

Dr. Giorgio P. Nembrini ,
Consultant indépendant (1)

Accès à l'eau à Djibouti

L'eau à Djibouti en 2004, en particulier dans les quartiers de Balbala et PK12 et évolution générale de la salinité depuis 1985.



Principales lignes de transmission, localisation des forages et des réservoirs sur l'image Google Earth^R

Janvier 2015

(1) les propos présentés dans cet article n'engagent que la responsabilité de l'auteur

L'eau à Djibouti et en particulier dans les quartiers de Balbala et PK12.

Situation générale début 2005.

L'eau est une des préoccupations les plus importantes des habitants de Djibouti, tant pour son accès (quantité disponible) que pour sa qualité (salinité). Lorsqu'il y a un problème les habitants affectés par une pénurie se mobilisent et descendent dans la rue. Le problème préoccupait donc le gouvernement et les politiciens qui ont mis l'amélioration de la distribution de l'eau dans la ville et aussi dans les zones rurales en première priorité. Le problème préoccupait aussi l'ONED (Office National de l'eau de Djibouti)¹ qui était déjà déficitaire et qui voudrait ne plus l'être. Grosso modo les institutions de l'Etat ne payaient pas les factures, l'ONED ne pouvait pas payer les factures de l'END (Electricité Nationale de Djibouti), les privés payaient mais la consommation était sous-estimée par les compteurs (blocages dus à la salinité). Dans certains quartiers où l'eau était distribuée via des bornes fontaines, comme à Balbela, ou par des raccordements plus ou moins gérés, les utilisateurs payaient l'eau aux responsables à des tarifs bien en dessous de ceux pratiqués par l'ONED. Du coup l'ONED ne recevait pas de la part des responsables des bornes fontaines la contrepartie des quantités consommées, les fuites étaient importantes. La qualité se dégradait, l'eau devenant de plus en plus salée. Tout cela dans une situation de déficit permanent et dans une course constante pour augmenter la quantité et la qualité de l'eau à disposition. Il y avait cependant des financements pour créer de nouveaux forages, comme celui des Saoudiens², qui prévoyait la construction de 23 forages et l'amélioration des stations de pompage.

Par dessus le marché, les inondations de l'Ambouli ont mis à dure épreuve les services techniques de l'ONED. Leurs bureaux et leur entrepôt ont été submergés par le torrent de boue, qui a fait quelque 150 morts, un peu plus que le nombre de décès qu'en 1994, lorsque l'Ambouli était déjà sorti de ses digues.

Tous les documents ont été très endommagés et leur reconstitution posait problème et nécessitait du temps. L'informatique a été pratiquement totalement détruite. Néanmoins quelques renseignements étaient toujours disponibles.

Dans cet article on décrit la situation de l'accès à l'eau dans le quartier de Balbela en 2004 et on aborde sommairement celle du quartier de PK12. A Balbela on a depuis fait des efforts et 7 nouveaux forages ont vu le jour. A PK12, un quartier en constante expansion, l'accès à l'eau était tout aussi problématique, voire pire, car il n'y avait que quelques bornes fontaines.

A PK12 aussi, le projet financé par l'AFD, a, depuis, résolu partiellement le problème.

On décrit ensuite l'évolution de la salinité de l'eau à partir des données mesurées annuellement par les services de l'ONEAD/ONEAD, sur les forages approvisionnant la ville, situés, pour la plupart, au sud / sud-est de la ville. Une modélisation de l'évolution de la salinité de l'eau est aussi présentée, calculée utilisant les données reportées dans ARCVIEW 3.2 et déconvoluées utilisant l'extension prévue pour l'analyse spatiale.

¹ Devenu depuis 2008 ONEAD, l'assainissement faisant partie des responsabilités de l'utilité publique.

² Fond Saoudien, 2'700'000 USD 2 Proposition de projet : Projet de soins de santé intégrés de Djibouti. Mai 2003.

Accès à l'eau et pauvreté par quartiers.

Le coût de l'accès à l'eau n'était pas le même pour tout le monde. Les plus pauvres, qui n'ont pas les moyens de payer un raccordement, payaient généralement l'eau plus cher au m³ consommé que ceux qui étaient raccordés au réseau. Ils consommaient forcément moins.

L'eau la plus chère était celle livrée par camion-citerne, là où le réseau ne couvrait pas les quartiers ou alors là où l'eau ne parvenait pas. Dans le cas de Balbala il y avait différents types de couverture mais ce sont les quartiers qui se sont formés plus récemment qui n'étaient pas bien desservis (voir plus loin), comme à PK12, autre quartier très pauvre, situé vers la gare routière, dite « Ethiopienne », où un projet de développement intégré était cependant en train d'être mené à bien.

Dans ce dernier quartier on a approché la communauté, on l'a mobilisée, pour l'eau, pour la santé, pour tout en somme, et les résultats commençaient à se voir. Sauf dans le domaine de l'accès à l'eau, où la problématique restait, en 2004 plus ou moins identique à celle des vieux quartiers, comme Balbala et surtout comme dans le secteur 9, où l'on avait démarré une approche similaire.

Ces quartiers ont été choisis parce qu'ils étaient habités par les plus pauvres, les très pauvres, comme on dit. Ils l'étaient, à l'exception de la nouvelle urbanisation de PK12, toujours et plus que jamais, si l'on se réfère au tableau suivant, qui donnait, en 2004, la répartition de la population très pauvre dans les différents arrondissements de la ville ³.

Tableau I Résultats par arrondissements

	Djibouti ville	Arr. 1	Arr. 2	Arr. 3	Arr. 4	Arr. 5
% population très pauvre	35	12	23	28	56	45
% accès à l'eau potable	93	99	100	96	95	73
% accès à l'électricité	45	63	63	43	23	24

Dans le quartier de Balbala, pratiquement entièrement situé dans les arrondissements 4 et 5 la moitié de la population est considérée comme très pauvre. Le quartier dit PK12 est situé dans l'arrondissement 5 et l'ordre de grandeur de la très grande pauvreté est à peu près le même. Cependant l'accès à l'eau y est plus précaire. Les critères retenus par cette étude sont: moins de 50'000 FD/ménage par mois (7 personnes). L'étude FEWS /USAID établit des catégories différentes en faisant la distinction entre les très pauvres et les pauvres et en

³ Enquête Djiboutienne auprès des ménages, World Bank, 2002

4 Djibouti ville: urban baseline study, an assessment of food and livelihood security in Djibouti ville, first draft October 2003, and final draft May 2004, www.fews.net/livelihood/resources/zonemapping/report/?g=10000372 or www.fews.net

mettant le seuil minimum pour les travaux les moins rémunérés à 25'000 FD, excluant le travail domestique, et mettant la valeur haute du revenu des pauvres à 40'000 FD / mois (200 EUROS).

Types d'adductions

Il y a 3 types principaux d'accès à l'eau :

- a) raccordement individuels
- b) bornes fontaines
- c) distribution par camion-citerne

La distribution par réseau couvrait les arrondissements 1 et 2 et certains quartiers des autres trois arrondissements, qui sont ceux qui posent problème, car c'est dans ces arrondissements (4 et 5) que se trouve la plupart de la population « au seuil de la pauvreté ou en état de pauvreté »⁴. Dans les quartiers non desservis ou peu desservis par le réseau ce sont les bornes fontaines qui permettent l'accès à l'eau et plus particulièrement dans les arrondissements 3 et 4. Dans l'arrondissement 5 c'est surtout la distribution par camion qui prévoyait. Dans certains quartiers proches de l'Ambouli quelques puits étaient opérationnels et le sont probablement toujours aujourd'hui.

