

# Le contexte paléo climatique de la Tunisie et la tendance actuelle du climat

**Kamel Zouari**

Laboratoire Radio-Analyses en Environnement  
Ecole Nationale d'ingénieurs de Sfax, Tunisie

L'hydrologie isotopique se base sur les teneurs en isotopes stables et radioactifs de l'environnement, pour retracer les mouvements de l'eau dans le cycle hydrologique. En fait, les eaux des aquifères confinés peuvent être considérées comme des archives paléo climatiques conservant en mémoire plusieurs signatures, en particulier celles des isotopes et des éléments dissous, caractéristiques des eaux météoriques qui les ont alimentées. Dès lors, la compréhension de ces signatures isotopiques et chimiques permet de reconstituer l'histoire de ces aquifères et des eaux qui y sont stockées. L'analyse de ces archives permet ainsi de reconstituer l'histoire des climats.

L'application des techniques isotopiques est de plus en plus répandue dans les études hydrologiques. Cette présentation s'efforce de synthétiser les connaissances accumulées et notamment les recherches réalisées par le Laboratoire Radio-Analyses et Environnement (LRAE) de l'ENIS portant les enregistrements stockés par les traceurs isotopiques ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ , U/Th, gaz nobles, etc..), qui constituent des signaux contenant des indices environnementaux caractéristiques de conditions paléo climatiques de recharge de plusieurs systèmes aquifères de la Tunisie. Dans le contexte connu de la diversité des régimes climatiques et hydrologiques de la Tunisie, cette synthèse a été structurée selon les principales unités climatiques du pays : Nord de la Tunisie, Tunisie Centrale et Sud de la Tunisie.

L'ensemble des études isotopiques indique ainsi une importante phase de recharge au cours de l'Holocène et du Pléistocène sous des conditions paléo climatiques bien différentes de l'actuel (climat plus froid) et sans

doute déterminantes dans le processus de recharge des aquifères de la Tunisie. Ces observations nous amènent à considérer que les conditions climatiques actuelles ne permettent qu'une recharge très restreinte de la plupart des nappes souterraines. Il paraît ainsi légitime de considérer la fin de l'époque glaciaire comme une période de mise en pression et de recharge principale des systèmes aquifères; la période actuelle peut être considérée comme celle d'une fin de phase transitoire de vidange naturelle. L'effet du soutirage par les forages viendrait alors se superposer à un grand régime de vidange. L'analyse de ces différents paramètres met notamment en évidence la responsabilité des événements climatiques majeurs dans l'alimentation massive des aquifères étudiés.

### ***Nord de la Tunisie : Aquifères du Cap Bon***

La région du Cap Bon, représentée par six importants bassins hydrogéologiques, est l'une des principales régions agricoles de Tunisie. Les ressources de cette région sont estimées à 160 Mm<sup>3</sup>/an, mais leur exploitation dépasse de loin ce potentiel. Elle est caractérisée par des conditions climatiques relativement clémentes permettant des taux de renouvellement assez courts des eaux souterraines. Cependant, les pressions subies par ces ressources restent assez importantes car elles doivent répondre aux besoins en eaux croissants du secteur agricole et touristique. Elles sont aussi soumises à des risques de différentes origines naturelles et anthropiques qui se superposent et qui engendrent des situations complexes. Une gestion rationnelle de l'exploitation des ressources en eau de ces régions est indispensable afin d'enrayer et de limiter la dégradation de leur qualité.

Le Cap Bon avec l'ensemble de ces bassins hydrogéologiques fait partie, depuis plus d'une décennie, des sites les plus étudiés par le laboratoire, par l'application des isotopes de l'environnement en complément des méthodes hydrogéologiques conventionnelles, afin de produire une vue globale et complète de l'état des systèmes aquifères et surtout de suivre leur évolution, conduisant à l'élaboration de scénarios de gestion optimale des ressources en eaux.

