se remplissent d'eau de pluie à l'hivernage (avec parfois des hauteurs d'eau de plusieurs dizaines de cm), puis se résorbent en 1 à 2 mois, essentiellement par infiltration, laissant subsister en quelques points des petites mares temporaires ; sur l'île nord, les « sommets » sont constitués d'amas coquilliers, qui ont permis le développement de quelques beaux baobabs ;
- une ou des zones basses, dont les sols vont de l'argilo-sableux en périphérie à des argiles salées dans les fonds (faciès type sebkha, appelés ici « **tan** ») ; les cotes du sol doivent se situer entre +2 m et 0 m. Ces zones basses sont souvent séparées de la mer ou des bolongs par des diguettes, semble-t'il en assez mauvais état ; elles étaient utilisées pour la culture de riz pluvial, mais il semble également que celle-ci ne soit plus pratiquée, probablement par suite de la réduction de la pluviométrie. Durant l'hivernage, les diguettes retiennent temporairement l'eau de pluie, constituant ainsi des petits plans d'eau douce, uniques ou en séries (surface 0.5 à 5 Ha), qui repoussent probablement les biseaux salés vers la périphérie, ou tout du moins retardent un peu la vidange naturelle des lentilles. Cependant ces plans d'eau (anciennes rizières ?) sont maintenant vidangés assez rapidement pour éviter la prolifération des moustiques.

Lors de notre passage début Novembre 2009, soit seulement un mois approximativement après la fin des pluies, les parties basses de ces tans étaient occupées par de vastes flaques en cours de résorption par évaporation ; il n'a pas pu être établi si ces flaques étaient constituées au départ d'eau de pluie, ou d'eau de mer rentrée à marée haute par les brèches des diguettes. La salinité y est en tous cas très élevée (conductivité 70 000 à 150 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)², probablement sous la double action de l'évaporation et de la dilution de la croûte de sel tapissant le fond des flaques.

- la **mangrove**, dont la largeur va de 500 m à 2 Km, sillonnée de bolongs ; avec son écosystème particulier, elle est au cœur des activités des populations Niominka du Sine Saloum (pêche, cueillette des huîtres et des coques, bois de chauffe et de construction) et de son haut potentiel touristique (environnement, faune et avifaune, pêche, chasse, windsurfing).

La mangrove serait actuellement menacée, d'une part par la surexploitation de son bois, d'autre part par l'augmentation de la salinité des eaux superficielles ; certaines études font état de valeurs voisines du seuil létal pour les palétuviers.

² La conductivité mesurée de l'eau de mer à Dionewar est de 51 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, équivalent à un résidu sec d'environ 40 g/l

A noter que la configuration des terres émergées est relativement mouvante. La pointe de Sangomar, qui prolongeait l' « isthme » de Djiffer par un étroit cordon dunaire de 15 Km de long, s'est trouvée isolée par la mer qui y a ouvert une passe de 5 Km lors d'une tempête il y a quelques années. Sangomar est ainsi devenu une île (déserte, à l'exception d'un vacher qui garde les troupeaux de Dionewar pendant leur séjour saisonnier sur cette bande sableuse de 10 Km de long pour seulement 200 à 1200 m de large).

Une partie des matériaux du cordon dunaire, emportée par la houle, est venue alors se déposer en face de Dionewar en un nouveau cordon sableux, partiellement colonisé de filao, qui restreint les accès au village depuis Djiffer, puisque les pirogues doivent maintenant le contourner.

Par contre la partie nord de l'île, qui n'est plus protégée de la houle par l'ancien cordon de Sangomar, est soumise à une **forte érosion** ; la ligne de rivage y recule à une vitesse qui pourrait atteindre ou dépasser 2m/an, entraînant la perte d'arbres et bien entendu de terre.

Finalement, seuls les cordons dunaires (et amas coquilliers) sont émergés de façon permanente, ce qui leur permet d'être colonisés par une végétation terrestre et d'abriter la population. Une évaluation sommaire de la **surface de ces zones sableuses** à partir des vues Google Earth donne :

- île de Dionewar, partie nord : 150 ha
- île de Dionewar, partie sud : 25 ha pour la zone du village, 50 ha pour la partie sud (centrale solaire et prolongements vers le sud), mais pas d'un seul tenant
- île de Niodior, surface totale : 450 ha
- petite île à l'est de Niodior : 180 ha, soit une **surface totale des zones sableuses** de l'ordre de **850 ha**.

3 / Population et besoins

Tableau 1 : Population

	Dionewar	Niodior
1965	1200 - 1500	
1992	3640	4450
1996	4900	4610
2008	≈ 6000	≈ 6000

Tableau 2 : Cheptel
(données réf 20, 1996),

	Dionewar	Niodior	Doses l/ub/j (<i>hypothèse à vérifier</i>)
Bovins	2000	700	20
Equins	0	9	8
Asins	40	5	5
Caprins	1300	850	3
Ovins	1200	800	4

Vue d'ensemble



La principale activité de Dionewar serait la pêche. Le tourisme, avec les 40 emplois créés par l'hôtel Delta Niominka et les emplois induits (piroguiers, consommation de produits locaux,...), représente certainement un complément notable. Le cheptel semble curieusement plus important qu'à Niodior, alors que la surface de l'île est notablement plus petite.

Niodior aurait pour sa part l'agriculture pour activité principale, avec le mil comme culture dominante ; viennent ensuite la patate douce, la mangue et le coco, puis le maraîchage (ces produits étant échangés à Dionewar contre du poisson et parfois commercialisés à Djiffer). Cette agriculture est rendue possible par l'extension nettement plus grande de l'île, fournissant à la fois un peu plus d'espace et d'eau douce.

Les besoins peuvent être évalués sur la base de la norme OMS de 35 l/j/hab et des hypothèses ci-dessus pour le bétail (inspirées de réf 20).

Tableau 3 : Besoins totaux (m3/j)

	Dionewar	Niodior	Total
Population (hyp 2008)	210	210	420
Cheptel (données 1996)	50	20	70
Maraîchage (données 1996)	150	900	1050

On arriverait pour les deux villages à un besoin total de l'ordre de 1 500 m3/j (17 l/s ou 0.55 Mm3/an), équivalant à la production de 1500 puits à 1 m3/j ..., chiffres probablement **largement au-dessus des possibilités des lentilles** (voir § 5 et 6 ci-après). On rapprochera ces chiffres de la production prévue des deux unités de dessalement du projet japonais, qui étaient de 20 et 25 m3/j seulement pour chacun des villages.

Ceci conduit à envisager de limiter les **ressources de bonne qualité** à la couverture des seuls besoins prioritaires, que l'on évaluera provisoirement à 5 l/j/personne d'eau de qualité 1 (boisson et cuisine) et 15 l/j/personne de qualité 2 (toilette, vaisselle, autres usages).

Tableau 4 : Besoins minimaux (pour chacun des deux villages³)

	hab	l/j/hab	m3/j	l/s	m3/an
Qualité 1 : eau de boisson	6 000	5	30	0.35	10 950
Qualité 2: autres usages domestiques	6 000	15	90	1.04	32 850
Total	6000	20	120	1.39	43 800

³ Besoins de l'hôtel Delta Niominka, estimés à **30 à 50 m3/j**, non compris

4 / Climatologie et ressources en eau superficielles

4.1 / Climatologie

Le climat, de type « soudano-sahélien », est marqué par des températures élevées (moyenne 29 °C, avec minimum de 24°C en janvier et maxima de 39°C en avr il/mai).

L'évaporation est très élevée pendant la saison sèche, notamment du fait des alizés sahariens (Harmattan) chauds et secs qui prédominent en mai /juin, et s'abaisse fortement en saison humide sous l'influence des alizés maritimes

Les précipitations varient en gros de 600 mm au nord (Kaolack) à 800 mm au sud (Nioro du Rip, Toubakouta), valeurs représentatives de la période 1961-1990. Elles ont vraisemblablement diminué de près de 200 mm entre les années 1950 et les années 2000 comme c'est le cas par exemple à Dakar.

Le DEA de Mlle Houedakor (ref. 21) apporte d'intéressantes précisions, notamment à partir d'un pluviomètre qui a fonctionné à Dionewar de 1961 à 1979, et dont les données ont été complétées jusqu'en 1997 par corrélation avec la station de Kaolack, dotée d'un long historique. La moyenne interannuelle y serait passée de 854 mm en 1961-79 à 822 mm pour la période totale 1961- 1997. Ceci dénote d'une part un assez fort gradient d'augmentation de la pluviométrie depuis la région de Kaolack-Fatick vers le sud-ouest, d'ailleurs fort logique, d'autre part une possible atténuation de la baisse des précipitations sur les dernières décennies dans la région côtière.

Par ailleurs, le nombre de jours de pluie moyen à Dionewar était de 45/an (en quasi-totalité sur la période juin-Octobre). L'année la plus sèche (1983) aurait enregistré 460 mm.

4.2 / Pluviométrie de l'hivernage 2009

Contrairement aux précédentes, assez fortement déficitaires (- 40% en 2008), l'année 2009 a été marquée sur l'ensemble du Sénégal par un hivernage excédentaire, quoique tardif. Il est ainsi tombé 763 mm à Kaolack (140% de la normale de 548 mm) et 891 mm à Fatick (182% de la normale de 514 mm). A noter que ces normales fournies par la Météorologie Nationale sont très inférieures à celles utilisées dans le DEA.

Il existe un pluviomètre du réseau national à Niodior, à l'Arrondissement. Bien qu'endommagé (absence de verticalité, ce qui pourrait se traduire par un biais dans les mesures, mais dans quel sens ?), l'observateur (M. Mamadou Badj) y poursuit fidèlement les relevés. Malgré un manque évident de suivi de la part de la Météorologie Nationale, il continue de même à envoyer mensuellement ses relevés, très bien tenus, à Dakar. Ceci procure une intéressante référence locale.

Tableau 5 : Pluviométrie 2009 station de NIODIOR

	Jours de pluie	P mois (mm)	Cumul hivernage 2009
Juin	3	15.9	15.9
Juillet	15	296.2	312.1
Août	18	401.3	713.4
Septembre	11	243.9	957.3
Octobre	2	10.3	967.6

Dans la mesure où le possible biais ne les affecterait que marginalement, ces relevés confirmeraient une nette augmentation de la pluviométrie côtière par rapport aux stations de l'intérieur.

On en déduira que la **moyenne interannuelle** à Niodior-Dionewar sur la période récente devrait atteindre au moins **600 mm**, avec 450 mm et 900 mm respectivement en années décennales sèche et humide.

D'autre part, les relevés de Niodior font apparaître des intensités maximales assez élevées, supérieures à 100 mm/j.

4.2 / Eaux superficielles

Pendant l'hivernage, les zones basses se remplissent d'eau de pluie ; ceci peut concerner aussi bien les tans ou leur périphérie, avec des lames d'eau pouvant atteindre ou dépasser 0.5 m. L' « île nord » de Dionewar devient ainsi difficile d'accès depuis le village pendant quelques semaines, lorsque le tan de Bin M'Back se remplit plus ou moins, l'eau se résorbant cependant rapidement en 3-4 j sur la partie sableuse. A l'intérieur des cordons dunaires, les dépressions se remplissent alors de flaques dont la hauteur, visible sur les margelles des puits implantés à dessein en leur centre, peut atteindre 0.25 à 0.30 m. La résorption complète de ces flaques a pris en 2009 près de 2 mois, ce qui semble indiquer que la perméabilité des sables serait réduite dans le fond de ces zones déprimées, ou bien que c'est l'ensemble de la nappe qui déborde. Cette hypothèse, plausible au vu de l'analyse de la recharge (cf § 4.3 ci-dessous), semble cependant contredite par le fait que début novembre 2009 le niveau dans les puits 3 et 4 (île Nord) se situait à - 0.5m sous le sol, alors que certaines flaques résiduelles étaient encore visibles en surface.

Ces stagnations temporaires d'eau de pluie sont-elles partiellement utilisées ? (pour l'eau potable, quand les puits sont difficiles d'accès ?). En tous cas, la fraction évaporée pourrait être diminuée, soit en favorisant une infiltration plus rapide, soit en stockant ces volumes dans des citernes. La flaque entourant le groupe de puits 3 – 4, couvrant 0.5 à 1 Ha, représenterait par exemple, avec une lame d'eau moyenne de 0.15m, 750 à 1500 m3 d'eau douce.

Il existe d'autre part sur l'île nord, environ 300 m au sud de l'hôtel, une ou deux mares de dimensions plus restreintes (1000 à 2000 m2), mais qui subsistent plus longtemps (au moins 4 mois après les pluies) ; ces mares, qui sont probablement cette fois des points d'affleurement de la nappe, servent de points d'abreuvement temporaires aux troupeaux.

4.3 / Potentiel de recharge annuelle

La nature sableuse des sols, l'absence plus ou moins totale de ruissellement, font escompter un taux d'infiltration potentielle d'au moins 50% de la pluviométrie. Celle-ci étant comme on l'a vu d' au moins 500 mm en année normale, et près du double en année humide comme 2009, le potentiel de recharge atteindrait des valeurs de l'ordre de :

- 35 000 m3/an en année moyenne, près du double en année humide, pour une zone de l'ordre de 15 Ha, comme celle qui entoure le « groupe de puits sud » et la station solaire (cf 5.3.2 c)
- 125 000 m3/an en année moyenne, près du double en année humide, pour l'ensemble des zones sableuses de l'île sud de Dionewar (50 Ha)
- 375 000 m3/an en année moyenne, près du double en année humide, pour l'ensemble des zones sableuses de l'île nord de Dionewar (150 Ha)

- 1.1 Mm³/an en année moyenne, près du double en année humide, pour l'ensemble des zones sableuses de l'île de Niodior (450 Ha).