Tableau II Caractéristiques des systèmes de distribution de l'eau à Djibouti ville.

(voir de l'étude USAID / FEWS , page 23)

Système	Description	Variations saisonnières et paiement
Réseau	Les raccordements sont fournis aux privés, qui paient une taxe de raccordement qui varie en fonction de la distance (entre 40'000 et 150'000 FDJ). L'ONED pose un compteur et demande un tarif bimensuel, qui varie selon les consommations. Dans les zones les moins favorisées celui qui est raccordé vend de l'eau à d'autres familles, 5-10, à un tarif qui lui permet de récupérer, voire gagner de l'argent.	La distribution est intermittente, parfois il n'y a de l'eau que la nuit. Les abonnés remplissent une citerne (1-3 m3). La consommation en eau devrait augmenter en été..Les pénuries sont monnaie courante en été. La consommation peut ne pas augmenter. Les factures ne varient pas trop entre hiver et été pour deux raisons : - pas de personnel pour lire les compteurs - mauvais fonctionnement des compteurs qui se bloquent. On applique alors un tarif fixe Coût par m3 : 62 FD /m3 (0-30 m3) 102 FD /m3 (31 –80 m3) Facture minimum : 1240 FD/2mois pour 20 m3 / 2 mois
Bornes fontaines	Il y a deux types de bornes fontaines : - avec robinets publics avec accès pour tout le monde - raccordées aux « tuyau plastiques ». L'eau est distribuée	Les bornes fontaines sont souvent sèches durant l'été ou alors l'eau n'arrive que pendant quelques heures. Lorsque l'accès est à des robinets on ne paye que le responsable de la borne, environ 500 FD/mois/

⁴Voir étude USAID citée.

	dans un rayon d'environ 100 m et est partagée entre 10 foyers environ	ménage et il n'y a pas de variation durant l'été. Dans le système « tuyaux plastiques » on paye le responsable pour l'eau et pour le remplacement du tuyau. L'eau coûte environ 30-50 FD/200 litres (baril). Peu de variation saisonnière. Coût par m3 : Accès robinets : 100 FD, assumant 5 m3/mois, rémunération du responsable de 500 FD/mois Tuyau plastique : 300 FD, assumant 500 FD pour rémunération et 40 FD par 200 litres
Camion-citerne	Les camions citernes amènent l'eau directement à la maison où elle est stockée dans des futs de 200 litres	L'eau est vendue à raison de 100 FD pour 200 litres. Le coût augmente en été, mais seuls les ménages plus riches peuvent se permettre de consommer plus. Côté par m3 : 500 FD

En 2004 1 Euro = 200 FD, parité fixe. Toujours le cas en 2014.

Bornes fontaines (Secteur 9 de Balbala)

En 2004 on estimait qu'il y avait 30 bornes fontaines dans le quartier de Balbala. En fait il ne s'agissait à proprement parler de bornes fontaines mais de points de raccordement à des tuyaux de distribution. La distinction est importante car la fonction principale de ces points était de distribuer de l'eau à des ménages qui se trouvaient dans un rayon compris entre 30 - 50 - 100 mètres en utilisant des tuyaux plastiques. On les a cependant nommées « bornes fontaines » car c'était l'usage à Djibouti, de les nommer ainsi.





Figure 1 Points de distribution assimilés à des bornes fontaines (BF.) La figure en haut à droite (page 5) montre une BF du quartier de Balbala et les autres représentent les 4 bornes fontaines du secteur 9 de Balbala (IV arrondissement).

Nous ne décrivons ci-dessous que celles qui se trouvent dans le secteur 9 de Balbala. Leur localisation, parfois difficile, sans l'aide de plans de quartier détaillés, a été faite avec l'aide de coordonnées GPS, positionnées automatiquement sur la photo satellite géo-référencée ou sur les couches vectorisées à partir de cette image⁵. Dans l'image suivante figurent aussi des cercles concentriques de 100 m de diamètre, permettant de donner une idée de la couverture et de la distance entre les points de distribution (BF). Il ne s'agit pas de bornes fontaines à proprement parler, car il n'y a pas ou peu d'accès à l'eau à l'endroit même. L'eau est puisée au bout des tuyaux.

Gestion des BF



Comme décrit auparavant les bornes étaient gérées par un gardien qui définissait le coût que doit payer chaque ménage, qui est d'environ 500 FDJ par mois. Il s'agit d'un « contrat » entre le gardien et l'utilisateur et la somme peut varier à la hausse en fonction des quantités (heures d'ouverture du robinet) et selon des arrangements entre les deux partenaires. Les tuyaux sont achetés par l'utilisateur à des prix qui varient entre 5000 FDJ /50 m (25 EUROS) et 10'000 FDJ/50m (selon les allégations).

Figure 2 Localisation des BF du secteur 9

⁵ Vectorisation effectuée à DEPHA (UNEP)

Normalement le gardien devait ou aurait dû rembourser la consommation à l'ONED, à raisons de 25 FDJ par usager desservi, où en fonction des indications du compteur, mais cela ne se faisait pas toujours. D'abord parce qu'il n'y avait souvent pas de compteur, alors qu'il aurait dû y en avoir un, et ensuite parce que la pratique était tolérée. On ne sait pas sur quelle base ces gardiens ont eu la possibilité de s'approprier cette activité relativement lucrative, mais il est certain que cela arrangeait tout le monde. D'abord le gardien, qui bénéficiait des versements des usagers et aussi les usagers qui ne devaient pas payer l'abonnement minimum, à hauteur de 1240 FDJ/2 mois ⁶, équivalent à 20 m³ d'eau tous les deux mois. Suivant les lieux, l'abonnement bimensuel pouvait atteindre les 3600 FDJ. L'abonnement minimum était payé quelques soient les quantités consommées. Normalement il y avait un tarif progressif qui était en vigueur depuis 1995 ⁷. La consommation devait se situer plus probablement autour de 5 m³ par ménage (166 l/ménage/jour), ce qui est un peu moins qu'un fût de 200 litres/jour, quantité qui normalement utilisée dans ces catégories d'usagers. Il est aussi certain que ceux qui étaient raccordés mettaient de l'eau à disposition des ménages qui en faisaient la demande.

Bornes fontaines privées

Il y avait aussi de BF privées, équipées de compteurs. La figure ci-dessous (Figure 4 a, b) montre un de ces points de distribution, à Balbala « centre » et aussi un de ceux qui se trouvaient à PK12.

En fait, dans le quartier de Balbala il y avait environ 30 BF entre celles qui étaient publiques et celles privées. Le travail de positionnement était en cours. Dans le quartier PK12 il y avait 4 BF, installées par l'UNICEF. Apparemment seules 2 étaient en fonction. La couverture était normalement de 10 familles par tuyau pour les BF publiques, mais dans ce dernier lieu la dispersion habitative était assez grande et les distances à parcourir pour avoir accès à l'eau étaient aussi assez grandes.



Figure 4 a, b Point de distribution privé (BF privées) avec compteur et tuyaux plastiques

⁶ USAID FEWS NET Project, Djibouti ville urban baseline study, An assessment of Food and Livelihood Security in Djibouti Ville, October 2003 (first draft report) Courtesy of USAID Kenya.

⁷ Arrête No. 95-0931/PR du 5 novembre 1995. Entres autres : 1er tranche de 0 – 30 62 FDJ/m³. En annexe.

Alimentation des BF (points de distribution) et problèmes.

