

L'eau en 2050 : Stress et résilience

Par Mohamed Ennabli

Dans le domaine de l'eau, aujourd'hui, une certitude s'impose : La demande est en croissance continue alors que la ressource semble plafonner.

C'est une situation de tension qui interpelle le politique et, à l'horizon 2050, le risque de pénurie nécessitera de concilier rationalité économique et équité sociale, développement et préservation du milieu.

L'eau ayant un caractère « fini » dans les limites du territoire, seule une comptabilité revisitée sérieuse des ressources et des utilisations de l'eau permettrait d'asseoir un diagnostic approfondi de la situation à même d'ouvrir de nouvelles perspectives visant aussi bien la durabilité du développement que la résilience de la ressource.

L'exercice gagnerait en crédibilité dans la mesure où seraient explicités, de façon rationnelle et cohérente, tous les concepts et indicateurs utilisés pour apprécier les différentes dimensions de la confrontation de l'offre et de la demande, dans le contexte de la zone aride et du changement climatique prévisible.

I. De la pertinence relative de certains indicateurs

1) Le concept de pénurie

Le manque d'eau est généralement exprimé par le concept de « **pénurie** », lequel peut avoir différentes significations et différents degrés de gravité. Il en est ainsi de :

- La « pénurie prévisionnelle » qui traduit un défaut de mobilisation de la ressource plus que sa rareté.
- La « pénurie conjoncturelle » liée à la part variable et aléatoire de la ressource, défaillante durant les périodes de sécheresse plus ou moins prolongées.
- La « pénurie structurelle » qui advient lorsque la consommation devient du même ordre de grandeur que la ressource en eau renouvelable. C'est cette « pénurie structurelle » permanente qui doit nous préoccuper car, dans la zone aride où nous sommes, elle répond à des défaillances chroniques et pour ainsi dire « normales » qui constituent un facteur limitant vis à vis du développement économique et imposent de réserver les ressources aux objectifs jugés prioritaires

2) Les « ressources en eau par habitant »

Les ressources en eau par habitant à une date donnée (en m³/an/hab) est l'indicateur généralement utilisé à l'échelle internationale pour traduire la richesse ou la pauvreté par rapport au seuil de pauvreté en eau fixé à 1000 m³/an/hab et au seuil de pénurie en eau fixé à 500 m³/an/hab.

A l'aune de cet indicateur, la Tunisie est d'ores et déjà déclarée en situation de pénurie en eau.

Mais Il ne s'agit cependant là que des « ressources en eau naturelles renouvelables » au sens restreint ou « eaux bleues » qui correspondent à l' « écoulement total annuel moyen », c'est-à-dire à l'ensemble des ressources en eau superficielles (2700 Mm³ / an) et en eau souterraines (2100 Mm³ / an). Soit au total 4800 Mm³ / an.

Cette expression exclut :

- Les « ressources en eau non renouvelables » estimées exploitables, de l'ordre de 650 M m³ / an (15% à partir du Continental Intercalaire et 85% à partir du Continental Terminal)
- Les « ressources en eau non conventionnelles » en termes de capacité de production d'eau douce par dessalement et de traitement des eaux usées.
- Les « ressources en eau pluviales » ou « eaux vertes » qui correspondent à la composante utile de l'évapotranspiration réelle, celle qui entretient le couvert forestier (4000 Mm³ / an), les pâturages (6000 Mm³ / an), ainsi que toutes les cultures en sec (13000 Mm³ / an), soit au total : 23000 Mm³ / an.

Ainsi, l'expression « ressources en eau par habitant » à une date donnée ne concerne qu'une faible proportion de la totalité de la « ressource en eau au sens large » (27800 Mm³ / an).

Elle ne prend pas en considération, en particulier, la part de l'eau verte qui permet la « culture en sec » (13000 Mm³ / an). Elle ne considère que la ressource en eau théoriquement mobilisable pour une utilisation ex-situ (pour l'irrigation, l'eau potable et l'industrie).

Cette ressource est affectée d'un « indice de régularité » de l'ordre de 62,5 % (flux moyen de ressources régulières par rapport au flux moyen de ressources totales) qui exprime que seuls 3000 Mm³ / an sont maîtrisables et accessibles sans aménagement de régularisation.

Elle est aussi affectée d'un « indice d'indépendance » de l'ordre de 80 % (flux moyen de ressources intérieures par rapport au flux moyen de ressources totales) qui exprime le degré de notre autonomie par rapport à l'Algérie concernant les eaux superficielles en particulier.

Ainsi, la « ressource en eau par habitant » à une date donnée, gagnerait en pertinence à être exprimée en termes de ressources intérieures per capita et de ressources régulières per capita.

Le ratio complémentaire « indice d'irrégularité » serait d'ailleurs encore plus significatif à considérer car il donnerait la mesure de la nécessité de régularisation des crues car la capacité utile des barrages est limitée.