Ces chiffres sont cependant probablement à pondérer, comme on le verra au chap 6, en fonction de la capacité de stockage réduite de la nappe.

4.4 / Perspectives de récupération des eaux de pluie

Dans ce contexte de ressources souterraines limitées mais de pluviométrie notable, la récupération de l'eau de pluie apparaît comme une possible **solution complémentaire** à l'exploitation des lentilles d'eau douce. Trois aspects sont à prendre en compte :

- **la collecte** : on rappellera d'abord qu'un impluvium de 10 m² avec un coefficient de récupération de 75% permet de récupérer 3.75 m³ sous une pluviométrie de 500 mm, volume permettant d'assurer une dose de 5l/j (boisson, cuisine) à une famille de 10 pendant 2.5 mois. Pour assurer l'autonomie sur 6 mois de cette famille une surface réceptrice de 25 m² serait suffisante.

A Dionewar, il existe plusieurs possibilités à partir de toitures en tôle existantes, de toitures en chaume (cases de tourisme solidaire), de surfaces potentiellement équipables : toitures de l'ancien marché (400 m²), toitures de l'ancien hôtel (200 à plus de 400 m²), ancien terrain de basket de l'hôtel (1000 m²). Par exemple, un aménagement de cette dernière surface serait susceptible d'alimenter 420 personnes 6 mois par an à 5 l/j, ou 105 personnes à 20l/j, c'est-à-dire de couvrir largement les besoins de l'île nord (hôtel non compris).

- **la qualité de l'eau** : outre le nécessaire by-pass permettant d'évacuer les premières eaux de chaque épisode (plus ou moins chargées de détritux végétaux et de pollution bactérienne), un traitement de désinfection des citernes est nécessaire, mais il peut être simple.

Par ailleurs, un mélange eau de pluie – eau de nappe peut permettre d'abaisser la salinité de l'eau de puits trop salés, et par exemple de continuer à utiliser, de façon contrôlée, un puits comme celui de la « villa Diobou » (puits n°2, cf inventaire, Annexe 2)

- **le stockage** : il peut être traditionnel, avec des citernes enterrées ou hors sol de construction locale (citernes familiales de 10 m³, cf ONG Helvetas-Mali, ou plus sophistiquée avec notamment, pour des stockages collectifs d'assez grand volumes, des citernes souples (5 à 500 m³, cf labaronne-citaf.com).

La récupération des eaux de pluie constitue donc une perspective très intéressante pour les îles. Le CERADS prévoit d'approfondir prochainement ces éléments théoriques dans la perspective de réalisations concrètes.

5 / Ressources en eau souterraine

5.1 / Aquifères

Le Sine Saloum au sens large renferme l'éventail des nappes connues au Sénégal, mais celles-ci ne couvrent que certaines parties de la région et sont pour la plupart de qualité médiocre sur les plans productivité et qualité des eaux. On peut donc *selon les secteurs* trouver de haut en bas ⁴:

- Des lentilles d'eau douce d'âge quaternaire, incluses dans des dépôts sableux superficiels, dunaires ou coquilliers,
- Un continental terminal (CT) d'âge Pliocène à Oligo-Miocène, qui se développe essentiellement à l'est du delta, c'est-à-dire dans la partie continentale
- La nappe de l'Eocène, probablement peu développée et peu productive
- La nappe du Paléocène
- La nappe du Maestrichtien

Au niveau du delta du Saloum et des îles, seules les lentilles superficielles et la nappe du Maestrichtien constituent des ressources exploitables, les premières de façon traditionnelle, la seconde par une douzaine de forages profonds (300 à 350m) réalisés vers 1961, dont un à Niodior (n° IRH 16.2X.2).

Ces forages, parfois artésiens mais de débits généralement médiocres, ont eu dès le départ des salinités élevées (avec des résidus secs dans l'ensemble supérieurs à 2-3 g/l et de fortes teneurs en fluor). Malgré des tentatives de déminéralisation partielle, ils sont dans l'ensemble aujourd'hui abandonnés, ou au moins inutilisables pour l'alimentation humaine.

Les **lentilles d'eau douce**, captées par une multitude de puits qui ont assuré jusqu'ici l'essentiel de l'alimentation des populations, constituent donc la **ressource souterraine principale, voire unique**, des îles.

5.2 / Description des lentilles d'eau douce (d'après Plaud 1967)

Un rapport hydrogéologique déjà ancien décrit (M. Plaud, 1967, réf 3) fournit de précieuses informations sur les lentilles des îles de Dionewar - Niodior. Il distingue :

- L' « île Nord » (zone de l'hôtel au sens large), où le niveau piézométrique serait proche de zéro⁵, mais l'épaisseur d'eau douce notable, avec des concentrations en Cl⁻ inférieures à 0.3 g/l ; cette zone était déjà en 1963 exploitée pour l'eau potable et l'arrosage de quelques jardins.

Un piézomètre foré à la tarière (T1) montre que l'aquifère, rencontré à 2.5 m de profondeur, est constitué de sables blancs grossiers puis noirâtres avec des traces d'argile noire, de bonne

⁴ Cf « Petite recherche bibliographique sur les ressources en eau du Sine Saloum, B. Plus, Mai 2008 »

⁵ Le rapport ne précise pas comment ont été mesurées les altitudes ; celles-ci, fournies avec une précision centimétrique, semblent parfois curieuses ; les niveaux mesurés sont peut-être des niveaux dynamiques.

perméabilité au moins dans la partie supérieure ; l'eau y était très douce (Cl⁻ compris entre 28 et 120 mg/l jusqu'à la cote -5 m, puis augmentant modérément : 206 mg/l à la cote - 5.9 m et 355 mg/l à - 6.10 m, voir figure 1).

L'auteur concluait que, dans ce type de configuration où l'épaisseur de la lentille était de l'ordre de 5 m, le fond des puits qui se situait entre les cotes 0 et - 1m devait pouvoir être approfondi de 1 m au moins.

- la zone du village proprement dite, avec de nombreux puits réservés aux besoins domestiques exploitant une eau légèrement saumâtre (0.9 g/l de Cl⁻) ; cette lentille serait d'assez faible épaisseur (1 à 2 m), mais son niveau piézométrique positif (+1 à +2 m) ;
- La zone sud (dite des puits « à eau potable » et de la centrale solaire) serait la plus productive malgré sa faible extension (300 x 300 m) ; le niveau piézométrique est considéré se situer légèrement sous le zéro, et les puits (au nombre de 8) s'enfonceraient plus ou moins jusqu'à la cote -1 m. La teneur en Cl⁻ serait < 150 mg/l.

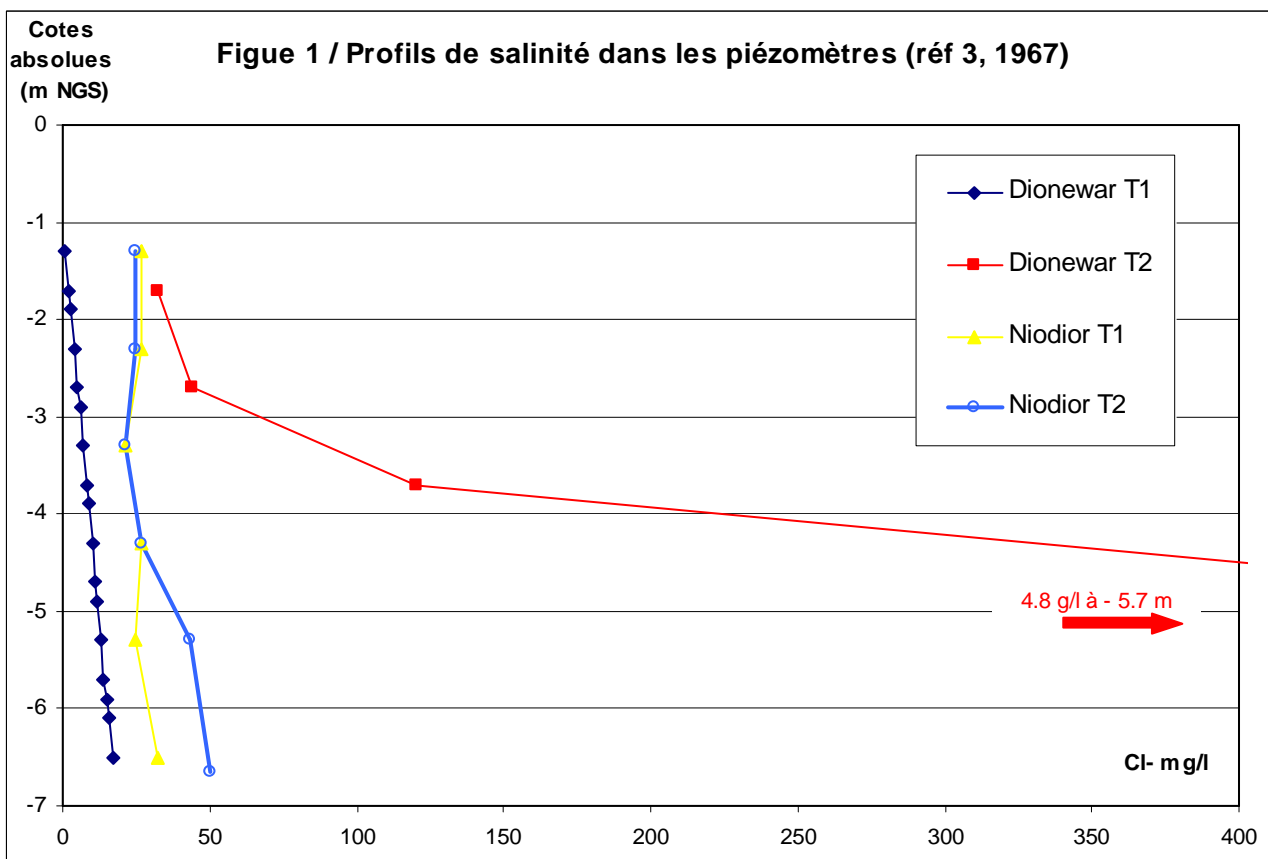
Un piézomètre (T2) foré au nord de cette zone (TN à + 2.60 m) a rencontré du sable blanc, puis jaune au niveau du NS mesuré à - 0.40 ; le sable devient en dessous noirâtre et plus argileux jusqu'à une profondeur de 8.2 m (cote - 5.8 m) ; les teneurs en Cl⁻, faibles jusqu'à la cote - 2.75 (< 44 mg/l), s'accroissent d'abord lentement (470 mg/l à la cote - 4.75), puis rapidement (4830 mg/l à la cote - 5.75 m, cf figure 1).

- A Niodior deux piézomètres ont également été forés ;
 - le premier (T1, E du village, proche de l'école, TN = + 3.00 m) fait 9.5 m de profondeur (6.90 m sous le NS) et recoupe des sables jaunes, parfois grossiers au moins jusqu'à - 3.50, puis plus fins avec des passées argileuses noirâtres ; l'eau est très douce (< 30 mg/l de Cl⁻ jusqu'à au moins - 6m, où elle commence à se saler légèrement (32 mg/l à - 6.50 m).
 - le second (T2, 500 m sud du précédent, TN = + 2.95 m) fait la même profondeur et recoupe, sous 5.7 m de sables devenant légèrement argileux vers la base un niveau de vase argileuse noire, avant de retrouver à 8 m de profondeur des faluns légèrement sableux ; l'eau est très douce jusqu'à la cote - 4.3 m (< 27 mg/l de Cl⁻), très légèrement plus salée vers le fond (50 mg/l à la cote - 6.65 m).

Ces résultats semblent démontrer que dans les secteurs à la fois suffisamment hauts (c'est-à-dire éloignés des bordures salées) et peu exploités, la lentille d'eau douce puisse atteindre une épaisseur de 4 à 6 mètres, puis se prolonger par une zone de transition de 2-3 mètres.

Dans les secteurs plus proches des bordures ou plus exploités, les mesures effectuées dans des puits montrent des salinités un peu plus élevées, quoique encore très acceptables, de l'ordre de 100/150 mg/l de Cl⁻ à Dionewar et 50/150 mg/l à Niodior. Seuls quelques puits sont carrément salés (9 g/l dans un puits de Dionewar).

L'étude fait d'autre part apparaître une bonne corrélation entre les résultats d'une prospection électrique (sondages électriques en OA = 20m + 3h avec h = profondeur du NS) et l'épaisseur de la lentille d'eau douce.



La question qui se pose évidemment est de savoir comment cette situation ancienne de 45 ans a pu évoluer, sous le double impact de l'augmentation certaine des prélèvements (population x 3 ou 4) et de la réduction des apports pluviométriques.

Les premiers éléments recueillis, résumés ci-après, semblent indiquer **qu'il n'y aurait pas eu de détérioration généralisée et catastrophique** de la situation.

5.3 / Eléments nouveaux (missions CERADS Avril 2008 et Nov 2009⁶)

5.3.1 – Djiffer (Av 08)

La reconnaissance n'a été ici que très superficielle. Djiffer est bâti sur un étroit cordon qui fait 1200 m de long et seulement 150 à 250 m de large, relié au continent par un isthme émergé de 2 à 3 Km de long.

