



Les villes sahariennes et les ressources en eau

Jean-Louis Ballais

► To cite this version:

Jean-Louis Ballais. Les villes sahariennes et les ressources en eau. Marc Côte. La ville et le désert. Le Bas-Sahara algérien, chapitre V, IREMAM-KARTHALA, pp.73-93, 2005, 9782845867338. hal-01570164

HAL Id: hal-01570164

<https://amu.hal.science/hal-01570164>

Submitted on 28 Jul 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

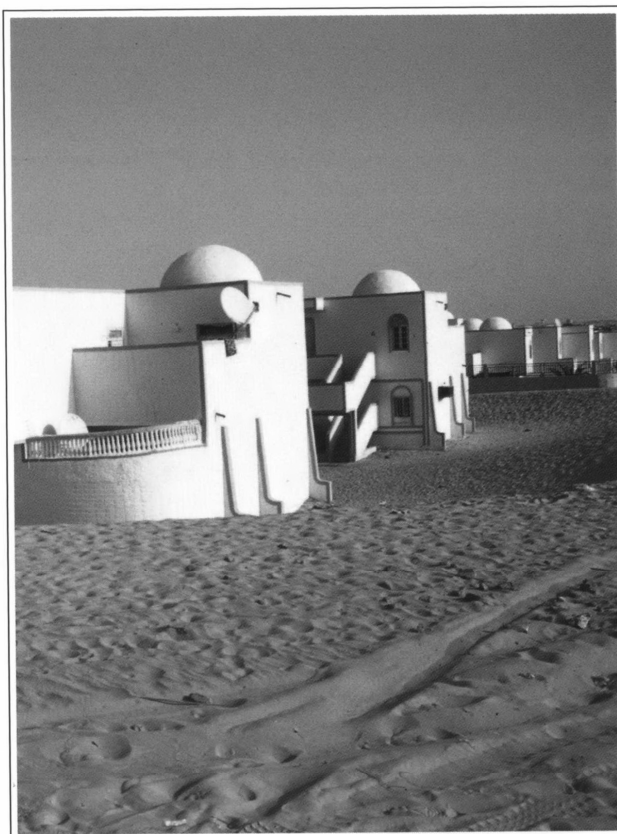
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SOUS LA DIRECTION DE

Marc Côte

La ville et le désert

Le Bas-Sahara algérien



IREMAM - KARTHALA

Les villes sahariennes et les ressources en eau

Alors que le manque d'eau constitue un handicap grave au développement de l'agriculture et des villes désertiques, le paradoxe majeur du Bas-Sahara algérien est que ses problèmes sont plus des problèmes d'abondance et de surabondance, dans de nombreuses oasis et agglomérations, que des problèmes de pénurie.

Le Bas-Sahara algérien, comme tous les déserts, est très pauvre en eau de surface. Son originalité principale tient à sa grande richesse en aquifères profonds, connue depuis longtemps mais précisée par les campagnes de grands forages, en particulier pétroliers.

La première – et dernière – étude d'ensemble date d'une trentaine d'années (UNESCO, 1972), si bien qu'il est difficile de présenter un état actuel de ces ressources, d'autant que les imprécisions des données fournies par les administrations multiples qui interviennent dans le domaine de l'eau, et la grande inégalité des archives, ne facilitent pas la précision nécessaire. Trop souvent, il faudra donc utiliser le conditionnel, se contenter d'ordres de grandeur ou de confortables marges d'erreur.

1 - L'eau rare : les oueds

Plus peut-être que dans d'autres déserts, la toponymie du Bas-Sahara algérien est marquée par l'insistance sur la présence d'eau de surface «oued Mya», «oued Rhir», «oued Souf». L'obsession de l'eau vitale explique largement cette situation. Nous négligerons les oueds mythiques ou fossiles, et distinguerons les oueds fonctionnels et l'oued Rhir.

Les oueds venant de l'Atlas saharien

Les *oueds* qui fournissent les volumes d'eau les plus importants proviennent de l'Atlas saharien, depuis les Monts des Ksour jusqu'aux Nememchas. Cependant, pendant longtemps, les débits de ces *oueds* ont fait l'objet de très peu de mesures et, selon l'ANRH de Biskra, les stations hydrométriques sont en panne.

Il y a une vingtaine d'années, on pouvait estimer l'apport annuel de ces *oueds* sur le piémont méridional des Aurès entre 50 et 70 millions de m³ par an (Ballais, 1984). Des mesures plus récentes tendent à montrer que l'apport serait nettement plus important puisque celui de trois des *oueds* les plus abondants

(oued el Abiod à Foum el Gherza : 20,7 millions de m³ (moyenne sur 42 ans), oued el Haï à El Kantara : 18,4 sur 16 ans, oued Abdi à Djemorah : 16, 5 (moyenne entre 1971 et 1991) dépasse les 55 millions de m³ (Nadji, Gali, 1992). La variabilité interannuelle n'était pas calculable et la variabilité saisonnière du seul *oued* connu, l'oued el Abiod posait problème. Sur une longue période, septembre peut avoir un débit important, à cause de la rétention nivale qui affaiblit ceux de décembre à février. En revanche, ceux de mars à juin sont gonflés par la fusion de la neige dont les produits, lorsqu'ils s'infiltrèrent, ne parviennent qu'avec un long retard à la station hydrométrique. Le débit soutenu d'été parait dû soit à une erreur de calcul, soit à de grosses réserves dans des calcaires avec résurgences lentes. La seule crue relativement bien connue reste celle du 1^{er} juin 1920 qui a débité 330 m³/s à Foum el Gherza (Dalloni, 1939), alors que les crues exceptionnelles ne devaient pas dépasser 500 m³/s (Duquesnoy, 1949).

Récemment (Boukharouba, 1998), des études ont été entreprises dans le but de modéliser les débits annuels de cet *oued*. L'apport propre à chaque crue peut rester relativement faible. Une exception remarquable est constituée par les crues qui se sont succédées sur l'oued Biskra pendant 94 jours à Biskra, du 9 mars au 12 juin 1890 (Dubief, 1953b). L'oued el Haï aurait un débit maximal de 94 m³/s à El Kantara (Nesson, 1978) mais, plus au sud, il peut atteindre 200 m³/s pendant 24 h (Rolland, 1890). Le débit de crues de récurrence donnée a été récemment calculé pour l'oued Abdi (Nadji, 1992). C'est ainsi que la crue décennale est estimée à 382 m³/s, la crue centennale à 518 m³/s et la crue millénale à 623 m³/s.

En général, l'eau de ces *oueds* est potable, autant qu'on puisse le savoir par les trop rares analyses disponibles). L'oued Biskra constitue, à l'aval de l'agglomération, l'un des exutoires des eaux usées : il recevrait 32 100 m³/j (volume estimé, non mesuré).

Pendant plus de 50 ans, le seul barrage construit sur un *oued* descendant des Aurès a été celui de Foum el Gherza, sur l'oued el Abiod. Le premier barrage, haut de 3 mètres, achevé en 1918, a été remplacé par l'actuel, terminé en 1957. Le lac était envasé à 75 % en 1993. Les fuites, importantes, ne montrent pas de tendance à l'augmentation depuis 1958 et varient de façon irrégulière entre 255 l/s (1961) et 450 l/s (1959). L'état général du barrage est inquiétant et nécessiterait une nouvelle injection du voile d'étanchéité (Merarhemi, 1995). Le barrage de Fontaine des Gazelles, sur l'oued el Haï, tout juste achevé, a demandé plus de dix ans de construction. La GCA de Biskra souhaiterait la construction de nouveaux barrages sur l'oued Mestaoua, sur l'oued el Arab (ou un de ses affluents d'amont) pour subvenir aux besoins croissants en eau des populations qui colonisent le Zab Chergui. Une autre possibilité consisterait à transférer les eaux de l'oued Abdi, une des deux branches amont de l'oued Biskra, à partir d'un réservoir, vers le lac de barrage de Foum el Gherza (Nadji, 1992).

