

## Utilisation des traceurs environnementaux pour déterminer l'impact de l'agriculture intensive sur l'aquifère littoral multi-couches du Campo de Cartagena (Contexte semi aride, Espagne)

Paul Baudron<sup>(1-2)</sup>, Florent Barbecot<sup>(3)</sup>, Christian Leduc<sup>(2)</sup>, Jean-Denis Taupin<sup>(4)</sup>, José Luís García Aróstegui<sup>(5)</sup>, Yves Travi<sup>(6)</sup>, David Martinez-Vicente<sup>(1)</sup>, Franciso Cabezas Calvo-Rubio<sup>(7)</sup>

(1) INUAMA, Universidad de Murcia, Spain,

(2) UMR G-EAU, IRD, Montpellier, France,

(3) UMR IDES 8148, CNRS - Université Paris Sud, Orsay, France,

(4) UMR 5569 HydroSciences, Université Montpellier 2, France

(5) IGME, Murcia, Spain

(6) UMR EMMAH Université d'Avignon, Avignon, France

(7) F-IEA, Campus de Espinardo, Murcia, Spain

paul.baudron@baudron.com; Christian.Leduc@ird.fr; florent.barbecot@u-psud.fr; yves.travi@univ-avignon.fr; j.arostegui@igme.es; cabezas@um.es; [taupin@msem.univ-montp2.fr](mailto:taupin@msem.univ-montp2.fr), davidmv@um.es

D'une superficie de 1440 km<sup>2</sup>, l'aquifère du Campo de Cartagena est limité à l'Est par la Mer Méditerranée et par la Mer Mineure, lagune hypersaline et principal exutoire du bassin versant, les autres limites étant constituées par des reliefs montagneux (Figure 1). La température annuelle moyenne est comprise entre 14°C et 17°C, avec des précipitations moyennes de 300 mm/an, concentrées en de courts épisodes orageux en automne et au printemps (Conesa, 1990). Il n'existe pas de cours d'eau permanent, mais la zone est drainée par de nombreux cours d'eau temporaires (ramblas).

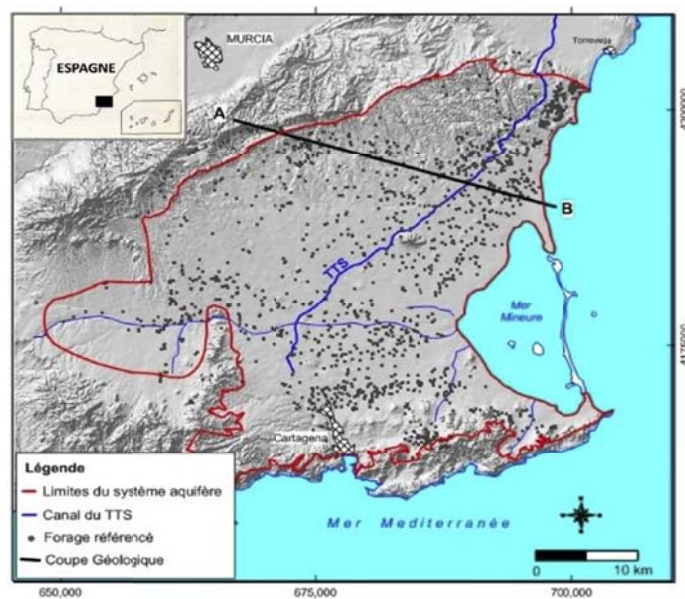


Figure 1 : Carte de localisation du Campo de Cartagena

Du point de vue géologique, figure 2, les formations perméables se trouvent dans un bassin sédimentaire Néogéno-Quaternaire d'une épaisseur maximale de 2000 m, situé à l'Est de la Cordillère Bétique. Des failles normales d'orientation NE-SW et E-W sont responsables de structures en horsts et grabens compliquant la

géométrie des formations. Quatre aquifères détritiques séparés par des niveaux de faible perméabilité, ont été définis (IGME, 1991): Quaternaire (graviers, sables et argiles), Pliocène (grès-calcaires bioclastiques, conglomérats), Messinien (grès-calcaires, conglomérats et calcaires) et Tortonien (conglomérats et grès). Le substratum imperméable du système correspond au soubassement Mésozoïque et Paléozoïque, constitué par des matériaux méta-pélitiques (schistes, micaschistes et quartzites), représentatifs des zones internes bétiques. A l'exception de l'aquifère superficiel quaternaire, tous sont majoritairement captifs, avec une superficie d'affleurement très faible comparée à leur extension totale.