Il y a un puits dans chaque cour, soit probablement plus d'une centaine. Celui de la maison de Pape Souleye est au milieu d'une petite cour, son diamètre est d'environ 0.60 m seulement, sa profondeur d'environ 3 m. Cimenté (buses rustiques ?) dans la partie supérieure, sa base est constituée d'un ancien fût de 200 l, rouillé, crevé (par où rentre l'eau).

Le niveau statique se situe environ 0.6 m au dessus du fond, c'est-à-dire environ 2 m sous le sol. Il fluctue d'environ 0.5 m avec la marée, et remonte à environ 1.5 m, parfois 1m sous le sol en saison des pluies (ce

⁶ La mission d'Avril 2008 correspond à l'étiage de la nappe, celle de Novembre 2009, à une situation de hautes eaux, 1,5 mois seulement après la fin d'un hivernage exceptionnel

qui représente une remontée max de 1 m, déjà conséquente quand on sait que l'on n'est qu'à 60 ou 80 m de la mer).

L'eau est douce (confirmé au goût), et il n'y a jamais eu de problème de sel ; la salinité ne varie d'ailleurs pas avec la marée. L'exhaure s'effectue avec une gamelle plastique d'environ 5 l. Le puits alimente environ 20 personnes à raison de 50 l/j environ, soit 1 m³/j.

L'eau est utilisée pour la toilette, la cuisine, la lessive, l'alimentation de quelques chèvres. L'utilisation pour la boisson est moins évidente. Les gens savent que la proximité de la fosse septique (environ 6 m) peut poser problème ; il y a également les chèvres qui vaquent à côté du puits.

La maison est en tous cas dotée de pastilles de chlore, supposées être utilisées à bon escient.

5.3.2 – Premières observations à Dionewar (Av 2008)

a) Zone du village :

L'ensemble du village est constellé de **nombreux puits**, dont la qualité est **jugée mauvaise** par la population (salinité excessive, contaminations par les fosses septiques ou les rejets directs). Les puits proches de la mer enregistreraient une variation du niveau avec la marée, mais au-delà de 150 / 200 m les variations deviendraient imperceptibles.

A titre d'exemple, le puits situé dans la cour du chef de village (Moumadou Kana Ngaye) : diamètre environ 1 m, margelle et cuvelage en briques enduites de ciment, fond sableux avec coquillages, profondeur non mesurée. La hauteur d'eau actuelle ne dépasse pas 0,15 m et le puits s'assèche quand on tire trop d'eau, puis se remplit en 10/15 minutes ; l'eau est de mauvaise qualité, et ne sert que pour se laver (mais le savon ne mousse guère...symptôme de salinité excessive), sauf pendant l'hivernage, ainsi que pour les bêtes ; il faut dire que la cour est vaste et regroupe 10 familles, soit environ 80 personnes, une douzaine de moutons et chèvres, 2 ânes, ce qui représenterait avec 10 l/j par personne et par animal environ 1 m³/j à nouveau.

b) Ile Nord :

Une des zones exploitées pour l'eau potable se situe au nord immédiat du tan de Mbin Mack. On y trouve une douzaine de puits, tous dotés d'un nom, avec des qualités d'eau variables. Le mauvais goût de certains viendrait d'après mon guide d'un défaut d'entretien (en fait c'est exact que certains puits sont propres, et d'autres sales par suite de contaminations directes, puisque ces puits ne sont qu'exceptionnellement couverts.

Tous les ans la Communauté rurale (en fait un groupe de volontaires) procède à un nettoyage : on vide les puits et on désinfecte à l'eau de Javel.

L'un d'entre eux, de grand diamètre (2m) et avec l'eau vers 3.5 à 4 m, est activement exploité, mais pas pour la boisson (trop proche du tan ?- environ 50m).

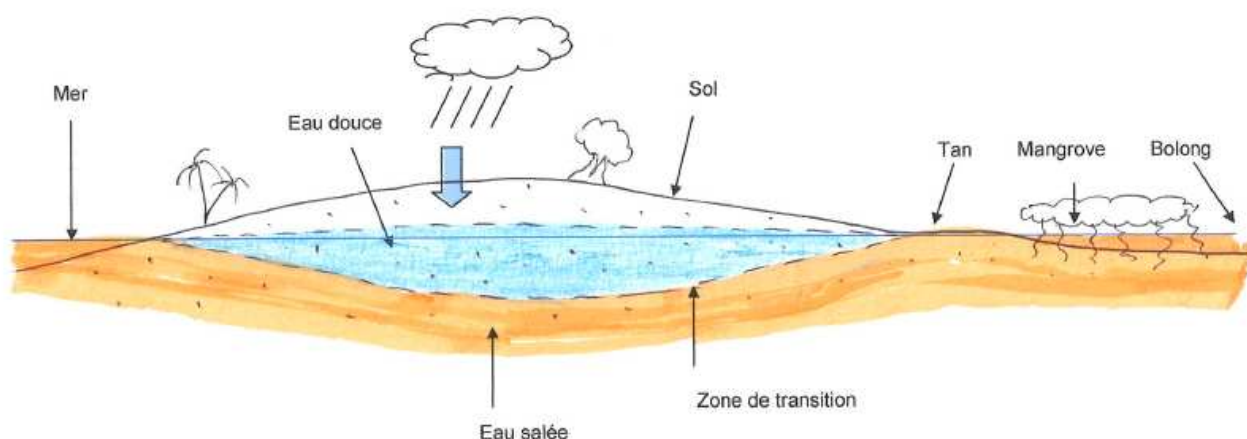
En remontant vers l'hôtel, vu successivement :

- La villa du « directeur de la Poste du Sénégal » (?), belle villa à deux étages protégée par de hauts murs; son toit est muni de capteurs solaires qui doivent alimenter une pompe; le puits est réputé bon ;

- Un puits dit « eau minérale » d'excellente qualité car peu exploité, situé dans un jardin clos et protégé par un couvercle cadenassé ;
- Un essai de petit jardin autour d'un puits ; quelques salades et un rang de tomates, mais eau relativement salée (altitude +2.5 ou +3 et localisation proche d'une zone basse) ;
- Les puits de l'hôtel Delta Niominka (**voir Annexe 1**)
- Le puits de la Villa Ardiana, 50 m à l'est de l'hôtel : diamètre 2m, NS environ -2.5 m/ TN , hauteur d'eau actuelle env. 0.30 m ; l'eau vient à la base, dans des sables légèrement argileux ; le puits est équipé d'une petite pompe de 1 HP (0.75 KW) alimentée par un groupe actuellement en panne ; la pompe remplit en 15 min environ un réservoir de 800 l situé à 5 m de hauteur, ce qui suffit aux besoins journaliers de la villa quand elle est occupée (6 touristes, douches et confort).

L'eau est douce et potable, le puits creusé en 2006 ne s'assèche pas mais il baisse d'environ 0.20 m en pompage, puis remonte pendant la nuit.

Schéma 1 - Coupe schématique au travers d'un cordon dunaire



c) Ile sud :

Le deuxième groupe de **puits** dits « **potables** », le plus productif, se situe dans la partie nord de la principale zone sableuse de l'île sud, qui couvre une trentaine d'ha, à l'ouest et au sud immédiats de l'enclos de la centrale solaire ; il est à environ 500m au sud du village, auquel il n'est rattaché que par un mince cordon dunaire (moins de 100 m de large) .

Le groupe de puits est composé d'une dizaine de puits, dont certains ne sont qu'à une centaine de mètres de l'eau salée remontant dans un petit bras, barré de diguettes plus ou moins fonctionnelles.

Le premier puits est constitué d'un avant-puits de grand diamètre (3 - 4 m) prolongé par un cuvelage plus étroit (1.5 - 2m). Il a fourni depuis ce matin 6h au moins 20 bidons de 25 l, ce qui l'a vidé. Les femmes attendent depuis 2h la remontée du niveau (vitesse de remontée appréciée 1 cm en 4 à 5 minutes ; le puisage reprendra quand la hauteur d'eau atteindra 0.25 à 0.30 m, elles espèrent avoir fini leur corvée à midi.

Aggrandissement Dionewar (d = diguette (anciens casiers rizicoles ?))



Ce puits fournirait actuellement l'essentiel de l'eau potable du village; Il produirait 30 bidons de 25 l en moyenne de 6h à 11h du matin (750 l), puis prendrait plusieurs heures pour recouvrer son niveau. Ceci ne représente cependant pas plus de 1 m³/j, ce qui est bien loin du besoin du village (même si l'on ne considère que 3 l/j pour 5 000 personnes, soit 15 m³/j)

L'eau « potable » est acheminée par charrettes et vendue 50 FCFA le bidon de 25 l. Le dimanche, jour de la lessive, on tire plus d'eau, dont une partie à partir de puits de moindre qualité

Le puits situé dans l'enceinte de la station solaire est également de grand diamètre (4 m). Il est situé à proximité de la cuve de gasoil qui sert à alimenter le groupe électrogène, et utilisé par le gardien de la station. Ce puits semble pollué par du gasoil, peut-être par suite de l'utilisation de la même pompe pour pomper alternativement l'eau et le gasoil... Dans tous les cas, les installations de stockage et de manipulation du gasoil pour le groupe électrogène représentent un gros risque de pollution, surtout dans la mesure où elles ne sont situées qu'à une cinquantaine de mètres du groupe de puits « potables » (voir situation actuelle au § 5.3.3) .

A l'intérieur de l'enclos de la station solaire, qui fait 100 x 150 mètres, on trouve quelques manguiers et noyers de cajou. La partie Est est relativement haute, peut-être + 5-6 m.

A 70 m au SE de l'enclos solaire, petit jardin ombragé avec un puits muni d'un couvercle ; lui aussi a été vidé ce matin pour remplissage d'une douzaine de bassines de 40 l. Après soutirage de ces 400-500 l, il faut environ 1 à 2 h de remontée, ce qui indique à nouveau une production journalière de 1 à 2 m³. L'eau est bonne et consommée pour la boisson.

L'ancien projet de désalinisation : à 15 m au SO de l'enclos solaire, un autre enclos plus petit entoure les installations du projet de la coopération japonaise (en association avec Caritas). Elles sont constituées d'un forage tubé en 7 ou 8" acier (tête munie d'un dispositif non élucidé) et de deux réservoirs de 50 m³⁷.

Dans le local technique, deux désalinateurs abandonnés de marque TOKAI Techno (Juin 1994) . L'armoire électrique ne comporte ni indication de puissance ni totalisateur ; un compteur d'eau sur le refoulement est bloqué à 615 m³.

D'après quelques informations fournies par l'ancien gardien, le forage aurait été réalisé en 1994, en même temps que la station ; il aurait une quinzaine de mètres de profondeur et aurait recoupé 7 couches de sable. Son eau, douce au départ, se serait rapidement salée (plus salée que la mer ?), et on aurait alors installé les deux appareils (qui d'après un tableau fourni à la DHR de Hahn par M. Allioune Diallo, seraient des distillateurs par compression de vapeur, d'une capacité de 20 m³/j).

La station aurait bien fonctionné au début, fournissant de l'eau potable. Mais alors que la population commençait à s'organiser avec des rotations de charrettes, elle s'est arrêtée après seulement quelques mois de fonctionnement.

⁷ Ces citernes, apparemment en bon état, pourraient être récupérées pour y stocker de l'eau de pluie ; outre la toiture du local voisin (50 m², soit près de 20 m³ d'apport annuel) , la centrale solaire elle-même, avec ses 750m² de capteurs en attente, ne demande plus qu'à être équipée de gouttières pour produire quelques 200 à 300 m³/an...

Zoom secteur puits « eau potable » sud et centrale solaire



p = puits

ma = mangrove

d = diguettes

z.b.= zones basses (tan)

Le trait bleu délimite l'extension des cordons dunaires

d) Niodior

La reconnaissance y a été beaucoup plus rapide. On trouve en tous cas des puits à eau douce jusqu'à proximité immédiate de la mer. Vers le centre du village, les puits semblent exploiter une tranche d'eau de 0.5m, mais d'après les informations recueillies certains puits auraient jusqu'à 1 ou 2 m de hauteur d'eau.

De nombreux puits irriguent des petits jardins. Cette courte visite n'a pas permis de constater si certains d'entre eux étaient équipés de pompes, mais ceci est vraisemblable.

e) Entretien avec M. Mame Sor, puisatier

M. Mame Sor semble malgré son jeune âge bien connaître les lentilles d'eau douce et les moyens de les capter.

Pour les puits proches de la mer ou d'un bolong, il ne creuse pas plus de 0.5 m sous le niveau de l'eau. Par contre pour les puits plus éloignés, il est possible de s'enfoncer de 1 à 2 m (sans risque de trouver l'eau salée).

L'aquifère est constitué d'un sable grésifié blanc, devenant gris en profondeur, puis jaune ; cette dernière couleur serait un indicateur de la proximité de l'eau salée, et il ne faut donc pas s'enfoncer plus. L'eau vient par les pores du sable, mais les principales venues se font par des petits chenaux, quand la formation est suffisamment cimentée.

A la base de cette couche de sable jaune on trouve, mais pas systématiquement, un niveau d'argile.

La technique des drains horizontaux n'est pas utilisée, mais pourrait l'être d'après Mame Sor.