L'oued Djedi longe pendant très longtemps, d'W en E, le piémont de l'Atlas saharien. Ses crues lui permettent d'irriguer son vaste cône commun avec celui de l'oued Biskra et d'atteindre le *chott* Melrhir. Ses apports auraient diminué à El Haouch, en liaison avec la sécheresse des années récentes mettant ainsi les palmeraies en difficulté. Le déversement des eaux usées par le drain de Debdeba devrait améliorer rapidement le bilan hydrologique.

Le bassin versant de l'oued Ittel (environ 5 000 km²) occupe une position intermédiaire entre les *oueds* descendant de l'Atlas saharien et ceux qui descendent de la dorsale mozabite.

Les oueds de la dorsale du Mزاب

L'UNESCO (1972) distingue, à l'est de la dorsale du Mزاب, un réseau hydrographique encore parfois fonctionnel, constitué de vallées orientées OE qui se jettent dans deux vastes dépressions, l'oued Mya au sud et l'oued Rhir au nord.

Parmi ces *oueds*, se distingue l'oued Rmel (bassin versant théorique d'environ 4 500 km²) qui alimente M'Rara où le drainage naturel est satisfaisant grâce à l'infiltration dans les couches calcaires éocènes. Cet oued a connu des crues en 1969, 1973 et octobre 1984 au moins, qui permettent l'irrigation du vaste épandage qu'il a construit à M'Rara. L'apparition plus ou moins ancienne de gouffres, par exemple il y a une douzaine d'années, révélateurs d'un endo-karst fossile, incite à la prudence pour le développement spatial de l'agglomération.

Les autres *oueds*, El Attar, N'Soura, Medjaïer ou Mellah apportent, par leurs crues relativement fréquentes selon Nesson (1975), des possibilités d'approvisionnement aux nappes de l'Oued Righ. Selon la Direction des TP de la wilaya de Ouargla, le seul dangereux est l'oued En Nsaf sur lequel il a fallu construire un petit ouvrage, à la différence de l'oued Mزاب dont l'embouchure dans la sebkhet Safioune est peu visible. L'oued En Nsaf présente un large lit majeur à Hassi Khefif où l'abandon du village et des cultures serait dû à la trop grande fréquence des inondations

Les rivières artificielles : le grand drain de l'oued Rhir, ou le mythe réalisé

Achevé en 1984, le grand drain, long d'une centaine de kilomètres, forme le seul cours d'eau pérenne du Bas-Sahara avec un débit de 2 m à 2,5 m³/s (et même 5 m³/s, selon ANRH de Ouargla) à l'embouchure dans le chott Merouane, parfaitement visible sur les images Spot. Sa pente moyenne de 1 pour mille est suffisante pour évacuer correctement les eaux de collature des oasis et d'assainissement. Il relie maintenant des écosystèmes naguère séparés : drains tertiaires à *Artemia salina* et drains secondaires à poissons. Lui-même, dès l'amont de Touggourt, abrite des poissons et des oiseaux aquatiques (poules d'eau).

Dans son cours aval, sur quelques kilomètres, il reprend le tracé de l'oued Khouf. A El Kantara, seul pont le franchissant à l'aval, il avait été équipé d'un limnigraphe à flotteur qui a été endommagé, ainsi que le pont, par la crue de 1983. Reporté depuis environ 20 m à l'amont et associé à une échelle de crue, il ne fonctionne plus. L'abondance de l'eau nourrit des poissons que des Biskri viennent pêcher, mais aussi des aigrettes et des hérons. A l'aval, l'eau s'étale dans le chott Mérouane. Des salsolacées poussent sur ses bords, des joncs et des phragmites se développent, abritant des canards, des rapaces, de nombreux sangliers. Ces derniers venaient encore récemment jusque dans les rues de Mghaïer, la nuit, provoquant des accidents d'automobiles. Cette zone, classée maintenant zone humide, est un nouveau biotope créé par les sociétés humaines, sans qu'elles l'aient voulu, et, à l'instar des *ghouts* ennoyés du Souf, facteur d'accroissement de la biodiversité. Les images de Spot enregistrent bien cette progression récente de la végétation aux dépens du *chott* salé.

La capacité auto-épuratrice du grand drain paraît réelle, si on compare sa couleur avec celle qu'il a à Touggourt, et la transformation qu'il fait subir à la partie méridionale du chott Mérouane. Les données sur la composition chimique, collectées par l'ANRH (Ouargla), ne sont pas disponibles. L'ENASEL, dans son marais salant plus au N, fait des mesures quotidiennes qui ne montreraient pas de pollution bactériologique. Malheureusement, le taux de salinité (qui serait de l'ordre de 7 à 11 g/l) interdit la réutilisation de son eau pour l'irrigation sans désalinisation. L'apport annuel de sel dans le chott Mérouane serait donc d'environ 1 300 000 t +/- 150 000 t.

Le grand drain est parfois bouché, surtout depuis une dizaine d'années, faute de moyens pour financer l'entretien nécessaire.

2 – L'eau abondante : les nappes aquifères profondes

Traditionnellement, on distingue deux grands systèmes aquifères : la nappe du Continental intercalaire et celle du Complexe terminal. Des nappes plus locales doivent cependant être parfois distinguées, comme celle, au NO, qui va de Tolga-Biskra jusqu'à Mghaïer (DHW Biskra), dans l'Eocène inférieur carbonaté. Au total, elles contenaient, en 1972, 6×10^{13} m³ d'eau. Le cas de l'Oued Rhir est le plus complexe (DHW El Oued) où on distingue quatre étages aquifères : la nappe supérieure comprend elle-même trois nappes localisées, de haut en bas, dans les sables gris (entre El Goug et Touggourt) environ 20 à 40 m sous la surface, les sables gris des puits arabes (entre El Goug et El Arfiâne), à environ 50-80 m de profondeur, et les sables rouges, fins, argileux, sur l'ensemble de l'oued Rhir, à environ 100-130 m de profondeur) ; la deuxième nappe dans les grès, sables et petits graviers de l'ensemble de l'oued Rhir, à 140-180 m de profondeur à l'amont et 180-220 m à l'aval ; la nappe des calcaires sur l'ensemble de l'oued Rhir, profonde de 160 m et plus à l'amont, 240 m et plus à l'aval ; enfin le deuxième niveau éocène calcaro-marneux.

La répartition spatiale et l'organisation interne de ces nappes sont contrôlées par la tectonique, ainsi que cela a été démontré, en particulier par Nesson (1975) (cf. fig. 22). Il est certain que les recherches pétrolières ont permis de préciser et d'affiner l'organisation structurale du Bas-Sahara, mais ces résultats restent couverts, encore trop souvent, par le secret.

La nappe du Continental intercalaire (CI)

La nappe du CI, ou nappe albienne, est contenue dans les formations continentales sablo-gréseuses et argilo-gréseuses du Crétacé inférieur. Son extension sur plus de 600 000 km² et son épaisseur de plusieurs centaines de mètres lui assurent un volume gigantesque. Dans le centre du bassin, elle est fortement artésienne, profonde et son eau est à une température élevée.

L'essentiel de cette eau est fossile : elle s'est accumulée pendant des périodes pluvieuses du Quaternaire. Cependant, une recharge actuelle s'effectue par des ruissellements à la périphérie du Bas-Sahara, le long des oueds qui descendent de l'Atlas saharien, du Dahar et, parfois du Tademait et par les pluies exceptionnelles tombant sur le Grand Erg Occidental. La nappe s'écoule dans deux directions, de part et d'autre de la dorsale du Mzab : vers le SSO à l'ouest et vers la nappe du golfe de Gabès à l'est. Les exutoires naturels, qui ont pu être des sources dans le SW, se limitent aujourd'hui, pour la partie du Bas-Sahara qui nous intéresse, aux percolations verticales sous le chott Fedjadj, mais l'exutoire principal est constitué par la nappe sous le golfe de Gabès. Les exutoires artificiels sont constitués par les *foggaras* du Gourara, du Touat et du Tidikelt, ainsi que par les forages au nombre d'une centaine en Algérie et d'une quinzaine en Tunisie en 1970.

La nappe du Complexe terminal (CT)

Elle est également connue sous le nom de nappe du Continental terminal, ou nappe «pontienne». En fait, elle est contenue dans plusieurs formations perméables d'âge Crétacé supérieur (calcaires du Sénonien supérieur) à Tertiaire (calcaires de l'Eocène inférieur, sables et argiles gréseuses du Mio-Pliocène).

