



Réflexions exploratoires sur l'utilisation des données de température et de conductivité collectées via les stations du réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la France

Rapport final

S. Schomburgk, J. Nicolas (BRGM)

Janvier 2014

Document élaboré dans le cadre de :
La Directive Cadre sur l'Eau

- **AUTEURS**

Jérôme Nicolas, hydrogéologue (BRGM), J.Nicolas@brgm.fr

Susanne Schomburgk, hydrogéologue (BRGM), S.Schomburgk@brgm.fr

- **CORRESPONDANTS**

Onema : Céline NOWAK, Celine.Nowak@onema.fr

DEB/MEDDE : Sarah BONNEVILLE, Sarah.Bonneville@developpement-durable.gouv.fr

Partenaire : Laurence GOURCY, correspondante Onema (BRGM), l.gourcy@brgm.fr

Droits d'usage : Accès libre

Niveau géographique : National

Couverture géographique : Métropole

Citations locales : Masses d'eau souterraines

Niveau de lecture : Professionnels, experts

RESUME

Au moment de la révision des réseaux de surveillance de la DCE, l'ONEMA a chargé le BRGM de mener des réflexions sur de possibles améliorations dans la collecte de nouvelles données via le réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la France existant dans un cadre coût/apports d'information contrôlé.

Le réseau piézométrique national permet l'acquisition puis la bancarisation dans ADES (<http://www.ades.eaufrance.fr/>) des niveaux des nappes d'eau souterraine. Environ la moitié des capteurs actuellement installés sur les sites et gérés par le BRGM (moins d'un tiers si on considère l'ensemble des producteurs) permettent d'enregistrer également les données de température. Malgré le fait que cela soit possible, toutes ces données n'ont pas été collectées et encore moins valorisées jusqu'à présent. Certaines stations (2.5%) permettent également l'acquisition de données de conductivité. L'ensemble de ces données (température et conductivité) ne sont pas bancarisées actuellement dans ADES.

L'inventaire et le travail de cartographie réalisés dans cette étude permet de situer les ouvrages de surveillance qui sont équipés (ou pourraient l'être) avec du matériel permettant l'acquisition automatique de la température et/ou de la conductivité.

Dans le cadre de cette étude, le BRGM a également mené des réflexions sur l'utilisation des données de conductivité et de température dans le cadre du réseau national de surveillance quantité DCE.

Pour les données de conductivité, des études récentes montrent l'importance d'acquérir cette donnée pour améliorer le suivi de l'état qualitatif (et quantitatif) des aquifères en zone côtière : le rapportage de 2010 a identifié 14 masses d'eau souterraines dégradées par l'intrusion saline. Dans le cadre de l'étude BRGM menée au cours de l'année 2011 « Montée du niveau marin induite par le changement climatique : conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en Métropole. », une liste d'une trentaine d'aquifères touchés ponctuellement par des intrusions salines complète cette liste des masses d'eau identifiées par le rapportage 2010. Cette étude avait montré la nécessité fondamentale des mesures de conductivité pour évaluer l'intrusion saline dans les zones à risque.

Les secteurs cartographiés dans ce travail de synthèse pourront être complétés à partir des éléments fournis par les Agences de l'Eau et les DREAL sur les masses d'eau à risque ou sur lesquelles un besoin de surveillance a été identifié.

Par ailleurs, l'acquisition de données sur le paramètre conductivité peut s'avérer important pour l'interprétation de l'évolution de la qualité des eaux souterraines continentales (relation directe entre la conductivité et les concentrations en sulfates ou nitrates).

Pour la température, d'autres études ont permis de mettre en avant l'importance de suivre son évolution dans les eaux souterraines pour évaluer l'impact du changement climatique ou de la géothermie (pompe à chaleur essentiellement) notamment en contexte alluvial et urbain. Pour le suivi de l'impact du changement climatique, un travail débuté en 2012 a permis de définir 20 à 30 aquifères à surveiller et d'y associer des ouvrages du réseau piézométrique national qui seront à équiper en priorité avec des capteurs de température. Pour la géothermie, une étude nationale est menée

actuellement pour développer un observatoire des nappes exploitées énergétiquement et un outil de gestion prédictive des ressources (convention BRGM-ADEME).

Enfin, plusieurs études ou réflexions régionales mettent en avant l'intérêt d'exploiter les données de la température et/ou de la conductivité pour une meilleure connaissance des écoulements souterrains mais aussi pour une meilleure compréhension des relations eaux souterraines – eaux de surface.

En ce qui concerne les moyens à mettre en œuvre, une réflexion a été menée afin de définir les coûts associés pour l'acquisition de données de conductivité et/ou de température. Cette réflexion s'est basée sur le réseau de surveillance de l'état quantitatif sous maîtrise d'ouvrage BRGM en 2013 en tenant compte du marché de fourniture de matériel qui a été signé en novembre 2013 par le BRGM et des coûts de gestion de ce réseau à l'échelle nationale.

MOTS-CLES : piézomètres, conductivité, température, réseau de surveillance, DCE, ADES, vulnérabilité, aquifères côtiers, intrusion saline

Réflexions exploratoires sur l'utilisation des données de température et de conductivité collectées via les stations du réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la France

Rapport final

BRGM/RP-63123-FR

Janvier 2014

Étude réalisée dans le cadre de la convention Onema - Brgm 2013-2015

S. Schomburgk, J. Nicolas

Vérificateur :

Nom : B. Mougin

Date : 13/03/2014

Signature :



Approbateur :

Nom : N. DORFLIGER

Date : 21/10/2014

Signature :



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : piézomètres, conductivité, température, réseau de surveillance, DCE, ADES, vulnérabilité, aquifères côtiers, intrusion saline

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Schomburgk S., Nicolas J. (2013) – Réflexions exploratoires sur l'utilisation des données de température et de conductivité collectées via les stations du réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la France. Rapport final. BRGM/RP-63123-FR. 35 p., 16 ill.

© BRGM, 2013, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. CONTEXTE	9
1.2. LES ACTIONS	9
2. Inventaire des données et du matériel disponible	10
2.1. RESULTAT DE L'INVENTAIRE CONCERNANT LA TEMPERATURE	12
2.2. RESULTAT DE L'INVENTAIRE CONCERNANT LA CONDUCTIVITE.....	13
3. Objectifs potentiels concernant l'utilisation des données de conductivité et de température.....	17
3.1. SUIVI DE L'INTRUSION SALINE EN ZONE LITTORALE.....	17
3.2. EVALUATION DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	25
3.3. EVALUATION DE L'IMPACT DE L'UTILISATION DE LA GEOTHERMIE	25
3.4. COMPREHENSION DES VARIATIONS DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES 28	
3.5. AUTRES UTILISATIONS POSSIBLES DES DONNEES DE TEMPERATURE ET CONDUCTIVITE	29
4. Définition du matériel à mettre en place et des moyens à mettre en oeuvre	31
4.1. DONNEES TEMPERATURE	31
4.2. DONNEES CONDUCTIVITE.....	31
5. Conclusion.....	33
Bibliographie	35

Liste des illustrations

Illustration 1 – Tableau des résultats de l'inventaire auprès des 35 producteurs principaux des réseaux piézométriques.....	11
Illustration 2 – Carte du réseau piézométrique selon la présence des capteurs de Température	13
Illustration 3 – Carte du réseau piézométrique selon la présence des capteurs de Conductivité	14
Illustration 4 – Tableau des 14 masses d'eau dégradées par l'intrusion saline (Source : Rapportage de mars 2010).....	18

Illustration 5 – Tableau des aquifères touchés ponctuellement par des intrusions salines et la source bibliographique	19
Illustration 6 : Aquifères influencés par l'intrusion saline en France métropolitaine.....	19
Illustration 7 : Aquifères influencés par l'intrusion saline et réseau piézométrique en France métropolitaine dont ouvrages équipés de matériel permettant de mesurer la conductivité	20
<i>Illustration 8 : Carte des sept secteurs pour lesquels une cartographie de la vulnérabilité selon la méthode GALDIT a été réalisée</i>	<i>21</i>
<i>Illustration 9 : Carte de vulnérabilité des masses d'eau vis-à-vis de l'intrusion saline en région Corse (Frissant et Bodéré, 2009) et test cartographique de la méthode GALDIT (RP59456).</i>	<i>22</i>
Illustration 10 : Relation entre le niveau piézométrique et la conductivité d'un point de mesure (source : RP-61811).....	23
Illustration 11 : Aquifères influencés par l'intrusion saline et réseau piézométrique et propositions d'installation de conductimètres par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie	24
Illustration 12 : Carte des installations géothermiques PAC identifiées grâce à la banque de données du sous-sol(BSS)	26
Illustration 13 : Evolution de la Température de la nappe exploitée par des PAC à Lyon.	27
Illustration 14 – Relations concentrations en sulfate-conductivité dans le cadre de l'étude « Construction et mise en œuvre d'un simulateur hydrologique et chimique du bassin ferrifère lorrain » (Source : RP-53277)	28
Illustration 15 : Graphique de l'évolution des concentrations en nitrates et de la conductivité (RP-61848-FR).....	Erreur ! Signet non défini.
Illustration 16 : Relation niveau piézométrique (NP), température et conductivité dans un forage d'eau de 216 m de profondeur installée dans le cadre de l'étude CASPAR	30

Remerciements :

Nous remercions pour leur collaboration :

L'APRONA (l'observatoire de la Nappe d'Alsace), la DREAL Centre, le Conseil Général des Landes CG40, le Conseil Général de l'Orne CG61, le Conseil Général de la Vendée CG85, le Conseil Général de la Sarthe CG72, Conseil Régional Poitou-Charentes, le Parc naturel régional des Grands Causses, l'Office de l'eau de l'île de la Réunion, et AQUIBRIE (Connaissance et protection de l'aquifère du Champigny).

1. Introduction

1.1. CONTEXTE

Au moment de la révision des réseaux de surveillance de la DCE, l'ONEMA a chargé le BRGM de mener des réflexions sur de possibles améliorations dans la collecte de nouvelles données via le réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la France existant dans un cadre coût/apports d'information contrôlé.

Le réseau piézométrique permet actuellement un enregistrement à pas de temps fin (généralement horaire) des niveaux des nappes d'eau souterraine. Ces données horaires sont ensuite validées et les données maximales quotidiennes (en altitude) sont bancarisées dans ADES (<http://www.ades.eaufrance.fr/>). Environ la moitié des capteurs actuellement installés sur les sites et gérés par le BRGM permettent d'enregistrer également au pas de temps horaire les données de température. Ces données n'ont pas été valorisées jusqu'à présent. Certaines installations permettent également l'acquisition de la conductivité. L'inventaire réalisé dans la présente étude intègre également les données issues des points de surveillance des réseaux gérés par les autres producteurs.