L'« indice de capacité régulatrice » comparant la capacité utile des réservoirs de la Tunisie, à une date donnée, au flux moyen annuel irrégulier est un indicateur d'aménagement utile à considérer pour envisager une véritable régularisation pluriannuelle par stockage souterrain des eaux excédentaires

3) L'indice d'exploitation

La confrontation ressource-utilisation, au niveau du gestionnaire de la ressource en relation avec l'offre du milieu naturel, est appréciée par la somme des prélèvements en eau par rapport au flux moyen des ressources naturelles renouvelables.

L'indice d'exploitation des ressources en eau naturelles renouvelables est un indicateur macro-économique de l'intensité de cette utilisation : pression quantitative sur la ressource. Il est d'ores et déjà suffisamment important pour justifier une gestion volontariste et parcimonieuse de l'eau.

Laborieusement calculé et de ce fait assez peu précis, il frôle les 60% pour satisfaire aux demandes sectorielles : eau potable : 13 %, agriculture irriguée : 82 %, industrie : 5 % .

4) L'indice de consommation

Plus significatif que l'indice d'exploitation, il est exprimé par la somme des consommations finales par rapport au flux moyen des ressources naturelles renouvelables totales.

Il révèle la présomption plus ou moins forte de situations critiques, conjoncturelles ou chroniques.

Les « consommations finales » correspondent au solde : prélèvements totaux moins « restitutions aux eaux continentales ».

Ce sont les quantités évapo-transpirées par les usages et celles déversées en mer ou dans les sebkhas.

L'indice de consommation est actuellement de l'ordre de 50 %, sur la base de « retours d'eau », du fait des pertes au niveau de l'approvisionnement total, estimés à 425 millions m³/an à raison de :

- 320 millions m³/an pour l'eau agricole.
- 69 millions m³/an pour l'eau potable.
- 36 millions m³/an pour l'eau industrielle.

En définitive, sur une telle base, pour des ressources en eau naturelles renouvelables potentielles de 4800 Mm³ / an, des prélèvements estimés à 2725 Mm³ / an, des retours d'eau évalués à 425 Mm³ / an, les disponibilités en eau seraient actuellement de l'ordre de 2500 Mm³ / an.

Ces disponibilités limitées invitent à un examen plus approfondi de la question d'autant plus que moins de 50% de cette ressource bénéficient d'une salinité inférieure à 1,5 g / l.

5) L'écoulement total annuel moyen

Les « eaux bleues » totalisent les « ressources en eau potentielles » offertes aux utilisations caprices ex-situ mais qui tiennent compte des contraintes de l'utilisation in-situ (sauvegarde des systèmes naturels) et des contraintes géopolitiques (apports extérieurs).

Leur exploitabilité est liée à la faisabilité de la mobilisation, de l'aménagement, du traitement et à l'acceptabilité socio-économique des efforts à consentir, jugée en fonction des objectifs d'utilisation. Ces critères sont variables. La qualité de l'eau sera un facteur important.

Seront donc, a priori, inexploitable les ressources en eau techniquement non maîtrisables et économiquement non utilisables.

La ressource renouvelable exploitable équivaut, en général, au maximum de production moyenne annuelle possible sans rupture d'équilibre à long terme, compte tenu de toutes les contraintes.

Ce sont les apports d'eau sous la forme de « pluie brute », très variables dans le temps et localisés dans l'espace qui donnent lieu à la « pluie efficace » laquelle a la signification d'un « potentiel d'écoulement » immédiat (ruissellement → eau de surface) ou différé (infiltration → flux souterrain).

C'est ainsi que pour une pluviométrie moyenne annuelle à l'échelle du pays de 36 milliards de m³ / an, les écarts à l'échelle interannuelle peuvent être dans un rapport de 1 à 8, générant 11 milliards de m³ / an seulement en année sèche généralisée et jusqu'à 90 milliards de m³ / an en année fortement pluvieuse.

Ce rapport est cependant de 4,4 dans le Nord du pays et de 15,8 dans le Sud.

De plus, la pluviométrie moyenne annuelle varie en réalité de 100 mm dans l'extrême Sud à 1500 mm dans l'extrême Nord. Elle est en moyenne de 594 mm dans le Nord, de 289 mm dans le Centre et de 156 mm dans le Sud.

De ce fait, le Nord « exoréique », le Centre « endoréique » et le Sud « aréique » n'obéissent guère au même type d'écoulement ni au même régime d'échange eau de surface- eau souterraine.

C'est dire que l'écoulement total annuel moyen perdra ainsi beaucoup de sa pertinence comme indicateur d'apports d'eau et n'aura pas de signification réelle d'une année à l'autre et d'une région à une autre en fonction des aléas pluviométriques qui prévaudront. Et l'évaluation de l'écoulement total durant un cycle pluriannuel (plus ou moins décennal) excédentaire ou déficitaire pluviométriquement sera particulièrement différenciée

6/ La composante aléatoire de la ressource

Ce n'est que lorsque l'indice de consommation finale approche de 100 % que le risque de « surexploitation » et de « pénurie structurelle » devient réel. Dans ce cas extrême, l'ensemble du système ressource- utilisation, se traduit par un solde négatif.