En 2004, le quartier de Balbala était alimenté de deux manières. La partie haute était approvisionnée via le réseau maillé des 1000 logements qui venait d'être terminé. Les logements n'étaient pas encore occupés. Cette partie du réseau était mise en pression par gravité à partir du réservoir de 1400 m³, situé sur le point haut au-dessus de la zone urbanisée, qui est alimenté à partir des forages de PK20.

La partie « basse » était alimentée par gravité par les deux bâches de 1200 m³, situées juste en amont des bureaux d'arrondissement (IV), d'où partent les canalisations en AC de 300. Ces deux bâches étaient alimentées par les forages qui se trouvent dans la plaine côtière de Djibouti, en bordure de l'Ambouli et qui pompent dans la nappe phréatique de la plaine. Ces forages sont au nombre de 15 et étaient tous opérationnels. « Beaucoup sont anciens et présentent des anomalies de fonctionnement: augmentation des pertes de charge, diminution du débit exploitable, forte consommation d'électricité. La salinité de l'eau s'accroît du fait de la surexploitation de la nappe, ce qui augmente la corrosion et finit par diminuer la durée de vie des forages »⁸. Une étude diagraphique effectuée en 1995 a montré que la baisse de la nappe n'était pas importante, mais la plupart des forages équipés en acier étaient fortement corrodés dans la partie au-dessus de l'eau (parfois jusqu'à disparition complète du tubage (casing)) et très encroûtés dans la partie eau. D'autre part ils se remplissaient anormalement de sédiments, probablement à cause des ouvertures des crépines, probablement trop larges, de l'ordre de 5 mm.

En principe l'ONED arrêta les forages lorsque la salinité devenait trop élevée, généralement au-dessus de 5000 uS/cm. En fait sur les 15 forages en fonction il y en avait un qui avait déjà atteint la valeur de 4800 uS/cm et si l'exhaure devait continuer de la même manière il ne devait bientôt plus être utilisable. Sa production étant importante, de l'ordre de 50 m³/h, et il était essentiel pour les besoins de la ville. En 2004 on « coupait » l'eau de salinité élevée dans la bache de pompage, ou l'eau de tous les autres forages, moins atteints par la montée du biseau salé, arrivait aussi. La salinité restait tout de même assez élevée et les chlorures dépassaient largement la valeur de 300 mg/l, voire 1000 mg/l, avec une minéralisation de l'ordre de 1.5 à 2 mg/l, voire plus.

L'évolution de la salinité dans la nappe phréatique, effectuée à partir des données de l'ONED, est présentée plus loin.

Cette forte minéralisation et la salinité élevée auraient provoqué le blocage des compteurs, qui ne mesureraient plus les quantités distribuées, occasionnant de pertes financières importantes à l'ONED. Dans beaucoup de situations l'ONED était obligée de facturer l'eau à un montant fixe. Le client avait ainsi la possibilité d'utiliser l'eau en surplus, non facturée, pour son propre intérêt, en la vendant à ceux en feraient la demande, généralement des voisins. La partie « haute » de PK12 devait avoir moins de problèmes car l'eau de PK20 n'était pas salée. Jusqu'à quand. Mais il y avait d'autres problèmes, car apparemment l'eau sortait à une température de 65 °C occasionnant des incrustations.

Dès que le raccordement aux 1000 logements venait à être opérationnel, les problèmes devaient commencer. En effet, la partie haute bénéficiait du fait qu'il n'y avait encore

⁸ Optimiser la gestion de la ressource, Abdulkader Kamil (direction de l'eau) ONED. Atelier 1. Document de travail.

personne dans ces logements et utilisait l'eau qui en fait devait être utilisée par les habitants des 1000 logements par la suite. Les quantités disponibles à partir du réservoir 1400 m³ finiraient pour être de plus en plus faibles, surtout si l'on prévoyait d'ajouter aux 1000 logements initiaux deux autres étapes, dont la construction devait démarrer dès 2005.

Réseau de Balbala

Les bureaux techniques de l'ONED ont été dévastés par l'inondation. Tous les ordinateurs ont été emportés par le torrent de boue, dont la hauteur a dépassé le mètre. Les responsables espéraient pouvoir récupérer les plans du réseau faits par une entreprise canadienne il y a plus de 10 ans, si l'entreprise ne les avait pas déjà détruits. Il y avait aussi des plans électroniques mais il fallait attendre les nouveaux ordinateurs et il fallait aussi que les ingénieurs des entreprises qui les avaient élaborés soient à même remettre en fonction les programmes qui permettaient de modéliser le réseau. (Générale des Eaux, SOGEA, etc.).

En attendant, la position des différentes canalisations a été faite à l'aide de Mr. Said Ahmed, consultant, qui connaissait très bien le quartier de Balbala pour y avoir travaillé longtemps. Nous avons schématisé ces informations sur l'image satellitaire et défini des zones d'accès à l'eau en fonction du maillage du réseau. La figure suivante montre ces différentes zones.

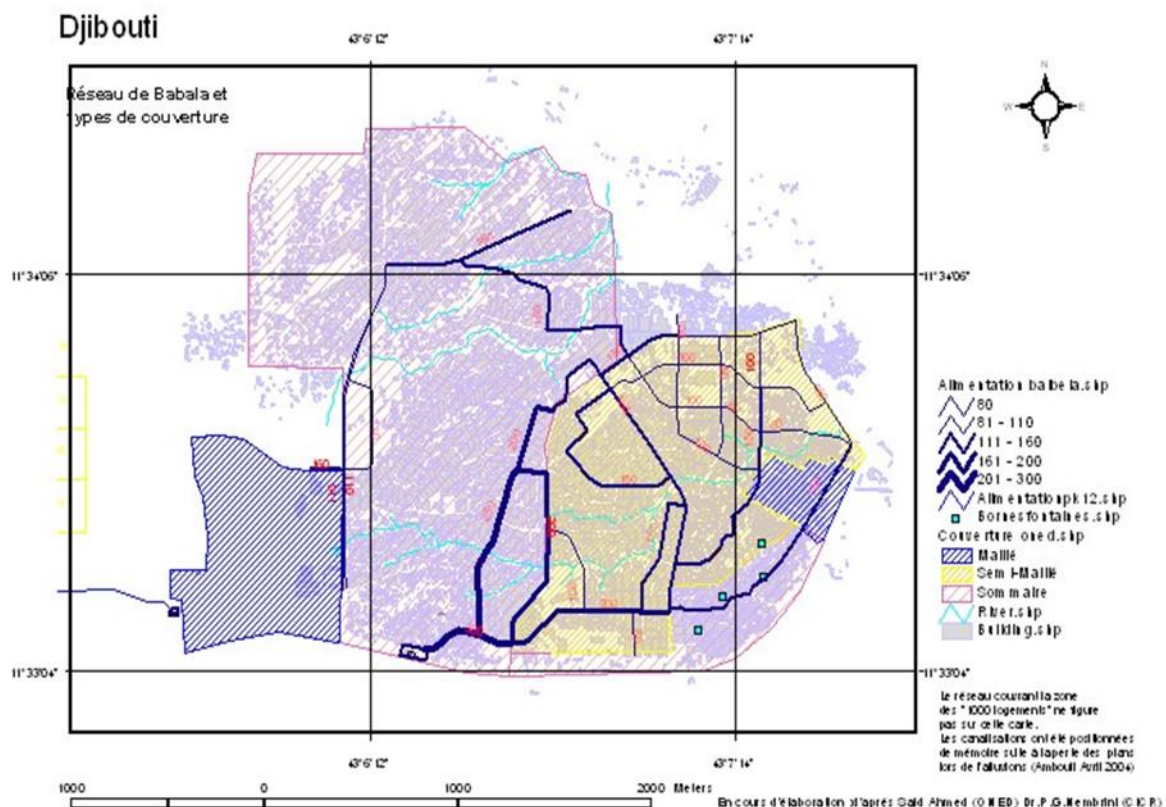


Figure 5 Réseau de Balbala et zone desservies

On voit, en bas à gauche, la zone du réseau maillé du quartier des 1000 logements et tout à droite le réseau fortement maillé de la cité résidentielle (bleu rayé). La partie jaune correspond à un réseau semi-maillé et la partie rayes rouges larges à une couverture

sommaire. La zone du secteur 9 de Balbala, était desservie par deux canalisations de 150 mm en AC (asbeste ciment), à partir desquelles des tuyaux de moindre diamètre (< 80 mm – 63 mm – 32 mm) amenaient l'eau chez les particuliers ou vers les bornes fontaines. Les canalisations passaient parfois sous les maisons mais suivaient généralement les voies du charroi.