Dans le bassin oriental qui nous intéresse, la nappe a une superficie d'environ 350 000 km². Peu profonde (100 à 400 m), de température peu élevée, elle est en charge à l'intérieur de la limite d'extension des argiles mio-pliocènes, si bien qu'elle est jaillissante dans le centre du bassin (où sa composition chimique est moyenne) et libre sur les bordures (Mzab, Dahar) où sa composition chimique est bonne.

Elle a également été formée par l'accumulation d'eau au cours de périodes pluvieuses du Quaternaire, mais elle est rechargée par les infiltrations à partir des oueds à la périphérie (Atlas saharien, Mzab, Dahar) et par l'infiltration de pluies exceptionnelles sur le Grand Erg Oriental.

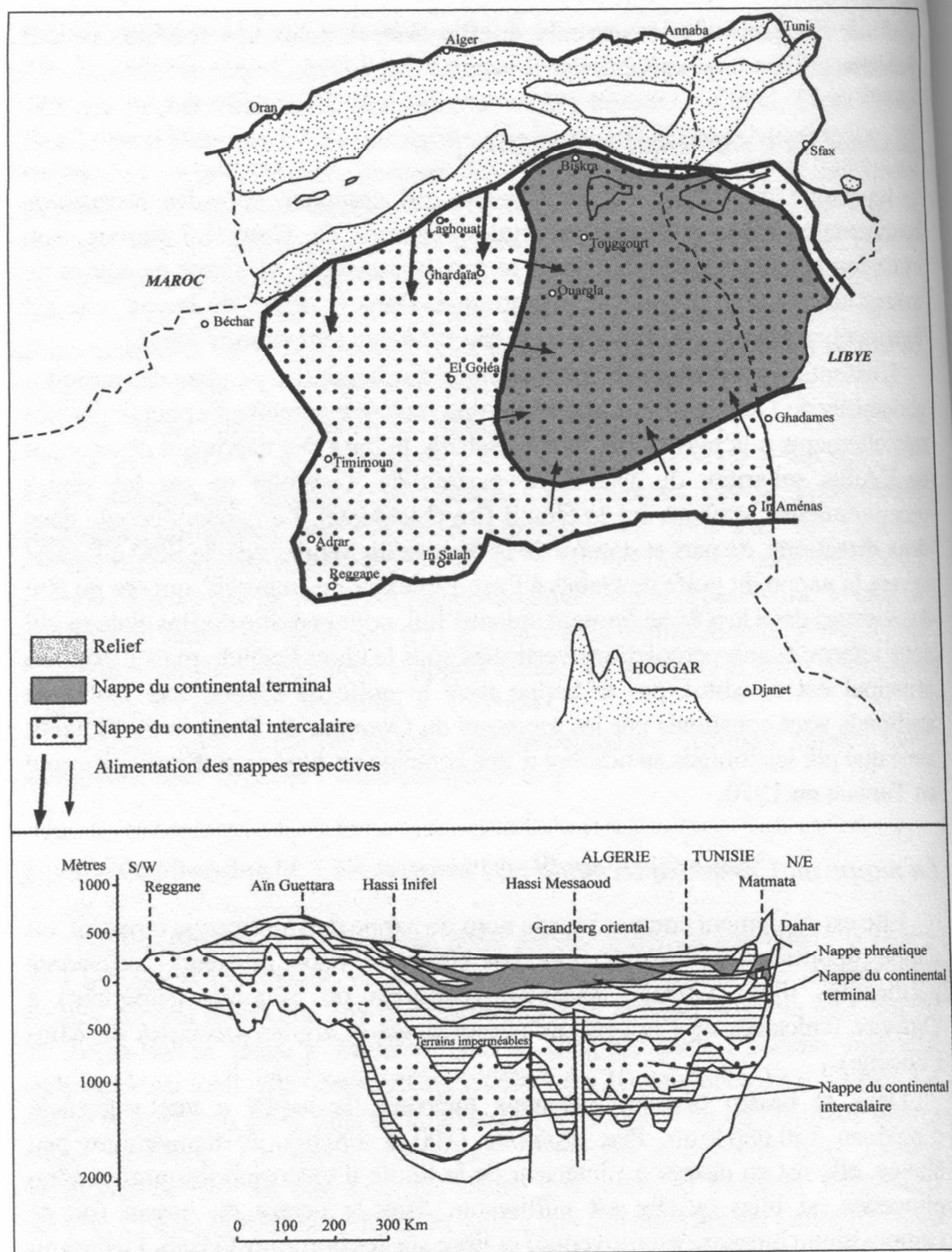


Figure n° 22 : Les aquifères profonds dans le Bas-Sahara

Source : Unesco 1977 et documents divers. ; cartographie Vanessa Rousseaux, 2004

L'écoulement se fait de manière convergente, vers les *chotts* : Melrhir et Merouane en Algérie, Rharsa et Djerid en Tunisie. Dans l'ensemble, la profondeur de la nappe augmente du sud vers le nord : 40 m à Ouargla, 125 m à Touggourt, 175 m à El Oued, 200 m à Mghaïer, 440 m à El Hamraïa, 750 m à El Feidh, 906 m à Aïn Naga, plus de 1 300 m à Zeribet El Oued (Nesson, 1975). Les exutoires naturels comprennent des sources, toutes situées dans des points bas : oued Rhir jusqu'au 20^e siècle, proximité des *chotts* ou chotts (*aïoun*), et des zones d'évaporation là où la nappe est artésienne et les argiles mio-pliocènes peu épaisses. Les exutoires artificiels sont constitués par un très grand nombre de forages (artésiens ou pompés) : environ 2000 en Algérie et 180 en Tunisie en 1970.

Utilisation de ces aquifères et bilan

Le premier forage artésien aurait été effectué à Biskra, dès les premières années de la conquête et abandonné au début de 1848 (Carette, 1850).

Les premiers forages artésiens dans la nappe du CI ont été effectués à la fin du 19^e siècle (en 1891 à El Goléa, en 1900 à In Salah) et au début du 20^e siècle (en 1904 à Fort Flatters). L'augmentation brusque du débit entre 1950 et 1960 (cf. fig. 23) reflète la création des grands forages dans le bassin du Bas-Sahara : Zelfana, Guerrara, Ouargla, Oued Rhir, Souf. Le pompage a commencé au Mزاب dès 1938 et se développe après 1950. De nouveaux forages ont été effectués plus récemment : 3 pour l'AEP de Touggourt et ses environs dont Aïn Sahara I en 1979, dans les sables à intercalations argileuses du Barrémien (profondeur : 1799 m), débitant, au total, 410 l/s à une température de 57 à 60°C.

La nappe du Complexe terminal alimentait encore 21 sources dans l'Oued Rhir en 1855. A ce moment, le débit obtenu grâce à l'exploitation des puits traditionnels creusés à la main atteignait environ 1 m³/s. En 1900, alors qu'on dénombrait encore 80 sources actives dans le Zab Gharbi, le débit pompé par forages dans l'Oued Rhir atteignait déjà 3,4 m³/s. Après un maximum en 1930, une baisse correspond à la crise économique et à la Seconde Guerre Mondiale. Une nouvelle baisse, à partir de 1955, est la conséquence du pompage qui prend son essor à ce moment. En 1970, le débit artésien de l'Oued Rhir ne constituait plus que 58 % du débit total prélevé, alors que dans le Zab Gharbi, le débit fourni par les nappes de l'Eocène inférieur et de la base du tertiaire continental atteignait 2,2 m³/s dont 0,6 m³/s par les sources et 1,5 m³/s par les puits (moitié par puits artésiens et moitié par puits équipés de moto-pompes) (Nesson, 1975). Dans le détail, la répartition des ressources est inégale : la partie centrale (autour d'Ourlal) subit une baisse de débit de 50 %, alors que l'extrémité occidentale (Lioua - Sahira) connaît une forte augmentation et l'extrémité orientale (Oumache) une stabilité. Les grosses sources de Megloub (56 l/s pour l'ensemble des trois), de Mlili (230 l/s) et d'Oumache (170 l/s) fonctionnaient encore abondamment et alimentent le Zab Guebli (Nesson, 1975).