La pénurie peut n'être que « conjoncturelle », liée à la part variable et aléatoire de la ressource. Des sécheresses plus ou moins prolongées peuvent, en effet, survenir, marquées par des probabilités d'occurrence déficitaires créant un risque de défaillance.

Ces incidences agissent ainsi sur les variables déterminantes de la ressource en eau.

Cependant, c'est dans la zone aride et en fonction du degré varié de cette aridité que les inadéquations sont les plus fréquentes entre la ressource qui se raréfie et la demande en eau ainsi que la consommation qui augmentent.

Dans de telles conditions, la pénurie structurelle, permanente, répond à des défaillances chroniques, lesquelles constituent alors un facteur limitant vis-à-vis du développement économique et imposent de gérer au mieux les ressources pour des objectifs jugés prioritaires.

C'est à cette problématique qu'il s'agit de faire face car l'évaluation réaliste de la ressource, devenue rare, devra tenir compte du degré élevé d'incertitude induite par la composante aléatoire des apports. Une partie seulement de l'écoulement total annuel moyen constitue des « ressources régulières ». Elle est de l'ordre de 3000 Mm³ / an. Par ailleurs la capacité utile des barrages est limitée. Elle n'excède vraisemblablement pas les 1500 hm³ (1365 actuellement). L'« indice de capacité régulatrice » comparant la capacité utile des réservoirs du pays, à une date donnée, au flux moyen irrégulier écoulé serait un indicateur d'aménagement utile à établir pour envisager une gestion réellement efficace des crues exceptionnelles en particulier.

Il est certain que l'écoulement total moyen résultant d'une décennie excédentaire est bien plus conséquent que celui résultant d'une décennie déficitaire.

Cela se traduit, dans le premier cas, par un excédent d'apports dépassant la capacité de régulation des barrages et provoquant des inondations catastrophiques, et, dans le second cas, par des sécheresses sévères préjudiciables au développement économique.

II. Perspectives envisageables dans le futur

1. Pour un suivi précis de la comptabilité conjointe des ressources en eau naturelles renouvelables et de leurs utilisations.

Seul un tel suivi permettrait de porter un avis objectif sur la réalité de la situation afin d'envisager sans appréhension l'avenir.

Le « compte conjoint entrée-sortie » des ressources et des utilisations comptabilise les échanges sous forme de transferts et définit les disponibilités théoriques au sens de solde ressources – utilisations en quantité :

- Disponibilité = ressources naturelles renouvelables + retours d'eau – prélèvements.
- Disponibilité = ressources naturelles renouvelables – consommation finale.

Les différentes étapes du circuit d'utilisation sont :

- Les « prélèvements » détournés du système naturel de ressources.
- Les « retours d'eau » en termes de pertes et de fuites diverses.
- Les « consommations finales » (prélèvements – retours d'eau).
- Les « consommations nettes » par usage, c.à.d. acquises, utilisées et non rejetées par les usagers (collectivités, industrie, agriculture irriguée).

La quantification des prélèvements et des demandes se fait par enquêtes ou sur la base des facteurs de la demande, c.à.d. des besoins unitaires admis.

La détermination précise des demandes en eau doit se baser sur des besoins réels et des normes d'usage adéquates afin que toute prospective ne se traduise pas par des surestimations inopportunes.

2. Pour une « gestion de la demande en eau ».

Une telle gestion vise à réduire à la fois les « inutilisations » d'eau prélevée et les « mauvaises utilisations », c.à.d. les « gaspillages » du point de vue aussi bien physique qu'économique.

Il s'agira de lutter contre les « surconsommations », d'adapter au mieux les demandes aux conditions des offres et de favoriser les demandes les plus valorisantes.

Cela implique :

- de faire des économies d'eau à chacune des étapes du transport, du stockage et de l'usage.
- de favoriser la « réutilisation ».
- de planifier l'allocation sectorielle des ressources suivant des critères socio-économiques qui influent la demande en eau.

De nombreux « défauts », de diverses natures, nécessitent la mise en œuvre de différents instruments technologiques, économiques et financiers ainsi qu'une analyse de leur faisabilité.

Les quantités d'eau perdues ou gaspillées forment un « gisement inexploité » important à prendre en considération car techniquement possible et moins coûteux que d'autres solutions d'approvisionnement en eau.

3. Pour une régulation pluriannuelle de la ressource en eau.

Lorsque, durant les périodes de sécheresse, le déficit des apports minimise l'importance de la « réserve régulatrice » annuelle de la nappe phréatique (quantité d'eau gravitaire contenue dans la zone de fluctuation), l'exploitation peut se poursuivre en puisant dans la « réserve permanente » qui représente la part supposée non renouvelée de la « réserve totale » de la nappe (quantité d'eau gravitaire contenue entre le substratum et la surface piézométrique maximale moyenne).

