



Retour d'expérience sur le suivi dynamique des eaux souterraines du site CEA de Cadarache

Sébastien Morilhat, Frédéric Pretou

► To cite this version:

Sébastien Morilhat, Frédéric Pretou. Retour d'expérience sur le suivi dynamique des eaux souterraines du site CEA de Cadarache. *Géologues*, 2018, 199. cea-02520540

HAL Id: cea-02520540

<https://cea.hal.science/cea-02520540>

Submitted on 26 Mar 2020

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.

Retour d'expérience sur le suivi dynamique des eaux souterraines du site CEA de Cadarache

Sébastien MORILHATⁱ et Frédéric PRETOUⁱⁱ

Présentation du CEA et du centre de Cadarache

Le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives (CEA) a été créé en 1945. Il s'agit d'un établissement public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) qui constitue un acteur majeur en matière de recherche, de développement et d'innovation. Les principaux thèmes de recherche du Commissariat à l'Énergie Atomique sont les suivants :

- la maîtrise de l'atome pour la recherche, l'énergie, l'industrie, la santé et la défense,
- la recherche fondamentale,
- la sûreté nucléaire,
- la protection du vivant et de l'environnement.

Le Centre de CADARACHE a été créé en 1959. Le pôle nucléaire, dont fait partie Cadarache, regroupe les activités suivantes : enrichissement, conception des combustibles, traitement des combustibles irradiés et des déchets, assainissement et démantèlement des installations, entreposage et stockage des déchets ainsi que développement de filières de réacteurs nucléaires. Les orientations stratégiques et les missions du pôle nucléaire sont fixées par la Direction de l'Énergie Nucléaire (DEN). Implanté sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance, dans les Bouches-du-Rhône (13), le centre de Cadarache se situe à 35 km au Nord Est d'Aix-en-Provence et à 60 km de Marseille. Situé aux confins de quatre départements que sont les Bouches-du-Rhône, les Alpes-de-Haute-Provence, le Var et le Vaucluse et à la confluence de la Durance et du Verdon, le site s'étend sur 1 600 hectares, dont environ 900 clôturés. Actuellement le Centre comprend 20 Installations Nucléaires de Base (INB) à usage civil, une Installation Nucléaire de Base Secrète Propulsion Navale (INBS-PN) et 23 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) dont 14 sont des ICPE nucléaires (Philipponneau, 2010).

Présentation de la problématique et des enjeux

De par ses activités, le CEA se doit de garantir la sûreté de ses installations et veiller à la protection de l'environnement et des populations voisines pour chacun de ses sites. Cette garantie nécessite d'étudier et de prendre en considération l'ensemble des risques (d'origine interne ou externe) pouvant remettre en cause le bon fonctionnement et l'intégrité de ses installations. Parmi les risques d'origine externes, trois grandes thématiques liées à l'hydrogéologie sont étudiées sur le site CEA de Cadarache : le risque d'inondation par remontée de la nappe, le risque de liquéfaction des sols en cas de séisme, le risque de transfert de polluants via les eaux souterraines. Ces thématiques nécessitent de disposer d'une bonne connaissance du fonctionnement hydrogéologique des principales unités aquifères identifiées sur le site de Cadarache et notamment du comportement dynamique des nappes et de leur réactivité aux précipitations.

Pour cela, le site de Cadarache dispose d'un important réseau de surveillance piézométrique constitué d'environ 400 ouvrages. Ce réseau de surveillance permet d'alimenter l'ensemble des études hydrogéologiques actuellement réalisées par le Laboratoire de Modélisation des Transferts dans l'Environnement (LMTE).

Contexte géologique et hydrogéologique

Le Centre CEA de Cadarache se situe en contexte géologique provençal, en bordure du synclinal dit « de Ginasservis » orienté Est-Ouest et limité à l'Ouest par la faille de la Durance. Ce synclinal est disloqué par des failles de direction NE-SW et NW-SE qui décrochent successivement son axe vers le Nord et déterminent ainsi trois compartiments structuraux. Le Centre se situe dans le compartiment le plus occidental appelé (improprement) « synclinal » de Cadarache (Glantzboeckel, 1983).