Les bilans ont été effectués par l'UNESCO, à partir des mêmes modèles mathématiques que pour la nappe du CI. Pour celle-ci, ils montrent un équilibre en 1956 entre l'alimentation, estimée à $85 \text{ m}^3/\text{s}$ et les sorties par l'exutoire tunisien ($3,6 \text{ m}^3/\text{s}$), la percolation verticale dans le chott Fedjajd ($0,9 \text{ m}^3/\text{s}$) et l'exploitation par forages et *foggaras* ($4 \text{ m}^3/\text{s}$). Cependant, dès 1970, un déficit de $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$ apparaît, en raison de la croissance de l'exploitation par forages ($6,8 \text{ m}^3/\text{s}$).

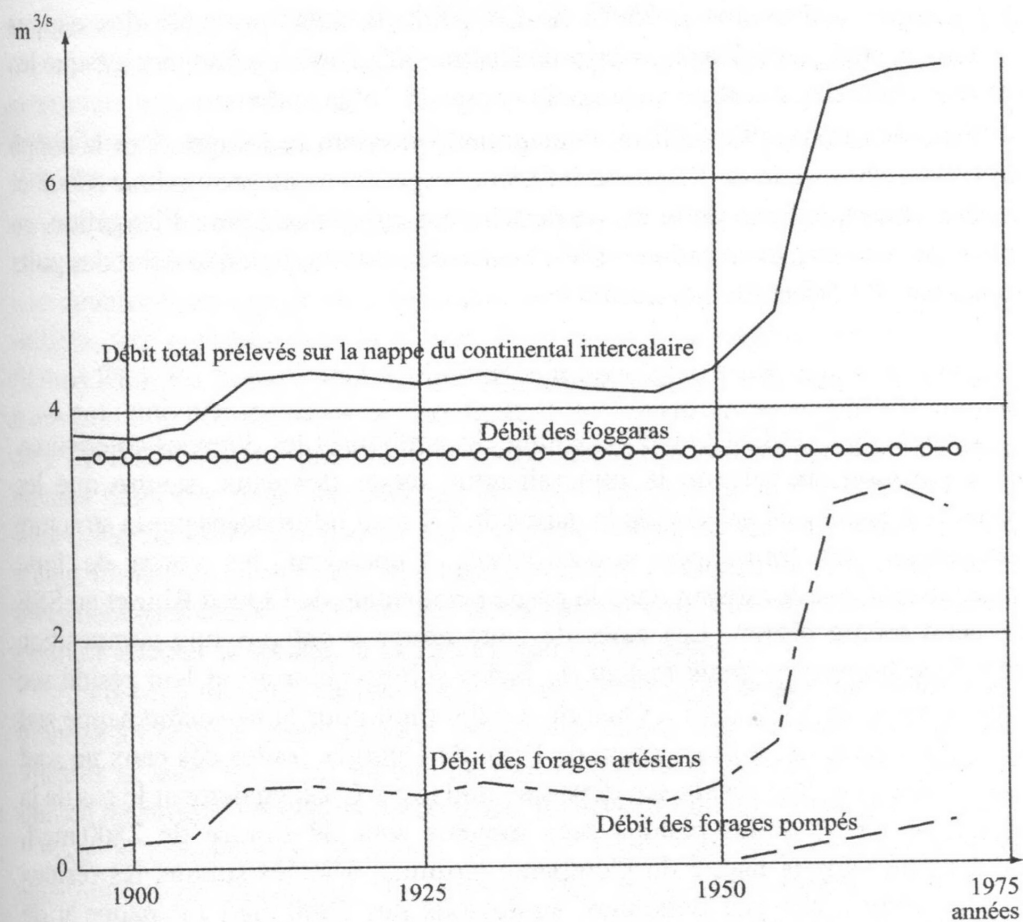
Pour la nappe du CT, l'équilibre aurait été encore réalisé en 1950, l'alimentation, soit $18,5 \text{ m}^3/\text{s}$, compensant les pertes par évaporation et percolation dans les *chotts*, soit $10 \text{ m}^3/\text{s}$, et l'exploitation par forages et sources ($8,5 \text{ m}^3/\text{s}$). En 1970, comme pour la nappe précédente, le déficit était apparu, estimé à $3 \text{ m}^3/\text{s}$, malgré une légère diminution des pertes dues aux *chotts* ($8,9 \text{ m}^3/\text{s}$ au lieu de $10 \text{ m}^3/\text{s}$), en raison de la forte croissance de l'exploitation ($12,6 \text{ m}^3/\text{s}$).

Ces débits étaient, en 1972, presque exclusivement réservés à l'irrigation.

Prévisions et réalités pour la fin du 20^e siècle

L'UNESCO (1972) dans ses prévisions pour l'an 2000 considérait que les besoins des agglomérations ne représentant que 3 % des débits totaux prélevés, soit beaucoup moins que la précision de tous les calculs effectués, ne les a pas fait apparaître explicitement. Au total, cette évaluation théorique proposait une multiplication par 4,3 des débits nécessaires en Algérie, essentiellement pour le développement de l'agriculture irriguée (en moyenne, 1800 ha supplémentaires par an).

Dans le détail, les simulations exploratoires montraient que, pour la nappe du Continental Intercalaire, les espaces de l'Oued Rhir, du Souf et du Djerid étaient particulièrement sensibles à l'exploitation : le prélèvement supplémentaire de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ dans la nappe du Souf de 1971 à 2000 induit des rabattements supplémentaires en 2000 de 4 à 7,5 m dans l'Oued Rhir, et 8 à 9 m dans le Djerid. De même, une augmentation de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ dans l'Oued Rhir, pour la même période, augmenterait les rabattements du Djerid de 3 à 4 mètres environ. Pour la nappe du CT, les simulations montraient que la simple poursuite de l'exploitation au niveau de 1972 produirait une forte baisse dans les zones de Mghaïer, Djamaa, El Oued et les régions du nord. Plus précisément, les zones de Mghaïer et de Djamaa étaient déjà en surexploitation et l'incidence de ces prélèvements se propageait vers El Oued et le nord. De même, un prélèvement supplémentaire de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le Djerid entraînerait un rabattement supplémentaire de 1 m dans la zone d'El Oued et de 3 à 4 mètres dans celle de Bou Aroua ; en revanche, les effets sur l'Oued Rhir seraient très faibles. La simulation définitive de l'hypothèse faible prévoyait que tout le Souf et l'Oued Rhir (mais pas El Hadjira) connaîtrait des rabattements de la nappe du Complexe Terminal d'au moins 20 mètres (au moins 100 m dans l'hypothèse forte), dont 24 m à El Oued et 30 m à Mghaïer.



Note : le débit exploité en Tunisie (0,2 m^3/s en 1970), négligeable par rapport au débit total, n'a pas été représenté indépendamment.

Figure n° 23 : Historique des débits prélevés sur la nappe du continental intercalaire en Algérie et en Tunisie

Source : Unesco 1977 ; cartographie Vanessa Rousseaux, 2004

En réalité, dans le Souf, en 2000, les prélèvements sont estimés à 76 millions de m³/an. Dans les Ziban, la nappe présente un rabattement de plusieurs mètres depuis la fin du 20^e siècle, par suite de sa surexploitation mais aussi de la sécheresse (DHW Biskra). La nappe des calcaires éocènes débiterait environ 2 m³/s. Les nombreux forages sauvages, qui descendent entre 100 et 300 m interdisent d'actualiser le bilan fait par l'UNESCO. Au centre-ville de Biskra, treize forages réalisés entre 1970 et 1994 dans le Continental terminal exploitant la nappe artésienne à profondeur inférieure à 52 m débitent 44 000 m³/j (Hamzi, 1997), mais ne fournissent que 22 500 m³/j pour l'AEP, bien que le rendement des pompes soit estimé à 75-78 %. En 2002, le débit probable des nappes profondes atteignait, dans la wilaya de Biskra, 300 à 400 h m³/an car, lorsque les prélèvements dépassent ce volume, la nappe de Tolga s'abaisse.