Ainsi, lorsque la réserve régulatrice annuelle, équivalente au débit d'écoulement annuel, s'avère momentanément insuffisante, la sollicitation du stock d'eau que représente la réserve permanente est légitime si elle ne dure qu'un temps, dans la mesure où, généralement, cette réserve est d'un tout autre ordre de grandeur que celle de la réserve régulatrice et qu'elle peut se reconstituer durant les périodes d'excédent pluviométrique à venir.

C'est, en l'occurrence, le « taux de renouvellement » de la nappe exploitée qui permet d'appréhender la relation entre la réserve totale moyenne et le flux moyen qui la traverse, permettant de définir la durée moyenne du renouvellement (temps théoriquement nécessaire pour que le volume cumulé de l'alimentation soit égal à la réserve totale moyenne, en années).

Ce prélèvement temporaire contrôlé qui consiste à « amplifier » volontairement le jeu régulateur naturel des variations de stock des nappes n'est pas à proprement parler une « surexploitation ».

En effet, les aquifères sont à la fois des conducteurs et des réservoirs. Les réserves sont de dizaines de fois supérieures aux volumes moyens annuels de leur alimentation.

La mise en œuvre d'une utilisation, plus dynamique et volontaire, des réservoirs aquifères est possible qui implique certains préjudices locaux (abaissement de niveaux), mais un bénéfice global en termes de production d'eau plus ample et modulée. Cela est de nature à pallier les défaillances d'apport en année sèche, la compensation de cette « surexploitation temporaire » se faisant durant les années humides.

La vraie « surexploitation », non contrôlée, correspond à toute surexploitation avérée, considérée comme gestion défectueuse à proscrire dans la mesure où elle excède le captage de la partie du flux global moyen des nappes, partie dont le maximum a été défini par souci de ne pas rompre l'équilibre dynamique afin de préserver les productivités initiales des ouvrages d'exploitation et de conserver les débits des émergences naturelles.

4. Pour une « gestion intégrée eau de surface-eau souterraine » valorisant les fortes crues.

La « hauteur de fluctuation » des nappes, différence entre les niveaux extrêmes d'une période définie (« cycle de fluctuation »), n'est réellement significative qu'à l'échelle pluriannuelle.

Les fluctuations de niveau font, en effet, varier la « capacité » de l'aquifère, c.à.d. sa contenance en « eau gravitaire », en fonction du volume total de roche saturée. Et, pour tenir compte des périodes d'excédent pluviométrique et des périodes de sécheresse, la hauteur de fluctuation doit se rapporter à un cycle de fluctuation de durée suffisante, soit une vingtaine d'années au minimum.

La rareté et l'irrégularité des apports, consécutifs à des épisodes pluvieux, confèrent une importance fondamentale à la capacité régulatrice pluriannuelle des réservoirs, permettant une exploitation entretenue durant de longues périodes de sécheresse entre deux apports.

En zone aride, c'est sur les ressources régulières, constituées par les eaux souterraines, que repose la sécurité de l'approvisionnement.

Les crues sont des ressources irrégulières. Leur transit par un aquifère dont elles renforceraient le potentiel, leur confèrerait le caractère de permanence qui leur manque.

Ainsi, le rôle essentiel des barrages serait de rendre possible le travail régulateur des nappes et non pas uniquement de se substituer à elles.

Les barrages n'en restent pas moins absolument nécessaires, d'une part parce qu'ils apportent la sécurité indispensable à la mise en valeur des zones sujettes aux inondations brutales, mais aussi parce que l'eau maîtrisée est beaucoup plus facile à gérer que l'eau de crue.

A l'échelle pluriannuelle, durant les périodes excédentaires, les barrages devraient avoir, comme premier objectif, de retenir les crues en vue de la recharge des nappes, par infiltration planifiée, dans le lit des oueds, au droit de « secteurs infiltrants » identifiés.

Une telle approche a le grand avantage de renforcer le stockage souterrain durant les périodes d'excédent pluviométrique.

Le principe d'une gestion intégrée eau de surface-eau souterraine permettrait, si l'infrastructure existe, d'accéder à un haut degré de valorisation des investissements déjà faits en augmentant les ressources régularisées mobilisables, au détriment des eaux de crues perdues en mer ou dans les dépressions endoréiques.

Le renforcement de l'infiltration au bénéfice des nappes permet de reporter l'excédent pluviométrique des périodes humides vers les périodes sèches à venir afin de pouvoir atténuer l'impact du déficit pluviométrique en ayant recours au pompage de nappes préalablement suralimentées.

Lorsque l'écoulement de surface dépasse de beaucoup la capacité des retenues de barrage permettant l'utilisation gravitaire de l'eau ainsi stockée, il y a manifestement intérêt à augmenter l'infiltration de l'eau afin d'accroître la « Réserve Facilement Utilisable » du sol et, au-delà, l'« infiltration efficace » qui renforce l'alimentation des nappes.