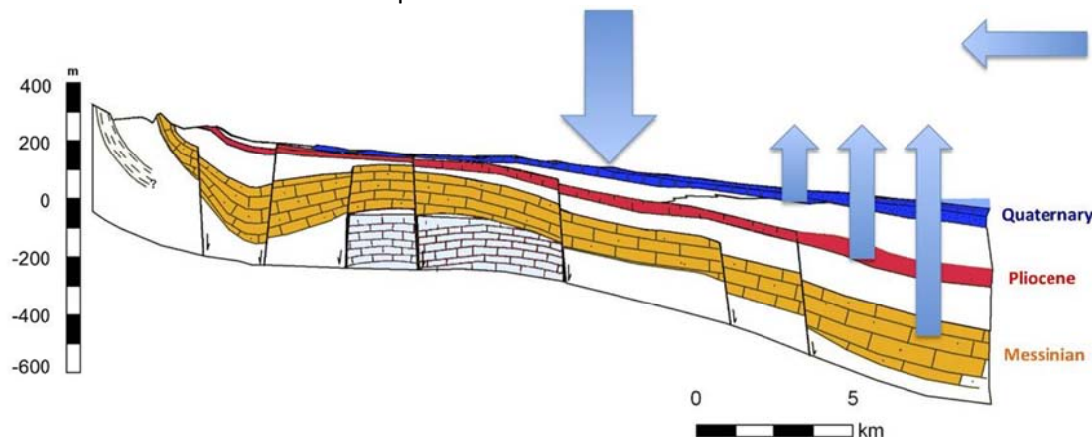


Figure 2: Coupe géologique schématisique du Campo de Cartagena (les flèches en bleu schématisent les flux d'eau)

Le fonctionnement du système aquifère multicouche du Campo de Cartagena a été profondément influencé par plusieurs décennies d'agriculture intensive et il se trouve aujourd'hui en régime transitoire (Baudron et al., 2011) aussi bien d'un point de vue hydro-chimique qu'hydrodynamique (Figure 3)

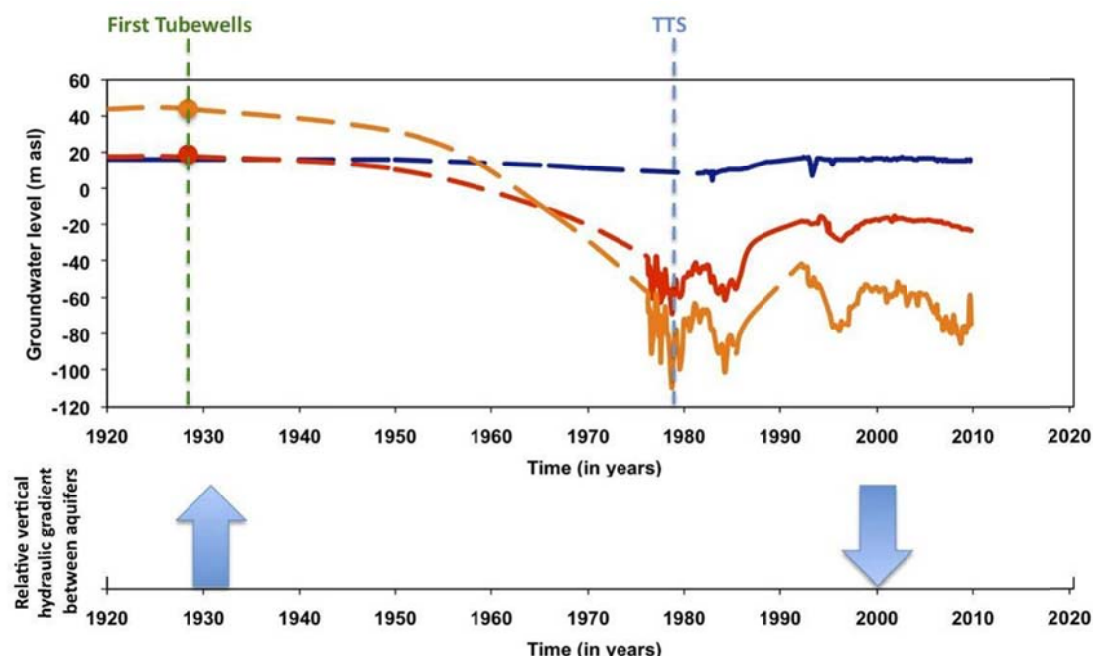


Figure 3 : Evolution historique des charges hydrauliques au sein de l'aquifère multicouche (Nappe superficielle du Quaternaire en bleu, nappe intermédiaire du Pliocène en rouge, nappe profonde du Messinien en orange).