5.3.3 – Observations et mesures de novembre 2009

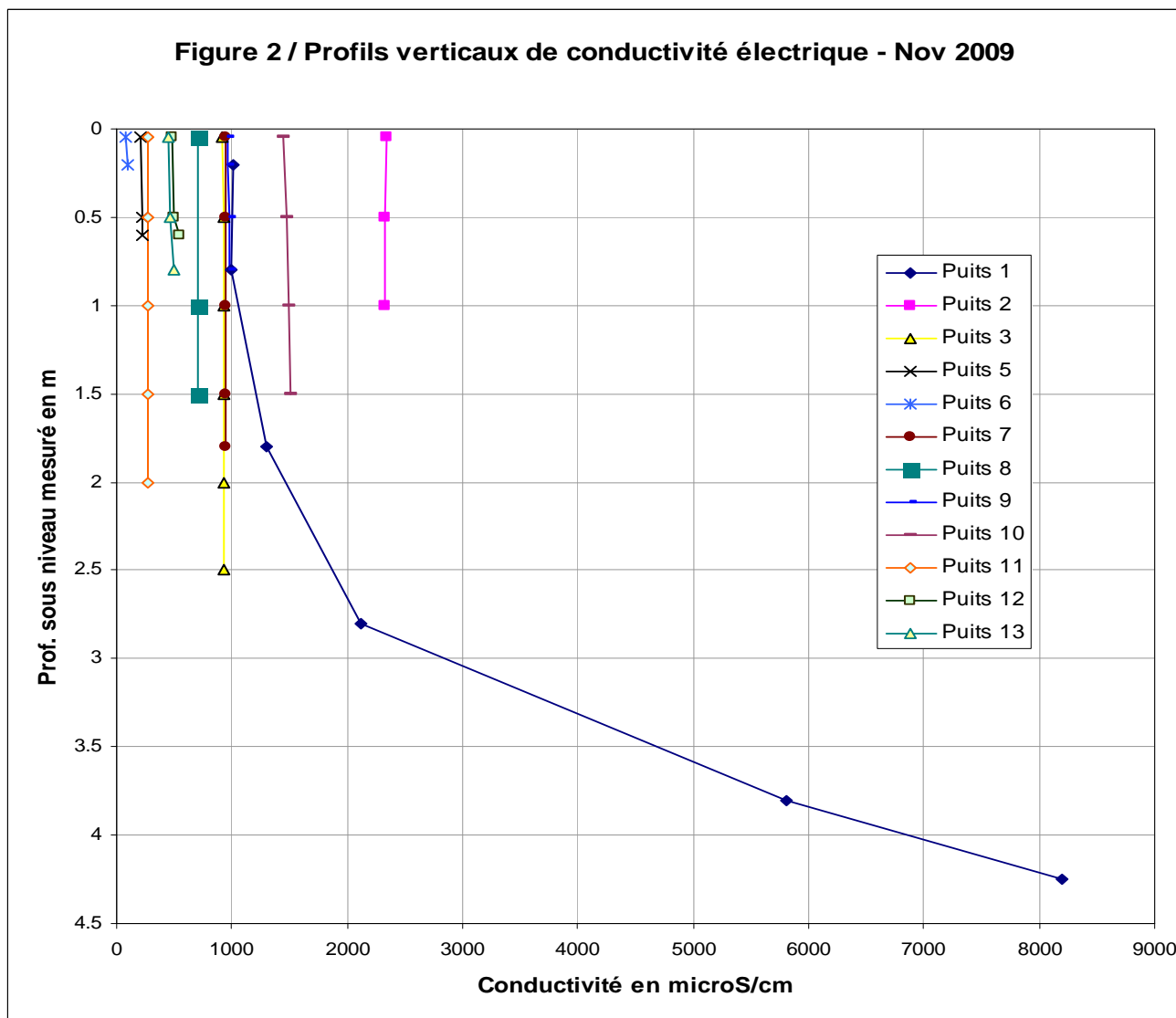
Cette seconde mission a pu être menée avec un matériel de base (sonde électrique, conductivimètre, micropompe sur batterie portable), ce qui a permis avec l'aide de 3 habitants motivés de commencer un inventaire des points d'eau.

Cet inventaire, portant sur 13 puits dans lesquels ont été effectués des profils de conductivité, et comportant 3 courts essais de pompage, est fourni en **Annexe 2**. Les principaux résultats font apparaître :

- Que la nappe se situe, 1.5 mois après la fin des pluies, entre 0.5 et 1.5 m de profondeur, selon les puits ; les phases de remplissage total doivent être très brèves, la nappe se vidant rapidement par écoulement latéral et évapotranspiration de la couverture végétale.
- Qu'il existe bien deux zones de prélèvement d'eau potable ; la première, celle de l'île nord, est curieusement très proche de la bordure du tan ; les puits à eau la plus douce (puits 5 et 6) ne sont qu'à 150 m de cette bordure, et à moins de 250 m des flaques d'eau sursalée en voie de résorption.

La seconde, celle de la station solaire, se trouve réellement menacée par les infiltrations de gazoil à partir de la cuve actuelle et de ses abords ; le puits le plus proche serait doré et déjà contaminé ; une démarche a été effectuée par le CERADS auprès du président de la CR de Dionewar pour l'alerter sur ce problème (**Annexe 3**)

- Que de nouveaux puits ont été créés au printemps 2009 sur ces deux zones dans le cadre d'un projet PNUD / Banque Mondiale – « Félogie de Dionewar »
- Que les profils de conductivité montrent que le secteur des points 1 et 2 (« villa Diobou », île Nord) est salé à la suite de prélèvements excessifs ; le profil du point 1 (petit forage) montre clairement la zone de transition eau douce – eau salée entre 2 et 4 m sous le sol.



- Que les trois essais de pompage réalisés semblent montrer que la production des puits testés (parmi les meilleurs de l'île) ne devrait pas **excéder 1 à 2 m³/j** en cette saison, et donc certainement moins en fin de saison sèche



○ Puits △ Excavation ▽ Flaque d'eau en résorption

P1 8200
N° puits et conductivité fond en $\mu\text{S}/\text{cm}$

INVENTAIRE et SALINITE DES EAUX - ILE SUD



○ Puits

▽ Flaque d'eau en résorption

P1 8200

N°puits et conductivité fond en $\mu\text{S}/\text{cm}$

6 / Premières conclusions et perspectives

6.1 / Comparaison consommation actuelle / recharge / stockage de la nappe

Le premier constat est que les deux villages, qui totalisent environ 12 000 habitants, tirent toujours la quasi-totalité de leur approvisionnement en eau, avec une spécialisation plus ou moins spontanée des ressources en fonction des usages, des lentilles superficielles. Une estimation minimale de la consommation actuelle, basée sur les données du tableau 4 auxquelles on ajoute des estimations de consommation du cheptel et du maraîchage, très réduites par rapport aux données de 1996 (tableau 3), donnerait pour les deux villages:

Tableau 6 : estimation de la consommation actuelle à partir des lentilles

	hab ou UB	l/j/hab ou /UB	m3/j	l/s	m3/an
Eau de boisson	12 000	5	60	0.7	22 000
Autres usages domestiques	12 000	15	180	2.1	66 000
Bétail (25% du chiffre 1996)	1750	25	44	0.5	16 000
Maraîchage (25 % du chiffre 1996)			260	3.0	95 000
Tourisme	Hotel Delta Niominka		30	0.35	11 000
	Ecotourisme (20 pers à 60 l/j)		0.7	0.01	250
total			575	6.7	210 000

soit pour simplifier environ **200 000 m3/an**.

Ce chiffre peut être dans un premier temps, comparé au volume d'eau total des lentilles. Celles-ci sont certainement restreintes aux zones de cordons dunaires, dont on a vu que l'extension était de 675 Ha (en excluant la petite île à l'E de Niodior) . Soit, avec une porosité utile de 0,1, un volume d'eau de 675 000 m3 par tranche de 1m d'épaisseur moyenne et, en tablant sur une épaisseur moyenne d'au moins 1.5 m, un volume d'eau douce d' au moins **1 000 000 m3**.

Ceci ne signifie bien évidemment pas que ce chiffre corresponde à un volume exploitable sans risque de perturbation de l'interface eau douce / eau salée, mais simplement que, si l'exploitation actuelle était **convenablement répartie** sur la surface des îles, elle pourrait être pérennisée et même très probablement augmentée.

Si l'on regarde maintenant le potentiel de **recharge** annuelle, on a vu au § 4.3 qu'il pouvait représenter, en année moyenne :

- 500 000 m3/an pour l'île de Dionewar (nord + sud),
- 1 100 000 m3/an pour l'île de Niodior

Le potentiel de recharge annuelle serait donc bien suffisant, non seulement pour couvrir la consommation actuelle, mais pour saturer annuellement la capacité de stockage de la nappe, si celle-ci pouvait être consommée. Mais qu'en est-il réellement de cette capacité de stockage ? Le tableau 7 ci-après montre les

remontées moyennes du niveau correspondant à différentes lames d'eau infiltrées, dans des hypothèses de porosité efficace des sables allant de 1% à 20%.

On voit par exemple que, pour une infiltration efficace de 250 mm/an (valeur minimale retenue précédemment), les remontées du niveau iraient de 25m pour une porosité de 1% à 1.25 m pour une porosité de 20%. On constate alors que la capacité de stockage est en fait limitée par la topographie, puisque la configuration du terrain interdit toute remontée supérieure à 2m, sauf peut-être localement sous les zones les plus hautes des amas coquilliers.

Tableau 7 – Remontées théoriques (en m) du niveau en fonction des lames d'eau infiltrées et de la porosité efficace

		Lame d'eau infiltrée (mm)					
		150	200	250	300	350	400
Porosité eff. (%)	0.01	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
	0.05	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
	0.1	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
	0.2	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00

Ceci démontre incidemment que la porosité efficace moyenne est selon toute vraisemblance supérieure à 10%, et plus probablement de l'ordre de 20% (valeurs surlignées). En dessous, et d'autant plus que la lame d'eau infiltrable est importante, la nappe déborderait...

C'est probablement ce qui se passe transitoirement, avec le remplissage des zones basses. Les volumes excédentaires se vidangent ensuite rapidement vers mer et bolongs. Quant à la nappe, elle s'écoule également en permanence à la périphérie de la lentille.

En fait le processus est probablement le suivant : au début de la saison des pluies les lentilles sont « déprimées » par les prélèvements et l'évapotranspiration de la végétation à enracinement profond (cocotiers en bordure, baobabs et autres à l'intérieur); leur niveau doit être alors proche du zéro, parfois même inférieur au niveau moyen de la mer. Dès les premières pluies efficaces (après saturation du déficit hydrique du sol, c'est - à - dire après les 50 à 100 premiers mm correspondant à la RU des sables), le niveau remonte au centre des lentilles, les cotes deviennent de plus en plus positives et, le gradient hydraulique augmentant, le débit de fuite augmente de même.

Selon ce schéma, plus la nappe se remplit, plus vite elle se vide...faute de capacité de stockage suffisante.

6.2 Augmentation artificielle de la capacité de stockage

Concrètement, ceci suggère que si une partie de l'eau infiltrée après les premières pluies pouvait être rapidement extraite et stockée en surface, la capacité de stockage ainsi libérée pourrait se trouver facilement re-saturée (tant qu'il y a des pluies efficaces), et ce sans altérer le stock d'eau disponible en fin de saison des pluies.

Sachant qu'il n'y a pas de gros besoins en pleine saison des pluies (d'autant que l'eau de pluie elle-même peut être partiellement stockée, cf § 4.4), cette perspective d'augmentation artificielle de la capacité de stockage conduit à se poser à nouveau la question du stockage (techniques traditionnelles ou modernes, cf §4.4)), du traitement éventuel, des durées maximales de stockage... Une meilleure connaissance du régime annuel de la nappe sera ensuite nécessaire pour déterminer s'il vaudrait mieux utiliser l'eau stockée dès la fin de l'hivernage, retardant ainsi la date des prélèvements dans la nappe, ou conserver cette eau stockée pour l'utiliser en fin de saison sèche, éventuellement en mélange avec des eaux plus salées.

6.3 Meilleure répartition dans l'espace des prélèvements

On sait qu'en matière d'équilibre eau douce / eau salée le moteur de la remontée de l'interface est le niveau. Tout rabattement ponctuel – ou pire généralisé- du niveau piézométrique sous le niveau moyen de la mer induit une remontée de l'interface. Cela signifie qu'une même exploitation aura des effets très différents selon qu'elle s'effectue en un seul point ou qu'elle est répartie entre plusieurs.