Dans le nord de l'Oued Rhir, l'eau potable provient de forages dans la nappe du CT ou dans celle de l'Eocène inférieur, vers 200 m de profondeur (Oum et Tiour), alors que l'eau de la nappe du CI n'est utilisée que pour l'irrigation, en mélange, souvent, avec celle du CT. Dans la daïra de Mghaïer, le débit des puits forés dans l'Albien atteindrait 400 l/s.

Qualité de l'eau des nappes profondes

L'étude de l'UNESCO (1972) a tenté de synthétiser les données antérieures. La répartition spatiale de la minéralisation totale des eaux montre que les variations locales de salinité de la nappe du CT sont influencées par la structure lenticulaire des formations mio-pliocènes. Cependant, les zones de forte minéralisation se localisent dans la partie occidentale de l'Oued Rhir et au SSE de cette même région. Les eaux de cette nappe n'ont pas une composition chimique homogène mais restent de faciès sulfato-chloruré et leur résidu sec moyen varie de 1500 mg/l à Ouargla à 6200 mg/l pour la troisième nappe sud de l'Oued Rhir, où, à l'exception de l'eau de Ouargla, toutes ces eaux ne sont pas potables car leur résidu sec dépasse 2000 mg/l. C'est également le cas de la nappe du CI, dont les résidus secs moyens sont de l'ordre de 2500 mg/l. Cependant, dans la nappe du Complexe terminal, à faciès sulfaté, les résidus secs peuvent s'abaisser nettement au-dessous des 2000 mg/l (3^e nappe N de l'Oued Rhir, N des chotts).

La seule évolution récente de la salinité a été observée à Ouargla, où la mise en service de deux grands forages a provoqué une augmentation de la salinité de 50 %, accompagnée d'un accroissement de la teneur en chlore (peut-être par contamination par le Sénonien salifère)

Pour l'avenir, les principaux risques d'accroissement de la salinité par contamination avec une autre nappe sont à craindre pour la nappe du CT dans l'Oued Rhir et à Ouargla. Dans la zone N de l'Oued Rhir ou dans celle d'Ouargla, l'abaissement du niveau piézométrique au-dessous de celui du sol, par suite de la continuation des prélèvements devrait, dans un délai de 100 à 500 ans, provoquer une inversion du sens de la percolation verticale et donc une

contamination brutale et irréversible par les *chotts* (Merouane et Melrhir pour l'Oued Rhir). Dans la zone centrale de l'Oued Rhir (Djamaa), le risque paraît moindre car l'eau souterraine est déjà très chargée (7 à 10 g/l). Dans la zone S de l'oued Rhir (Touggourt, El Hadjira), la source de contamination pourrait être constituée par un front salé de plus de 15 g/l situé dans la région d'El Hadjira et qui se déplace lentement vers les régions de forte exploitation.

Les difficultés rencontrées

Elles ont été répertoriées par l'UNESCO. Elles proviennent :

- de la profondeur à atteindre, qui nécessite un matériel et une puissance rarement utilisés pour des forages d'eau (exemple du Zab Chergui). Actuellement, un forage simple dans la nappe de l'Albien, à Touggourt, coûte 600 000 euros (creusement et équipement).

- de la présence d'autres nappes et de couches salifères sus-jacentes qui, si elles sont mal isolées par suite d'une mauvaise cimentation, peuvent entraîner une détérioration rapide de l'équipement tubulaire. C'est le cas du Sénonien salifère, très constant dans la région. Pour éviter la corrosion par ce sel, dans l'Oued Rhir, les forages sont équipés d'un tubage double, ce qui porte leur prix à environ 800 000 euros, pour une durée d'utilisation doublée. Mais le rapport de l'UNESCO n'avait pas prévu la formation et l'évolution par dissolution de cavités dans ces couches salifères. A Aïn Choucha, la SONATRACH a dû intervenir, fin 2002, car une cavité d'environ 600 m de long sur 60 m de haut s'était formée en profondeur. Il s'agissait (DHW El Oued) de la colmater avec du ciment (des centaines de milliers de m³) afin d'empêcher un affaissement qui pourrait affecter le forage, le château d'eau et une école.

- du débit jaillissant, variant entre 200 et 400 l/s, qui produit des vitesses très grandes à l'origine d'une érosion mécanique rapide des crépines. Les grandes vitesses et leurs brusques variations sont créatrices d'érosion et de vibrations qui, en détruisant les dépôts protecteurs, favorisent l'action corrosive des eaux.

- de la composition chimique de l'eau, enfin, qui peut être la cause de phénomène de corrosion. La qualité des eaux souterraines évite toute incrustation calcaire dans les forages avant détente à l'air libre, mais elle se produit à l'aval. A Mghaïer, on considère que la durée de fonctionnement des puits forés dans la nappe de l'Albien est de 10 à 12 ans, à cause de l'entartrage des conduites.

Pour le refroidissement des eaux du CI, on ne peut utiliser que des refroidisseurs à ventilation naturelle ou à ventilation forcée. Le projet «Oued Rhir» a connu très vite de graves difficultés, en un an à peine, en raison de l'entartrage : les pales de bois des refroidisseurs cassent sous le poids des incrustations, des conduites ont perdu une bonne part de leur débit pour la même raison. Ce problème est bien connu depuis longtemps, mais selon des responsables de l'Hydraulique au niveau national, il n'y aurait pas actuellement de solution à l'entartrage. L'utilisation d'hexamétaphosphate, courante à

l'époque coloniale, conjointement avec le grattage par une vis sans fin, a été considérée comme trop onéreuse ou, selon une autre version, s'est heurtée à l'opposition du ministère de la Santé.

3 – L'eau qui pose problème : les nappes phréatiques

A la différence des nappes aquifères profondes, les nappes phréatiques n'ont jamais fait l'objet d'études systématiques. Encore plus que pour les nappes profondes, il est donc extrêmement difficile d'en proposer des bilans, alors même que l'acuité des problèmes le nécessite de manière plus impérieuse encore.

Dans la partie supérieure des formations continentales, des nappes non captives, profondes de deux à dix mètres, viennent augmenter les réserves hydrauliques du Bas-Sahara. Présentes dans les oasis d'Ouargla, El Hadjira, de l'Oued Righ, du Souf, du Zab Gharbi et du Zab Chergui, elles permettent, en certains cas seules, l'entretien de palmeraies importantes (dans le Souf surtout). On les trouve par ailleurs, à faible profondeur, dans une grande partie de la cuvette du Bas-Sahara où elles sont exploitées par des puits de parcours (Nesson, 1975). Les eaux des nappes phréatiques sont souvent salées, avec plus de 4-5 g/l de résidu sec et bien souvent trois fois plus. Elles sont alors inutilisables pour l'irrigation. L'hydromorphie entraînant l'évaporation, la salinité ne fait qu'augmenter et provoque un processus de désertification par le sel, dû, non au manque d'eau mais à son excès (Dubost, Moguedet, 2002).

Des menaces sur le Zab Guebli (Gharbi méridional)

Ces menaces sont difficiles à cerner précisément faute de données suffisamment fiables sur les forages et sur les oueds. Dans le Zab Gharbi, la nappe phréatique s'observe en dessous de l'encroûtement gypseux superficiel ou *deb-deb*. Elle serait constituée surtout par des remontées de la nappe artésienne contenue dans les calcaires de l'Eocène inférieur, remontées qui se produisent à travers les formations mio-pliocènes, globalement imperméables. Il faut y ajouter les fuites provenant de forages qui, dans les années 1970, atteignaient 460 l/s. Dès ces années là, le tarissement de certains puits atteignant la nappe de l'Eocène a conduit à exploiter la nappe phréatique (Nesson, 1975).

La suralimentation de la nappe phréatique par les villes et oasis d'amont provoque une remontée de cette nappe qui menace les oasis d'aval. La première alerte à Ourlal a eu lieu en 1969, quand les pluies ont provoqué l'apparition de marécages qu'il a fallu drainer. Ils sont réapparus en 1995-96, mais les années sèches qui ont marqué la fin du 20^e siècle les ont fait disparaître. Leur origine serait, selon la Subdivision de l'Hydraulique, purement locale. Cependant, en 2001, la nappe n'était qu'à 1,50 m de profondeur, en cours de remontée.