Le Crétacé, qui constitue les principaux affleurements du site de Cadarache avec le Miocène (dont il est le substratum) (Fig. 1), forme une structure synforme. Les couches de terrain sont tantôt subtabulaires, tantôt affectées d'ondulations, il est donc délicat de parler d'un réel synclinal avec un axe véritable.

Le Crétacé correspond à une sédimentation marine carbonatée. Depuis le Crétacé moyen et surtout supérieur, le substratum a subi une longue altération continentale (de près de 10 MA) sous l'effet de la surrection de l'isthme durancien. Ainsi, le paléorelief crétacé a été largement façonné, creusé et karstifié jusqu'au moment de la sédimentation continentale du Miocène supérieur puis du Pliocène. Ces dépôts fluvio-torrentiels et lacustres ont comblé les reliefs crétacés pouvant même remplir des cavités karstiques. Par la suite, les formations pliocènes et miocènes ont été à leur tour érodées, puis recouvertes par des dépôts quaternaires pour former la topographie actuelle. Les vallons du Ravin de la Bête et de l'Abéou, situés respectivement au cœur et au Sud du Centre CEA, témoignent et résultent de l'ensemble de ces phénomènes.

Figure 1 : Carte géologique du site CEA de Cadarache

Du point de vue hydrogéologique le bassin de Cadarache correspond à un emboîtement de trois réservoirs, correspondant aux trois principaux aquifères : les aquifères du Quaternaire, du Miocène ainsi que celui des calcaires du Crétacé. A noter que la nature des terrains miocène et quaternaire est relativement proche et qu'il n'existe pas de couche imperméable d'extension suffisante pour permettre une distinction systématique de ces deux nappes à l'échelle du site. Il est donc souvent difficile de dissocier la nappe quaternaire de la nappe miocène, c'est pourquoi le terme de nappe mio-quaternaire est couramment utilisé.

Sans entrer dans les détails, il est important de rappeler que chaque unité aquifère se différencie par des caractéristiques qui lui sont propres (géométrie, structure, zone d'alimentation, battement de nappe et réactivité aux précipitations, direction et vitesse d'écoulement...) et par les risques qu'elles peuvent engendrer.

Ainsi, le risque d'inondation par remontée de la nappe concerne davantage les installations fondées sur les calcaires pour lesquels la nappe présente une très forte réactivité aux précipitations (remontée de la nappe de plusieurs dizaines de mètres en 48 heures). Le risque de liquéfaction des sols en cas de séisme, quant à lui, porte exclusivement sur les installations fondées sur des terrains miocènes et/ou quaternaires dont la structure lithologique peut engendrer localement ce type de phénomène.

La figure 2 donne un exemple de différence de dynamique piézométrique entre la nappe mio-quaternaire et la nappe crétacée à l'échelle d'une installation.

Figure 2 : Illustration de la différence de réactivité de la nappe mio-quaternaire et de la nappe crétacée aux précipitations sur le site CEA de Cadarache

A noter que cette variabilité de comportement dynamique est également observable pour une même nappe à l'échelle du site. Les vitesses de mise en charge ainsi que l'amplitude des battements de la nappe peuvent être sensiblement différentes selon le secteur considéré. Pour ces raisons, le site CEA de Cadarache se doit de disposer d'un important réseau de surveillance piézométrique de manière à pouvoir étudier le comportement dynamique des différentes nappes au droit de chaque installation.

Présentation du réseau de surveillance piézométrique

En 2017, le réseau de surveillance piézométrique comptait 445 ouvrages datant des années 1960 à 2017 et se répartissant de la manière suivante :

- 49 % (218) captent l'aquifère crétacé ;
- 35 % (154) captent l'aquifère miocène ;
- 16 % (73) captent l'aquifère quaternaire.

A l'exception des anciens puits maçonnés, il s'agit de forages carottés ou destructifs, généralement verticaux (seuls 27 piézomètres sont inclinés). L'implantation des piézomètres est représentée sur la figure 3.