Cette carte était en cours d'élaboration. La position des toutes les bornes fontaines et des raccordements individuels devait permettre de voir quelles étaient les alternatives à ces points de distribution.

PK12

PK12 était un quartier en cours d'urbanisation. Il était et est toujours situé en face de la gare routière Ethioienne et beaucoup des activités de la population habitant au PK12 découlaient de l'activité commerciale liée au transport de marchandises vers l'Ethiopie. Petits hôtels, petite restauration, magasins pour les besoins des camionneurs, etc. s'ouvrent régulièrement. Le quartier attirait aussi tout ce qui allait avec, petits vendeurs, travailleurs journaliers, familles de camionneurs et aussi, bien entendu, prostitution.

L'agence Djiboutienne d'Exécution des Travaux d'Intérêt Public (ADETIP) y a conduit ou est en train de conduire divers travaux financés par l'Agence Française de Développement. Il s'agit notamment de la construction d'un centre de développement communautaire et d'un pôle de santé, pour un financement à la hauteur de 2 x 150'000 US environ.

Tout cela dans le cadre d'un projet intégré de développement de ce quartier. Les raccordements à l'eau de ces centres serait assuré par l'ONED qui aurait confirmé son accord par écrit à l'AFD ⁹.

En revanche, les habitants, dont le nombre était estimé à 15'000, n'étaient desservis que par 4 bornes fontaines, dont 2 étaient en fonction. Ces bornes fontaines étaient alimentées par une canalisation qui amenait l'eau depuis le réservoir de 1400 m³ (1000 logements). Les études et l'installation de cette canalisation ont été financées par l'UNICEF. L'UNICEF a aussi posé les bornes fontaines. La distribution de l'eau n'était pas régulière car il y aurait eu des erreurs de pose. De plus, la conception du réservoir aurait été modifiée et le niveau statique était environ 1 m trop bas, garantissant une bonne distribution uniquement lorsqu'il était plein. De ce fait les bornes fontaines ne fonctionnaient pas bien et il y avait toujours de l'air dans les canalisations.

La communauté a été mobilisée et il y a eu il y a des comités d'usagers, des associations de quartier, etc. Ce travail a été fait par l'ADETIP qui s'était assuré les compétences d'une sociologue. La gestion des bornes fontaines a connu pas mal de problèmes, car les responsables, choisis par les anciens du quartier, auraient disparu avec les contributions des usagers, sans verser un sou à l'ONED. L'ONED aurait fini par couper l'eau, en provoquant le mécontentement des habitants qui se sentaient doublement floués. Des négociations, menées par le Comité du projet, présidé par la Primature, auraient permis de trouver un arrangement, mais la populations n'était toujours pas véritablement desservie.

⁹ Voir " Description du projet d'équipement et de développement communautaire du quartier de l'union PK12, Hervé Kahane, Agence Française de Développement.

Le quartier devait par la suite passablement s'étendre en direction de la ville, selon un plan d'urbanisation relativement sommaire, qui quadrillait la zone au nord de la route No. 1 par des routes en terre. Les habitations, de types différents, allant de maisons en dur à des baraques, se sont multipliées de manière apparemment anarchique, sur environ 1 km.

Le développement spatial de PK12 était clairement visible sur la photo satellite. Un comptage rapide nous a permis d'estimer la population à partir du nombre d'habitations figurant dans un carré de 250 m. Quelques zones couvertes de nuages ont fait que la précision de l'estimation était relative. La photo a été prise le 12 mars 2003 et depuis il y a eu passablement de nouvelles maisons qui ont été construites, aux dires des responsables. Selon notre estimation la population totale de PK12 était de 14'000 personnes, basée sur les données estimées suivantes : 1400 habitations avec 10 personnes par maison. Les chiffres avancés par les autorités début 2004 étaient de 15'000 en accord avec nos calculs. Ce travail pouvait paraître peu important à première vue mais sera peut-être utile lorsqu'on

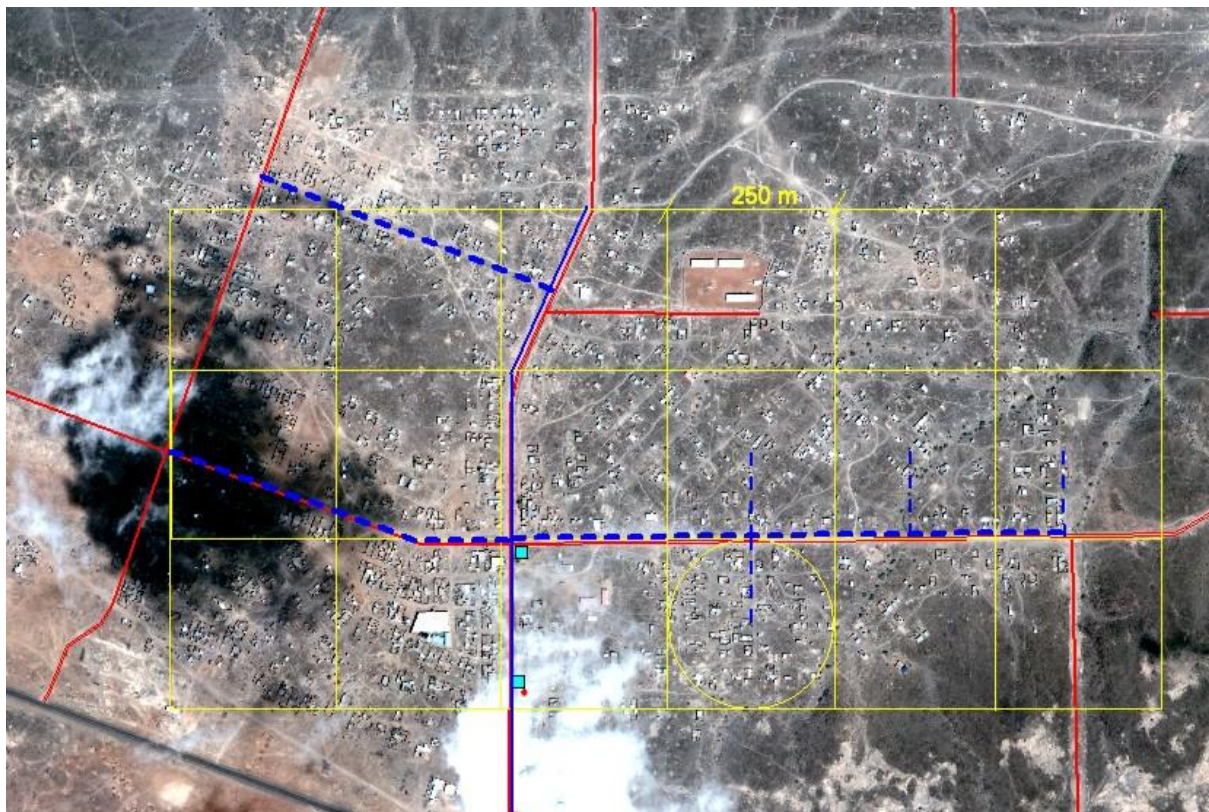


Figure 6 Image satellite et développement spatial du quartier Pk12 en 2004

voudra comprendre comment les différents secteurs se sont développés et surtout densifiés, selon le processus habituel de ce type d'urbanisation, proche de celle que l'on observe dans les « bidonvilles du monde entier¹⁰.