A El Bordj, à Lichana, la remontée de la nappe phréatique est attribuée aux rejets d'eaux usées. Un programme de drains est en cours de réalisation à Debdeba (programmé en 1987), collectant les rejets non traités de la ville de Tolga et les surplus d'irrigation (de débit inconnu mais important) en direction de l'oued Djedi. En octobre 2002, il montrait plusieurs malfaçons, surtout une contrepente de part et d'autre de la route de Mekhadma à Sahira et l'absence presque systématique de joints, qui provoque la fissuration puis l'éclatement du béton moins d'un an après sa pose. En revanche, l'existence du lac de Debdeba, très récent et peu profond, s'explique par des raisons topographiques : il est localisé entre des buttes d'argiles gypseuses qui bloquent l'écoulement vers le sud. L'ANRH (Biskra) envisage de pomper dans la nappe phréatique au niveau de Debdeba pour réinjecter cette eau à l'amont de Tolga afin de compenser le rabattement de la nappe de l'Eocène.

Vers l'aval, selon Dubost et Moguedet (2002), le réseau hydrographique de l'oued Djedi a une pente suffisante pour drainer les eaux vers le chott Melrhir.

Vers l'amont, les glakis et les sols du Zab Gharbi septentrional sont riches en chlorures et, surtout, en sulfates, qui augmentent la charge dissoute de la nappe phréatique s'écoulant vers le sud. En revanche, bien qu'il constitue une dépression fermée, le Bled Selga ne connaît pas de gros problèmes. Sa partie la plus basse a la physionomie d'un *chott* peu salé, précédé, au nord, d'un *maader* (Benazzouz, 2000), mais les risques d'engorgement paraissent nuls ou très limités en raison des possibilités d'infiltration importantes qui rechargent la nappe de l'Eocène inférieur, en cours de rabattement.

En conclusion, pour la ligne d'oasis du Zab Guebli, il existe un risque réel de remontée de la nappe phréatique, comme à El Oued, si on ne règle pas le problème de l'assainissement des oasis d'amont, spécialement à l'aval de Tolga car cette grosse agglomération produit des rejets importants et la distance est faible entre les oasis d'amont et celles d'aval.

A Biskra, les fuites du réseau d'AEP, estimées de 50 % à 76 % des 14 millions m³ distribués annuellement (soit un minimum de 232 l/s), ne paraissent pas provoquer de remontée significative de la nappe phréatique, grâce à l'encaissement de l'oued et à la pente marquée du cône alluvial.

Le problème du Zab Chergui est exactement inverse de celui du Zab Guebli, avec des nappes très profondes expliquant l'absence de sources et la présence d'une nappe phréatique peu abondante qui a longtemps limité la colonisation agricole malgré l'excellence des sols limoneux. Par exemple, à Mzeraa, les forages atteignent une eau légèrement salée, mais assez abondante pour l'irrigation, à des profondeurs de 150 à 300 m. Les nappes moins profondes ne sont pas salées mais ont des débits trop faibles. Dans la partie méridionale, il n'existe pas de risques de remontée de la nappe phréatique à El Haouch, alimentée par les oueds Biskra et Djedi ; le forage d'un puits à 1200 m, (voire 2000 m), dans le Continental intercalaire, demandé par le président de l'APC, ne devrait pas l'accroître.

Une situation contrôlée à Touggourt

La prise de conscience des problèmes posés par la remontée de la nappe phréatique a été ici nettement plus précoce qu'à El Oued et l'utilisation des possibilités de drainage naturel par l'oued Rhir vers le chott Merouane a permis une stabilisation de la situation.

Dans l'Oued Rhir, dès les années 1970, une grande partie de la nappe phréatique provient des fuites des forages profonds (Nesson, 1975). En 2001, on estimait les fuites à au moins 50 % du débit théorique des forages profonds, soit environ 200 l/s (EDEMIA). La nappe phréatique est ainsi rechargée par les fuites de l'AEP mais aussi par celles de l'assainissement qui collecte 95 % des eaux usées.

Les premières études lancées dès 1974 ont permis l'achèvement du réseau de drainage et du grand drain en 1984. Depuis, tout le fonctionnement hydraulique de l'Oued Rhir repose sur ce grand canal, qui dirige les eaux de drainage vers le chott Merouane (cote - 31 m) sur une centaine de kilomètres de Blidet Amor au sud (cote + 100 m) à Mghaier au N. Cette pente est suffisante pour que le réseau de drains maintienne le toit de la nappe entre 1,2 m et 1,5 m en dessous de la surface, lorsque les fossés d'écoulement sont bien entretenus (Dubost, Moguedet, 2002). Au niveau de Touggourt, la nappe phréatique montait jusqu'à 0,50 m sous la surface topographique avant la mise en place d'un réseau à peu près complet de conduites de drainage poreuses, à partir de 1980, en direction du grand drain, ce qui a abaissé le niveau à 1 m.

Dans la ville, les conséquences se limitent à l'humidité des murs dans les anciens quartiers mal viabilisés, dont le réseau d'assainissement présente une étanchéité médiocre. Hors de la ville, toute fuite importante et prolongée d'une canalisation peut provoquer une inondation persistant plusieurs mois dans les points bas, comme ce fut le cas au sud de Nezla, à l'automne 2001, attirant cigognes et aigrettes.

Plus à l'aval, à Djamaa, à Tigdidine, à Mazer, au pied d'Aïn Choucha la nappe est à faible profondeur et des habitations sont affectées. Un réseau de drainage très partiel, connecté au réseau d'assainissement, a été installé pour protéger certaines constructions étatiques.

A l'amont, Blidet Amor et El Goug n'ont pas ce type de problème, grâce à l'évacuation par le grand drain, et malgré une fourniture surabondante d'eau : 80 l/s pour environ 30 000 habitants, soit théoriquement 230 l/p/j, preuve de fuites également considérables.

Comparaison avec Ouargla

Le temps consacré aux problèmes de Ouargla a été trop bref, et en fin d'étude, pour permettre un diagnostic précis. Là, le processus est plus lent mais tout aussi envahissant, et entamé de longue date comme l'ont bien montré M. Rouvillois-Brigol (1975) et T. Idder (1997).

On a pu déterminer un niveau hydrostatique supérieur de 20 mètres au niveau actuel pour le 12^e siècle, époque d'abandon de l'oasis de Sedrata : en effet, des puits artésiens alimentaient cette oasis dont l'altitude est supérieure de 10 mètres à celle de Ouargla (Nesson, 1975). Pour une période aussi éloignée dans le temps, la compréhension de la baisse du niveau de la nappe ne doit pas négliger, a priori, les fluctuations climatiques telles l'Optimum Médiéval ou le Petit Age Glaciaire, bien connus en Europe.

En fait les deux situations ne sont pas vraiment comparables car El Oued se situe très loin du niveau de base (80 km) et la pente qui l'en sépare est de l'ordre de 1 pour mille, alors que Ouargla est au bord d'une *sebkha* – niveau de base. Il arrive que la route soit coupée pendant 2 à 3 jours, suite aux rejets des eaux usées dans la *sebkha*. Comme partout, la remontée de la nappe phréatique est attribuée par les services techniques au gaspillage de l'eau par les usagers. Cependant, l'accumulation du *ksar* sur lui-même, ainsi que le révèle l'architecture de la mosquée ibadite, limite les conséquences de la remontée de la nappe phréatique.

Une solution, radicale mais utopique, proposée par certains responsables des services techniques, pourrait être l'arrêt de l'expansion de la ville.

Le cas exemplaire d'El Oued

C'est pour le Souf, en général, et l'agglomération d'El Oued en particulier, que la situation est la plus grave - et aussi la plus étudiée depuis une dizaine d'années. Ici, en conditions naturelles, la nappe est alimentée surtout par les précipitations des rares fortes pluies qui tombent sur le Grand Erg Oriental. A ces occasions, l'eau peut se rassembler dans les couloirs interdunaires et former des mares dont l'eau s'infiltre ensuite lentement. Cette nappe non potable (3 g/l), comporte des nitrates.