Schéma 2 – Processus d'intrusion marine par surpompage

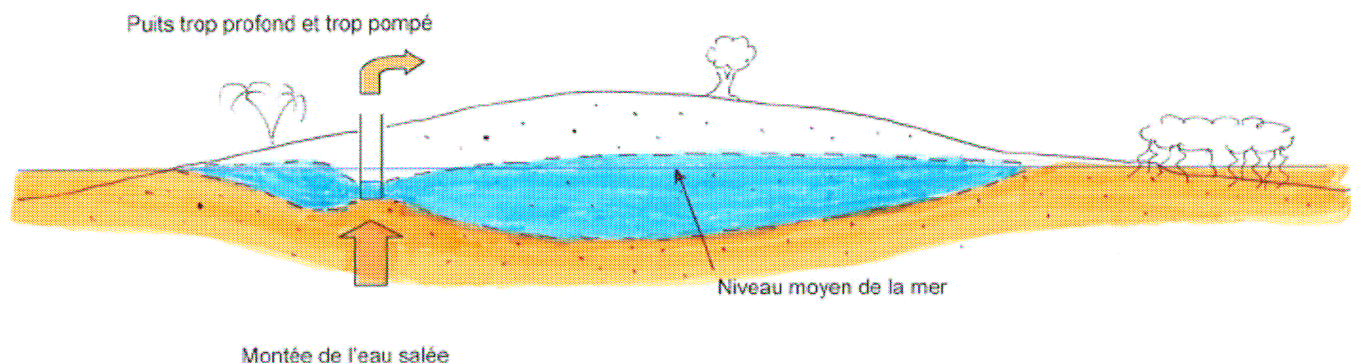
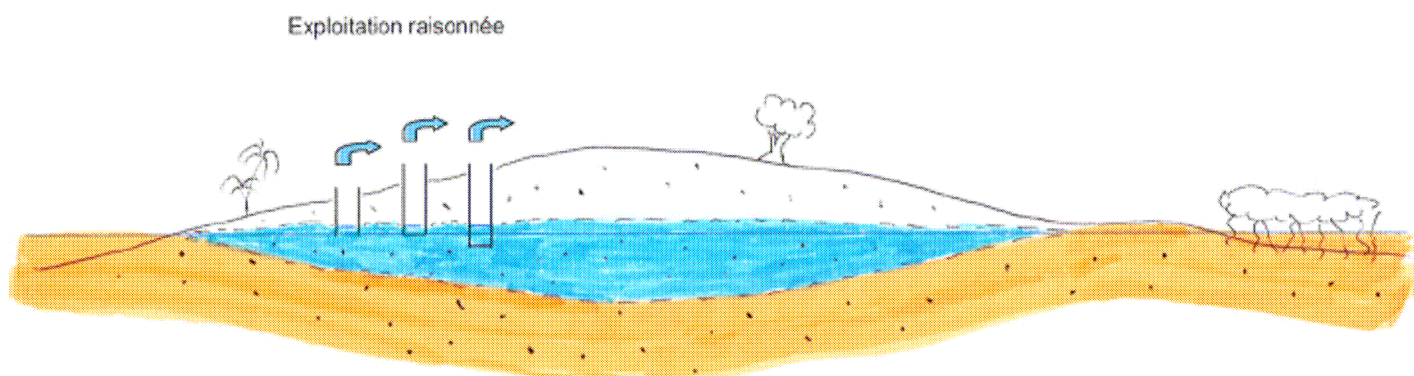


Schéma 3 – Multiplication des points de prélèvement



Il semble clair que la situation actuelle, où l'essentiel de l'eau de boisson est extraite de 2 groupes de puits resserrés sur des surfaces restreintes, n'est pas idéal (le groupe de puits sud étant en plus menacé comme on l'a vu par les infiltrations proches de gasoil) . D'autres zones, au moins aussi favorables, existent certainement dans l'intérieur des deux massifs dunaires. Même si ces zones sont plus éloignées du village, ce qui compliquerait l'acheminement de l'eau par carrioles, ce problème se trouverait résolu dès lors qu'une véritable adduction d'eau – avec conduites- serait créée.

On pourrait ainsi envisager, pour Dionewar, deux ou trois champs captants composés chacun d'une dizaine de captages à faible débit unitaire (type crépines à pointes) ou de captages horizontaux étalant les cônes de rabattement (type tranchées drainantes ou puits à drains). Ces champs captants seraient clos pour les protéger de la pollution, et l'exploitation de l'eau s'y ferait avec un suivi permanent des niveaux et de la salinité.

6.4 – Vers une meilleure gestion de l'eau

Les impressions ressenties au cours de ces deux brèves missions, au travers de riches entretiens, d'observations et de mesures faites en commun, semblent montrer que la population de Dionewar a déjà adopté spontanément des pratiques d'exploitation de la lentille d'eau douce, héritées de l'expérience et destinées à préserver cette ressource unique: nettoyage annuel des puits par une équipe de volontaires, nomination de « responsables » des groupes de puits à eau potable, spécialisation de certains puits à des usages distincts en fonction de la qualité de leur eau et de leur productivité, peut-être mise en réserve de certains puits pour les besoins d'eau potable des mois les plus secs,....

Cette gestion traditionnelle de la ressource en eau nécessiterait maintenant de s'**organiser**, en s' appuyant sur une **meilleure connaissance** de cette ressource, de son mode de fonctionnement, de son volume exploitable, ainsi que sur la mise en place d'un **suivi permanent**, basé sur des mesures de niveau et de salinité.

Les enjeux sont en effet cruciaux, puisqu'il s'agit :

- de faire face à l'**augmentation des besoins** liés à l'augmentation de la population et à la nécessité de lui fournir des doses suffisantes et de qualité contrôlée ; la satisfaction de besoins nouveaux (tourisme en particulier) doit pouvoir également se programmer sans interférer sur les besoins, absolument prioritaires, de la population
- de résoudre le **paradoxe** constitué par la nécessité⁸ d'introduire progressivement des moyens d'exhaure mécanisés (pompes à motricité humaine, motopompes, pompes électriques actionnées par énergie thermique, éolienne ou solaire) sans engendrer de surexploitation destructive de la ressource
- en bref, de tirer plus d'eau d'une ressource **limitée**, par des moyens « non traumatisants » pour la nappe, afin de garantir sa **pérennité**.

Dans un premier temps, nous avons formulé quelques principes simples, à destination des autorités du village et des amis du village qui nous ont guidé et aidé à établir ce diagnostic (« **Dix principes pour préserver la ressource en eau des îles du Saloum** », **Annexe 5**).

L'appropriation et la mise en application de ces principes ne nécessitent pas a priori d'aide extérieure. Certains sont particulièrement **urgents** (mesures contre la pollution du groupe de puits sud par le gasoil de la station, rebouchage des puits et fosses abandonnés, arrêt de l'exploitation des puits en voie de salinisation).

Parallèlement, le CERADS espère pouvoir apporter son aide. De nombreuses perspectives existent tant dans le domaine de l'**eau** (installations pilotes de récupération d'eau de pluie, aide à la gestion de l'eau, aide à la création d'une adduction communale, réflexion sur la possibilité de remettre en état les diguettes, permettant le stockage temporaire d'eau douce et le maintien au large du biseau salé,...) que dans celui des **énergies nouvelles** (solaire, éolien) ou d'un **écotourisme solidaire** pouvant servir de **vitrine** à la mise en œuvre de ces perspectives d'avenir.

⁸ Cette nécessité découlant aussi bien de l'augmentation des besoins que du souci de libération du temps des femmes et des enfants qui doivent assurer « la corvée d'eau »

ANNEXE 1 – Alimentation en eau de l'hôtel Delta Niominka

A1.1 / Informations Avril 2008, fournies par M. Roger Ehrman, directeur

La fréquentation normale est d'environ 70 hôtes, plus le personnel résident (10 personnes ?).

Au départ, l'hôtel se suffisait de quelques puits traditionnels, mais quand on est passé de 8 à 17 bungalows l'eau s'est rapidement salée.

Un essai de forage a donné vers 27/28 m une eau salée à plus de 5 g/l.

On a alors fait appel à un radiesthésiste connu qui a recommandé un emplacement. Il a fallu percer une couche d'argile à la barre à mine vers 4/5m de profondeur, et l'eau est remontée subitement de 2/3 m (nappe en charge). La profondeur totale serait de 5/6 m. Ce puits fournit à lui seul les 25 - 30 m³/j nécessaires pour les « eaux de chasse » (toilettes, douche, vaisselle, piscine, complément d'arrosage du jardin).

L'assainissement est constitué de fosses septiques (par groupes de 3 bungalows), la sortie des eaux blanches étant prolongée par des tuyaux perforés de 36 m de long installés dans un lit de coquillages. Ce système procure en permanence l'humidité suffisante à la végétation (relativement luxuriante) du jardin, un complément (20% seulement) étant apporté par 2 puits pour le gazon.

L'eau potable est exclusivement constituée d'eau minérale apportée par pirogue. L'hôtel produit son électricité par un groupe électrogène.

Autres informations :

- La pluviométrie de 2007 / 2008 a été de 40% inférieure à la moyenne
- L'amplitude de la marée était, pour la 2^{ème} semaine d'Avril, de 1.20 à 1.40 m
- Le responsable technique de l'hôtel est M. Lamine N'Gore Faye

A1.2 / Informations novembre 2009, fournies par M. Jean-Claude Deroger, nouveau directeur

Après le rachat de l'hôtel par la chaîne, la capacité de l'hôtel a été augmentée. Il en est résulté une augmentation des prélèvements en eau, qui s'est traduite par la salinisation du puits décrit ci-dessus, et son abandon probable.

La Direction a alors fait procéder au creusement d'une ligne de 5 puits plus dans l'intérieur (250 m de la mer, puits H1 à H5 sur la carte nord. Ces puits, d'un diamètre de 2m et avec un niveau statique vers 2.5 m/sol, sont éloignés de 20 à 40 m les uns des autres. Ils sont protégés par des couvercles en béton, et semblaient être début novembre en attente de pompes (tuyaux en attente).

Alerté par nos soins sur la nécessité d'éviter toute surexploitation susceptible de conduire à la salinisation de tout le secteur concerné par les pompages, le Directeur a souligné la nécessité de maintenir à tout prix une alimentation en eau douce pour son établissement. Il a fait état d'autre part de ses efforts pour augmenter le taux de recyclage, et de son intention de faire procéder à des sondages dans l'espoir de capter des nappes profondes exploitables.

ANNEXE 2 - Inventaire de points d'eau de l'île de Dionewar (Fatick, Sine Saloum)

Un inventaire des points d'eau est une première étape vers la prise en main par une population, au travers de la collectivité qui la représente, de ses ressources en eau. Il permet par exemple :

- de concrétiser les connaissances sur le nombre, la localisation, les caractéristiques des captages (puits, forages, citernes, mares aménagées,...)
- de permettre une évaluation des prélèvements, première étape vers une comptabilisation,
- de constituer une base de référence permettant de suivre l'évolution dans le temps (au cours d'un cycle annuel, et d'une année à l'autre) de paramètres tels que le niveau de la nappe, sa salinité, les débits extraits,
- de tracer des cartes de ces paramètres, d'en déduire des tendances évolutives,
- de former une ou des personnes à la connaissance et à la gestion des ressources en eau.

L'île de Dionewar, comme celle de Niodior, renferme des centaines, voire plus d'un millier de puits, et il s'en réalise probablement des dizaines chaque année. Leur inventaire systématique impliquerait une enquête approfondie, nécessitant peut-être 1 à 3 mois pour une équipe de 2-3 personnes. Cependant, certains secteurs peuvent être considérés comme moins intéressants, ou moins urgents, comme ceux qui sont connus pour être salés ou pollués par les rejets domestiques. D'autres par contre sont prioritaires : ceux où sont localisés les puits d'où la population tire l'essentiel de son eau potable.

La petite campagne réalisée sur 3 demi-journées en novembre 2009 a permis d'inventorier 13 puits, la plupart situés sur « l'île nord » (au nord du tan de M'Bin Mack) dans une zone peu salée et très exploitée pour l'eau potable, et 3 dans une zone de l'« île sud », qui nous a été décrite comme la zone d'approvisionnement principal du village (zone de la centrale solaire).

Ceci représente donc l'amorce d'un inventaire progressivement étendu à l'ensemble des points d'eau de ces deux zones « stratégiques » pour l'approvisionnement de l'île, puis à l'ensemble de celle-ci ainsi qu'à celle de Niodior.

Ce début d'inventaire a été l'occasion d'effectuer, en plus de la mesure des dimensions des ouvrages, deux types de mesures :

- des profils de salinité
- trois essais de pompage

Les **profils de salinité** s'effectuent en descendant l'électrode de mesure du conductivimètre (cf fiche sur la salinité des eaux en préparation) dans les puits au repos. Ils montrent (fig 1) :

- un groupe de puits très peu salés (100 à 600 microS/cm) sur l'ensemble de leur colonne d'eau (n^{os} 6, 11, 12, 13) ;
- un groupe de puits légèrement salés (700 à 1000 microS) sur l'ensemble de leur colonne d'eau (n^{os} 3, 7, 8, 9) ;
- deux puits relativement salés (1500microS et 2350 microS) sur l'ensemble de leur colonne d'eau (n^{os} 10 et 2) ; à noter que le plus salé, le n^o2, n'est pas profond (2.15 m sous le sol, avec une tranche d'eau au moment de la mesure de seulement 0.97m)
- un puits (en fait un petit forage), le plus profond des ouvrages inventoriés (n^o1, prof sous le sol 5.50 m, hauteur d'eau 4.30 m), qui montre une nette augmentation de sa salinité en dessous de 1.5 m ; de 1000 microS en surface, elle passe en effet à 2120 à 2.80 m , à 5800 à 3.80 m, et à 8200 à 4.25 m sous le niveau de l'eau. Ce profil est caractéristique de la traversée de la zone de transition (interface) eau douce /eau salée, et il est certain qu'un mètre plus bas la salinité doit atteindre 20 000 à 50 000 microS (salinité de la mer).