¹⁰ Sartori G., Nembrini P.G. Stauffer F. <http://www.thirstycitiesinwar.com>. Monitoring of urban growth of Informal Settlements (IS) and population estimation from aerial photography and satellite imaging. With a grant from the Geneva Foundation.

Evolution de la salinité

Les données utilisées ici sont celles de l'ONED, actuellement ONEAD. La salinité est mesurée depuis 1985 dans chaque forage et est exprimée en mg de chlorure per litre. Les valeurs indicatives utilisées par l'ONED étaient celles communément acceptées. Les valeurs de référence utilisées étaient celles de l'OMS (Organisation mondiale de la santé) qui donne la valeur de 200 mg/l comme valeur guide pour les chlorures. L'ONED utilisait les termes valeur maximum souhaitable de 200 mg/l, la valeur de 600 mg/l comme teneur maximum admissible et celle de 800 mg/l comme valeur maximum acceptable. Les forages étaient groupés selon les champs de forages, Damergog (3 forages), Atar (4), Nagad(12), PK20 (4), Douda (3) et Gégada-Ogawa (2). Le graphique ci-dessus (ONED) donne les valeurs mesurées en 2003 pour chaque forage et pour la station de pompage, dont la valeur était le résultat du mélange effectué pour maintenir le volume nécessaire et obtenir un taux souhaitable. 17 forages dépassaient le taux acceptable et 12 le taux souhaitable, pour finalement obtenir une eau contenant légèrement plus de 800 mg/l en chlorures, valeur toujours relativement élevée, laissant à l'eau le goût du sel et créant des problèmes de corrosion, au point que certains forages ont vu la pompe tomber ou les tubages corrodés au point de devoir en abandonner l'exploitation.

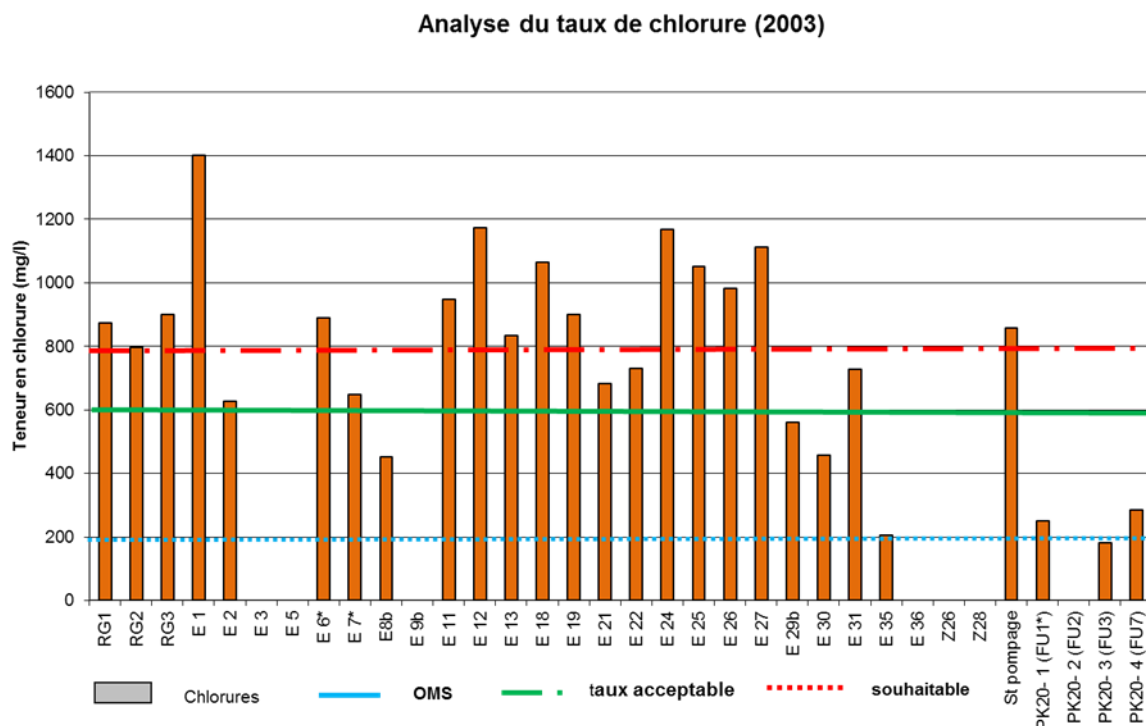
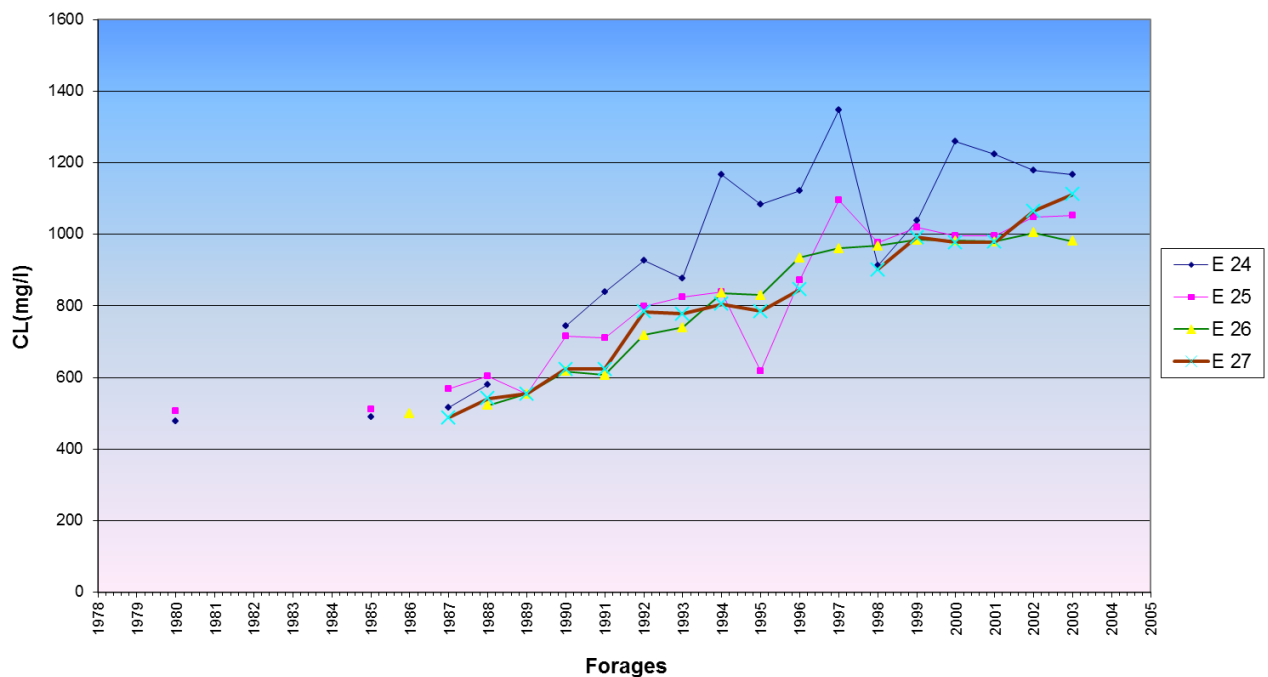


Figure 7 Salinité exprimée en mg de Cl-/l des différents forages en 2003.