La remontée de la nappe phréatique met en péril les cultures pratiquées dans les *ghouts*, l'habitabilité de certains quartiers et, plus généralement, transforme totalement certains géofaciès. En 2000, les 65 *ghouts* urbains d'El Oued auraient été plus ou moins inondés. Sur les 9562 *ghouts* de la wilaya, 915 étaient inondés et 2100 humides. Des logements précaires, en matériaux traditionnels, se dégradent. Des *ghouts* inondés deviennent des lieux de nouvelles décharges sauvages. L'inondation des *ghouts* produit un changement radical de géofaciès qui augmente la biodiversité mais provoque une aggravation considérable des conditions de vie de la population (moustiques, maladies).

Les premières indications de fluctuations de la nappe phréatique sont notées dès la fin du 19^e siècle (Reclus, 1886 ; Nesson, 1975). Quelques dizaines d'années plus tard, le niveau s'est abaissé nettement, quoi que de manière inégale et peut-être plus rapidement à partir de 1940 (Bataillon 1955). Dans les années 1960, l'abaissement, faible ou nul sur la bordure méridionale, atteint 50 centimètres au sud d'El Oued, 1 mètre près de la ville, 1,50 m vers Kouinine, 1,80 m à Guemar et plus de 2 m à proximité de Reguiba. Les palmiers sont les

premiers à souffrir de cet abaissement. Pour Nesson, les causes provenaient de l'augmentation du nombre de ghouts nécessitée par l'augmentation très importante de la population, du développement des cultures irriguées secondaires, d'une diminution de l'alimentation par suite d'une série d'années sèches, et du ralentissement de la circulation de la nappe phréatique en raison du développement des concrétions gypseuses que la phoeniciculture provoque. A l'exception de cette dernière, dont les observations récentes montrent qu'elle n'intervient pas parce que trop superficielle (Ballais *et al.*, 2001), les autres causes paraissent exactes.

Au début de la deuxième moitié du 20^e siècle, la nappe phréatique se localisait donc une quinzaine de mètres sous la surface topographique et son débit prélevé par l'évapo-transpiration des palmiers, difficile à évaluer, était estimé à 1 m³/s (Nesson, 1975). Cette baisse du niveau est, au moins en partie, à l'origine des premiers forages effectués en 1956 dans la nappe du CT. La distribution de l'eau dans la ville d'El Oued aurait débuté en 1962 (Rammal). Le premier forage dans la nappe du Continental intercalaire pour l'eau potable, date de 1980.

Cependant, sous forme d'une note infrapaginale ajoutée en novembre 1974, Nesson (1975) signale la remontée importante de la nappe depuis quelques années, à El Oued et dans les environs immédiats, remontée qui provoque la mort de nombreux palmiers. Il y voit deux causes : les pluies exceptionnelles de l'automne 1969 (Tihay, 1972) et surtout l'accroissement des rejets d'eaux usées dans la ville d'El Oued car la remontée ne semblait pas affecter tout le Souf. Il est vraisemblable que les pluies exceptionnelles de l'automne 1969 aient joué un rôle, provisoire, dans cette remontée car des témoignages oraux font état, à l'aval d'El Oued (oued Melah), d'une remontée de 2 m de la nappe phréatique. L'apparition des premières traces d'humidité est confirmée par la DHW, qui signale que les premières nappes d'eau dans les *ghouts* sont apparues en 1980. En revanche, selon Rammal, les premières remontées apparaissent dans le quartier du Chott vers 1970. En 1992, une étude complète est effectuée par l'ANRH.

L'étude en cours par des bureaux d'études algérien et suisse, appuyée sur des mesures piézométriques, permet de suivre partiellement l'évolution depuis mars 1993 (HPO-BG, 2002). En 9 années, le niveau de la nappe s'est nettement abaissé dans les zones agricoles, de 1,7 m à Oued Turk jusqu'à 5,8 m au nord-est de Guemar, les exceptions correspondant à des plantations irriguées. Dans les villes, l'absence de mesures à la fin du 20^e siècle limite les conclusions, mais le recours aux anomalies résiduelles met en évidence des remontées spectaculaires : dans 12 des 18 chefs-lieux de communes, les anomalies sont positives, variant de 2 m à Hassani à 14 m à El Oued ! Les chefs-lieux de commune qui ne présentent pas d'anomalies positives le doivent à une forte activité agricole, ou/et à une restriction dans la dotation en eau à partir des forages profonds (HPO-BG, 2002). C'est ainsi que dans la ville d'El Oued, la

remontée de la nappe s'est poursuivie pendant l'été 2001 (plus 50 cm), en particulier à proximité de *ghouts* récemment remblayés. La variation des niveaux piézométriques entre avril 2001 et avril 2002 prolonge les tendances précédentes : la montée se confirme dans les zones les plus urbanisées (0,60 m à Reguiba, 0,40 m à El Oued) et l'abaissement continue en zone agricole au nord d'El Oued (2,2 m à l'est de Zgoum, 2,4 m au NE de Guemar). Enfin, les montées liées aux rejets d'El Oued et aux palmeraies irriguées se confirment (HPO-BG, 2002). C'est ainsi que, dans la cité de Sidi Mestour à El Oued, tous les points bas sont très humides en novembre et qu'alors qu'une seule maison était inondée en 2001, 6 ou 7 le sont à l'automne 2002. A proximité, le *ghout* remblayé, utilisé pour le marché en 2001, est inondé fin octobre 2002.

« Si rien n'est entrepris, dans la majorité des cas, les anomalies positives et négatives de la nappe phréatique ne feront que s'accroître. Le phénomène de remontée dans les zones urbaines, les plantations irriguées par forages, et au niveau des rejets, ne fera que s'amplifier » (HPO-BG, 2002).

Pour l'administration (Wilaya, DHW, etc.), la cause de la remontée de la nappe phréatique ne fait pas de doute : c'est le rejet des eaux usées dans la ville et le gaspillage de l'eau par la population urbaine qui en sont la cause. Actuellement, à El Oued, l'assainissement ne représente que 4,6 % des rejets urbains. En octobre 2002, l'administration croyait encore que le niveau de la nappe était stabilisé et son élévation à Sidi Mestour était attribuée à la surconsommation d'eau. Cependant, il apparaît clairement que la cause réelle de l'élévation du niveau de la nappe phréatique est beaucoup plus liée aux fuites à tous les niveaux, depuis les forages jusqu'aux robinets des particuliers, plus



Figure n° 24 : La remontée de la nappe.

Ghout envahi par les roseaux, palmiers morts (Bayadha), photo M. Côte, 2002.

qu'au gaspillage des ménages et aux rejets d'eaux usées, même si un bilan de la nappe phréatique reste difficile à établir, faute de données suffisamment fiables. Par exemple, on ne connaît pas les volumes pompés dans cette nappe pour l'irrigation (DHW El Oued). Cependant, on estime à 36 % du débit la perte par fuite rien qu'entre les forages et les réservoirs de stockage, et des pertes sont prouvées à partir du réseau d'AEP par la diminution anormale de la conductivité dans plusieurs zones (Arfsi, entre Hassi Khalifa, Magrane et Debila).

Si la pente de la nappe est de 0,6 pour mille au sud, 1 pour mille vers El Oued et 2,2 pour mille à l'extrémité NO du Souf (HPO-BG, 2002), la vitesse d'écoulement de la nappe phréatique a été estimée à 31 m/an par l'ANRH, mais ce résultat demande à être confirmé. Elle serait globalement proportionnelle à la pente de la nappe mais elle doit atteindre son maximum dans les sables meubles, qu'ils soient quartzeux ou gypseux (Castany, 1967). Les niveaux concrétionnés, en revanche, sont de nature à la ralentir. Ce ralentissement est renforcé par la disposition transversale à perpendiculaire de ces niveaux par rapport à l'axe SN d'écoulement de la nappe. C'est ainsi que le principal axe des concrétions gypseuses sous sable, orienté SO-NE, passe juste au nord d'El Oued, ou encore que le grès, qui affleure au N, où la nappe se rapproche de la surface topographique, est orienté OE, perpendiculairement à l'écoulement. Par ailleurs, la partie centrale est constituée de grès sous quelques mètres de sable, ce qui ne doit permettre qu'une faible vitesse de la nappe.