Figure 3 : Carte d'implantation des piézomètres (par type d'aquifère) au niveau du Centre CEA de Cadarache

Ils sont généralement équipés avec des tubes PVC de diamètre intérieur compris entre 50 et 112 mm. Dans quelques rares cas, le diamètre est plus petit : 40 mm pour les forages les plus anciens tubés en acier, ou plus grand : 180 mm pour certains piézomètres qui étaient autrefois utilisés comme puits de pompage. Il existe également des forages (environ 25) qui ont été conservés en trou nu, total ou partiel.

Organisation du suivi piézométrique

Sur le site de Cadarache, les piézomètres ont été réalisés dès la création des premières installations, dans les années 60. Dès lors, les premiers relevés piézométriques ont eu lieu. A cette époque, la fréquence des mesures était « mensuelle » voire « semestrielle » et s'effectuait manuellement. Depuis la fin des années 1990, le CEA a progressivement équipé son parc piézométrique de capteurs de pression. Le site compte aujourd'hui près de 180 capteurs qui enregistrent en continu les variations des niveaux de nappe avec un pas de temps de 30 minutes.

Chaque capteur enregistre les variations de pression brutes liées aux fluctuations de la colonne d'eau et de la pression atmosphérique. A noter que la correction des variations de pression atmosphérique ainsi que de la dérive du capteur n'est pas automatique. Celle-ci est réalisée par le biais de l'outil « PIEZO » développé par le LMTE (voir chapitre suivant). Le site de Cadarache est équipé d'une station météorologique qui permet de disposer de mesures de pression atmosphérique locales et précises pour effectuer ces corrections.

Le choix de ce type de sonde autonome a été motivé par la flexibilité de leur mise en place permettant d'équiper ou de déséquiper rapidement les piézomètres selon les besoins identifiés et les conditions hydrologiques observées ou prévisionnelles. Ainsi, depuis 1998, près de 270 piézomètres ont fait l'objet d'un suivi piézométrique en continu sur des périodes allant de quelques semaines à plus de 10 ans. Le modèle de sonde utilisé aujourd'hui a évolué afin de limiter les opérations de maintenance tout en gardant un haut niveau de fiabilité. Ainsi, sur les capteurs de pression utilisés actuellement, la batterie ainsi que l'électronique embarquée sont encapsulées et sont donc beaucoup moins sensibles aux dégradations liées aux infiltrations d'eau lorsque la charge hydraulique est importante.

La récupération des données enregistrées par les sondes piézométriques s'effectue lors de campagnes de terrain dont la fréquence est trimestrielle. Au cours de ces campagnes, chaque piézomètre fait également l'objet d'une mesure piézométrique manuelle qui servira de point de calage pour la construction des chroniques piézométriques (en mètre NGF). Ces relevés serviront également à l'élaboration des cartes piézométriques pour les périodes de hautes et de basses eaux. Les campagnes permettent également de recenser et tracer sous forme de compte-rendu l'ensemble des observations jugées utiles qui serviront au traitement du signal piézométrique (piézomètre sec, capteur hors d'eau, drisse enroulée, boue observée en fond de piézomètre...).

La réalisation et le suivi de ces campagnes nécessitent des moyens humains et matériels significatifs mais qui apparaissent aujourd'hui indispensables pour garantir la qualité et la précision des données piézométriques. Il est important de rappeler que ces données servent au dimensionnement d'installations nucléaire et/ou de leurs dispositifs de drainage contre les risque d'inondation et/ou de liquéfaction des sols en cas de séisme.

Traitement, contrôle et exploitation des données (présentation de l'outil « PIEZO »)

Afin de pouvoir gérer efficacement et disposer facilement de l'ensemble de des données piézométriques, le LMTE a conçu l'outil « PIEZO ». Cet outil a été développé afin de compiler,

convertir, paramétrer et exporter très rapidement les chroniques piézométriques sur des périodes allant de quelques heures à plusieurs années.

Il permet également de vérifier tous les stades de traitement du signal et de corriger les éventuelles anomalies observées de manière à garantir la représentativité des données. La figure 4 illustre les différentes étapes allant de la récupération des données sur le terrain jusqu'à leur traitement par le biais de l'outil « PIEZO ».