Le BRGM a également mené dans cette étude des réflexions sur l'utilisation des données de température et de conductivité dans le cadre du réseau national de surveillance quantitatif DCE.

Des études récentes (vulnérabilité des aquifères côtiers à la remontée du niveau marin - action 6 de la convention ONEMA-BRGM 2011, évaluation de l'état quantitatif des aquifères côtiers à la Réunion - action 26 de la convention ONEMA-BRGM 2012 par exemple) montrent l'importance d'acquérir des données de conductivité pour améliorer le suivi de l'état qualitatif et quantitatif des aquifères en zone côtière. Ce paramètre peut s'avérer important également pour l'interprétation de l'évolution de la qualité des eaux souterraines continentales.

D'autres études ont permis de mettre en avant l'importance de suivre l'évolution de la température des eaux souterraines en contexte alluvial et urbain en lien avec une utilisation importante de la géothermie (pompe à chaleur essentiellement).

1.2. LES ACTIONS

Cette étude suit plusieurs objectifs :

- Mener des réflexions sur les objectifs potentiels concernant l'utilisation de données de conductivité et/ou de température via l'équipement en matériel approprié des stations piézométriques existantes (intrusion saline en zone littorale hors existant, acquisition de données conductivité/température en continu dans certains secteurs pour mieux comprendre les variations des paramètres physico-chimiques, acquisition de données de température pour évaluer l'impact du changement climatique et l'impact de l'utilisation de la géothermie (PAC) notamment en agglomération),
- Réaliser l'inventaire des données disponibles et des ouvrages équipés de matériel permettant l'acquisition de ces données au pas de temps adéquat pour les objectifs précédemment définis,
- Définir le matériel à mettre en place (caractéristiques et coût d'achat et d'installation), **et les moyens à mettre en œuvre,**
- Mener une réflexion sur la possible création d'un réseau de surveillance de la température et conductivité calé autant que possible sur le réseau quantitatif existant

2. Inventaire des données et du matériel disponible

Le réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la France (0000000070-FR_SOP) englobe plusieurs réseaux unitaires gérés par différents producteurs. Ce réseau national compte environ 1700 points de mesure, dont environ 1400 ouvrages gérés par le BRGM en tant qu'opérateur national.

Les ouvrages de surveillance sont équipés de différents matériels. Les appareils en place permettent en premier lieu la mesure du niveau piézométrique. Cependant depuis quelques années, le matériel installé sur les points de surveillance peut aussi permettre d'acquérir des données de température. En ce qui concerne la conductivité, peu de points sont équipés actuellement dans les réseaux existants.

Si ces données peuvent être ponctuellement et localement utilisées, elles ne sont pas bancarisées dans la banque de données ADES.

Un inventaire a été réalisé auprès des différents producteurs de réseaux piézométriques en France en 2013, les résultats présentés correspondent à la situation à l'automne 2013 :

- les 25 Directions régionales du BRGM (1439 points, hors Réunion et Poitou-Charentes)
- 10 autres producteurs régionaux et départementaux (814 piézomètres, dont environ 300 points DCE) :
 - ✓ Conseil Général des Landes CG40 (159 piézomètres)
 - ✓ DREAL Centre (118 piézomètres)
 - ✓ Conseil Général de l'Orne CG61 (19 piézomètres)
 - ✓ Conseil Général de la Vendée CG85 (48 piézomètres)
 - ✓ Conseil Général de Sarthe CG72 (28 piézomètres)
 - ✓ Conseil Régional Poitou-Charentes (135 piézomètres)
 - ✓ Parc naturel régional des Grands Causses (32 piézomètres)
 - ✓ Région Alsace - APRONA (230 piézomètres)
 - ✓ Office de l'eau Réunion (22 piézomètres)
 - ✓ AquiBrie (19 piézomètres)

Cet inventaire a permis de différencier les installations de mesure suivant plusieurs critères :

- possibilité de télétransmission ;
- activation de la voie Température au niveau du capteur (ex : SEBA Dipper4 / OTT Orpheus Mini etc.),
- données disponibles (avec spécification des dates),
- données déjà valorisées dans le cadre d'études,
- points équipés par un capteur Conductivité.

Les réponses des différents producteurs de ces réseaux unitaires sont reportées dans le tableau ci-dessous (Illustration 1).

Organisme	Nombre de piézomètres	Voie capteur Temp. activée	Voie capteur Temp. non activée	Sans capteur T	Capteur Conductivité
Dir. Rég. BRGM ALSACE	4	-	4	-	-
APRONA-Alsace	230	30	-	-	30
Dir. Rég. BRGM AQUITAINE	168	66	13	89	1
Conseil Général des Landes (40)	159	-	-	-	-
Dir. Rég. BRGM AUVERGNE	55	46	-	9	-
Dir. Rég. BRGM BASSE-NORM.	34	22	-	12	-
CG61 Basse-Normandie	19	-	-	-	-
Dir. Rég. BRGM BOURGOGNE	86	-	22	64	-
Dir. Rég. BRGM BRETAGNE	53	-	16	37	-
Dir. Rég. BRGM CENTRE	65	-	7	56	-
DREAL Région Centre	118	-	-	-	-
Dir. Rég. BRGM CHAMPAGNE-ARDENNE	66	30	8	28	-
Dir. Rég. BRGM CORSE	28	18	-	10	2
Dir. Rég. BRGM FRANCHE-COMTE	30	13	-	17	-
Dir. Rég. BRGM GUADELOUPE	26	26	-	-	-
Dir. Rég. BRGM GUYANE	14	12	-	2	-
Dir. Rég. BRGM HAUTE-NORM.	70	61	-	9	3
Dir. Rég. BRGM ILE-DE-FRANCE	46	-	23	23	-
AquiBrie Ile-de-France	19	10	0	9	-
Dir. Rég. BRGM LANGUEDOC-ROUSSILLON	87	21	-	66	7
Dir. Rég. BRGM LIMOUSIN	40	14	-	26	-
Dir. Rég. BRGM LORRAINE	63	22	-	41	2
Dir. Rég. BRGM MARTINIQUE	29	-	16	13	-
Dir. Rég. BRGM MAYOTTE	11	-	11	-	-
Dir. Rég. BRGM MIDI-PYRENEES	58	-	12	46	-
Parc Naturel Régional des Grands Causses (Midi-Pyrénées)	36	5	-	-	5
Dir. Rég. BRGM NORD-PAS-DE-CALAIS	70	-	21	49	-
Dir. Rég. BRGM PAYS DE LA LOIRE	57	10	-	47	-
Conseil Général de la Sarthe (72)	28	-	-	-	-
Conseil Général de la Vendée (85)	48	1	-	-	1
Dir. Rég. BRGM PICARDIE	112	83	17	12	-
Conseil Régional Poitou-Charentes	135	-	-	-	-
Dir. Rég. BRGM PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	94	16	-	78	-
Dir. Rég. BRGM RHONE-ALPES	73	42	13	18	-
Réunion Office de l'eau	22	3	-	19	3
Total :	2253	551	183	780	57

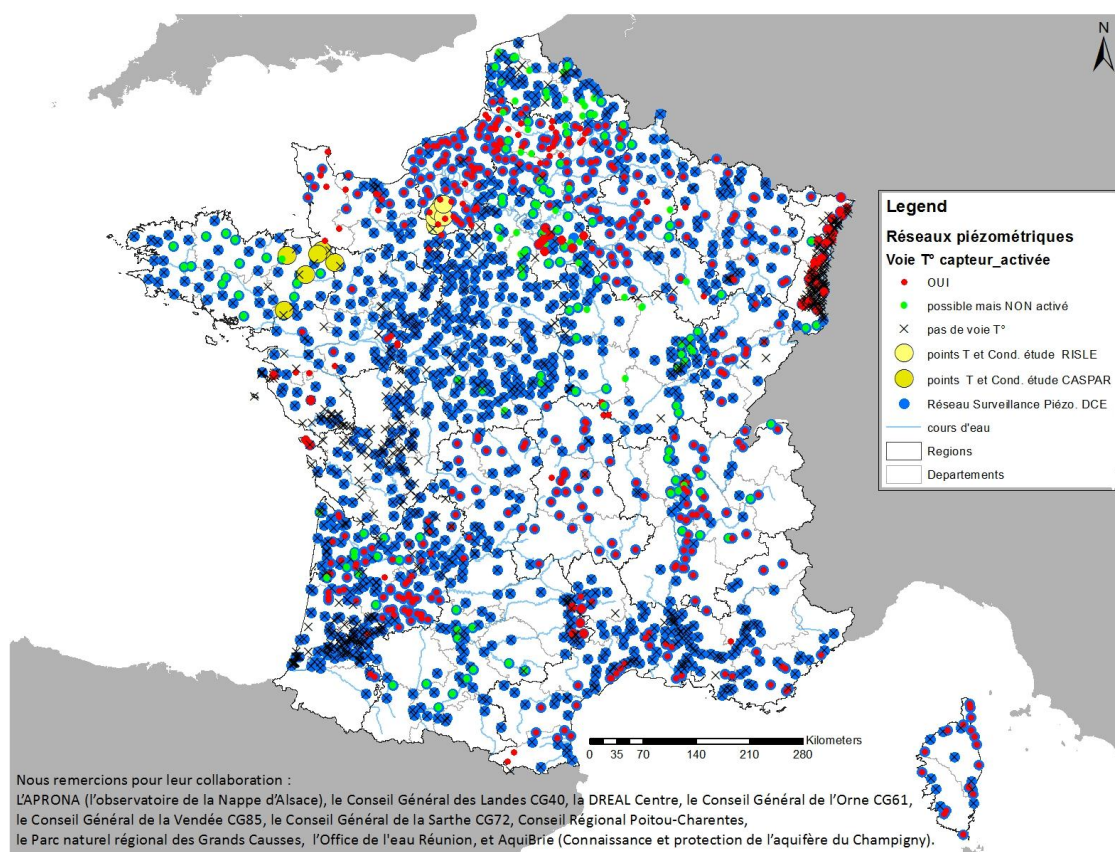
Illustration 1 – Tableau des résultats de l'inventaire auprès des 35 producteurs principaux des réseaux piézométriques

2.1. RESULTAT DE L'INVENTAIRE CONCERNANT LA TEMPERATURE

L'inventaire montre que 734 des 2253 piézomètres sont équipés avec des appareils comprenant une voie de température qui peut enregistrer en continu ce paramètre.