L'utilisation des traceurs isotopiques ont permis d'avancer des informations capitales sur la quantification de la recharge et des paléo recharges. En effet, les datations par le radiocarbone et le tritium

montrent en général des teneurs relativement faibles, notamment dans les bassins d'El Haouria, Takelsa et Côte Orientale, traduisant ainsi des paléo recharges, en grande partie, en relation avec les périodes humides de l'Holocène. Cependant, les bassins de Hammamet-Nabeul et de Grombalia affichent des teneurs relativement plus importantes témoignant ainsi de taux de renouvellement plus significatifs.

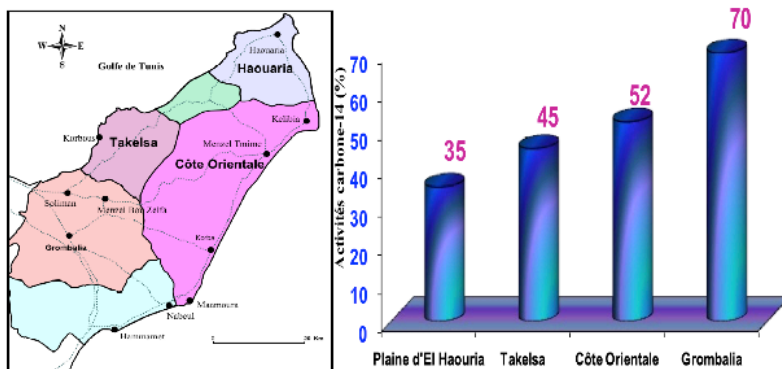


Figure 1 : Bassins du Cap Bon et Teneurs en activités <sup>14</sup>C

### **Tunisie Centrale : Le « Kairouanais »**

La Tunisie Centrale, représentée notamment par les bassins Merguellil, Zeroud, Ain El Bidha, Nadhor, Sisseb, Jelloula, Chougahiya et Bou Mourra, est soumise à des conditions climatiques très irrégulières avec des extrêmes très marqués de sécheresse ou d'excédents. Cette région se trouve au débouché des trois grandes vallées du Zéroud, du Merguellil et du Nebhana. Les réservoirs aquifères sont assez étendus avec des caractéristiques géologiques complexes et fortement accidentées. Ces réserves sont de même soumises à des recharges naturelles aléatoires ne se prêtant pas aisément à la gestion efficace de leur ressource.

Dans ce contexte semi-aride, l'intensification de l'irrigation au cours des dernières décennies a suscité une forte croissance de la demande en eau. L'aménagement des bassins versants par les grands ouvrages hydrauliques de protection de crues sur les trois oueds majeurs ou par les petits et moyens ouvrages de conservation des eaux et des sols vise principalement à réguler les ressources en eaux de surface et à augmenter la recharge des réserves souterraines par l'intermédiaire d'une recharge

artificielle programmée. Cependant, ces ouvrages ont fortement perturbé l'équilibre entre les différentes composantes du cycle terrestre, et d'après les traceurs isotopiques, semblent produire un impact significatif sur la recharge.

L'avenir du développement agricole régional dépend de manière évidente de la maîtrise des ressources en eaux de surface et souterraine et donc de sa bonne connaissance. Malgré de multiples mesures de terrain et études entreprises depuis plusieurs décennies, il reste encore de nombreuses incertitudes qui rendent le bilan actuel des nappes incertain, à la fois sur les flux entrants et sortants. La surexploitation est nette et générale et aucune solution alternative simple n'apparaît. Le risque d'augmentation à long terme de la minéralisation existe mais ce problème est moins grave et moins immédiat que la baisse piézométrique.

L'application des outils hydrogéologiques et le suivi des traceurs naturels chimiques (éléments majeurs) et isotopiques ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) ont mis en évidence que ce système est largement perturbé par les choix d'aménagement et de gestion nationale depuis les années 60. La recharge actuelle a presque disparu malgré les opérations de recharge artificielle réalisées au site des barrages.

En effet, en se basant sur les traceurs radioactifs, les résultats obtenus affichent de faibles activités en carbone 14 pour l'ensemble des bassins, à l'exception de Jelloula, Bou Hafna et Bou Mourra, témoignant de ressources paléoclimatique (Holocène et pléistocène supérieur).