La principale difficulté à l'infiltration est l'incompatibilité trop fréquente de l'intensité pluviométrique de l'averse avec la « capacité d'infiltration » locale du sol.

Le « ruissellement d'intensité » qui en résulte nécessitera, pour s'infiltrer, la maîtrise de l'écoulement généré afin de lui donner le temps indispensable pour surmonter cette difficulté.

La recharge artificielle des nappes, par les tronçons infiltrants des lits d'oueds, présente les plus grandes garanties de succès à grande échelle, l'eau à infiltrer y étant directement amenée, gravitairement, à partir d'un barrage, à un débit compatible avec la capacité d'infiltration du lit, les seules variables conditionnant le rendement étant le linéaire disponible et le temps imparti. C'est la seule alternative aussi qui minimise, si elle n'annule, le colmatage éventuel par les Matières En Suspension.

Afin de donner toutes ses chances à cet instrument de régénération des nappes surexploitées et de régularisation pluriannuelle des eaux de surface excédentaires, par les nappes souterraines, il serait pertinent d'approfondir les conditions optimales de sa mise en œuvre, en fonction des opportunités qui se présentent et des contraintes objectives à prendre en considération afin de maximiser les bénéfices à en attendre.

5. Pour un recours raisonné aux ressources en eau non renouvelables.

C'est le cas, lorsque le « taux de renouvellement » est inférieur ou égal à 0,01.

Elles se traduisent par un volume d'eau que l'on peut convertir en flux moyen temporaire en le rapportant à une durée d'exploitation « minière » à choisir.

Non renouvelables, ces ressources ne sont pas additives aux ressources renouvelables. L'expression de ces ressources, en volume d'eau total extractible indépendamment du temps et des dispositifs d'exploitation, est irréaliste et risque de fausser les idées.

La viabilité des stratégies d'exploitation, à long terme en régime de non-équilibre (couple débit-durée) avant épuisement, est appréciée par des modèles de simulation numérique performants. Leur mobilisation implique un sérieux contrôle de l'évolution des pressions.

La gestion patrimoniale de la pression sera l'élément clé, dans ce contexte particulier, le choix adéquat étant entre les deux alternatives :

- Soit intensifier la production d'eau, à court ou moyen terme, pour la génération présente.
- Soit faire durer plus longtemps l'exploitation en modérant la production, pour la partager avec quelques générations futures, mais en modérant alors les utilisations.

Les ressources en eau non renouvelables, exploitables, peuvent être exprimées :

- par un volume d'eau productible, en référence à un horizon fixé, converti en production moyenne annuelle au cours de la durée correspondante, ou
- par un volume d'eau total extractible, en référence à un abaissement régional maximal admissible en stade final.

Solliciter ces ressources fossiles pour stimuler, au départ, un développement économique implique, ensuite, la prise en charge de l'utilisation par d'autres ressources car l'exploitation minière des nappes profondes fossiles, accessibles, n'est pas durable.

6. Pour une gestion efficace de la qualité des ressources en eau.

Les « besoins en qualité » dépendent des usages et s'expriment par des contraintes relatives à des normes à respecter afin d'aboutir à un degré d'efficacité acceptable pour l'utilisateur. L'expression de ce besoin n'est cependant pas indépendante des offres en qualité et donc des conditions naturelles.

Les « demandes en qualité » dépendent des possibilités de traiter l'eau pour modifier ses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques et les rendre conformes aux normes d'usage.

Il arrive souvent que la demande en qualité soit, faute de mieux, inférieure aux besoins. Il faut cependant veiller à ne point gaspiller l'eau de bonne qualité lorsque la demande en qualité est supérieure aux besoins, du fait généralement de l'unicité du mode d'approvisionnement et / ou de l'origine de la ressource, lorsque le même utilisateur poursuit des objectifs différents.

Les utilisations correspondent à des « usages » et sont généralement classées en 4 grandes « catégories » :

- L'utilisation domestique, individuelle et collective.
- L'utilisation agricole pour la production animale et végétale.
- L'utilisation industrielle et commerciale
- L'utilisation municipale et publique.

La demande de qualité est définie à partir de 4 paramètres (conductivité, dureté, chlore, capacité d'adsorption du sodium) et de la concentration en sels.

Ainsi, la demande en qualité pourra être confrontée à l'offre de qualité afin de tirer le meilleur parti des ressources disponibles sachant que seuls 47 % du total des ressources en eau naturelles renouvelables titrent moins de 1,5 g/l.

7. Pour une réutilisation intégrale de toutes les eaux usées traitées.

Le développement de cette réutilisation doit faire l'objet d'une stratégie englobant tous les aspects institutionnels, techniques, socio-économiques, financiers et environnementaux.