Figure 4 : Schéma de fonctionnement du suivi dynamique des eaux souterraines sur le site CEA de Cadarache

Outre sa rapidité de traitement l'outil « PIEZO » permet de s'assurer de la validité des chroniques piézométriques puisqu'il permet de contrôler le signal piézométrique à chaque stade de correction (correction de la pression barométrique et correction de la dérive à partir des niveaux piézométriques manuels utilisés comme valeur de référence pour le calage en cote NGF). La figure 5 illustre les trois étapes de traitement. Lorsque les courbes se superposent, il n'y a pas de dérive. Lorsque la courbe bleue ne se superpose pas à la courbe rose, il y'a une dérive constatée dont l'origine peut être de différentes natures (capteur hors d'eau, dérive du capteur, déviation verticale du piézomètre...).

Figure 5 : Représentation graphique des différentes étapes de corrections des données piézométriques via l'outil « PIEZO »

La superposition de chroniques piézométriques issues de différents points de suivi permet également de mettre en évidence des singularités hydrogéologiques (niveaux de plus fortes perméabilités, interactions entre deux aquifères, connexions hydrauliques entre 2 piézomètres qui peuvent être plus ou moins éloignés...) (Fig. 6).

Figure 6 : Superposition de chroniques piézométriques sur une période de 5 années via l'outil « PIEZO »

Ce mode de superposition peut notamment permettre d'identifier les chroniques piézométriques dont la similitude de comportement peut traduire la présence d'une connexion hydraulique préférentielle entre deux points d'observation plus ou moins éloignés.

L'importance de connaître la qualité des ouvrages suivis

La quantité de données piézométriques est certes essentielle pour pouvoir caractériser le comportement dynamique d'une nappe mais ces données ne seront réellement exploitables que si les ouvrages équipés sont également de bonne qualité.

Afin de pouvoir statuer sur la qualité de son réseau de surveillance piézométrique, le CEA de Cadarache a entrepris une vaste campagne de maintenance de son parc entre 2010 et 2014.

Cette campagne avait trois principaux objectifs :

1. diagnostiquer l'état général des piézomètres de manière à identifier les ouvrages non conformes,
2. nettoyer les piézomètres ensablés, ou partiellement colmatés afin de restaurer les connexions hydrauliques entre ces piézomètres et la nappe,
3. évaluer la représentativité des ouvrages jugés conformes en s'appuyant sur l'ensemble des résultats obtenus.

Environ 400 piézomètres ont ainsi été diagnostiqués à raison de 100 piézomètres par année en moyenne. Chaque année, les opérations de terrain se sont déroulées en cinq phases :

- Phase 1 : diagnostic préliminaire des piézomètres par inspection télévisuelle

- Phase 2 : nettoyage des piézomètres les plus ensablés et/ou les plus encrassés. Les méthodes mises en œuvre sont le nettoyage mécanique par injection d'air (et/ou d'eau) sous pression, le brossage et occasionnellement du pistonage
- Phase 3 : contrôle des opérations de nettoyage par inspection télévisuelle
- Phase 4 : réalisation d'un test d'injection pour caractériser la perméabilité du piézomètre et de son environnement proche
- Phase 5 : investigations complémentaires : micromoulinet, test de purge, mesures d'inclinométrie. Ces opérations ont été réalisées en fin d'année 2014 et ont concerné 44 piézomètres

Chacune des différentes phases a permis d'apporter des éléments nouveaux sur la conformité et la représentativité de chaque ouvrage. Mais les inspections télévisuelles et les tests d'injection/purge ont sans aucun doute été les plus riches en termes d'information.