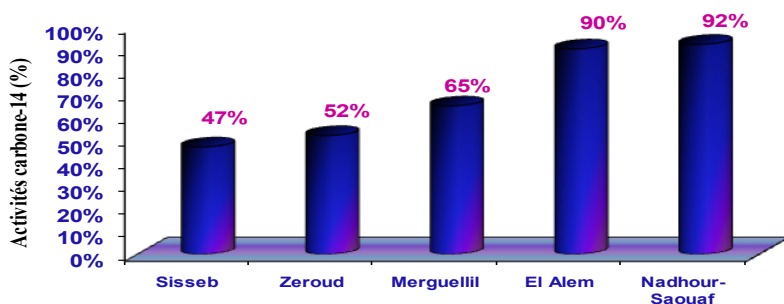


Figure 2 : Teneurs en activités  $^{14}\text{C}$  de quelques bassins de la Tunisie Centrale

### ***Sud de la Tunisie : Le système aquifère du SASS et la Jeffara***

Le SASS qui s'étend d'Ouest en Est sur presque un peu plus de un million de km<sup>2</sup> entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye est constitué de deux principales couches aquifères, le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal, renfermant des réserves évaluées à 30 000.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>. Les exutoires de ces deux aquifères se situent pour l'essentiel dans le Golfe de Gabès, le golfe de Syrte et les Chotts algéro-tunisiens. Les zones d'affleurement se situent pour la partie nord sur les piémonts de l'Atlas saharien en Algérie, ainsi que sur le Dahar en Tunisie et le Djebel Nefoussa en Libye et pour sa partie méridionale, au niveau des plateaux du Tademaït et Tinrhert.

Pour répondre à la demande croissante de la part des différents secteurs socio-économiques (industrie, agricultures, tourisme, usage domestique), l'exploitation de ces deux aquifères a connu un essor considérable depuis les années 1980 pour atteindre des prélèvements de l'ordre de 2500.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/an(2008). Ceci a entraîné un abaissement généralisé du niveau piézométrique, une diminution de l'artésianisme, une extinction de sources et parfois une dégradation de la qualité des eaux (Fig.3).

Les différents traceurs isotopiques appliqués depuis plus de trois décennies sur les eaux profondes du sud tunisien montrent clairement que la recharge de ces nappes est essentiellement fossile, héritée des périodes humides qui se sont succédées au Quaternaire. Ces périodes sont encore mal déterminées, en particulier au-delà de la dernière déglaciation qui fut marquée par la période humide à l'Holocène supérieur et moyen responsable de la dernière recharge significative du SASS, en particulier pour les eaux du CT et de la Djéffara. Les données <sup>36</sup>Cl montrent qu'au delà des zones de recharge, l'âge des eaux du CI devient rapidement supérieur à 50 ka pour atteindre des âges qui dépassent, 500 ka au cœur du bassin. De même, les données géochimiques et une modélisation hydrogéologique basée sur les observations et l'évolution piézométrique des nappes du CI et du CT proposent des estimations de recharges très faibles, nettement inférieures aux prélèvements actuels.