Elle doit être celle de tous les acteurs, économiquement et financièrement justifiée et viable, afin d'être durable.

Elle doit être considérée comme un instrument de mobilisation d'un bien économique et d'une ressource, surtout si l'eau usée subit le « traitement complémentaire » devenu nécessaire par rapport au traitement biologique standard.

Elle devra se faire dans le respect de l'environnement et sans risque pour la santé publique.

Le recouvrement des coûts doit respecter les principes d'équité entre les gestionnaires des eaux usées traitées et les utilisateurs.

Le rejet des eaux usées, par des émissaires en mer, est une option déraisonnable qui ne se justifie que faute de mieux. La généralisation du traitement complémentaire, à toutes les stations d'épuration, qui permettrait une réutilisation, sans contraintes et sans risques, de cette ressource, en agriculture, est une alternative urgente à mettre en œuvre.

Elle nécessitera cependant des solutions adaptées au stockage inter-saisonnier pour concilier l'offre, à volume constant, des stations d'épuration à une demande agricole variable avec les saisons.

8. Pour un recours calculé au dessalement à grande échelle.

Les technologies de désalinisation des eaux continentales saumâtres et de l'eau marine se développent à travers les procédés membranaires (osmose inverse, électrodialyse) et thermiques (distillation à effets multiples, compression de vapeur, évaporation à étages multiples).

- Modulaires, moins énergivores (1 à 8 kwh/m³) et adaptables à tous les besoins, ce sont les premiers qui se développent le plus à cause de la souplesse de leur gestion.
- Plus énergivores (7 à 15 kwh/m³), les seconds sont cependant avantageux pour les grandes capacités.

Les critères de choix du procédé sont la disponibilité de l'énergie, la taille de l'installation, la qualité de l'eau brute, le coût de l'investissement et de la production.

Le dessalement pourra, certainement, contribuer à atténuer le stress hydrique dans les villes côtières soumises au croit démographique. Son coût d'exploitation posera problème cependant, tant qu'une percée technologique n'aura pas permis d'avoir recours au solaire ou à l'éolien pour économiser l'énergie fossile.

Un appel au dessalement des eaux saumâtres, à la mesure de l'augmentation de la demande en eau potable à l'intérieur du pays et dans le Sud en particulier, est à prévoir.

9. Pour un renforcement maîtrisé de l'infiltration.

C'est l'« infiltration efficace » qui alimente les aquifères. Celle-ci n'a cependant lieu que lorsque la « teneur en eau » du sol dépasse sa « capacité de rétention spécifique », laquelle est tributaire de la capacité d'infiltration de la surface du sol (son « coefficient d'infiltration »).

Cette capacité d'infiltration du sol dépend de différents facteurs tels que la pente du terrain, sa perméabilité, son couvert végétal, ses aménagements de surface. Mais elle dépend aussi, surtout dans la zone aride, de l'intensité de la pluie.

Si, durant une averse, cette intensité demeure supérieure à la capacité d'infiltration du sol, le taux effectif d'infiltration ira en diminuant jusqu'à s'annuler. En résulte un « ruissellement d'intensité » en tant que flux d'eau de surface générant, lors des grosses pluies, des crues dévastatrices.

Dans de telles conditions, le ruissellement contribue bien plus que l'infiltration au « potentiel d'écoulement » et l'excédent par rapport à la capacité des retenues de barrage est évacué en mer ou dans les sebkhas, sans aucun bénéfice ni pour le sol ni pour les aquifères.

Cela n'est cependant pas une fatalité

Au-delà de la réalisation de grands barrages, sur les meilleurs sites du territoire, et de l'utilisation du ruissellement local par des « retenues collinaires », divers aménagements hydrauliques de surface n'ont pas comme finalité le stockage en surface, tels les ouvrages, à pertuis ouvert, qui visent à étaler, dans le temps, le passage des crues, renforçant ainsi la recharge naturelle d'un aquifère sollicité en aval.

Tels aussi, le traitement des talwegs et des bassins versants par les travaux de « Conservation des Eaux et du Sol » qui augmentent l'infiltration et donc le stockage souterrain, l'aménagement des reliefs en terrasses, les enclos « tabias », les levées de terre formant cuvettes, les « meskats », les « jessours » et les épandages de crues.

C'est cependant, au niveau de la Réserve Facilement Utilisable du sol, mobilisable par la plante, que doit se concentrer l'effort, car c'est le réservoir d'eau le plus directement accessible à la pluie. Elle est évaluée à 13000 Mm³ / an, en moyenne, sur les seules terres cultivées.

L'aménagement de surface de ces terres agricoles gagnerait à être planifié, à grande échelle, en vue d'une gestion améliorée du stock d'eau dans le sol, dans la perspective d'un renforcement de la ressource pluviale et de l'écoulement souterrain.

Un effort législatif, en faveur d'un stockage de l'eau de pluie dans le sol, par « infiltration assistée », au droit et dans les limites de chaque parcelle cultivée, aurait un impact positif sur l'alimentation des nappes sous-jacentes.