En conclusion, la nappe phréatique superficielle doit présenter des vitesses très lentes, d'abord parce qu'elle circule partie dans des sables, partie dans des grès, ensuite parce qu'elle est ralentie par les concrétions gypseuses phréatiques à l'aval d'El Oued, et enfin parce que les affleurements de grès d'aval la freinent encore.

Si on compare la carte de la remontée de la nappe à celles des formations sableuses sur grès, on constate, à l'exception de l'ensemble Oued el Allenda - Mih Ouensa, une excellente coïncidence. Elle pourrait indiquer le rôle important joué par le ralentissement de l'écoulement de la nappe phréatique par le grès.

Le cas de la région de Taïbet : un petit Souf

La remontée de la nappe phréatique dans la région de Taïbet est particulièrement intéressante car elle se produit très à l'amont d'El Oued et dans un espace peu urbanisé. Elle peut donc permettre de tester l'affirmation des responsables qui, presque unanimement, accusent la surconsommation des ménages.

En octobre 2001, de nombreux *ghouts* envahis par les roseaux s'observaient le long de la route El Oued - Touggourt, sans rapport avec la remontée de la nappe phréatique d'El Oued, environ 80 km plus au NE. En octobre 2002, le cimetière de M'Nagueur lui-même est abandonné car devenu trop humide. Des salsolacées se développent autour de flaques dans les dépressions interdunaires.

Selon la Daïra, la remontée se produit surtout autour des agglomérations de Taïbet et de M'Nagueur, en raison de la proximité de châteaux d'eau alimentés par la nappe de l'Albien.

Les services de l'Hydraulique confirment cette hypothèse : la remontée de la nappe suit immédiatement la réalisation du premier forage dans la nappe albienne (débit : 250 l/s) en 1989. Dès 1989, des lotissements achevés à Taïbet en 1987 sont affectés par la remontée de la nappe : l'humidité imprègne les murs. Environ 300 habitations traditionnelles en *louss* se seraient effondrées et les propriétaires les moins pauvres les ont reconstruites en matériaux modernes. De grandes flaques sont apparues dans la ville, en face de la mairie par exemple (OPGI). La remontée est surtout perceptible ces dernières années et se poursuit. Il y a actuellement 18 forages dans la nappe du CT débitant 897 l/s, dont 9 en service (1 seul pour l'AEP, débitant 10 l/s et desservant 80 % des foyers de la ville) et 8 pour l'irrigation (5 au nord, 3 au centre de la daïra). Le premier date de 1976, les autres à partir de 1986. L'assainissement total, succédant à des assainissements partiels, vient d'être réalisé à Taïbet et le rejet des eaux usées se fait à 3 km, vers l'O. On peut estimer son débit (avec un tuyau de 400 mm) à environ 25 l/s. Il reste cependant encore de nombreux puits perdus. Le début de mise en place de l'assainissement a d'abord fait baisser le niveau de la nappe, surtout au bout de deux ans où elle est redescendue entre 1 et 2 m de profondeur. Cet abaissement a produit des tassements et des fissurations de plusieurs



**Figure n° 25 : Habitat traditionnel à coupoles ;
humidité remontant jusqu'aux fondations des maisons (Taïbet).**

Photo J-L. Ballais, 2002

immeubles, qui ont alors été abandonnés par leurs occupants. Le béton a été affecté par l'haloclastie. Le forage de 1989 présente des fuites estimées à 10 %, les forages abandonnés en seraient exempts. Les conduites seraient en bon état quoique entartées et les fuites limitées à 10 %, ce qui paraît optimiste. Ces éléments permettent aux responsables de conclure : la remontée de la nappe phréatique suit immédiatement la mise en service du forage dans la nappe de l'Albien, donc elle est due à la surconsommation des ménages.

Un calcul simple montre la faible probabilité de cette cause. En effet, au total, le volume d'eau fourni pour les ménages atteindrait 22 464 000 l/j, soit pour une population estimée à 45 000 habitants, 500 l/p/j, chiffre évidemment très supérieur à la consommation réelle. Comme à El Oued, ce sont donc les pertes entre les forages et les robinets des ménages, d'une part, et les infiltrations des eaux d'irrigation, d'autre part, qui suralimentent la nappe phréatique.

Des solutions

À la fin octobre 2002, et dans l'attente des résultats de l'étude en cours, les décisions stratégiques n'étaient pas encore prises.

Dans l'agglomération d'El Oued, un comblement des *ghouts* a été entrepris, dès 1974 selon Rammal, avec du sable emprunté aux dunes proches, en particulier celles qui ont été nivelées pour être loties sur la route de Tébessa. Mais son coût très élevé en ralentit le rythme. À l'automne 2002, 80 % des *ghouts* urbains auraient été remblayés à 2 m au-dessus du niveau de la nappe. Ce comblement doit provoquer une remontée de la nappe phréatique (par réajustement de la nappe, arrêt de l'évapo-transpiration des plantes cultivées et de l'évaporation sur la nappe d'eau libre, partiellement compensées par l'accroissement de l'évaporation par l'intermédiaire de la capillarité ce qui, globalement, doit diminuer la salinité de la nappe), qui aggrave le problème. Cependant, cette remontée, dont l'importance est très difficilement calculable faute de données, doit être peu importante et ne peut pas être totalement responsable de l'accroissement de la zone inondée dans le quartier de Sidi Mestour entre 2001 et 2002.

À moyen terme, HPO-BG (2002) préconise un pompage dans les parties hautes de la nappe, donc en milieu urbain, et une réinjection de ces volumes dans les zones agricoles à nappe déprimée. Ce transfert devrait s'accompagner de la mise en place d'un réseau d'assainissement-drainage. Cette mise en place, très positive, se heurterait cependant à plusieurs difficultés géotechniques. La première est le caractère sableux du substratum. Quand ce sable est meuble, ce qui serait le cas sous la ville d'El Oued (Beauzée, 1952, confirmé par la DHW), il pose de sérieux problèmes de stabilité pour les tranchées et les fondations (quand elles existent). En revanche, s'il est induré par un encroûtement gypseux, il présente une résistance mécanique suffisante. Le plan du réseau d'assainissement est maintenant approuvé, mais il faudra un minimum de 8 à 10 ans pour le réaliser.

Une station d'épuration est d'autant plus nécessaire si la stratégie consiste à réalimenter les zones agricoles. Selon le modèle proposé par Dubost et Maguedet (2002), les eaux usées urbaines d'une ville de 50 000 habitants peuvent irriguer 300 ha d'agriculture intensive. Le lagunage, peu onéreux, écologique et efficace, constitue probablement la meilleure solution.

Dans l'hypothèse d'une évacuation des eaux usées vers le chott Melrhir, et sous réserve des calculs des débits, l'évolution devrait s'apparenter étroitement à celle du chott Mérouane, au débouché du grand drain de l'oued Rhir : la disproportion entre l'énormité du volume du *chott* et les débits apportés ne devrait pas modifier le bilan hydrologique de manière significative. En revanche, la qualité de l'eau (salinité, caractéristiques bactériologiques) peut constituer un obstacle décisif à cette solution.

En fait, dans la situation actuelle, en tenant compte de la réalité des lenteurs d'origine diverse, la meilleure solution relèverait du génie écologique. Il s'agirait de planter rapidement plusieurs milliers d'eucalyptus, en choisissant l'espèce la mieux adaptée au climat et aux conditions édaphiques, en particulier celle qui exige les quantités d'eau les plus importantes, extraites de la nappe phréatique. Il serait ainsi possible, à condition que cette solution soit acceptée par la population, de «pomper» chaque jour de l'ordre d'un millier de mètres cubes. Le bois d'eucalyptus est de médiocre qualité mais il constitue un combustible bon marché et l'ombrage des arbres devrait être apprécié. Dans l'attente d'une solution durable, la plantation massive d'eucalyptus représente une solution d'attente peu coûteuse et efficace. On peut craindre cependant que, trop éloignée des méthodes lourdes actuellement privilégiées, elle ne retienne pas l'attention qu'elle mérite.