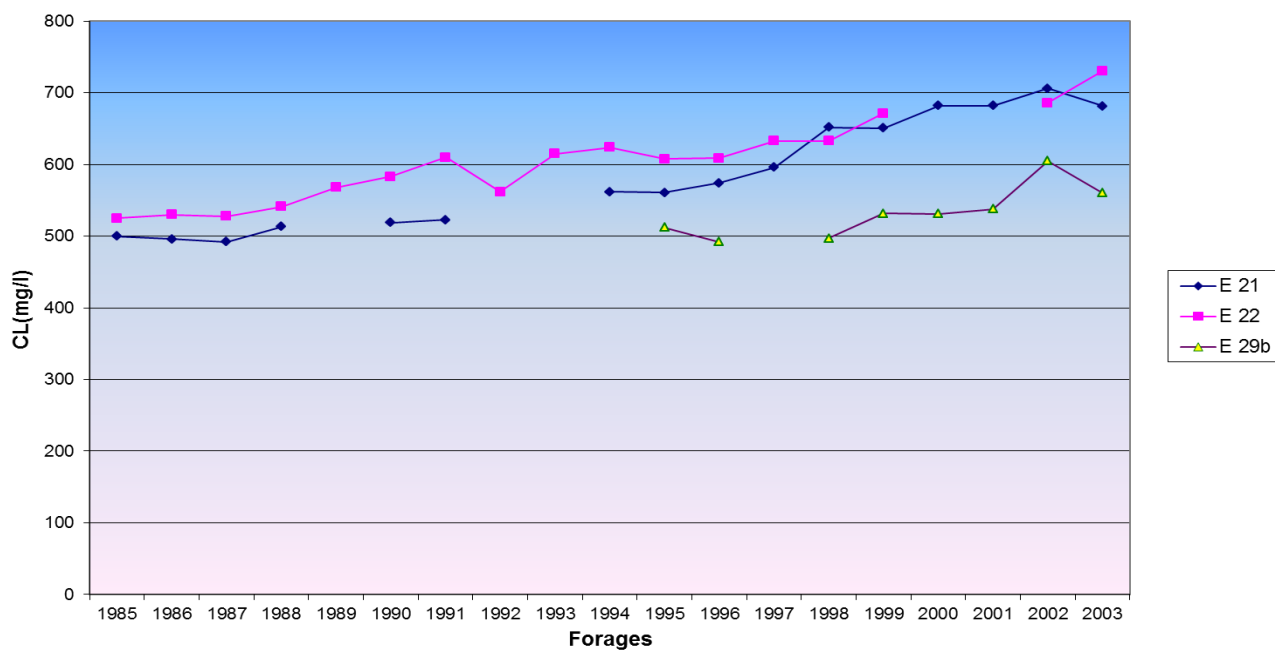
Si ce graphique donnait la situation constatée pour chaque forage, les graphiques représentés ci-dessous, utilisant les mêmes valeurs de la concentration en chlorures mesurées annuellement, montrent l'évolution de la salinité à partir de 1985 jusqu'en 2003. L'évolution n'est pas la même partout et elle reflète probablement la nature du sous-sol et l'importance de l'exhaure pour chaque forage, qui peut varier entre moins de 50 m³/h à environ 80 m³/h avec un forage (E27) atteignant quelques 134 m³/h. Si l'on essaye d'analyser la relation salinité, exprimée en mg Cl-/l et l'exhaure en m³/h, on constate que

pour certains forages on peut observer, à première vue, que la salinité augmente avec l'extraction, mais cette relation n'est pas évidente partout et évolue avec le temps, et, surtout avec l'emplacement du forage. La valeur de la salinité pour certains forages du champ de Nagad, E1, E2, E12, est déjà élevée en 1985, déjà au-dessus de la valeur de 800 mg Cl-/l et augmente plus ou moins régulièrement au cours des années d'exploitation, pour atteindre des valeurs proches ou plus élevées que 1200 mg/l, tous les autres forages de ce champ restant en dessous de 1000 mg/l, voire 800 mg/l en chlorure. C'est un peu la même chose pour le forage d'Atar, dont la valeur finit par atteindre les 1200 mg/l et aussi pour ceux de Douda, qui démarrent aussi déjà autour de 80 mg/l.

Evolution de la teneur en chlorure à Atar



Evolution de la teneur en chlorure à Damergog



Evolution de la teneur en chlorure à Nagad

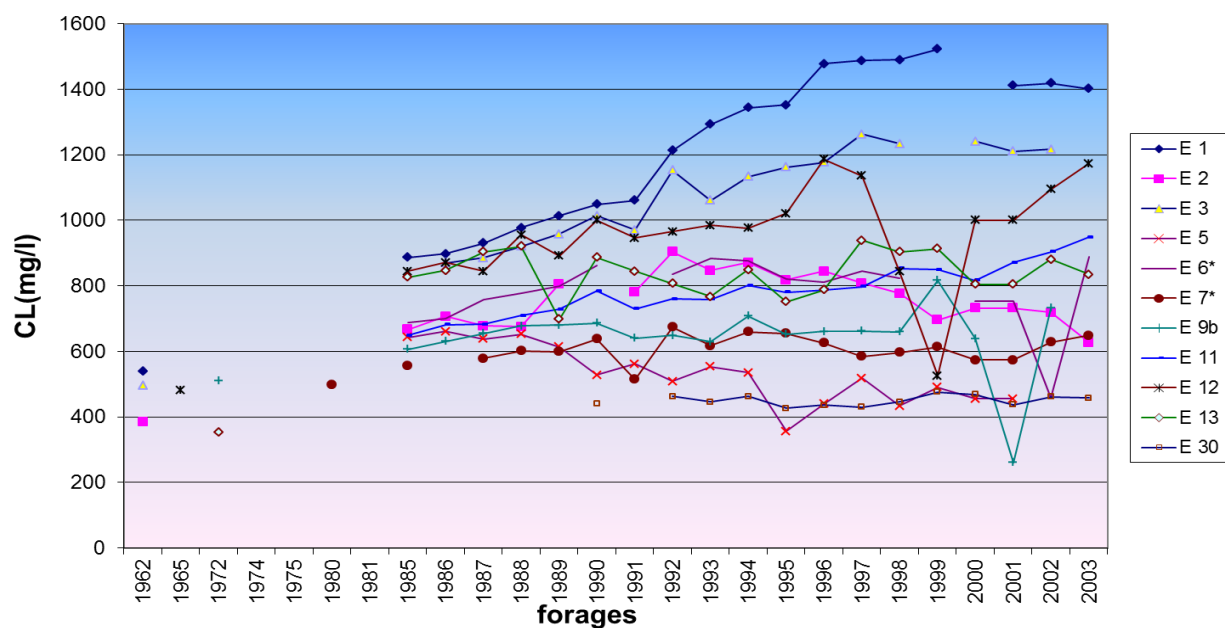


Figure 8a,b,c Evolution de la salinité dans les différents champ de forage (ONED)

Les forages dits de Damergog voient la concentration en chlorures passer de la valeur de 500 mg/l à « seulement » 700 mg/l.

Seuls les forages de PK20 et de Gégada-Odowa ont une concentration en chlorures proches de la valeur recommandée par l'OMS, de l'ordre de 200 mg/l, mais il s'agit de forages plus récents, situés différemment géographiquement et forés plus tard, à la fin des années '90.