10. Pour une résilience entretenue du système d'eau.

Les risques liés au changement climatique à long terme sont, certes, à prendre en considération du fait d'une augmentation de la température de 1,5 °C sur l'ensemble de la Tunisie se traduisant par une diminution des fréquences des précipitations sur les 2/3 de son territoire et par un accroissement de l'évaporation qui donneraient lieu à une perte de ressources en eau de l'ordre de 25 %.

C'est, cependant, plutôt à un changement de régime marqué par une augmentation de l'intensité des averses ainsi que par la violence des crues que l'on assiste, et le manque de recul laisse le débat ouvert.

Quoiqu'il en soit, l'on peut considérer qu'en 2050, pour des apports pluviométriques moyens annuels de 36 milliards de m³ / an (variant en réalité entre 11 et 90 milliards), les « eaux bleues », mobilisables et économiquement exploitables ex situ, n'excéderont certainement pas les 4800 Mm³ / an en moyenne.

Il est estimé qu'en 2050, (ITES « Tunisie eau 2050 » juillet 2019) :

- la récupération possible des eaux exceptionnelles par barrages et recharge artificielle serait de l'ordre de 700 Mm³ / an (respectivement 500 et 200 Mm³ / an).
- les eaux usées traitées atteindraient 500 Mm³ / an.
- le recours au dessalement serait de l'ordre de 250 Mm³ / an (soit le ¼ de la demande en eau potable estimée à 1000 Mm³ / an en 2050 sur la base d'un croit démographique à 13 millions d'habitants, d'une urbanisation atteignant 10 millions de personnes et d'un niveau de consommation passant de 40 à 80 m³ / an / hab).

La part exploitable des eaux fossiles, quant à elle se maintiendrait raisonnablement à 650 Mm³ /an. Cependant les réserves permanentes des nappes souterraines, phréatiques notamment, constituent un stock susceptible d'être sollicité dans le cadre d'une « surexploitation temporaire contrôlée »

consistant à « amplifier » volontairement leurs variations intra annuelles. Ces réserves sont des dizaines de fois supérieures aux volumes moyens annuels de leur alimentation.

Une utilisation dynamique et volontaire des réservoirs aquifères est possible qui implique certains préjudices locaux (abaissement du niveau piézométrique) mais un bénéfice global en termes de production d'eau plus ample et modulée.

Cela permet de pallier les défaillances d'apport en année sèche, la compensation de cette surexploitation se faisant durant les années les plus humides. (C'est ainsi par exemple qu'un rabattement de 10 m dans la réserve permanente d'une nappe de surface dotée d'un coefficient d'emmagasinement de 10% serait à même de déstocker 1 Mm³ par km²).

Au total une potentialité théoriquement mobilisable existerait de l'ordre de 6900 Mm³ / an (« eau bleue » : 4800 + 700 ; eau fossile : 650 ; eau usée traitée : 500 ; eau dessalée : 250).

A laquelle, en réalité, il y a lieu d'ajouter l'« eau verte » de l'agriculture pluviale qui assure, en moyenne, 13.000 Mm³ / an sur une superficie de terre cultivable de l'ordre de 5 millions d'ha.

De ce fait, le potentiel hydrique d'ensemble atteindrait 19.900 Mm³ / an, en ne comptabilisant pas les 10 000 Mm³ / an qui entretiennent 5 millions d'ha de parcours (soit 6 000 Mm³/an) et 1 million d'ha de forêts (soit 4000 Mm³ / an).

Face à cette offre globale de 19.900 Mm³ / an, les besoins alimentaires en 2050 seraient de l'ordre de 1700 m³/ an / hab. Soit :

- 510 m³/ an/ hab. en irrigué (« eau bleue » 30%) et
- 1190 m³/ an/ hab. en pluvial (« eau verte » 70%).

Pour une population de 13 millions d'habitants, ces besoins seraient de 22.100 Mm³/an.

La demande globale s'élèverait, quant à elle, en 2050 à **23.100 Mm³ / an** (eau potable intégrant l'eau industrielle raccordée : 1000 Mm³ / an ; besoins alimentaires : 22.100 Mm³ / an).

Une telle demande révélerait un déficit d'offre des ressources de l'ordre de 3.200 Mm³ / an nécessitant une importation équivalente d'« eau virtuelle » (céréales en particulier).

En termes de ressources en eau mobilisables (« eaux bleues »), le bilan comptable s'établirait comme suit :

- Offre : 5.500 Mm³ / an (4.800 + 700)
- Demande : 7.630 Mm³ / an (eau potable : 1.000 ; eau d'irrigation : 6.630 sur la base de 510 m³/ an / hab.).

Un tel bilan trahit un taux d'exploitation moyen de l'ordre de 138%. Il assurerait, certes, à une population de 13 millions une dotation de 423 m³/hab./an, relativement stabilisée par rapport à la situation prévue pour 2030 par le Plan Directeur d'utilisation de l'eau (370 m³/hab./an).