L'illustration 2 représente les ouvrages de surveillance pour lesquels les capteurs permettent d'acquérir également les données de température en France métropolitaine et dans les 5 départements et régions d'outre-mer (DROMs).

- 551 ouvrages ont la voie température activée (points rouges : voie activée) ; et leurs données sont soit disponibles (environ 480 points ont été téléchargés des capteurs) ou déjà exploitées (17 points en Corse),
- 183 ouvrages sont équipés avec une voie température, mais elle n'est pas activée actuellement (car les données ne sont pas exploités actuellement),
- Les piézomètres symbolisés avec des points bleus représentent le réseau de surveillance DCE.



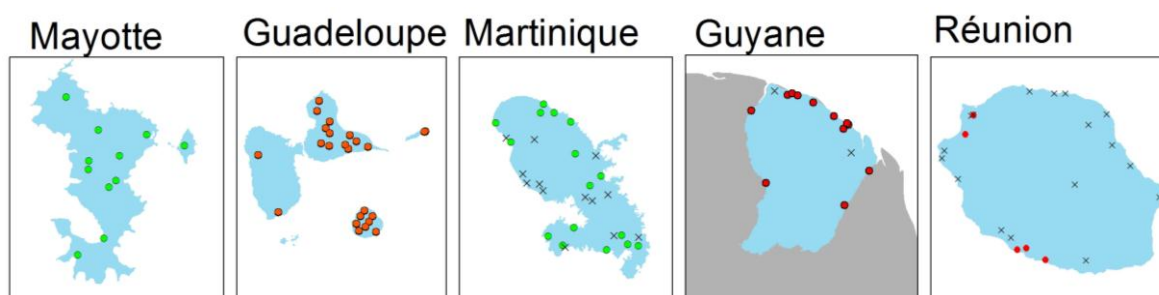


Illustration 2 – Carte du réseau piézométrique selon la présence des capteurs de Température

La distribution sur cette carte illustre que l'instrumentation des piézomètres varie fortement selon les réseaux. Cette variabilité dans l'équipement des ouvrages de surveillance tient essentiellement à l'historique des réseaux et leur évolution de points et de matériels dans le temps. Dans le cadre de deux études en cours (CASPAR¹ et RISLE², points jaunes), plusieurs piézomètres ont été équipés avec du matériel qui enregistre en continu les niveaux, la température et la conductivité (cf. Illustration 2; Ces points ne font pas partie du réseau national actuellement).

2.2. RESULTAT DE L'INVENTAIRE CONCERNANT LA CONDUCTIVITE

L'inventaire réalisé montre que 57 (cf. Illustration 3, points rouge/orange) des 2253 piézomètres sont équipés avec du matériel permettant une acquisition automatique de la conductivité.

¹ Caractérisation des Aquifères Semi-Profonds du socle ARmoricaïn

² Etude actuelle dans la vallée du RISLE en Haute Normandie

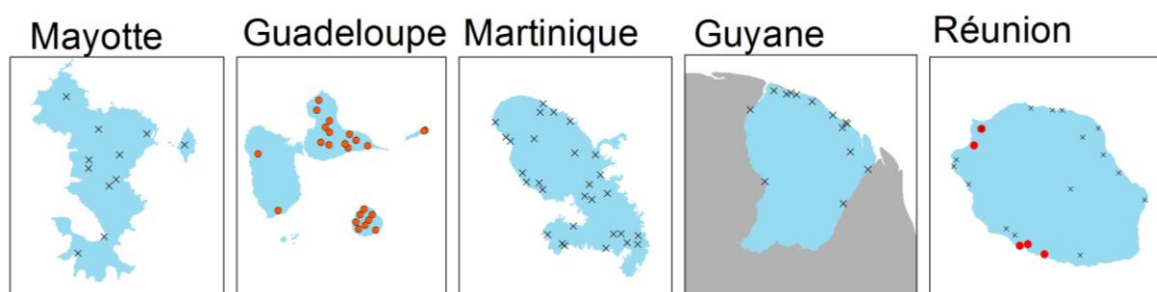
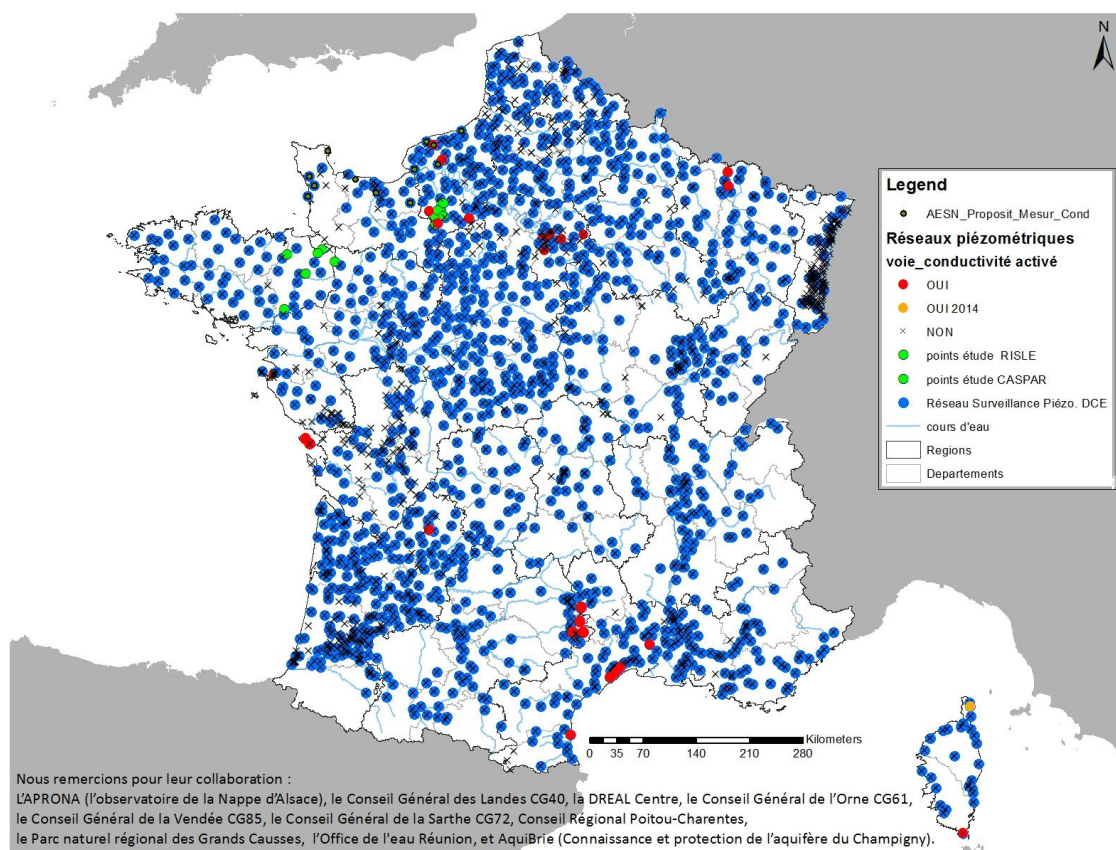


Illustration 3 – Carte du réseau piézométrique selon la présence des capteurs de Conductivité

L'illustration 3 montre les stations de mesure permettant l'acquisition automatique de données de conductivité en France métropolitaine et dans les 5 DROMs.

On peut noter qu'à titre expérimental pour l'évaluation du Bon Etat, un réseau spécifique « Réseau de suivi de la salinité des eaux souterraines de la Réunion » a été mise en place à la Réunion (points rouge). En Guadeloupe, la totalité des piézomètres est équipé de capteur conductivité, les données ont été utilisées dans le cadre du projet « Montée du niveau marin induite par le changement climatique : conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères en DOM » (2011).

En Lorraine, les mesures de conductivité sur deux piézomètres ont été valorisées dans le cadre de l'étude « La conductivité électrique de l'eau utilisée comme indicateur de la concentration en

sulfate » (corrélation linéaire entre les deux paramètres chimiques sur le bassin ferrifère Lorrain (BRGM/RP-53277-FR).

3. Objectifs potentiels concernant l'utilisation des données de conductivité et de température

Suite à une enquête par mail menée de septembre à octobre 2013, les réponses des interlocuteurs des réseaux ont pu montrer différents objectifs potentiels concernant l'utilisation de données de conductivité et/ou de température via l'équipement en matériel approprié des stations piézométriques existantes.

3.1. SUIVI DE L'INTRUSION SALINE EN ZONE LITTORALE

Les aquifères côtiers sont plus ou moins sensibles aux intrusions salines en conditions naturelles et sous influence anthropique, sur le littoral ou dans l'environnement des cours d'eau envahis par l'eau salée. La structure géologique, la géométrie et les hétérogénéités au sein des aquifères sont des conditions naturelles stables, les niveaux piézométriques sont les conditions dynamiques qui varient avec les saisons, le climat et l'exploitation des nappes.

Le suivi de la conductivité en continu de ces aquifères peut permettre de comprendre l'évolution et le fonctionnement des intrusions salines, durant l'année et au fil du temps. Cette connaissance de la conductivité en lien avec celle du niveau piézométrique peut permettre une meilleure gestion des prélèvements d'eau souterraine à proximité des côtes et une meilleure connaissance pour l'évaluation du bon état qualitatif et quantitatif des masses d'eau souterraines concernées.

Le rapportage de mars 2010 a identifié des masses d'eau souterraines dégradées par l'intrusion saline, dont

- 8 en France Métropolitaine et
- 6 à la Réunion.

L'illustration suivante reprend les Masses d'eau souterraine concernées.

Code Eu	Nom de la Masse d'Eau souterraine
FRDG124	Calcaires jurassiques pli ouest de Montpellier, extension sous couverture et formations tertiaires Montbazin-Gigean
FRDG221	Multicouche pliocène et alluvions IVaires du Roussillon
FRDG224	Sables astiens de Valras-Agde
FRDG318	Alluvions des fleuves côtiers Giscle et Môle, Argens et Siagne
FRDG343	Alluvions du Gapeau
FREG335	Aquifères alluviaux majeurs corses (Fium Alto, Golo, Plaine de Mormorana, Bevinco)
FREG336	Aquifères alluviaux secondaires des basses plaines littorales de Corse
FRHG001	Alluvions de la Seine moyenne et aval
Ile de la Réunion :	
FRLG001	Aquifère St Denis
FRLG009	Aquifère Petite Ile St Pierre Le Tampon
FRLG011	Aquifère Etang Salé - St Louis
FRLG013	Aquifère Trois Bassins
FRLG015	Aquifère St Paul

FRLG016	Aquifère Le Port La Possession
---------	--------------------------------

Illustration 4 – Tableau des 14 masses d'eau souterraines dégradées par l'intrusion saline (Source : Rapportage de mars 2010)

Par ailleurs, dans le cadre de l'étude BRGM menée au cours de l'année 2011 « Montée du niveau marin induite par le changement climatique : Conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en Métropole. » (BRGM/RP-60829-FR), une tâche consistait à réaliser la synthèse des aquifères côtiers cités dans les études techniques et concernés par les intrusions salines. Cette liste d'aquifères touchés ponctuellement par des intrusions salines, complète la liste des Masses d'eau souterraines identifiées par le rapportage de 2010.