Importance de la localisation du forage et la qualité de la nappe phréatique.

Nous avons essayé de comprendre à quoi était liée cette évolution, du moins pour les forages situés au sud-est de la ville relativement proches de la mer, où une infiltration saline d'eau de mer pouvait avoir lieu, induite par l'emplacement, la géologie et par les spécificités de pompage de chaque forage. A cet effet nous avons positionné les forages sur la carte topographique de Djibouti utilisant le logiciel Arcview 3.2^R et son extension permettant d'effectuer une analyse spatiale à partir des données de salinités mesurées par l'ONED depuis 1985. Ne disposant pas de valeurs de la salinité proche de la côte, nous avons arbitrairement fixé une salinité de 15 g de Cl-/l (15000 mg/l), moins élevée que celle de l'eau de mer (environ 19,5 g/l of Cl-) et placé des piézomètres fictifs le long de la côte, digitalisée à partir de la carte topographique.

Les valeurs de salinité ont ensuite été utilisées pour l'analyse spatiale, dont les limites ont été fixées par la côte et par une surface carrée autour des forages. Les figures des pages suivantes montrent la position des forages analysés et les surfaces d'iso-salinité obtenues, colorées en bleu pour les valeurs de faible salinité et de plus en plus rouge pour celle plus salées. L'évolution est impressionnante.

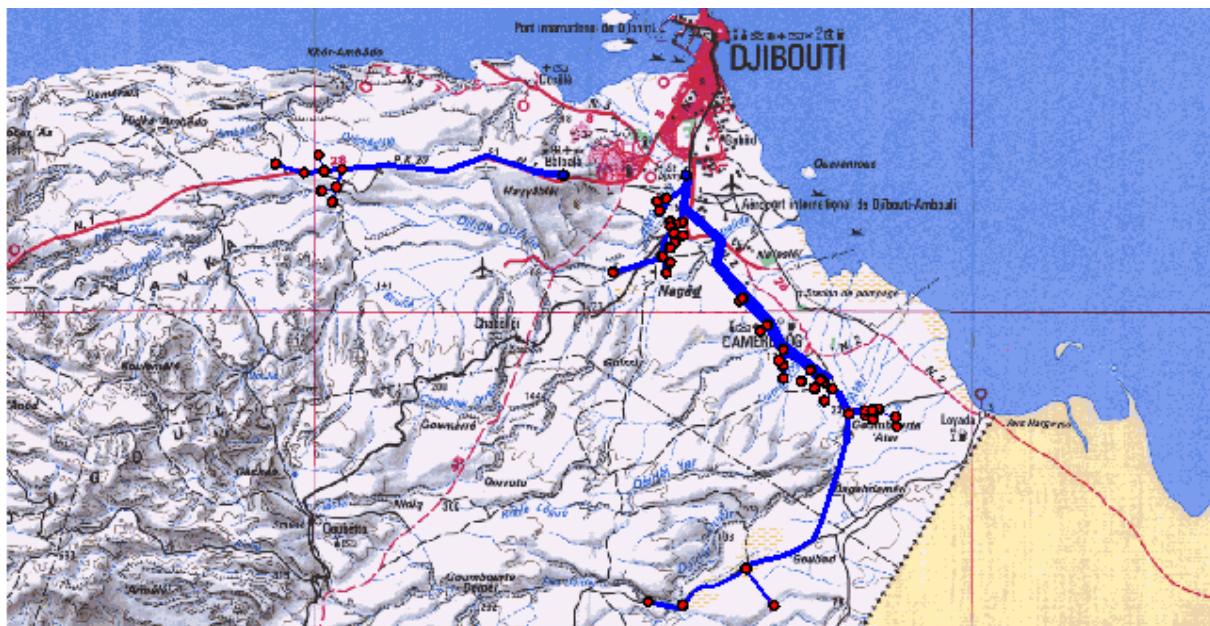
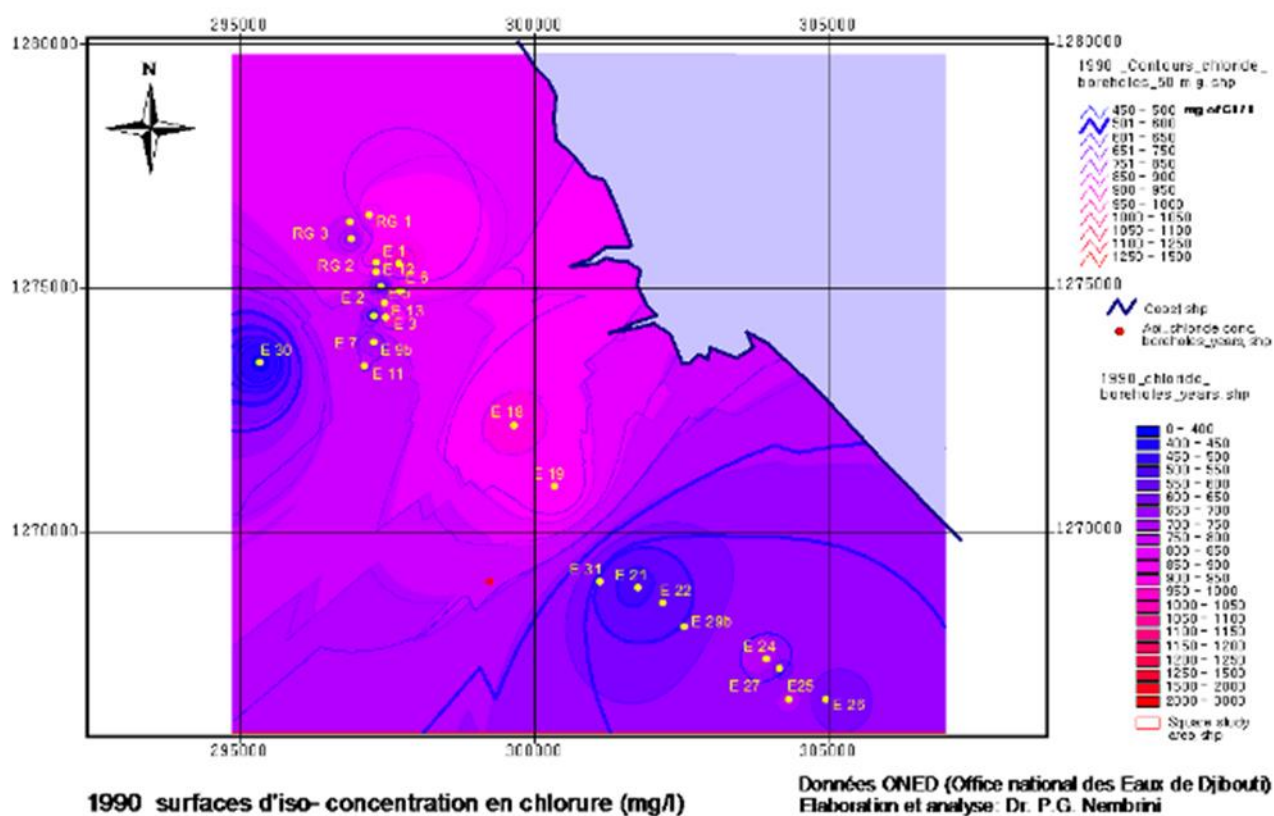
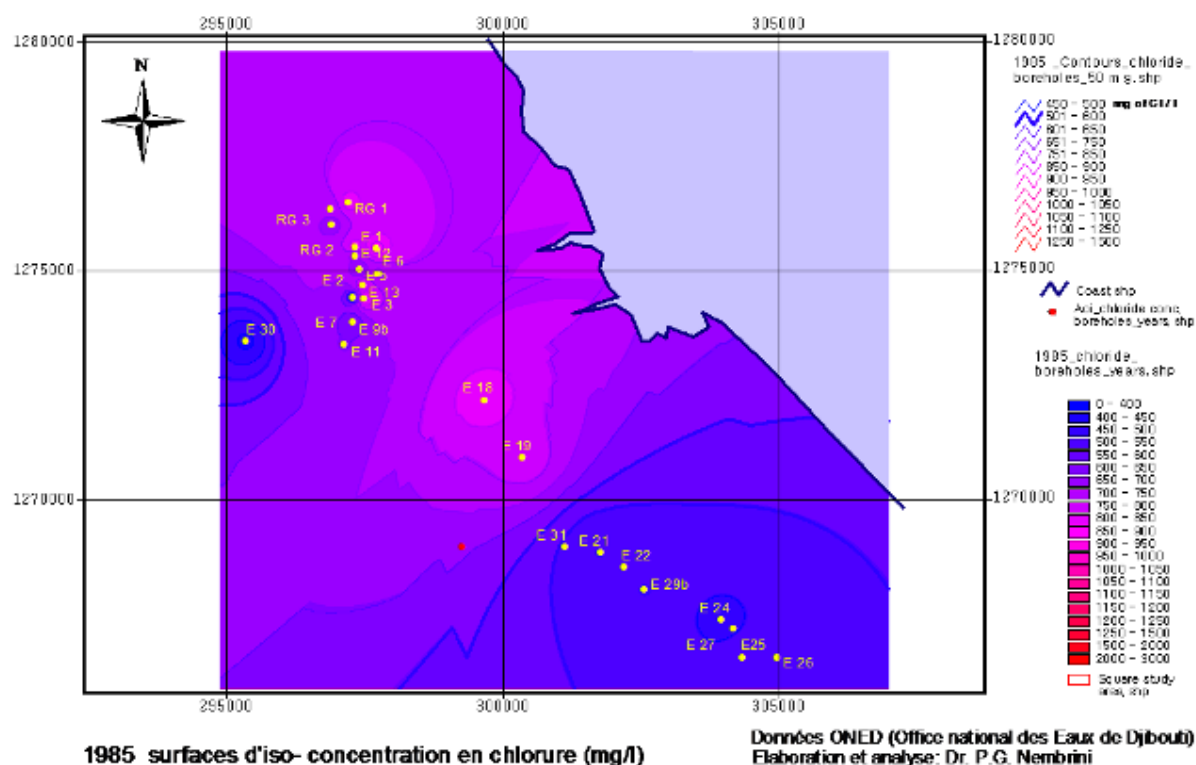
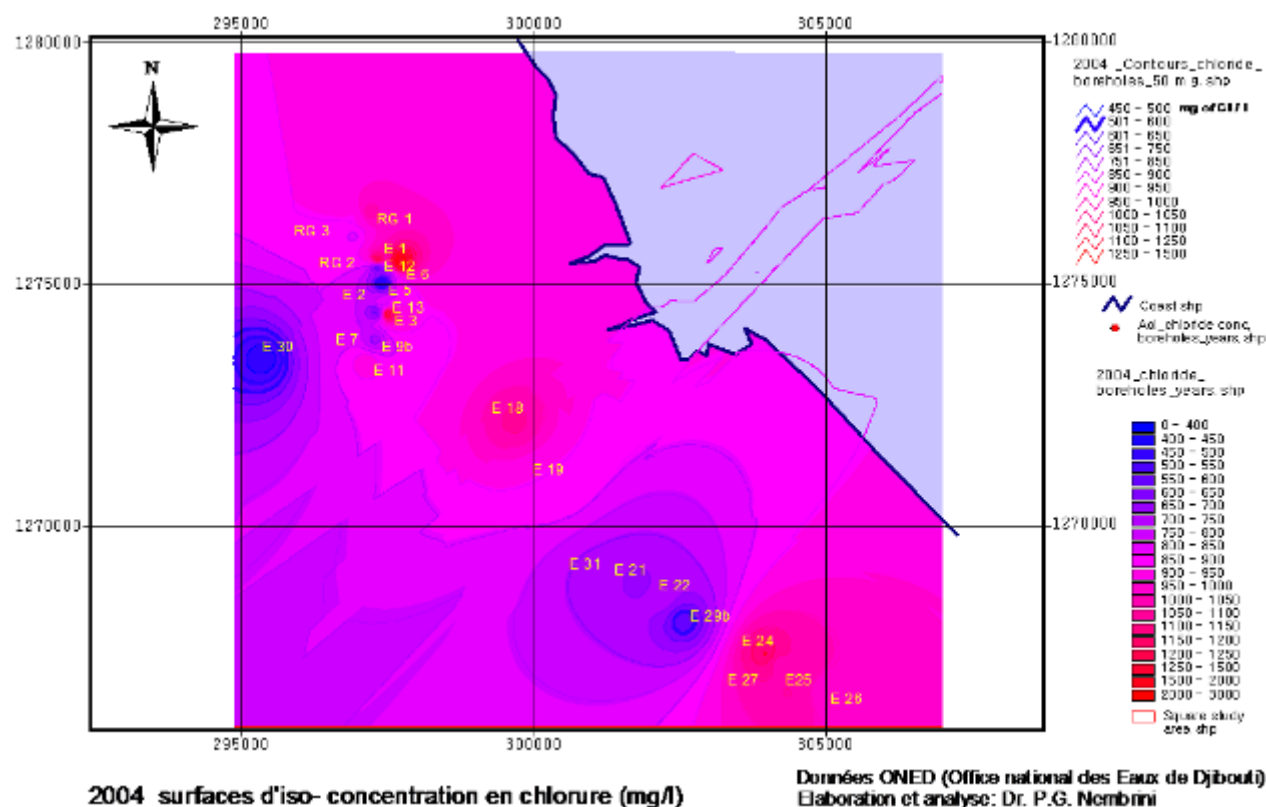