On en déduira très provisoirement que le secteur des points 1 et 2 a été exploité trop intensément ce qui, vu la proximité de la mer (100 m), a provoqué la remontée du sel. Il est donc fortement recommandé de ne plus exploiter le forage (qui peut servir précieusement de témoin pour y étudier l'évolution du niveau et de la salinité), et de n'utiliser le puits que marginalement pour l'arrosage des plantations, et encore sur des plantes suffisamment tolérantes au sel. Au cas où sa salinité s'élèverait encore (au dessus de 2500 microS) il conviendrait de l'abandonner.

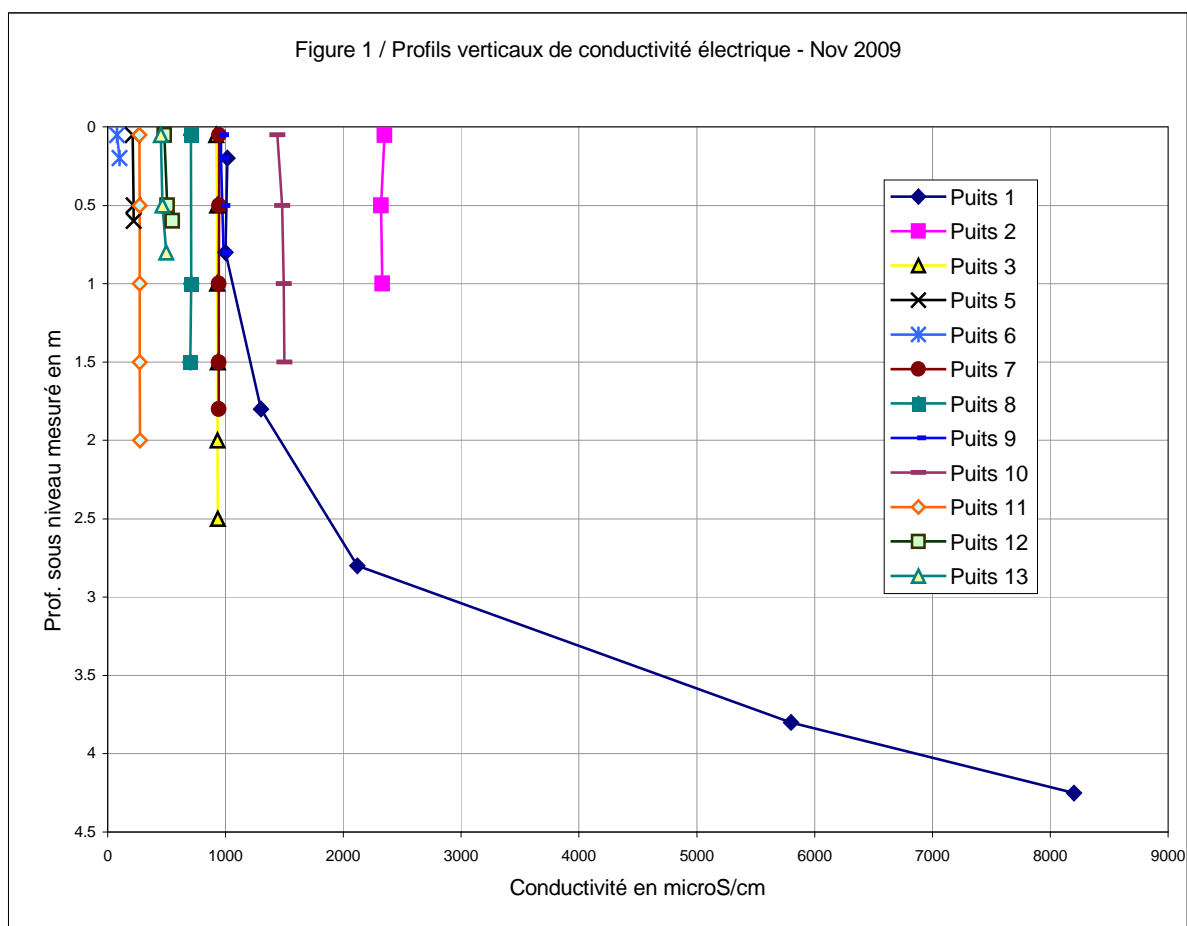
Pour l'alimentation en eau de la villa, il faudrait trouver un site distant d'au moins 100 à 150m, en s'enfonçant vers l'intérieur de l'île (secteur des mares temporaires) et y creuser un ou deux puits peu profonds (0.50 m au maximum sous le niveau de l'eau en fin d'étiage).

On remarque d'autre part que deux puits très voisins peuvent avoir des salinités assez différentes : le puits n^o10 (collège) est assez salé (1500 microS), *probablement parce qu'il a été trop pompé*, alors que le n^o11, situé à seulement 12m et plus proche de la bordure salée du tan est doux (275 microS), *probablement parce qu'il est exploité plus modérément à la main*.

Les **essais de pompage** (voir fiches des puits n°s 3, 9 et 12) ont été de courte durée (10, 30 et 35 min) et avec des débits limités (720, 1880 et 620 litres/h) ; les volumes extraits (120l, 940l et 366 litres respectivement) sont donc restés limités, mais cohérents avec les possibilités des puits ; ils correspondent d'ailleurs pour l'essentiel à l'effet de capacité de ces derniers (vidange du volume stocké dans le puits), la participation instantanée de la nappe étant restée très modeste (part négligeable, 21% et 25% respectivement des volumes extraits).

Ceci confirme que les pompages doivent être effectués à faible débit, ou répartis dans le temps afin d'éviter de trop forts abaisséments du niveau, même dans les « bons » puits ; les volumes extraits ne devraient pas dépasser 1000 à 2000 litres/jour en cette saison de hautes eaux, très probablement moins en saison sèche.

Le suivi de la salinité est essentiel : dès que celle-ci augmente nettement dans le fond du puits, il convient de ralentir ou cesser les prélèvements, si possible jusqu'à l'hivernage suivant.



CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	1	Date :	02/11/2009	Nom du puits:	Forage de la villa "DIOBOU"
Diamètre (m):	0.10 m env	Localisation :	Ile Nord - devant la villa DIOBOU, au pied des plantations, à environ 100 m de la mer		
Profondeur / repère (m):	5.52	Description du repère:	Haut tubage PVC		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	+- 0	Usage:	équipé d'une pompe à main (détériorée); a servi pour usages maison avant d'être salé		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	1.22	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	Au repos depuis plusieurs mois, marée haute; seconde mesure effectuée à marée basse inchangée: apparemment pas ou peu d'influence de la marée		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	4.3	Estimation altitude / niv moyen mer	sol	NS	
			+ 1.5	+ 0.5	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	1015	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/niveau (m)	Conductivité (microS/cm)	
Etat du puits: au repos	0.20	1015	Schéma (localisation, coupe ou description):
	0.80	1000	
	1.80	1300	
	2.80	2120	
	3.80	5800	
	4.25	8200	

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	2	Date :	02/11/2009	Nom du puits:	Puits de la villa "DIOBOU"
Diamètre (m):	1.50	Localisation :	Ile Nord - Environ 12m derrière la villa DIOBOU, dans petit jardin, à environ 120 m de la mer; distant du forage n°1 d'environ 25 m		
Profondeur / repère (m):	3.16	Description du repère:	Rebord margelle		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	1.02	Usage:	Le puits a été pompé (dates inconnues), probablement trop intensément, ce qui a provoqué sa salinisation		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	2.19	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	Vient probablement d'être exploité par puisage		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	0.97	Estimation altitude / niv moyen mer	sol	NS	
			+ 1.5 ?	+ 0.30 ?	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	2350	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits: au repos	0.10	2350
	0.50	2320
	0.95	2330

Schéma (localisation, coupe ou description):

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	3	Date :	02/11/2009	Nom du puits:	(île nord)
Diamètre (m):	1.43	Localisation :	Ile nord, groupe de puits situé à mi-chemin entre l'hôtel et le village; au cœur d'une zone qui s'est remplie d'eau de pluie jusqu'à 0.20m de hauteur pendant 2 à 3 mois		
Profondeur / repère (m):	3.65	Description du repère:	margelle		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	0.43	Usage:	Apparemment non exploité, sauf peut-être le dimanche pour la lessive; ce groupe de puits plus distants des habitations serait mis en réserve pour la période d'étiage		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	0.94	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	Non utilisé		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	2.71	Estimation altitude / niv moyen mer	sol	NS	
			2	1.49	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	920	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits:	0.10	920
Non utilisé	0.5	930
	1.00	930
	1.50	935
	2.00	932
	2.50	934

Schéma (localisation, coupe ou description):

CERADS - Essai de pompage

Date: 02/11/2009

Puits n° 3

Type d'essai, description des conditions initiales, moyen d'exhaure :

Pompage avec micro-pompe portative, calée à 2m; mesure de débit par remplissage fûts de $\geq 20l$,
mesure conductivité ds les fûts

Heure	Temps (min)	Débit (l/h)	Niveau /repère (m)	Rabattement (m)	Conductivité eau pompée (microS/cm)	Remarques
17:03	0	0	0.955			
17:27	0	0	0.950			
17:28	1'	720	0.960		920	1er bidon 20l en 1'40"
	2'30"	720	0.975	0.025		
	3'	720			928	2ème bidon 20l en 3'20"
	3'30"		0.980	0.030		
	5'	720	0.990	0.040	926	3ème bidon 20l en 5'
	6'40"	720	1.000	0.050	918	4ème bidon 6'40"
	8'20"	720	1.010	0.060	925	5ème bidon 8'20"
	10'	720	1.030	0.080	927	6ème bidon 10';arrêt pompe
Remontée	2'		1.030	0.075		
	10'		1.020			
	18'		1.015	0.060		
En 18' le puits a récupéré 1.5 à 2 cm; la remontée complète prendra au moins 5 à 6h;						
Le puits est profond, et relativement salé; il ne devrait pas être exploité intensément, peut-être 1 m3/j au maximum en cette saison						

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	4	Date :	02/11/2009	Nom du puits:	
Diamètre (m):	2.9	Localisation :	Ile nord, groupe de puits situé à mi-chemin entre l'hôtel et le village; à environ 31 m à l'ESE du puits n°3, au cœur d'une zone qui s'est remplie d'eau de pluie jusqu'à 0.20m de hauteur pendant 2 à 3 mois		
Profondeur / repère (m):	2.85	Description du repère:	margelle		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	1	Usage:	Probablement plus exploité que le puits n°3		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	1.55	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	Au repos		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	1.3	Estimation altitude / niv moyen mer	sol	NS	
			2	1.45	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	1730	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits:		
Non utilisé		

Schéma (localisation, coupe ou description):

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	5	Date :	02/11/2009	Nom du puits:	Projet PNUD / Banque Mondiale, terminé le 30/05/09
Diamètre (m):	1.85	Localisation :	Ile Nord, groupe de puits situé juste au N du "tan de Mbin Mack", à environ 160 m au N de la bordure N du tan; à 10m au SSO du puits noté "Mère ADIARATOU MAMA NDIOR". Ce dernier puits, très sale, devrait être bouché ou comblé.		
Profondeur / repère (m):	3.23	Description du repère:	margelle		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	0.70	Usage:	Très utilisé du fait de sa construction récente et de sa très faible salinité		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	2.65	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	En exploitation par puisage		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	0.58	Estimation altitude / niv moyen mer	sol	ND	
			2	0.05	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	213	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/ niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits:	0.10	213
vient d'être puisé	0.5	220
	0.58	220

Aperçu sur les ressources en eau des îles du Sine Saloum, B. Plus, Janvier 2010

Schéma (localisation, coupe ou description):
<p>NB: le 04/11, le puits est complètement vidé à la suite de puisages au seau; conductivité de l'eau entrante: 225 microS/cm</p>

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	6	Date :	02/11/2009	Nom du puits:	Djongola 1969
Diamètre (m):	1.68	Localisation :	Ile Nord, groupe de puits situé juste au N du "tan de Mbin Mack", à environ 160 m au N de la bordure N du "tan de Mbin Mack"; à 104 m au SSO du puits n°5		
Profondeur / repère (m):	3.45	Description repère:	margelle		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	+ 0.75	Usage:	Le plus ancien puits du secteur et probablement le plus exploité		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	3.25	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	Exploité depuis l'aube; on voit le puits se remplir par 4 à 6 trous latéraux		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	0.2	Estimation altitude / niv moyen mer	sol		ND
			2		-0.5
Conductivité de l'eau (microS/cm):	80	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits:	0.05	80
Non utilisé	0.15	100

Schéma (localisation, coupe ou description):

NB: le 04/11, puits en puisage à ND = 3.35,
C eau entrante = 155 microS/cm

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	7	Date :	03/11/2009	Nom du puits:	"Citerne" terrain de basket				
Diamètre (m):	+ - 4	Localisation :	Ile Nord, secteur de l'ancien hôtel, à 7 m du coin NE de la plate forme cimentée (ancien terrain de basket); environ 135 m à l'O du puits n°5						
Profondeur / repère (m):	2.50	Description du repère:	Fer à béton +- au niveau du sol dans le trou d'accès situé au SSO						
Hauteur / sol repère de mesure (m):	+ 0.75	Usage:	Il s'agit probablement d'une citerne ou d'un puits- citerne comme l'attestent les trous situés à son pourtour, plus ou moins alimentés par des rigoles; le "puits" s'est certainement rempli par en haut lors de l'hivernage 2009						
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	0.77	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	Non utilisé; l'ouvrage est très sale, encombré de débris et de végétaux; à combler						
Hauteur d'eau dans le puits (m):	1.73	Estimation altitude / niv moyen mer	<table border="1"> <tr> <td>sol</td> <td>NS</td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>2.48</td> </tr> </table>			sol	NS	2.5	2.48
sol	NS								
2.5	2.48								
Conductivité de l'eau (microS/cm):	945	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface						