L'étude de la dynamique des eaux souterraines, des processus de minéralisation, de leur temps de transit ainsi que des variations historiques des conditions de recharge a été réalisée à l'aide des isotopes du Carbone ( $^{13}\text{C}$  et  $^{14}\text{C}$ ), de la chimie des éléments majeurs ainsi que les isotopes de la molécule d'eau ( $^{18}\text{O}$  et

<sup>3</sup>H). Le radiocarbone permet de distinguer les paleo-écoulements (Barbecot et al 2000 ; Loosli et al 2001) en caractérisant la dynamique des eaux souterraines sur une gamme de temps comprise entre la centaine d'années à près de 35000 ans. La chimie des éléments majeurs et les isotopes de la molécule d'eau caractérisent la distribution des signatures géochimiques de chacune des masses d'eau du Campo de Cartagena et contraignent l'étendue des flux qui les associent (Fritz and Fontes, 1986 ; Clark and Fritz, 1997; Mazor, 2004). A l'instar de nombreux aquifères méditerranéens, nous avons pu observer avec ces outils l'existence d'un régime pré-anthropique et proposer une quantification des taux de recharge des différentes nappes du complexe. La recharge des différentes nappes varie en premier lieu en fonction de l'altitude des zones de recharge: de 30-40 mm/an sur les plateaux à moins de 10 mm/an en plaine avant le développement de l'agriculture. Puis, en réponse à la mise en place de l'activité agricole dans la plaine quaternaire, les flux de recharge ont été amplifiés et atteignent aujourd'hui 100 à 200 mm/an. Ces données sont corroborées par les approches hydrodynamiques et les études ponctuelles de la recharge en zone non saturée (Jimenez-Martinez 2009, Jimenez-Martinez 2010).

En l'absence de chroniques fiables sur l'évolution de la qualité de la ressource du Campo de Cartagena, une reconstitution est réalisée sur la base des signatures en géochimie élémentaire (chimie des éléments majeurs et mineurs, gaz rares, CFC-SF<sub>6</sub>) et isotopique (<sup>2</sup>H-<sup>18</sup>O<sub>H<sub>2</sub>O</sub>, <sup>13</sup>C-A<sup>14</sup>C<sub>ClD</sub>, et <sup>3</sup>H). Cette démarche permet de proposer une restitution de la dynamique de minéralisation des différentes nappes du complexe en distinguant notamment (i) les différentes masses d'eau en présence et de voir leurs éventuelles interconnexions et de (ii) les différentes formes de l'anthropisation sur la dégradation de cette ressource en eau.

## Références bibliographiques

- Barbecot F, Marlin C, Gibert E, Dever L. (2000), Hydrochemical and isotopic characterisation of the Bathonian and Bajocian coastal aquifer of the Caen area (northern France). *Applied Geochemistry* 2000 juill;15(6):791-805.
- Baudron P., Barbecot F., Taupin J.D, Leduc C., García Aróstegui J.L., Pinti D., Travi Y., Martinez Vicente D. (2011). Use of environmental tracers to assess the impact of intense agricultural activity on a semi-arid aquifer : Case study in Campo de Cartagena (Spain). *Proceedings of the AIG-9 Congress in Taragona, Spain. September 2011.*
- Clark, I and Fritz, P. (1997). *Environmental isotopes in Hydrogeology*. Lewis Publishers. New York.
- Conesa García C. (1990). *El Campo de Cartagena - Clima e Hidrología de un medio semiárido*. Universidad de Murcia, Ayuntamiento de Cartagena, Murcia. 450p.
- Fritz P., Fontes J.C., (1986) Editors, *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, Vol. 2, The Terrestrial Environment*, B, Elsevier, Amsterdam (1986).
- J. Jiménez-Martínez, T.H. Skaggs, M.Th. van Genuchten, L. Candela (2009) A root zone modeling approach to estimating groundwater recharge from irrigated areas. *Journal of Hydrology* 367 (1-2), 138-149.
- Jiménez-Martínez, J., Candela, L., Molinero, J. and Tamoh, K. (2010) Groundwater recharge in irrigated semi-arid areas with different crops. Quantitative hydrological modelling and sensitivity analysis. *Hydrogeology Journal* doi: 10.1007/s10040-010-0658-1
- Loosli HH, Aeschbach-Hertig W, Barbecot F, Blaser P, Darling WG, Dever L, Edmunds WM, Kipfer R, Purtschert R, Walraevens K. (2001) Isotopic methods and their hydrogeochemical context in the investigation of palaeowaters. *Geological Society, London, Special Publications* 2001 janv;189(1):193 -212
- Mazor E., 2004. *Chemical and isotopic groundwater hydrology*. 3rd Edition. Eds M. Dekker, 453 p.