Figure 9 Position des forages et des conduits de transmission sur une partie géo-référencée de la carte topographique





Evolution récente

Les autorités et l'ONEAD étaient conscientes de cette aggravation et de l'augmentation de la demande due à la croissance de la population. Fin 2012 l'utilité n'arrivait à produire que quelque 36'000 m³/j alors que la demande était estimée à 80'000 m³/j. Si l'on multiplie les production de chaque forage par 24 heures, en admettant que les forages fonctionnent sans arrêt et qu'il n'y a pas de panne de courant, le volume journalier produit est de l'ordre de 39'000 m³, proche de la quantité indiquée ci-dessus. Plusieurs projets ont vu le jour afin de pallier au manque d'eau de bonne qualité. Si l'on a foré 6 nouveaux forages à Balbala pour améliorer l'accès à l'eau de la population moins favorisée et quelques dizaines d'autres forages en milieu rural, le problème du manque d'eau de bonne qualité pour la population de la ville devrait être résolu, avec le lancement fin 2012 de projet PEPPER (production d'eau potable par énergies renouvelables), financé à 95% par des fonds mis à disposition par l'Union Européenne, le reste étant à charge de l'Etat Djiboutien. Ce projet devrait comporter la construction d'un parc éolien capable de produire 20 MW pour alimenter une station de production d'eau potable par osmose inverse, utilisant l'eau saumâtre, capable de produire dans une première phase quelques 22'500 m³/j d'eau très faiblement minéralisée, pouvant être mélangée à celle plus salée des forages existants. La capacité de la station devrait ensuite pouvoir être doublée et portée à 45'000 m³/j dans une deuxième phase.