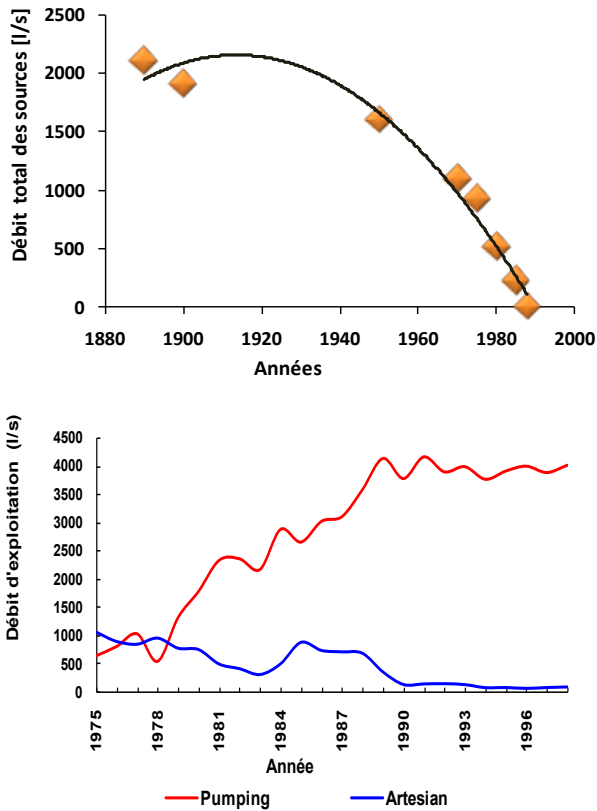


Figure 3 : Débit des sources, de l'exploitation et de l'artésianisme dans le Sud Tunisien

En outre, une carotte marine prélevée au large de la Mauritanie a permis de reconstituer, *via* la fraction en sédiment d'origine éolienne, l'humidité sur le Sahel et le Sahara au cours des derniers 120 ka et suggère i) des périodes fortement humides sur le Sahara au cours des stades 5a (80 ka) et 5c (100 ka), en relation avec le cycle de précession et ii) une période humide moins intense au stade 3. Ces résultats semblent en accord avec l'occurrence de niveaux lacustres dans les Chotts tunisiens tels que mis en évidence par la datation U/Th de matériel carbonaté authigène.

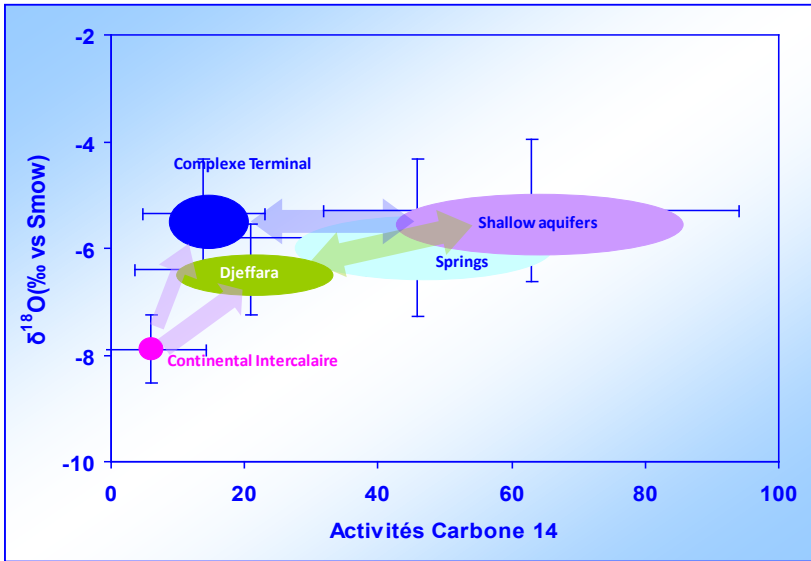


Figure 4 : Ages des eaux des nappes du Sud tunisien

### Conclusion

Les investigations isotopiques ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{26}\text{Cl}$ , U/Th, etc....), réalisées depuis plus de deux décennies sur les ressources en eau sur l'ensemble de la Tunisie, ont permis d'acquérir des renseignements utiles dans l'optique de la gestion et du contrôle de ces ressources et particulièrement en terme de paléoclimatologie. En effet, et à l'exception de quelques systèmes aquifères du Nord de la Tunisie, les résultats ont mis en évidence la signature ancienne des eaux des nappes profondes représentée par des faibles activités  $^{14}\text{C}$ . Ces faibles activités  $^{14}\text{C}$  correspondent à des âges corrigés allant de l'Holocène au Pléistocène. Ces données mettent en évidence l'isolement de ces systèmes aquifères par rapport aux influences externes et plaident en faveur de l'absence de recharge significative actuelle témoignant ainsi que les périodes de recharges majeures sont pratiquement paléo climatiques.