Concernant les inspections télévisuelles, elles ont permis de vérifier l'exactitude des caractéristiques techniques indiquées dans les rapports de sondage. Les résultats issus des 400 inspections télévisuelles ont permis de montrer qu'en moyenne une erreur de 3 mètres était constatée entre la position des crépines signalée dans le rapport de sondage et celle constatée lors de l'inspection télévisuelle. Dans certains cas cette erreur de positionnement pouvait aller jusqu'à 24 mètres pour une profondeur totale de l'ouvrage de 73 mètres. A noter que ces différences de positionnement n'entraînent pas systématiquement une non-conformité de l'ouvrage mais pouvaient avoir une incidence sur la représentativité des mesures/prélèvements ou sur l'interprétation des tests hydrauliques. Les inspections télévisuelles ont également permis dans un certain nombre de cas d'observer des écoulements gravitaires en zone non saturée, indiquant la présence d'une nappe perchée, parfois au sein d'un même ensemble stratigraphique. Ces observations ont conduit à réhabiliter les ouvrages concernés de manière à isoler les différents niveaux aquifères. Dans certains cas, la réhabilitation du piézomètre a sensiblement modifié la réponse piézométrique aux précipitations (Fig. 7).

Figure 7 : Illustration de la différence de réponse piézométrique enregistrée dans un piézomètre avant et après sa réhabilitation

Dans un secteur du site, ces réhabilitations ont même conduit à modifier le schéma hydrogéologique conceptuel.

Concernant les tests hydrauliques de courte durée (injection ou purge), les résultats ont souvent été déterminants pour évaluer le degré de connexion du piézomètre à l'aquifère. Ces tests destinés aux milieux poreux ont ici été élargis à tous les forages et donc aussi aux milieux fracturés, l'objectif recherché n'étant pas d'avoir une mesure précise de la perméabilité, mais de mieux caractériser les ouvrages et notamment d'évaluer leur degré de connexion à la nappe. Au-delà de la capacité d'absorption du piézomètre, la forme de la courbe d'injection ou de purge a souvent permis d'identifier les zones les plus productives ou au contraire les zones d'eaux mortes, notamment pour les piézomètres implantés dans les calcaires crétacés. Par ailleurs, les forages à absorption quasi-nulle donc peu représentatifs de la nappe investiguée ont pu être identifiés. Ces informations ont ainsi permis d'écarter certains points de mesure pour l'établissement des cartes piézométriques.

Les piézomètres inclinés ont également fait l'objet de contrôles trajectométriques et inclinométriques. Ces mesures ont permis de mettre en évidence que les piézomètres réalisés par méthode destructive (ex : marteau fond de trou) présentaient systématiquement une déviation verticale et/ou horizontale, alors que les sondages carottés n'en présentaient quasiment pas.

Le croisement des données piézométriques enregistrées ainsi que des résultats issus des différentes étapes de la campagne de diagnostic/nettoyage/caractérisation a permis d'évaluer qualitativement le degré de représentativité de chaque piézomètre jugé conforme. La figure 8 illustre la notation des piézomètres pour le suivi dynamique des eaux souterraines du site de Cadarache.

Figure 8 : Résultats de l'évaluation de la représentativité des piézomètres jugés conformes

Synthèse sur le retour d'expérience du suivi dynamique des eaux souterraines au droit du Centre de Cadarache

Le suivi dynamique des eaux souterraines du site de Cadarache s'appuie sur une importante base de données correspondant à plus de 600 piézomètres (dont 155 actuellement rebouchés). Cette base de données représente :

- plus de 300 logs géologiques et/ou équipements de piézomètres,
- 270 chroniques piézométriques au pas de 30 minutes couvrant quelques mois à plus de dix années,
- près de 40 cartes piézométriques réalisées entre 1998 et 2017 sur plus de 300 points de suivis,
- environ 350 inspections télévisuelles réalisées entre 2010 et 2016,
- autant de test d'injection de courte durée,
- plusieurs essais de pompage/injection longue durée,
- des essais de traçage,
- des centaines de prélèvements chimiques et radiologiques réalisés dans le cadre de la surveillance réglementaire des eaux souterraines du site,
- ...