Le tableau suivant reprend la liste des aquifères concernés ainsi que les références bibliographiques qui y sont associées pour cette problématique.

Aquifères	Source
Alluvions de l'Aude	Rapport Senat 215/SDAGE2000
Alluvions de l'Orb	Rapport Senat 215/SDAGE2000
Alluvions sablo-arg.+Craie captif	Picardie_NoteAPE_2010.pdf
Alluvions+Calcaires du Bathonien	Caen_Alluvions RP-51432-FR[1].pdf
Calcaires du Bathonien	Normandie78-SGN-320-PNO[1].pdf
Calcaires lutétiens et des Sables cuisiens	Ile Noirmoutier, Rapport Petit 1996
Calcarénites Miocène de Bonifacio	BRGM/RP-56165-FR Rapportage 2010
Karsts des Corbières	Rapport BRGM-57612
Littoral de Camargue	Nombreux articles
Nappe alluviale de Berre	Rapport BRGM R39298
Nappe alluviale de la Giscle-Môle	Rapport Senat 215/SDAGE2000
Nappe alluviale de l'Argens (Fréjus)	Rapport Senat 215/SDAGE2000
Nappe alluviale de l'Eygoutier	Rapport BRGM 54515
Nappe alluviale du Loup	Rapport BRGM R39298
Nappe alluviale du Siagne	Fiche de synthèse MESO RMC
Nappe alluviale du Var	Rapport BRGM 54515
Nappe de Crau et secteur Fos-sur-Mer	Rapport Senat 215/SDAGE2000
Nappe du Gapeau	Rapport Senat 215/SDAGE2000
Nappe jurassique karstique	Rapportage 2010
Nappes quaternaire de la plaine du Roussillon	Rapportage 2010 Rapport Senat 215/SDAGE2000
Plaine alluviale au sud de la Marana Casinca	BRGM/RP-56165-FR Rapportage 2010 Rapport Senat 215/SDAGE2000
Sables de Flandres	Loon-Plage/Dunkerque BRGM-RP59226-mai2010-VPjrm.pdf
Sables du Pliocène et Calcaires et grès de l'Eocène*	BRGM/RR-35615-FR
Sables plio-quaternaires	Rapport du Senat 215, Soulac
sables plissards+Craie ST	http://www.esrifrance.fr/sig2010/hydrogeologie.asp
sables plissards+Craie ST	NordPdC_RR-39851-FR[1].pdf+ http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=179499
Socle en Bretagne	BRET_RAPPORTeausalée07.03.doc
Socle (Schistes, grès, migmatites,	Saint Malo Note 05.149

paragneiss...)	
Socle Quiberon	BRET_RAPPORTeausalée07.03.doc: Quiberon
Alluvions récentes de la Gironde FRFG026	BRGM-RP-59456
Alluvions fluvio-marines des marais de Rochefort, de Brouage et Seudre aval FRFG027	BRGM-RP-59456

Illustration 5 – Tableau des aquifères touchés ponctuellement par des intrusions salines et sources bibliographiques

L'illustration 6 représente ces aquifères identifiés dans le cadre de cette étude de 2011 (triangles rouges) ainsi que les masses d'eau rapportées en 2010 en France métropolitaine. On peut constater que plusieurs secteurs géographiques sont communs notamment sur le littoral méditerranéen. Les intrusions potentielles concernent les alluvions en zone côtières (triangles oranges).

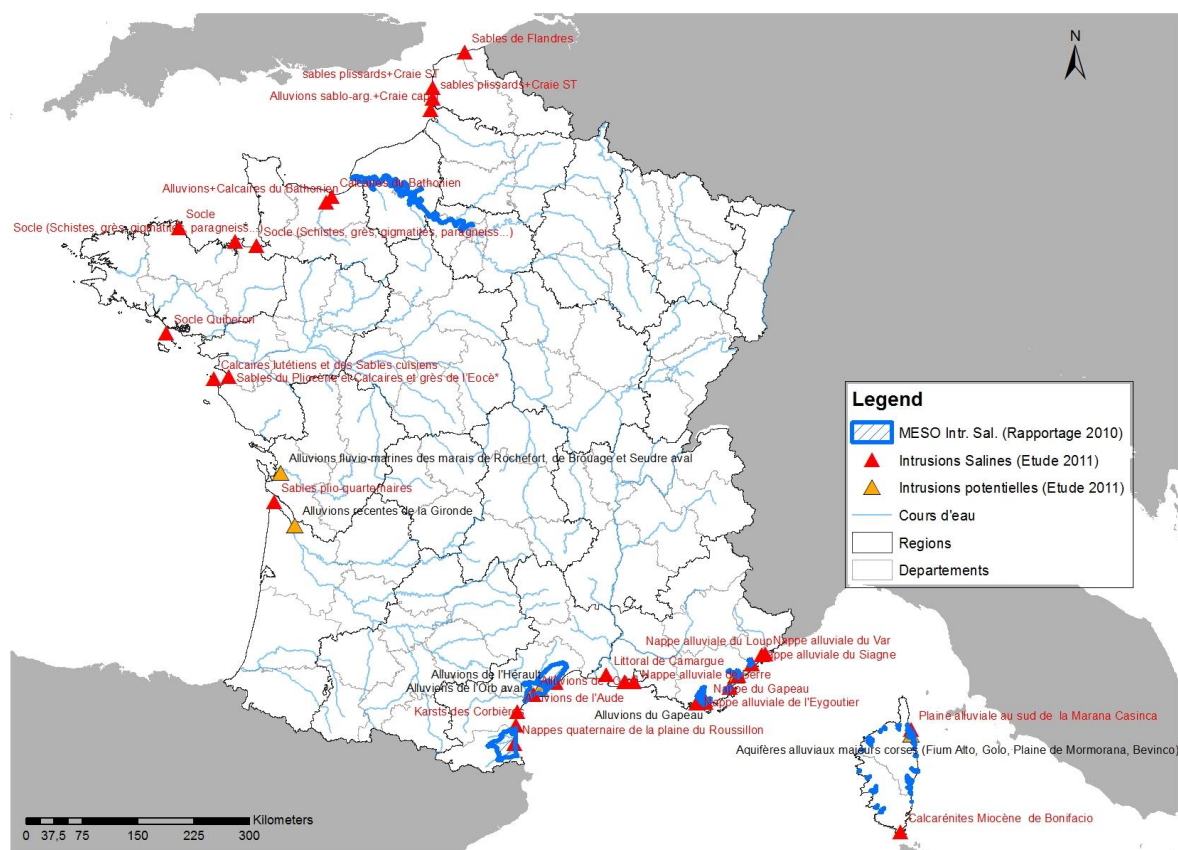


Illustration 6 : Aquifères influencés par l'intrusion saline en France métropolitaine

Actuellement, la conductivité est très peu surveillée en continu (cf. illustration 5). Quelques ouvrages de surveillance sont équipés de matériel de mesure automatique permettant l'acquisition de données de niveaux d'eau, de température et de conductivité : ils sont localisés dans les régions Languedoc-Roussillon, Poitou-Charentes, Haute-Normandie, Corse, Guadeloupe et Réunion.

L'illustration 7 permet de situer les aquifères influencés par l'intrusion saline et les piézomètres qui pourraient être équipés avec du matériel permettant l'acquisition automatique de la conductivité.

Un renforcement des mesures pourrait ainsi être possible localement en utilisant le réseau existant, cependant, une évolution du matériel serait nécessaire. **Le choix de l'implantation des ouvrages demandera une analyse de la situation locale au cas par cas.**

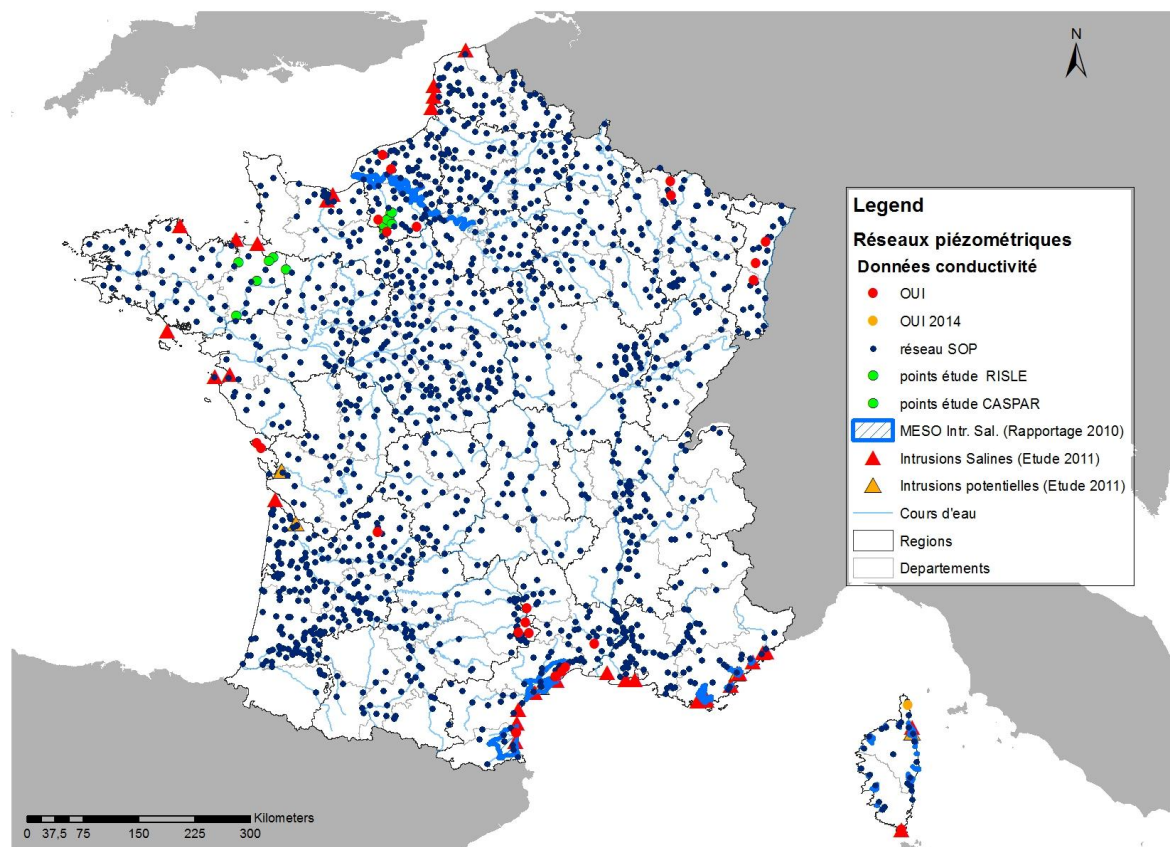


Illustration 7 : Aquifères influencés par l'intrusion saline et réseau piézométrique en France métropolitaine dont ouvrages équipés de matériel permettant de mesurer la conductivité