Profil de conductivité	Profondeur/ niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits:	0.10	945
Non utilisé	0.50	946
	1.00	943
	1.50	943
	1.70	942

Schéma (localisation, coupe ou description):

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	8	Date :	03/11/2009	Nom du puits:	Chez la tante de Lamine "Diobou"
Diamètre (m):		Localisation :	Ile nord, 70 m de la mer, 45 m au N de la bordure N du "tan de Mbin Mack", contre la limite O d'un enclos		
Profondeur / repère (m):		Description du repère:			
Hauteur / sol repère de mesure (m):		Usage:			
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):		Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	au repos		
Hauteur d'eau dans le puits (m):		Estimation altitude / niv moyen mer	sol	ND	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	705	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/ niveau (m)	Conductivité (microS/cm)	
Etat du puits:	0.10	705	Schéma (localisation, coupe ou description):
Non utilisé	1.00	710	
	fond	702	

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	9	Date :	03/11/2009	Nom du puits:	Chez "BIRA", Pdt de la CR de Dionewar
Diamètre (m):	1.60	Localisation :	Ile sud, au sud du village, dans le jardin de la maison de Bira, env 25 m à l'E de la bordure du tan et 150 m à l'E de la mer; à environ 180 m à l'ONO du réservoir de gasoil de la station; abri pour les moutons à quelques mètres du puits		
Profondeur / repère (m):	2.20	Description du repère:	Rebord supérieur du couvercle en béton de la margelle		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	+ 0.50	Usage:	Puits équipé d'une pompe et très exploité: 1/ par pompage pour remplissage +-quotidien d'une citerne de 1000 l (sur le toit) 2/ par puisage pour remplir des bassines (plusieurs dizaines/jour), soit au total 1 à 1.5 m3/j		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	1.50	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	Pompé hier soir 23h; exploité pour x bassines ce matin, en remontée; le NS semble se situer vers 1.45 m/ RP		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	0.70	Estimation altitude / niv moyen mer	sol	ND	
			2.5	1.5	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	962	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/ niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits:	Voir essai de pompage	

Schéma (localisation, coupe ou description):

CERADS - Essai de pompage

Date: 03/11/2009

Puits n° 9

Type d'essai, description des conditions initiales, moyen d'exhaure :

Pompage avec pompe en place et remplissage du réservoir situé sur le toit; le puits était en remontée, environ 0.05 m sous le NS estimé au moment du top départ

Heure	Temps (min)	Débit (m3/h)	Niveau /repère (m)	Rabattement (m)	Conductivité eau pompée (microS/cm)	Remarques
12:07	0		1.50			
	1'10"	1.86	1.50-			
	2'	1.86	1.495			
	3'	1.86	1.51	0.01		
	3'30"	1.86			962	Vol pompé 200 l
	5'	1.86	1.54	0.04		
	6'55"	1.86			962	Vol pompé 300 l
	7'	1.86	1.57+			
	10'	1.86	1.62	0.12		
	10'30"	1.86			963	Vol pompé 400 l
	12"	1.86	1.65	0.15		
	13'50"	1.86			973	Vol pompé 500 l
	15'	1.86	1.69	0.19		
	16'40"	1.86			977	Vol pompé 600 l
	17'	1.86	1.715	0.22		
	20'	1.86	1.755	0.26		
	21'	1.86			982	Vol pompé 700 l
	22'	1.86	1.78-	0.28		
	24'44"	1.86			990	Vol pompé 800 l
	25'	1.86	1.82	0.32		
	28'	1.86	1.87	0.37		
	28'30"	1.86			981	Vol pompé 900 l
	29'30"	1.86	1.865	0.37		
	30'	1.86			983	Arrêt, vol = 940 l
	1'		1.865	0.37		Remontée
	2'		1.865	0.37		
	4'		1.86	0.36		
	12'		1.83	0.33		
	15'		1.82	0.32		
En 15' le puits n'est remonté que de 5cm; la remontée totale prendra au moins 3 à 6h						

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	10	Date :	04/11/2009	Nom du puits:	Collège de Dionewar (CEM, aide USAID)
Diamètre (m):	1.72	Localisation :	Ile nord, centre de la cour du collège; 45 m au N de la bordure N du "tan de Mbin Mack" et 228 m à l'E du puits n°6		
Profondeur / repère (m):	3.52	Description du repère:	margelle		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	+ 0.90	Usage:	Exploité par pompage pour nettoyage des classes et des bâtiments administratifs		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	2.49	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	Non exploité depuis environ 2 mois; s'assèche en été		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	1.03	Estimation altitude / niv moyen mer	sol	ND	
			2	0.41	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	1440	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits:	0.05	1440
Non utilisé	0.50	1480
	1.00	1495
	1.50	1500

Schéma (localisation, coupe ou description):
Remarque: ce puits est déjà relativement salé parce qu'exploité trop intensément, à la pompe; le contraste est flagrant avec le n°11 voisin, exploité à la main, dont l'eau est douce

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	11	Date :	04/11/2009	Nom du puits:	Collège de Dionewar (CEM, aide USAID)
Diamètre (m):	1.5	Localisation :	Ile Nord, contre le mur sud de la cour du collège; le puits est distant d'environ 12 m du n°10, et d'environ 30 m de la bordure N du "tan de Mbin Mack"		
Profondeur / repère (m):	3.65	Description du repère:	margelle		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	+ 0.82	Usage:	Exploité au seau pour la boisson des élèves et l'arrosage		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	1.65	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	Ce matin à l'aube on a tiré 20 seaux		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	2	Estimation altitude / niv moyen mer	sol	ND	
			2	1.17	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	270	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits:	0.05	270
en remontée	0.50	272
	1.00	272
	1.50	273
	2.00	275

Schéma (localisation, coupe ou description):
NB Ce puits se serait asséché lors de la construction du collège, car on y a tiré bcp d'eau

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	12	Date :	04/11/2009	Nom du puits:	MBAH NGIMA FAYE, creusé 24/11/04
Diamètre (m):	1.50	Localisation :	Ile sud, groupe de puits sud de Dionewar, dans la cour d'une maison, à 75m au N du groupe électrogène de la station électrique et à 150 m à l'E du tan, à l'ombre d'un manguier; creusé par M. Segou, propriétaire de la maison, il est constitué de buses de 0.85m de haut et 1.5m de diamètre; l'eau vient par les trous de la dernière buse, propre et claire, fond sableux		
Profondeur / repère (m):	2.75	Description du repère:	margelle		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	+ 0.66	Usage:	Exploité par puisage, à peu près toutes les heures; s'assèche au puisage en saison sèche, mais a toujours de l'eau		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	2.20	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	En remontée après soutirage quelques bassines depuis ce matin 7h		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	0.55	Estimation altitude / niv moyen mer	sol		ND
			2	0.46	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	480	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits:	0.05	480
en remontée	0.50	504
	fond	550
	voir pompage	

Schéma (localisation, coupe ou description):
NB: un des puits voisins, le plus proche du groupe électrogène (10/15m), serait contaminé par du gasoil

CERADS - Essai de pompage

Date: 04/11/2009

Puits n° 12

Type d'essai, description des conditions initiales, moyen d'exhaure :

Pompage avec micro-pompe portable, installée ds bidon placé au fond du puits pour éviter aspiration du sable;
mesure de débit par remplissage fûts de >= 20l, mesure conductivité ds les fûts

Heure	Temps (min)	Débit (l/h)	Niveau /repère (m)	Rabattement (m)	Conductivité eau pompée (microS/cm)	Remarques
11:58	0	0	2.17			
	1'	625	2.18	0.01		
	1'55"	625			508	Bidon 1
	3'	686	2.19	0.02		
	3'40"	686			515	Bidon 2
	5'	663	2.21	0.04		
	5'29"	663			520	Bidon 3
	7'	621	2.22	0.04		
	7'25"	621			520	Bidon 4
	9'13"	645			518	Bidon 5
	10'	642	2.23	0.06		
	11'05"	642			512	Bidon 6
	12'57"	643			519	Bidon 7
	13'10"	622	2.24	0.07		
	14'53"	622			519	Bidon 8
	15'	625.00	2.250	0.08		
	16'48"	625.00			515	Bidon 9
	18'45"	615	2.275	0.105	520	Bidon 10
	20'44"	606			517	Bidon 11
	22'45"	606	2.250	0.08	517	Bidon 12
	24'37"	641			516	Bidon 13
	25'	609	2.295	0.13		
	26'35"	609			517	Bidon 14
	28'36"	594				Bidon 15
	30'	605	2.315	0.15		
	30'35"	605			518	Bidon 16
	32'	605	2.315	0.15		
	32'34"	605			517	Bidon 17
	34'36"	594			517	Bidon 18
	35'	584	2.325	0.155	518	
	35'13"	584				Arrêt pompe
Remontée	2'		2.315	0.145		
	3'		2.310	0.140		
	4'		2.315	0.145		
	5'		2.310	0.140		
	31'		2.255	0.085		
En 30' le puits a remonté de 0.085 m; la remontée "totale" prendra au moins 2h						
Le puits est susceptible, en cette période de hautes eaux, de fournir au moins 2000 l/j						

CERADS - Inventaire de puits DIONEWAR

Numéro d'inventaire :	13	Date :	04/11/2009	Nom du puits:	Projet PNUD/BM, Félogie de Dionewar, creusé du 09 au 12/02/09
Diamètre (m):	1.80	Localisation :	Ile sud, groupe de puits sud, ligne de puits le long de la clôture sud de la centrale solaire; 210 m de la mer, 230 m du bolong, 115 m de la réserve de gasoil		
Profondeur / repère (m):	3.45	Description du repère:	margelle		
Hauteur / sol repère de mesure (m):	+ 0.66	Usage:	Probablement exploité par puisage		
Profondeur du niveau mesuré / repère (m):	2.64	Etat du puits au moment de la mesure (non utilisé, au repos ou en exploitation depuis x heures, type d'exploitation):	Au repos ?		
Hauteur d'eau dans le puits (m):	0.81	Estimation altitude / niv moyen mer	sol	ND	
			3	1.02	
Conductivité de l'eau (microS/cm):	450	Type de mesure (in situ avec profondeur approchée, eau pompée cf ci-dessus):	In situ, en surface		

Profil de conductivité	Profondeur/niveau (m)	Conductivité (microS/cm)
Etat du puits:	0.05	450
en remontée	0.50	465
	fond	496

Schéma (localisation, coupe ou description):
5 puits alignés, celui-ci et son voisin à l'ouest étant tout neufs

ANNEXE 3

Note à l'attention de M. le Chef de la Communauté Rurale de DIONEWAR

1/ Résultats de l'essai de pompage réalisé sur votre puits (le 03/11/09)

Cet essai a permis d'extraire à l'aide de votre pompe en place 940 l en 30 minutes, ce qui confirme les informations que vous nous aviez fournies. La salinité de l'eau, moyenne au départ (962 microS/cm, soit environ 750 mg/l de minéralisation totale), a augmenté modérément pendant cet essai (983 microS/cm en fin d'essai). Le niveau du puits s'est abaissé de 37 cm, sur une hauteur d'eau totale de 70 cm.

Si l'on ajoute 20 ou 30 bassines d'eau remplies quotidiennement (400 à 600 litres), on aboutit à une production journalière de ce puits de l'ordre de 1500 l (1.5 m³/j).

Une telle production est probablement possible en fin d'hivernage, quand la nappe est haute (surtout cette année après des pluies nettement excédentaires). Elle risque fort de ne plus l'être à partir de Février jusqu'à l'arrivée des pluies, compte tenu du niveau de salinité déjà relativement élevé de votre puits.

Comme vous le savez probablement, l'eau douce captée par les puits à proximité de la mer (et c'est le cas général des îles) n'est qu'une mince couche (0 à 5m d'épaisseur) flottant sur de l'eau salée. Chaque fois que l'on abaisse le niveau d'eau douce dans un puits sous le niveau moyen de la mer, on fait remonter le niveau de l'eau salée sous-jacente. Il faut donc surtout éviter de vider votre puits, avec des pompages trop longs ou trop intenses, surtout si la salinité de son eau tendait à augmenter (J'ai laissé à Lamine « Diobou » un appareil de mesure de la salinité).

Je ne peux donc que vous conseiller d'essayer de modérer votre consommation, d'abord en réparant les fuites de votre installation (la consommation « normale » d'une famille de 8 personnes ne devrait pas dépasser 500 à 800 l/j).

Autre conseil : la grande proximité entre le puits et l'enclos dans lequel vous élevez moutons ou chèvres fait courir un risque sanitaire, l'eau du puits pouvant se trouver contaminée, malgré le grand pouvoir de filtration naturelle du sable. Le déplacement de l'enclos vers un autre coin de votre cour serait bien sûr une amélioration.