Le retour d'expérience de cette surveillance dynamique montre que la connaissance de l'ouvrage suivi est indispensable pour l'interprétation des données piézométriques associées. Ainsi il ne suffit pas de disposer d'un nombre important de sondes piézométriques pour garantir la qualité de la surveillance. Il faut également disposer d'une bonne connaissance des caractéristiques et des spécificités des ouvrages équipés. Sur Cadarache une attention particulière est portée sur les éléments suivants :

1. le log géologique de l'ouvrage : cette donnée est primordiale pour interpréter la chronique piézométrique enregistrée. Pour cette raison, les piézomètres du site de Cadarache sont aujourd'hui majoritairement réalisés en sondage carotté. De la précision du log géologique va dépendre l'équipement du piézomètre et par conséquent de la représentativité des mesures/prélèvements.
2. l'équipement du piézomètre : la nature du tubage, son diamètre, la position des crépines, la présence ou non d'une cimentation annulaire, la présence d'un bouchon de fond sont autant d'éléments qui vont permettre d'expliquer et d'interpréter la réponse piézométrique aux précipitations ou à une sollicitation hydraulique (pompage ou injection). Pour cette raison, une inspection télévisuelle est systématiquement réalisée dans tous les nouveaux piézomètres implantés sur le site de Cadarache. Il est également fortement recommandé de fixer des points d'arrêt lors de la pose des équipements de manière à pouvoir vérifier le respect des spécifications techniques (notamment en ce qui concerne la réalisation de la cimentation annulaire et la pose du massif filtrant).
3. le degré de connexion du piézomètre à la nappe : sur le site de Cadarache, ce degré de connexion est aujourd'hui évalué qualitativement par la réalisation d'un test d'injection de courte durée, suivi (après retour à l'équilibre du niveau piézométrique) d'un test de purge. L'objectif étant d'identifier les zones d'alimentation (ou de perte) préférentielles en zone non saturée ainsi qu'en zone saturée. Ces tests permettent également d'identifier les zones d'eaux mortes qui, dans le cas de l'aquifère des calcaires crétacés notamment, peuvent représenter une colonne d'eau de plusieurs dizaines de mètres. Les résultats issus de ces tests seront très utiles pour le positionnement des préleveurs d'eau ainsi que pour la réalisation et l'interprétation des cartes piézométriques. Ils peuvent également servir de points de repère pour évaluer le niveau de colmatage de l'ouvrage ou du terrain après plusieurs années de fonctionnement. De façon générale ces phénomènes traduisent une faible karstification du massif calcaire crétacé dans l'ensemble. Ainsi, certains ouvrages peuvent pénétrer des calcaires sains ou peu fracturés et ne communiquer avec la nappe que via un réseau de fractures suffisamment connecté, et pas forcément sur toute la hauteur du piézomètre, d'où des

eaux qui peuvent être piégées en fond d'ouvrage (effet « cul de bouteille ») : le piézomètre est ainsi apparement en eau mais en réalité déconnecté de la nappe.