Dans le cadre de l'étude BRGM menée en 2011 (BRGM/RP-60829-FR), des tests de cartographie de la vulnérabilité des aquifères côtiers vis-à-vis de l'intrusion saline en contexte de surélévation de niveau marin ont été réalisés à l'échelle nationale et régionale. Dans 7 zones reconnues, des tests cartographiques suivant la méthode GALDIT³ ont été menées, notamment en Corse (Illustration 8). Des problèmes d'intrusions salines y sont notamment connus au

³ La méthode GALDIT est une méthode de cartographie de la vulnérabilité des aquifères côtiers, dédiée aux risques d'intrusion saline. Elle a été initialement développée par Chachadi et Lobo-Ferreira (2001) dans le cadre du projet euro-indien COASTIN (programme INCO DEV du 4ème PCRD). La méthode a été notamment appliquée dans les régions côtières de Goa en Inde et d'Algarve au Portugal (Lobo-Ferreira et al, 2005a 2005b).

GALDIT est une approche de « cartographie à index » simple d'utilisation, nécessitant peu de données. La détermination de l'indice de vulnérabilité des eaux souterraines par rapport à l'intrusion saline est fondée sur la combinaison de six paramètres pouvant influencer l'intrusion saline potentielle

niveau du champ captant de Bastia (plaine alluviale au sud de la Marana Casinca) (Illustration 9).

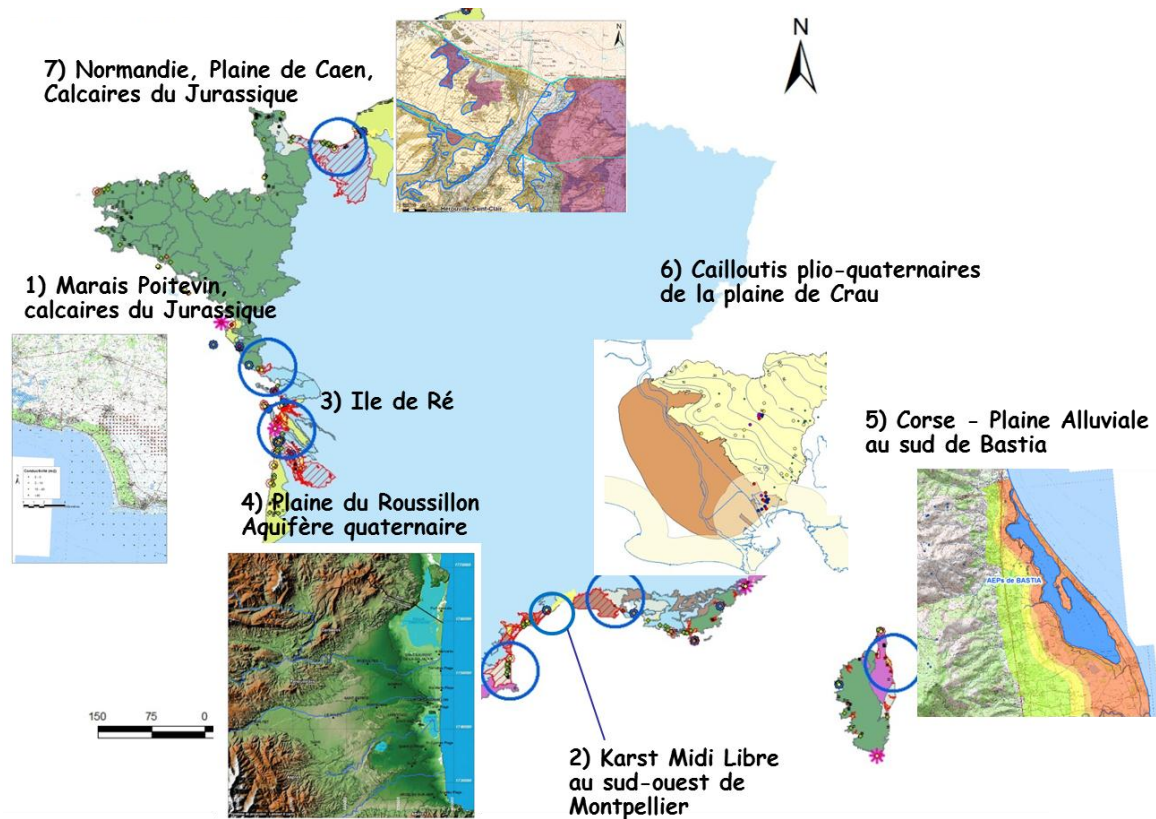


Illustration 8 : Carte des sept secteurs pour lesquels une cartographie de la vulnérabilité selon la méthode GALDIT a été réalisée

D'autres zones moins connues ont été cartographiées dans le cadre de cette étude, grâce aux données de conductivité disponibles, comme l'aquifère des calcaires du Bathonien au nord de la plaine de Caen (Illustration 8).

Cette approche a montré la **nécessité fondamentale des mesures de conductivité pour évaluer l'intrusion saline dans les zones à risque.**

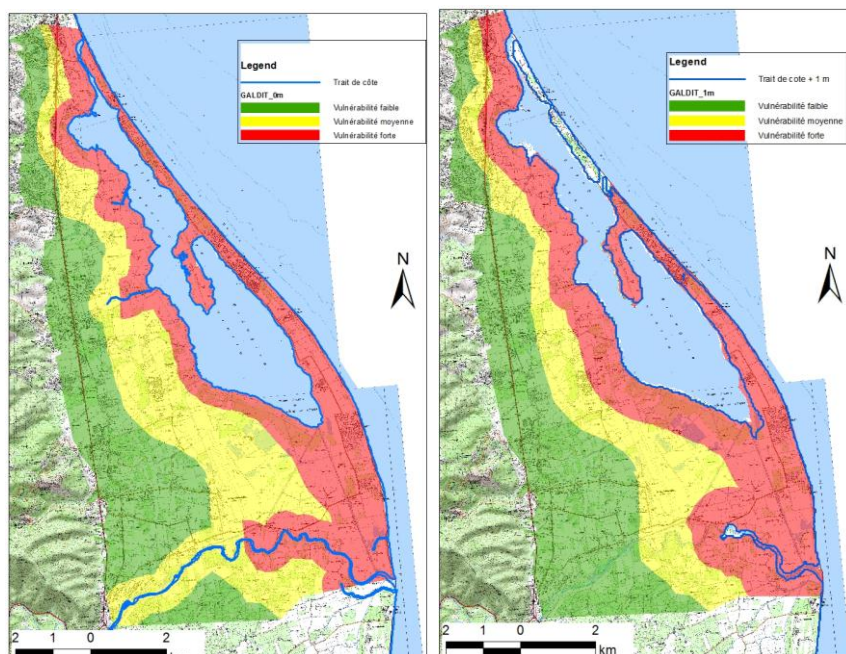
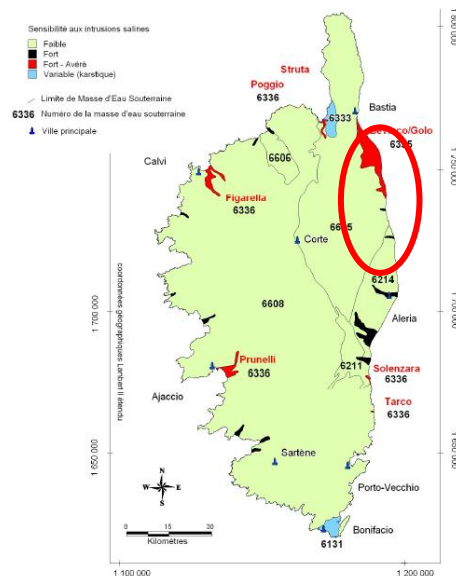


Illustration 9 : Carte de vulnérabilité des masses d'eau souterraines vis-à-vis de l'intrusion saline en région Corse (Frissant et Bodéré, 2009) et test cartographique de la méthode GALDIT (a.g. : niveau marine actuelle ; a.d. niveau marine +1 m) (Rapport BRGM/RP-59456-FR).

A titre **expérimental pour l'évaluation du Bon Etat**, un réseau spécifique « Réseau de suivi de la salinité des eaux souterraines de la Réunion » a été mise en place à la Réunion (72 points).

Le piézomètre présenté dans l'illustration 10 et installée proche de la côte de la Réunion traverse des niveaux basaltiques. Il est présente la conductivité (trimestriel) à 45 m de profondeur, correspondant au niveau du milieu de la zone « salée » supposée. L'évolution de la conductivité révèle une légère hausse depuis 2011, en relation avec une baisse du niveau piézométrique.