2/ Le problème de la contamination par le gasoil

D'après les informations que m'a fournies Diobou lors de mes deux passages à Dionewar, le meilleur secteur où s'approvisionne en eau potable le village serait celui que j'ai appelé « groupe de puits sud », situé autour de l'ancienne centrale solaire, environ 150m au sud-est de votre maison.

Un risque majeur menace cependant ce secteur : la contamination de la nappe par les fuites du réservoir de gasoil situé juste au-dessus, dans l'enceinte de la centrale. Le gasoil qui s'y infiltre, déjà depuis des années, circule en effet dans le sable et rejoint la nappe dans laquelle il s'étale. Le phénomène est réel, puisque

[Aperçu sur les ressources en eau des îles du Sine Saloum, B. Plus, Janvier 2010](#)

d'après certaines femmes interrogées, le puits le plus proche du réservoir serait déjà délaissé à cause du goût de son eau. Il est à craindre que l'exploitation des puits voisins (comme par exemple le puits n°12 de M.Ségou, situé à 75m du réservoir), avec l'appel d'eau qui en découle, n'entraîne une propagation plus ou moins rapide de cette pollution.

Quelles pourraient être les mesures à prendre pour éviter ou au moins limiter cette contamination ? Dans un premier temps, éviter impérativement toute fuite de gasoil lors des manipulations, ensuite concevoir un site étanche pour y recevoir la cuve⁹, en attendant la relance espérée de la centrale solaire. Ce site étanche, composé par exemple d'une fosse cimentée (avec dispositif d'imperméabilisation aux hydrocarbures et système de vidange après déshuilage des eaux pluviales) semble difficile à réaliser sur place (c'est-à-dire sous la cuve actuelle, et il serait probablement préférable de l'installer dans un autre site, à la fois plus facile à protéger et plus éloigné du secteur des puits à protéger.

Après déplacement du réservoir, l'emplacement actuel pourrait être curé (sur une profondeur de 0.5 m par exemple, permettant de récupérer une partie de la pollution imprégnant le sable)¹⁰, puis soigneusement rebouché avec du sable propre.

⁹ Le devenir des anciennes batteries de la centrale solaire, également potentiellement très polluantes, devrait également être pris en compte.

¹⁰ Le sable contaminé devant être évacué et stocké dans une zone préparée pour limiter les relargages des polluants adsorbés

ANNEXE 4 - Dix principes pour préserver la ressource en eau des îles du Saloum

Ces principes sont énoncés de façon abrupte, pour en faciliter l'appropriation; des nuances, des précisions sont apportés à la suite. Les schémas explicatifs ont été reportés plus haut, dans le texte.

1 / La vie sur les îles s'est développée grâce à des **lentilles d'eau douce** superficielles; ces lentilles y constitueront encore pendant longtemps la **seule ressource directe** d'eau douce.

Une lentille d'eau douce est constituée d'une **mince couche d'eau douce flottant sur de l'eau salée** imprégnant les sables ; son épaisseur va de zéro au niveau de la mer ou des tans, à quelques mètres au centre des îles (schéma n°1, p 13).

2 / Tout **abaissement du niveau de l'eau douce** dans les puits sous le niveau (moyen) de la mer tend à faire **remonter le niveau de l'eau salée** (appelé biseau salé en zone côtière). Plus cet abaissement est important et de longue durée, plus la remontée de l'eau salée vers le fond des puits est importante (schéma n°2, p 19).

3 / Lorsque l'eau salée a contaminé par sa remontée un puits ou, pire, un secteur donné de l'île, il est pratiquement impossible de la chasser (c'est un phénomène plus ou moins **irréversible**).

4 / Les lentilles d'eau doivent donc être exploitées par des **puits peu profonds**, et ne s'enfonçant pas, ou très peu, **sous le niveau de la mer** ; on appelle ce type d'exploitation « écrémage » (schéma 3, p 19) .

5 / Les prélèvements ne doivent pas être concentrés sur des zones restreintes, mais **étalés dans l'espace**. Il est donc souhaitable de multiplier le nombre des puits (selon une maille à définir), en les répartissant sur l'ensemble de la lentille, en particulier dans les zones centrales de l'île où elle est plus épaisse.

6 / Pour éviter la remontée du sel, il faut **limiter au maximum l'abaissement du niveau** sous l'effet des prélèvements.

7 / La **spécialisation de puits**, ou mieux de **groupes de puits**, pour les **différents usages** (boisson, cuisine, lessive, arrosage) selon la **salinité** de l'eau, déjà en vigueur, est une bonne pratique à développer et organiser.

8 / La **mise en réserve de puits**, ou de **zones favorables**, en prévision de la période sèche, semble-t-il déjà également pratiquée, est de même une excellente méthode à développer et organiser.

9 / Les **puits salés**, ou **pollués par des déchets**, de même que les **excavations ouvertes pour extraire le sable**, au fond desquelles affleure le niveau de la nappe en période de hautes eaux, peuvent être facilement **rebouchés** (après nettoyage).

10 / La **gestion de l'eau** est l'affaire de tous, mais elle peut être facilitée par la création et la formation d'une petite « brigade des puits » assurant à partir de règles simples le suivi local des prélèvements.

La clef d'une bonne gestion reste la **compréhension des phénomènes** : ceux-ci étant complexes, il convient, parallèlement à la mise en place de premières mesures, d'améliorer les connaissances sur les lentilles et de les vulgariser auprès de la population. Sur un système fragile comme celui-ci, les erreurs se payent hélas comptant.

L'objectif est la création d'une **véritable adduction d'eau**, qui pourra dégager le temps des femmes qui tirent l'eau et des enfants qui la distribuent, tout en assurant la salubrité.

Explications, nuances, schémas explicatifs (les numéros renvoient aux numéros des « principes »)

1 / La nappe profonde (celle du Maestrichtien, vers 300 m de profondeur) est trop salée pour la boisson et peu abondante dans la région. Les autres nappes intercalées sont sursalées.

Les transferts d'eau douce à partir du continent (projets Ndiosmone-Palmarin ou projet PNUD Sokone) sont aléatoires, d'une part pour des raisons de coût, d'autre part parce que les ressources risquent de ne pas être à la hauteur des besoins.

Seul le dessalement de l'eau de mer, quand des avancées technologiques auront permis d'en abaisser le coût, pourra constituer une véritable alternative aux lentilles, ou plutôt un complément à celles-ci.

2 / En fait le sous-sol des îles n'est pas que sableux, il s'y intercale des couches d'argile, plus ou moins salées, des croûtes calcaires, qui compliquent la structure. Mais l'allure générale est celle du schéma 1.

Les lentilles sont rechargées chaque année par les pluies de l'hivernage. Elles se vidangent ensuite (au moins partiellement) par écoulement vers les bordures et prélèvement, d'abord par la végétation, ensuite par les puisages.

3 / Il est en fait possible de repousser artificiellement le sel mais ceci nécessite beaucoup de temps et de gros moyens.

4 / En bordure de mer, les puits ne doivent impérativement pas s'enfoncer sous le niveau de la mer ; dans les zones centrales où les lentilles sont suffisamment épaisses (plus de 3m), il est peut-être possible de descendre à - 0.5 m, voire - 1 mètre.

5 / L'espacement des captages est à étudier en fonction de la perméabilité du terrain, mais il semble à première vue qu'une distance minimale d'au moins 20-25 m soit à respecter.

6 / Pour limiter l'abaissement du niveau des puits, il faut:

- *diminuer les débits prélevés*, en n'utilisant que du puisage manuel ou des pompes à faible débit (qu'elles soient à motricité humaine ou mécanisées),
- *éviter les pompages ponctuels intenses* sur les puits, en étalant la durée des pompages (ce qui nécessitera à terme la mécanisation du pompage),
- *contrôler le niveau de l'eau* dans les puits pour éviter de l'abaisser en dessous d'un niveau critique ; la définition de ce niveau critique dans les puits nécessitera de les niveler altimétriquement (avec référence au niveau moyen de la mer) ; une fois défini, ce niveau critique pourra être matérialisé par une marque claire inscrite ou fichée sur la paroi du puits.

7 / Réserver les puits à eau douce (conductivité < 700 microS) pour la boisson), ceux un peu plus salés (entre 700 et 1400 microS) pour la cuisine, la lessive et l'arrosage des cultures sensibles, ceux encore plus salés (entre 1400 et 2000 microS pour l'arrosage de cultures tolérantes et l'alimentation du bétail), enfin proscrire tout prélèvement, sauf exceptionnel, dans les puits plus salés

8 / Il s'agirait de définir des zones où l'on exploitera l'eau d'octobre à février, et d'en réserver d'autres pour la période de mars à juin ; de juillet à septembre, on utiliserait préférentiellement l'eau de pluie ; la collecte et le stockage de l'eau de pluie constituent d'ailleurs une piste de réflexion à creuser rapidement

9 / Puits abandonnés et excavations entraînent en effet des pertes d'eau par évaporation et sont des points de pollution de la nappe, à partir desquels elle risque de se contaminer: ils devraient être nettoyés, puis rebouchés.

10 / Cette « brigade des puits », constituée de deux ou trois personnes serait formée pour effectuer des mesures simples de surveillance des niveaux et des salinités, et organiser en conséquence la pratique des prélèvements.

Parallèlement, l'inventaire des points d'eau pourrait être étendu, et une étude visant à préciser les connaissances sur l'alimentation de la lentille, ses secteurs favorables à protéger,...pourrait être réalisée. .

Ceci devrait permettre de mettre en place à moyen terme une véritable adduction d'eau potable, basée sur des champs captants de puits, mini-forages ou galeries drainantes, refoulant vers un ou des réservoirs, puis vers un réseau desservant le village.

Ces champs captants seraient étroitement surveillés (niveaux, salinités, débits), et entourés de périmètres de protection clos pour en assurer la préservation.

ANNEXE 5 : Bibliographie

- 1/ Hydrogeochemistry of the Saloum (Senegal) superficial coastal aquifer**, Serigne Faye et al. , Environmental Geology, (2003)
- 2/ Groundwater salinization in the Saloum (Senegal) delta aquifer: minor elements and isotopic indicators**, Serigne Faye et al. , Science of the Total Environment 343 (2005) 243-259
- 3/ Les lentilles d'eau douce des îles du Saloum**, Plaud M. (1967) Dakar :BRGM : *consulté à la DGPRE et entretien télé avec l'auteur*
- 4/ Un appoint d'eau douce dans les îles du Saloum ? Etude expérimentale des possibilités de production locales d'eau douce**, Pagès J et al. (1988), in Document Scientifique du Centre de Recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye, *document illisible*
- 5/ Influence of salinity on the size at maturity for fish species reproducing in contrasting West African estuaries**, Panifili J et al., IRD Dakar
- 6/ Projet National d'Infrastructures Rurales (PNIR) – Aide-mémoire**, Prevost Ch, Banque Mondiale, Dakar (2002)
- 7/ Pour des ressources alternatives en eau**, Beysens D, Milimouk I, in Sécheresse vol 11, numéro 4 (Déc 2000)
- 8/ Enjeux 2 l'O, développement et économie, Sine-Saloum, le fleuve salé**, 2008
- 9/ La nature au rythme des pirogues**, Courrier International n°638 23 Janv 2003
- 10/ Dynamique des paysages et perspectives de développement durable sur la Petite Côte et dans le delta du Sine Saloum (Sénégal)**, Ackermann G. et coll. UMR PRODIG Univ. Paris 7 (2006?)
- 11/ Projet Pilote »Sine Saloum » bas-fond de Thyse Kaymor : rapport de synthèse : hydrologie-hydrogéologie** , Albergel J, Dacosta H. et al. ORSTOM 1991- *Résumé seulement disponible*
- 12/ Commission Nationale du Développement Durable, Examen décennal de l'Agenda 21, Sous-Commission Gestion de la qualité des eaux**, République du Sénégal, Min Jeunesse, Environnement et Hygiène Publique, 2005 ?

- 13/ Contrainte Climatique des nappes d'eau souterraines en zone soudano-sahélienne : cas de la nappe phréatique du bassin de la Nema dans la région du Sine au Centre-O. du Sénégal,** Dacosta H., Diop Ngom F. et al. In African Journal of Science and Technology, vol 3 n°1 June 2002
- 14/ Portail d'Information sur l'Etat de la Terre et des ressources en eau et Nutrition des Plantes – SENEGAL – Les Ressources en Eau – FAO / Hydro 15/01/08**
- 15/ La mangrove à usages multiples de l'estuaire du Saloum (Sénégal),** A.Doyen, Univ. Dakar (date ?)
- 16/ La région de Fatick,** Bluteau.eu/documents (anonyme ? date ?)
- 17/ Etude géochimique des eaux souterraines de l'Afrique de l'ouest : nappe des sables maestrichtiens du Sénégal,** CIEH/BRGM Dakar (années 1970)
- 18/ Etude hydrogéologique de la nappe profonde du Sénégal : « nappe maestrichtienne »,** Audibert M., BRGM 1966
- 19/ Répertoire des forages d'eau du Sénégal – 1982 ,** Ministère de l'Hydraulique, DEH 02-82-HG-DEH, Dakar Juillet 1982
- 20/ Inventaire des ressources en eau et des besoins dans le delta du Sine et du Saloum,** SETICO – GRESTEC, 1996
- 21/ Dynamique de la pluviométrie dans la réserve de la Biosphère du Delta du Saloum et ...,** Mlle Koko Zebeto Houedakor, DEA Université Cheikh Anta Diop, 1998/99