Cette résilience, toute relative cependant, nécessiterait d'être renforcée et davantage explicitée, car les moyennes en zone aride n'ont de signification qu'indicative et la réalité d'une année à une autre ou d'une décennie à l'autre peut être très contrastée.

Conclusion : importance cruciale de la régulation pluriannuelle en zone aride.

Expliciter ce dont on parle est vital pour couper court aux fausses idées concernant la ressource en eau lorsque l'on évoque le spectre de la « pénurie structurelle ».

La pénurie structurelle se manifeste lorsque la demande en eau excède l'offre disponible du fait d'une surexploitation non contrôlée.

Elle exprime, souvent, une méconnaissance avérée du fonctionnement des systèmes aquifères et des principes de leur gestion rationnelle en région aride.

C'est par la variation de la réserve que se fait la régulation entre l'alimentation irrégulière et l'exhaure continu. Compte tenu de la lenteur des propagations d'influence, c.à.d. de l'inertie du réservoir, à l'irrégularité de l'alimentation correspond toujours une variation plus ou moins amortie de l'exhaure.

L'exploitation temporaire de la réserve permanente d'un aquifère à ressource renouvelable est toujours possible en utilisant, à bon escient, sa capacité régulatrice moyennant un déstockage.

C'est seulement à moyen et long terme, si le déséquilibre se prolonge qu'il y a « surexploitation ». Dans ce cas, c'est la somme des prélèvements et des flux sortants spontanés qui excèdent durablement les apports. C'est seulement cette surexploitation avérée, non contrôlée qui est à proscrire car considérée comme gestion défectueuse de la nappe.

Une gestion bien comprise, à l'échelle pluriannuelle, de la réserve permanente des nappes, au-delà de leur réserve régulatrice, gagnerait à être accompagnée d'une amélioration conséquente de leur alimentation par une politique d'« infiltration assistée » visant l'amélioration de la « capacité d'infiltration du sol ».

L'alimentation potentielle, c.à.d. maximale possible, des nappes est fonction de cette capacité d'infiltration mais surtout de l'intensité des précipitations.

Une stratégie adéquate, d'aménagement systématique des bassins versants en travaux de CES pour ralentir le ruissellement, et de travail en surface des terres cultivées pour améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol en lui garantissant le temps nécessaire pour cela, gagnerait à faire l'objet d'un texte réglementaire contraignant.

Cependant, la perméabilité verticale du sol étant une dizaine de fois inférieure à sa perméabilité horizontale, l'alimentation naturelle des nappes phréatiques en zone aride (contrairement à la zone tempérée) est indirecte, par le réseau hydrographique davantage que par la surface du sol.

C'est pourquoi l'infiltration assistée se doit de privilégier cette infiltration linéaire au droit des tronçons infiltrant des oueds, grâce à des barrages collinaires à pertuis ouvert en amont et à la recharge artificielle en aval. Le secteur le plus rentable pour cela est à la rupture de pente entre le bassin amont et le bassin aval, là où la surface piézométrique de la nappe est la plus profonde par rapport au terrain naturel et où la perméabilité du terrain est la plus grande au droit de la sédimentation la plus grossière.

Par ailleurs, il y a lieu de prendre conscience que si, en termes d'écoulement, le flux d'eau de surface (2,7 milliards de m³ / an) semble, en moyenne, supérieur à celui de l'eau souterraine dans les nappes (2,1 milliards de m³ / an), il n'en est point de même concernant le stockage de l'eau.

En effet, si la capacité utile des barrages n'excèdera vraisemblablement pas les 2 milliards de m³, celle des réserves permanentes des nappes phréatiques en particulier est plus grande de beaucoup,

sans commune mesure, leur donnant en termes de gestion pluriannuelle de la ressource en eau un avantage comparatif important en fonction inverse de leur taux de renouvellement.

Ainsi, lorsque le taux de renouvellement d'une nappe phréatique est relativement petit (compris entre 1 et 0,1) avec une alimentation faible par rapport à une réserve nettement plus grande, la régulation s'avère importante, et, pour peu que l'infiltration soit renforcée, les réserves peuvent être davantage sollicitées dans le cadre d'une gestion pluriannuelle par une « surexploitation temporaire contrôlée » en amplifiant volontairement les variations intra annuelles des réserves permanentes sans dommage pour l'équilibre à long terme du système.

Cela justifierait d'autant, une politique volontariste d'envergure, visant l'amélioration de l'infiltration utile à l'augmentation des réserves, au détriment du ruissellement sauvage dévastateur.

Mohamed Ennabli le 24/02/2021

Mots clés : situation de l'eau en Tunisie, situation de stress hydrique en Tunisie ; résilience du système hydrique de la Tunisie

[Réflexions complémentaires de Salah Hannachi à Télécharger](#)

i