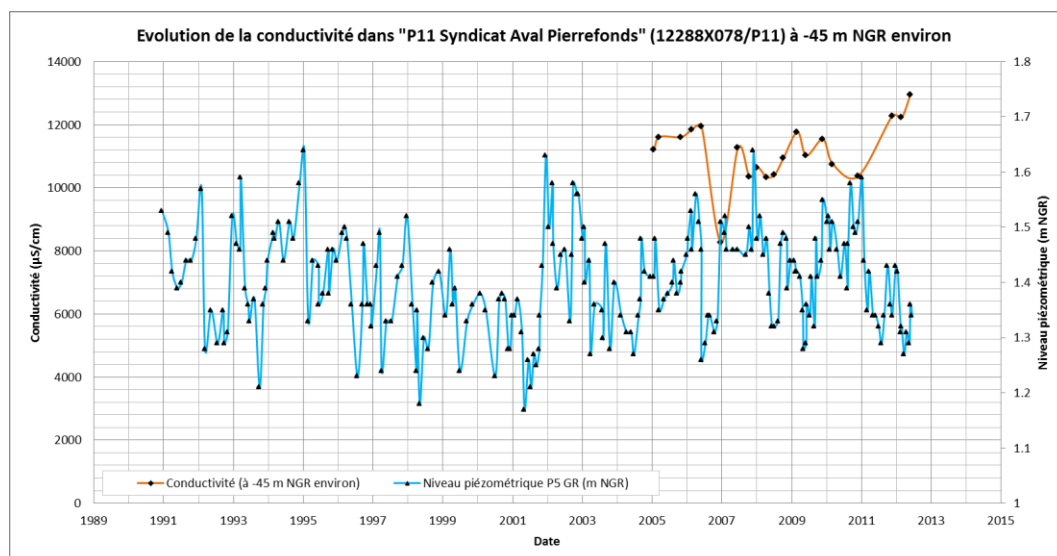


Illustration 10 : Relation entre le niveau piézométrique et la conductivité d'un point de mesure (source : Rapport BRGM/RP-61811-FR)

En Guadeloupe, la totalité des piézomètres est équipé de capteur de conductivité, les données ont été utilisées dans le cadre du projet « Montée du niveau marin induite par le changement climatique : conséquences sur intrusion saline dans les aquifères en DOM » (RP-60828-FR, 2011). Des « seuils d'alerte de conductivité » liée à l'intrusion saline pourraient être envisagés, notamment pour les 2 MESO à enjeux AEP (FRIG001 et FRIG002). Actuellement, le niveau de connaissance ne permet pas de faire des propositions pertinentes car il est difficile de dissocier l'influence des intrusions salines avec le fond géochimique naturel. Deux études actuellement en cours pourront compléter les données : « cartographie de l'interface eau douce - eau salée en Grande-Terre et à Marie-Galante » et « confirmation des fonds géochimiques en Guadeloupe » (finalisation 2014 et 2016 pour Marie-Galante).

En Lorraine, les mesures de conductivité de deux piézomètres ont été valorisées dans le cadre de l'étude « La conductivité électrique de l'eau utilisée comme indicateur de la concentration en sulfate » (corrélation linéaire entre les deux paramètres chimiques sur le bassin ferrière Lorrain (BRGM/RP-53277-FR).

Par ailleurs, les régions suivantes ont également exprimé un besoin de surveiller les piézomètres influencés probablement par des intrusions salines lors de l'inventaire en 2013 :

- Bretagne, pour mieux évaluer l'extension du biseau salé (cf. Plaquette « Le forage en Bretagne » et « Forages en milieu littoral », février 2012, <http://sigesbre.brgm.fr/Prescriptions-techniques.html>),
- Corse : réseau de suivi de la conductivité électrique dans les nappes alluviales côtières (pour la gestion des ouvrages AEP),
- Martinique : pour la mise en place et le renforcement de la surveillance afin de mieux évaluer le bon état des eaux souterraines,
- Mayotte : Un suivi de la conductivité de l'aquifère de Kawéni est proposé. Cet aquifère côtier est sollicité par 3 forages AEP et cette ressource est sensible aux intrusions salines (cela a déjà été montré dans un piézomètre de la DEAL situé à proximité d'un des piézomètres du réseau DCE).

Lors de la réunion du sous-groupe QUANTITE du GT DCE Eaux Souterraines qui s'est tenu le 26 novembre 2013 à Paris, il a été demandé aux DREAL de bassins et aux Agences de l'Eau de faire remonter la liste des masses d'eau souterraines sur lesquelles le suivi en continu de la conductivité sur des piézomètres paraîtrait pertinent : masses d'eau à risque pour le test intrusion saline et masses d'eau sur lesquelles un problème est suspecté et qui nécessiteraient un besoin de surveillance.

Au moment de l'écriture de ce rapport, seule l'Agence de l'Eau Seine-Normandie a pu transmettre ses éléments. L'illustration 11 présente les 12 piézomètres et 2 AEP proposés. Ces propositions sont effectivement en cohérence avec les connaissances acquises lors des différentes études concernant l'intrusion saline : soit des concentrations en chlorures élevées (> 30 mg/L), soit une conductivité supérieure à la normale (>800 micro S/cm) ont été enregistrés de manière répétée (Source : extraction ADES sur les qualimètres).

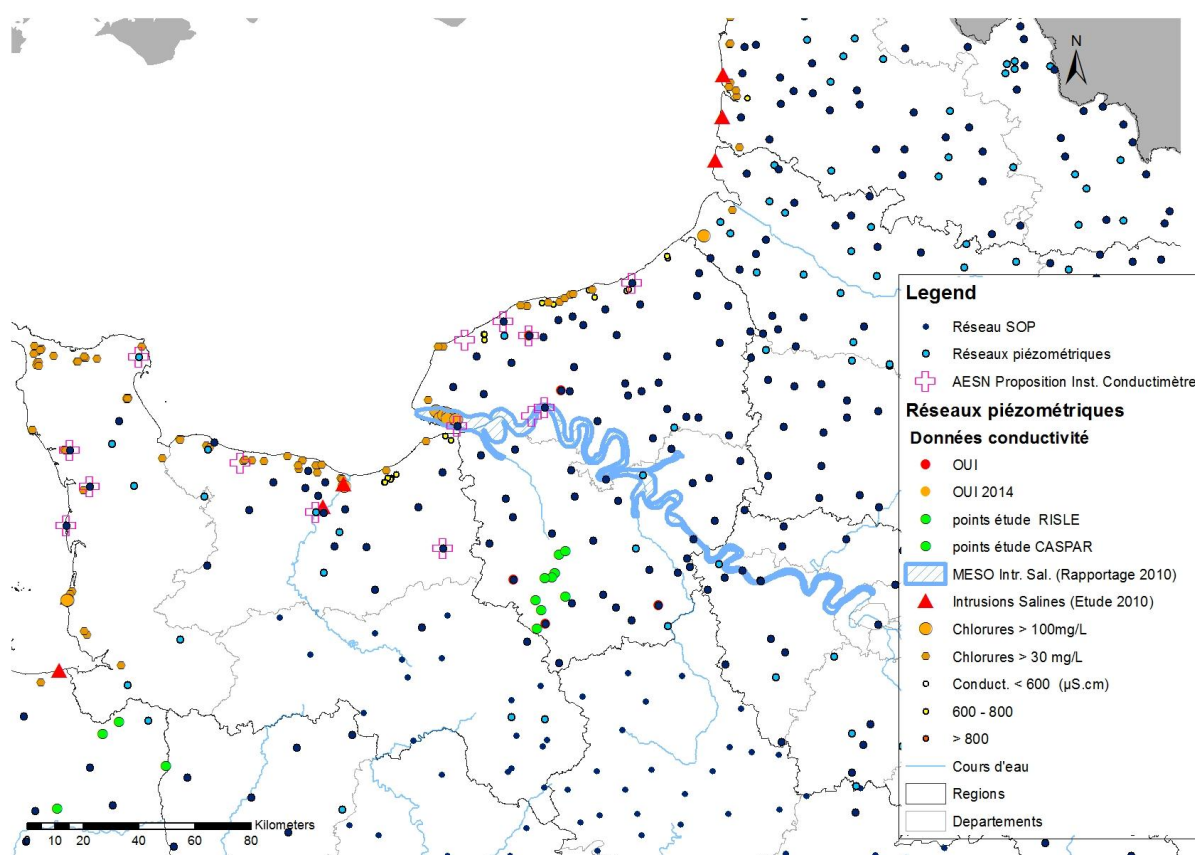


Illustration 11 : Aquifères influencés par l'intrusion saline, réseau piézométrique et propositions d'installation de conductimètres par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie

Ce premier retour devra être complété par les éléments qui seront transmis par les autres bassins. Associés aux données issues du rapportage de 2010 et du rapport de 2011 sur la « Montée du niveau marin induite par le changement climatique : conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en Métropole. » (BRGM/RP-60829-FR), ils permettront de sélectionner les piézomètres à équiper en priorité.

3.2. EVALUATION DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Dans le cadre de l'étude « Établissement d'un réseau de référence piézométrique pour le suivi de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines (RP-61807-FR, 2012), des propositions pour la définition de ce réseau spécifique ont été détaillées. Ce travail se poursuivra en 2014 et 2015. En 2014, 20 à 30 systèmes aquifères à suivre en priorité pour ce réseau de surveillance du changement climatique seront sélectionnés et des piézomètres DCE seront présélectionnés sur ces aquifères. Puis en 2015, les piézomètres du réseau de suivi du changement climatique seront validés sur la base d'une enquête de terrain.

L'acquisition de données de température peut permettre d'évaluer l'impact du changement climatique sous condition d'un suivi à long terme. L'inventaire réalisé dans le cadre de la présente étude montre qu'il n'existe actuellement aucune très longue chronique (à partir de 1993 pour la plus ancienne). Néanmoins, 734 appareils permettent depuis quelques années d'acquérir ces données d'une manière continue, grâce à l'évolution des matériels de mesure piézométrique. La distribution de ces installations en France est très hétérogène (cf. 2.1 et Illustration 2).

Le sous-groupe de travail national « Quantité » a proposé le 26 novembre 2013 que les ouvrages retenus, dans le cadre de la poursuite des travaux sur la mise en place d'un réseau dédié au changement climatique, puissent être équipés de matériel permettant le suivi de la température.

Ainsi, compte tenu de la disparité de la répartition des ouvrages équipés de matériel permettant l'acquisition de la température en même temps que le niveau piézométrique, certains ajustements devront peut-être être réalisés afin d'équiper les ouvrages destinés à la surveillance du changement climatique.

Dans un premier temps, pour les ouvrages de surveillance gérés par le BRGM, il pourrait être envisagé une permutation de matériel en fonction des caractéristiques des sites (profondeur des ouvrages, variations saisonnières des niveaux). Ensuite, dans le cadre du renouvellement du parc de matériel, un plan d'investissement particulier pourrait être réalisé en travaillant toujours sur les possibilités de permutation de matériel mais en intégrant également le matériel obsolète qui doit être remplacé.

3.3. EVALUATION DE L'IMPACT DE L'UTILISATION DE LA GEOTHERMIE

L'acquisition de données de température permettrait d'évaluer l'impact thermique d'exploitations utilisant la géothermie et notamment lorsqu'il s'agit d'installation avec pompe à chaleur (PAC) comprenant un ouvrage de prélèvement et un ouvrage de rejet. Cela concernerait surtout les nappes superficielles dans les agglomérations qui peuvent concentrer ce type d'installation et dans lesquelles des problèmes ont commencé à apparaître comme par exemple à Lyon, Grenoble et Strasbourg. Actuellement, il n'existe aucun inventaire exhaustif des installations géothermiques au niveau national.