4. la déviation du piézomètre : cette information peut être déterminante lorsque le piézomètre présente une inclinaison importante (inférieure à 50°/Hz) et que les cotes piézométriques de la nappe doivent être déterminées avec précision. Sur Cadarache, tous les piézomètres inclinés (à l'exception de rares cas) ont fait l'objet d'une mesure de déviation verticale et horizontale.
5. le matériel de mesure : Depuis 1998 plusieurs types et modèles de capteurs piézométriques ont été testés sur le site. Le retour d'expérience du site de Cadarache montre que le choix du matériel peut avoir des conséquences significatives sur la qualité des mesures (dérive de capteur, décharge rapide de la batterie, incertitude sur la précision de la mesure, perte de donnée liée à des infiltrations d'eau, saturation du capteur...) et sur le coût de la surveillance, notamment lorsque les pannes sont récurrentes et nécessitent une maintenance voire un remplacement de la sonde. Il est donc primordial de choisir le type de sonde et le mode de surveillance adaptés aux objectifs fixés. Sur Cadarache, le choix s'est finalement porté sur des sondes autonomes « jetables » (sans possibilité de changer la batterie). Ce choix a été conditionné par la volonté de :
 - pouvoir équiper ou déséquiper rapidement les piézomètres, ceci afin de s'adapter aux besoins des installations mais également aux conditions hydrologiques (période de basses ou des hautes eaux). Par exemple : un capteur hors d'eau lors d'une période d'étiage est facile à repositionner en rallongeant sa drisse d'attache.
 - limiter les opérations de maintenance en se prémunissant notamment des risques de détérioration liée aux infiltrations d'eau en période de crue (charge hydraulique de plusieurs bars).
 - Dissimuler le matériel à l'intérieur du piézomètre pour éviter les risques de vandalisme ou de dégradations accidentelles.
 - Bénéficier de capteurs suffisamment étendus en gamme de pression pour pouvoir ajuster la précision de mesure en fonction de l'amplitude des battements de la nappe étudiée. Par exemple, un capteur de pression nominale de 1 bar est parfaitement adapté pour la nappe miocène dont les battements dépassent rarement le mètre, mais il serait vite mis hors d'usage dans les calcaires crétacés où les battements sont de l'ordre du décamètre.
6. les moyens de vérification et de validation des données piézométriques : le CEA de Cadarache a fait le choix de développer l'outil « PIEZO » afin de pouvoir vérifier et valider les différentes étapes permettant de passer d'une valeur de pression brute (pression de la colonne d'eau + pression atmosphérique) en cote piézométrique corrigée des variations barométriques, de l'éventuelle dérive du capteur et de tout autre incident pouvant fausser la mesure (prélèvement d'eau, mauvais repositionnement du capteur, erreur de relevé manuel, capteur hors d'eau, modification de la longueur de la drisse...). L'outil permet également de superposer plusieurs chroniques piézométriques et d'ajuster automatiquement le niveau de précision des chroniques piézométriques en fonction de la période d'observation. Ces fonctions sont très utiles pour vérifier la représentativité d'un piézomètre en comparant son comportement avec celui des piézomètres voisins ainsi que pour mettre en évidence la présence de singularités hydrogéologiques (failles supposées, compartimentation de l'aquifère,...). Ce mode de vérification est certes plus chronophage que les solutions intégrées de traitement de données proposées par les différents fabricants de sonde, mais il offre un niveau de contrôle/correction des données plus élevé et un spectre d'utilisation/interprétation des données plus large.
7. la fréquence de mesure : elle doit être adaptée à l'objectif visé et à la réactivité de la nappe aux précipitations. Sur Cadarache l'exploitation des chroniques piézométriques de la nappe crétacée nécessitent de disposer d'un pas de temps d'enregistrement de 30 minutes pour être en mesure de reproduire avec précision les variations piézométriques. Pour la nappe mio-quaternaire, un pas de temps journalier voire décadaire peut être suffisant dans la majorité des secteurs étudiés.

8. la période d'observation : de la même manière que pour la fréquence de mesure, la période d'observation doit être définie en fonction de la problématique étudiée, du type d'aquifère (poreux, karstique, fissuré) et des conditions hydrologiques correspondantes. A titre d'exemple, la quantité de données nécessaires pour déterminer la cote piézométrique d'occurrence centennale ne sera pas la même que celle utilisée pour le positionnement de préleveur d'eau dans le cadre d'une surveillance chimique ou radiologique. De même, si l'objectif est de déterminer un niveau piézométrique d'occurrence défini, il faut s'assurer au préalable que la chronique piézométrique utilisée couvre des périodes hydrologiques distinctes (période de hautes eaux et de basses eaux (étiage)). Dans certains cas, il peut être parfois nécessaire de disposer de plusieurs années d'enregistrement pour être en mesure de pouvoir caractériser les niveaux piézométriques correspondant à ces différentes périodes. (figure 9)

Figure 9 : Illustration des variations piézométriques pluriannuelles de la nappe mio-quaternaire enregistrées sur le site de Cadarache.

Références Bibliographiques :

GLINTZBOECKEL C., 1983. Evaluation des risques potentiels de pollution dans la vallée de l'Abéou. Etude de faisabilité. Rapport BRGM 83 SGN 002 PAC.

PHILIPPONNEAU Y., 2010 et al. Présentation Générale de la Sûreté de l'Etablissement – Centre de Cadarache. Document du Commissariat à l'énergie atomique. Ind. B.

ⁱ Ingénieur hydrogéologue au Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives (CEA), site de Cadarache.

Courriel. : sebastien.morilhat@cea.fr

ⁱⁱ Ingénieur hydrogéologue et responsable du Cabinet CETRA (64).

Courriel. : pretou.cetra@orange.fr