La carte des installations géothermiques (PAC) (Illustration 12) a été réalisée à partir des points référencés dans la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS). Elle permet d'identifier les agglomérations avec une forte densité d'installations. Néanmoins, ces données ne sont pas exhaustives puisqu'elles sont généralement issues des informations transmises au BRGM au titre du Code Minier (simple déclaration de l'usage envisagé). Le réseau piézométrique DCE est identifié par les points bleus. Une majeure partie des piézomètres DCE sont souvent situés en dehors des agglomérations, seuls des forages situés à proximité des installations

géothermiques type PAC pourraient être exploitables pour l'observation de l'impact thermique et s'intégrer dans des réseaux d'observations.

Une étude menée par le BRGM est en cours dans le cadre de la convention nationale avec l'ADEME n°1205C0131. Son objectif est de contribuer à développer deux types d'outils de gestion des nappes : l'observatoire des nappes exploitées énergétiquement et un outil de gestion prédictive des ressources.

Le rapport du premier volet de cette étude (BRGM/RP-62946-FR) précise que : « Le suivi de l'impact de l'exploitation énergétique d'un aquifère nécessite la création d'un réseau de mesure dédié situé au droit des zones d'exploitation, donc principalement au sein des agglomérations. » En outre, il indique que le réseau piézométrique national ne peut suffire. De plus ses ouvrages de surveillance étant souvent situés en dehors des zones exploitées, ils pourraient surtout être utilisés « comme une image des températures des nappes en dehors de l'influence de l'activité économique et industrielle ».

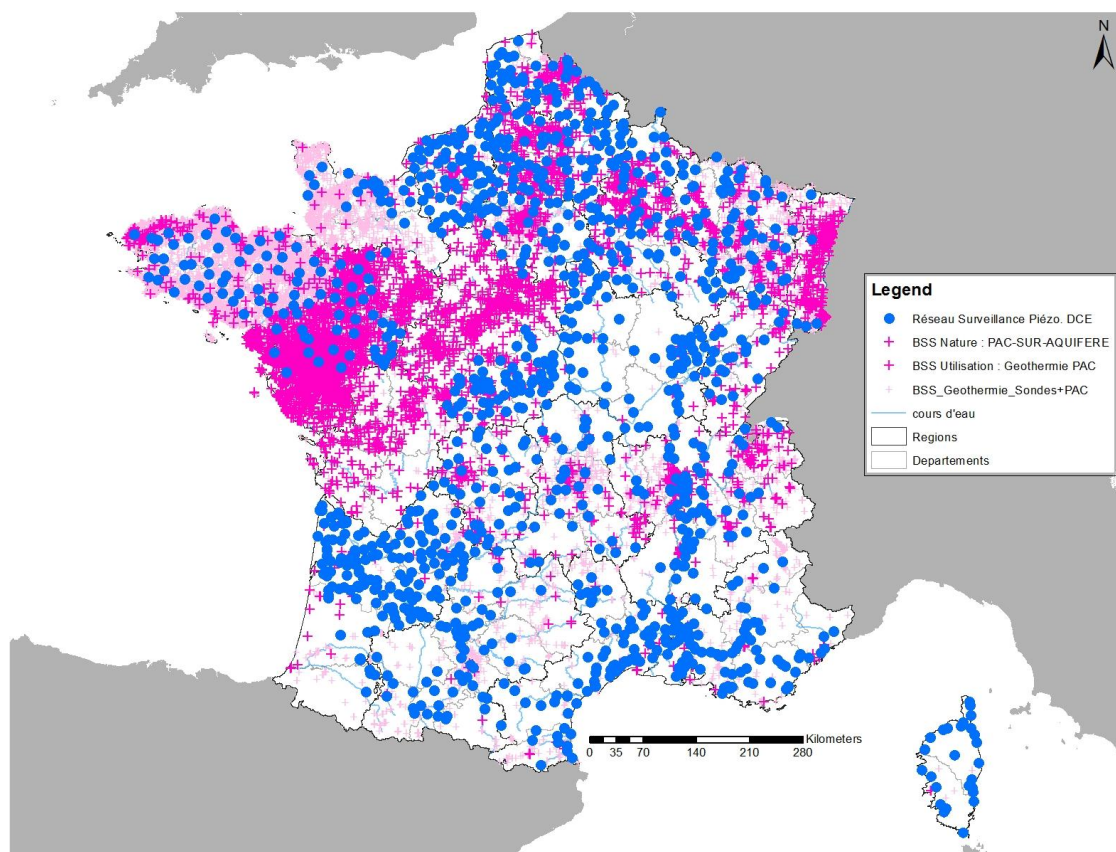


Illustration 12 : Carte des installations géothermiques PAC identifiées grâce à la banque de données du sous-sol (BSS)

Plusieurs études, relatives à la Géothermie, réalisées ou en cours de réalisation nécessiteraient un suivi des températures des eaux souterraines :

Par exemple en Alsace, dans le cadre de l'étude BRGM réalisée par la direction régionale d'Alsace « Cartographie des températures et paramètres physico-chimiques été/hiver des eaux de la nappe supérieure sur le territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg », la température, la conductivité et la piézométrie de 75 forages ont été mesurées d'une manière

ponctuelle au cours de 2 campagnes d'une semaine en mars puis en juillet 2013. Suite à cette étude, un réseau d'une dizaine de sondes sera installé en 2014, qui enregistrera en continu température, conductivité et piézométrie.

Outre l'évaluation de l'impact de ces installations géothermiques, le suivi de la température des eaux souterraines peut également permettre d'en évaluer le potentiel.

En Corse, les données d'une dizaine de sondes piézométriques avec enregistrement de température (orphéus-mini OTT) ont pu être valorisées dans le cadre de l'étude du potentiel géothermique de la Corse (rapport à paraître en milieu 2014).

En Ile-de-France, une proposition d'un observatoire géothermique des nappes (Eocène moyen et inférieur et Craie) est en cours suite à l'étude sur le potentiel géothermique du territoire de l'EPADESA (Etablissement Public D'Aménagement de la Défense Seine Arche, finalisée en 2012).

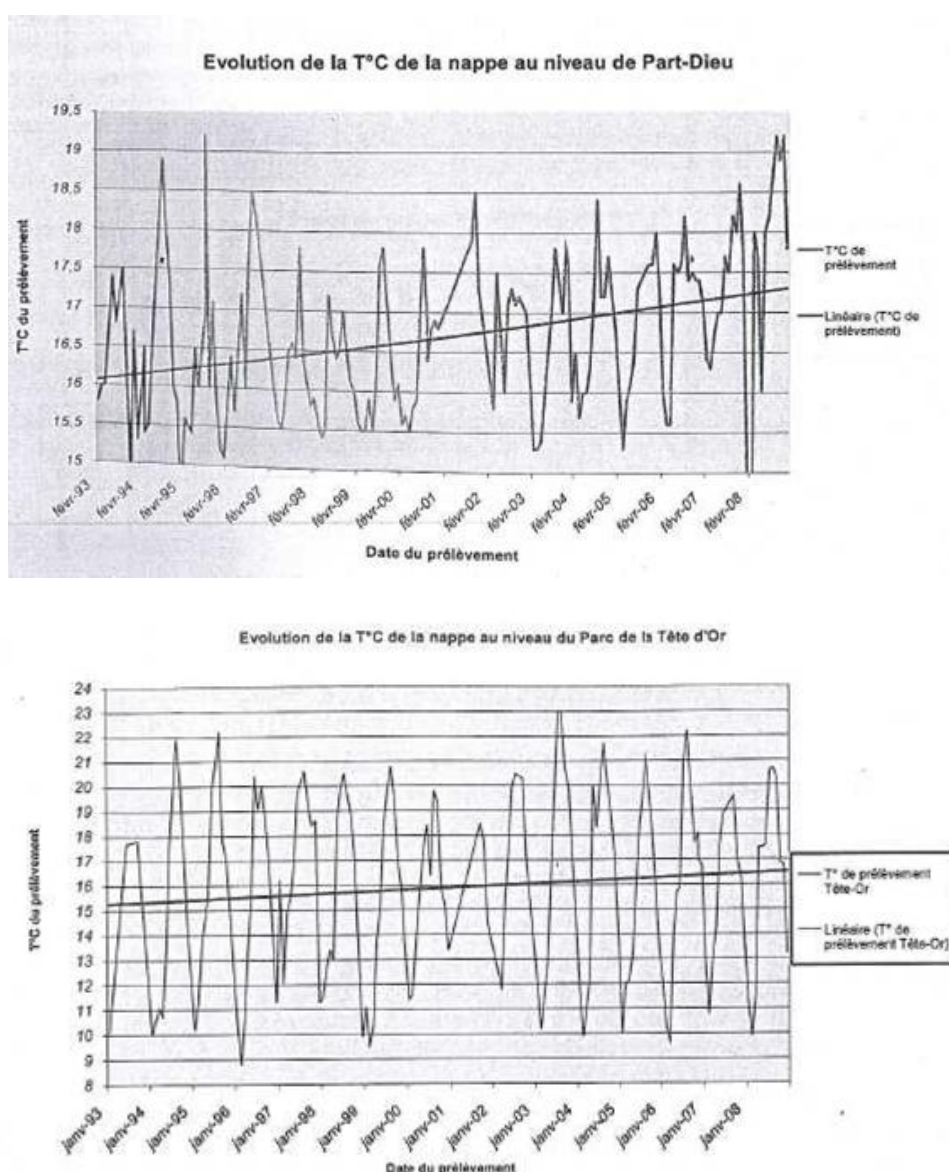


Illustration 13 : Evolution de la Température de la nappe exploitée par des PAC à Lyon.

A Lyon, des études ont montrées une augmentation de la température de la nappe liée à l'exploitation des PAC (cf. Illustration 13).

Par ailleurs, le besoin de suivre l'évolution de la température à proximité des installations géothermiques a également été exprimé en Bretagne par la DREAL (sondes géothermiques verticales très basse énergie) et dans le Limousin pour l'atlas géothermique (évaluation et suivi).

3.4. COMPREHENSION DES VARIATIONS DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Le suivi de la conductivité dans certains ouvrages de surveillance combiné à celui du niveau piézométrique pourrait permettre de mieux comprendre les variations de certains paramètres physico-chimiques.

Les exemples d'application suivants démontrent l'intérêt du suivi de l'évolution de la conductivité :

En Lorraine, les mesures de conductivité de deux piézomètres ont été valorisées dans le cadre de l'étude sur le bassin ferrifère Lorrain « La conductivité électrique de l'eau utilisée comme indicateur de la concentration en sulfate ». En effet, une corrélation linéaire est constatée entre la conductivité et les concentrations en sulfates (Illustration 14, paramètre problématique majeur lié à l'envoyage des réservoirs miniers, BRGM/RP-53277-FR).

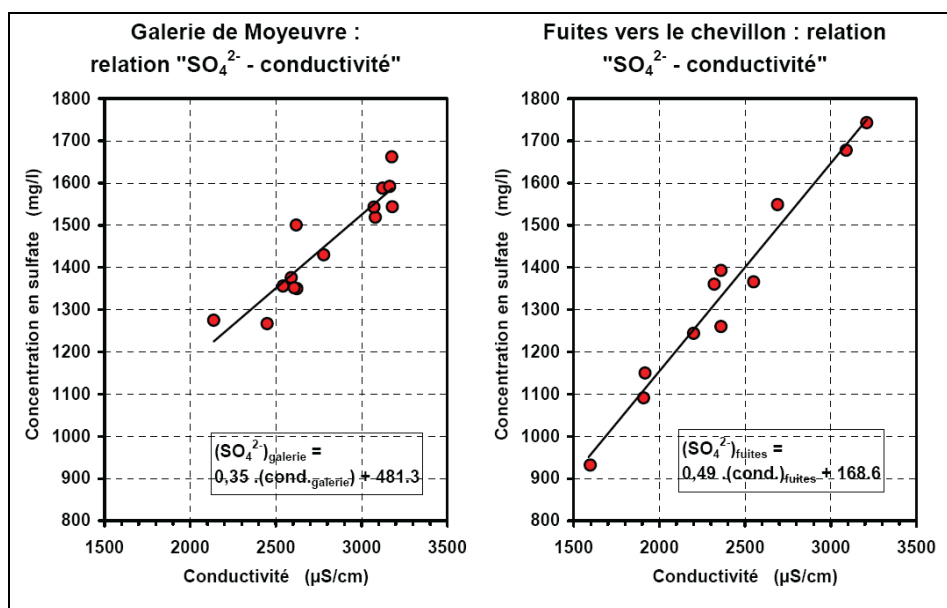


Illustration 14 – Relations concentrations en sulfate-conductivité dans le cadre de l'étude « Construction et mise en œuvre d'un simulateur hydrologique et chimique du bassin ferrifère lorrain » (Source : Rapport BRGM/RP-53277-FR)

Dans le cadre de projets de recherche soutenus par l'Agence de l'Eau RMC et le BRGM, des analyses des concentrations en nitrates de la source de Gua (dans la plaine de l'Ain) ont été réalisées afin de permettre une meilleure compréhension de la variabilité des concentrations en fonction du temps. La graphique des deux séries, conductivité et concentration en nitrates, démontre une très bonne corrélation entre ces deux séries (Illustration 15).

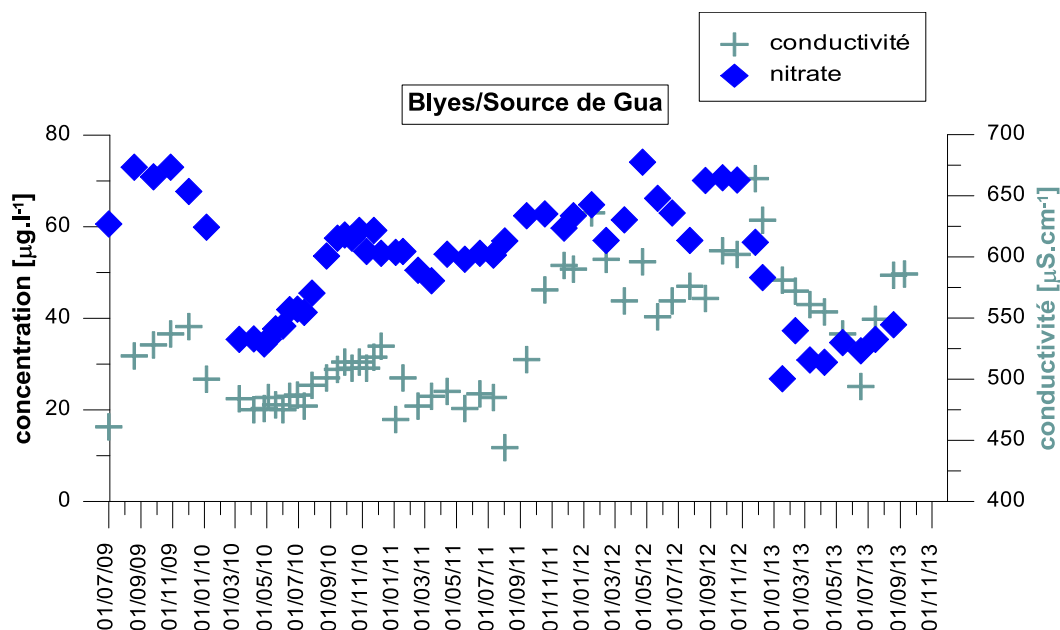


Illustration 15 : Graphique de l'évolution des concentrations en nitrates et de la conductivité (Rapport BRGM/RP-61848-FR)

Le suivi en continu de la conductivité pourrait permettre d'interpoler les résultats de campagnes de prélèvements moins fréquentes réalisées sur certains paramètres physico-chimiques.

3.5. AUTRES UTILISATIONS POSSIBLES DES DONNEES DE TEMPERATURE ET CONDUCTIVITE

Un grand nombre d'études régionales ont pu exploiter les données de la température et/ou de la conductivité pour une meilleure connaissance des écoulements souterrains mais aussi pour une meilleure compréhension des relations eaux souterraines – eaux de surface.

En Corse, les données de température d'une source ont pu être valorisées en les couplant aux données de niveau piézométrique pour la description du fonctionnement hydrodynamique de la source dans le cadre de l'étude de l'hydrogéologie des formations métamorphiques alpines de la Corse (rapport à paraître en 2013/2014).

En Alsace, une étude réalisée dans la nappe alluviale du Rhin par l'APRONA (rapport à paraître en 2014), a permis d'améliorer les connaissances au niveau des relations entre le Rhin et la nappe alluviale grâce à l'utilisation des données de température et de conductivité.

Dans le cadre de l'étude actuelle RISLE en Haute Normandie, sur une zone caractérisée par des écoulements souterrains en milieux fissurés ou karstiques, plusieurs piézomètres ont été équipés avec du matériel qui enregistre en continu les niveaux, la température et la conductivité (Illustration 2). Ces mesures devraient permettre l'identification de la nature et du comportement des écoulements souterrains (ex. type karstique, poreux) dans les différents secteurs de la Risle moyenne et leur évolution dans le temps en fonction des niveaux piézométriques et des données disponibles. Ce travail s'appuiera à la fois sur les informations géologiques, piézométriques et sur celles issues des traçages s'ils peuvent être réalisés, mais aussi sur celles ayant trait à l'évolution des paramètres semi-qualitatifs (conductivité, température, turbidité, ...). A ce titre, une technique de traitement du signal pourra être utilisée notamment pour analyser la migration de « pics » dans l'espace et dans le « temps ».

En Bretagne, dans le cadre du projet de recherche CASPAR (Caractérisation des Aquifères Semi-Profonds du socle ARmoricaïn), un forage d'eau de 216 m de profondeur a été équipé dans le socle (02475X0522/F3, Illustration 16) avec une sonde Dipper-TEC SEBA. Ces suivis, en pompage et hors pompage, ont permis de confirmer des hypothèses de circulation d'eau souterraine venant soit d'une fracture profonde soit des aquifères de sub-surface (altérites, horizon fissuré, et aquifère fracturé semi-profond).

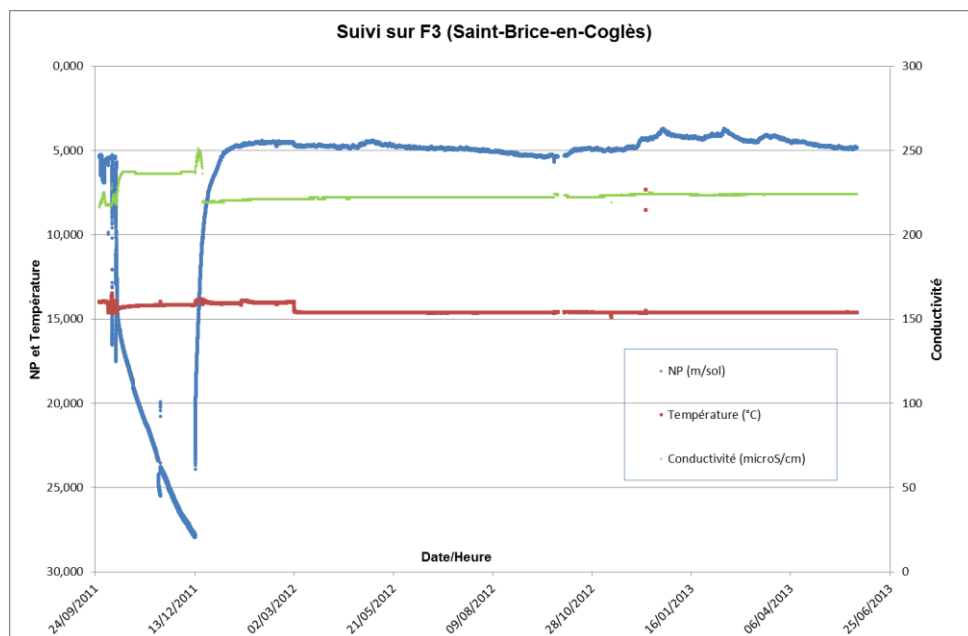


Illustration 16 : Relation niveau piézométrique (NP), température et conductivité dans un forage d'eau de 216 m de profondeur grâce à une sonde multiparamètres installée dans le cadre de l'étude CASPAR – Pompage dans le forage entre octobre et décembre 2011.

Dans la région Pays de la Loire, le suivi température (et ponctuellement de conductivité) pourrait aider dans la compréhension du fonctionnement des aquifères de socle et des aquifères calcaires karstiques en contact avec l'eau de surface (variations de température possible dans le milieu discontinu).

Le Conseil Général de la Sarthe propose l'installation de 3 points de surveillance dans les aquifères karstiques, ainsi que l'équipement d'un forage existant dans un aquifère profond (200 mètres) non exploité, salé et faisant l'objet d'une étude actuellement.

En complément, pour les points implantés dans les aquifères situés au niveau de l'estuaire de la Loire, les variations de température ainsi que la conductivité seraient utiles pour approcher l'influence des marées.

4. Définition du matériel à mettre en place et des moyens à mettre en oeuvre

L'analyse suivante permet de définir les moyens à mettre en œuvre et les coûts associés pour l'acquisition de données de conductivité et/ou de température. La réflexion a été menée sur la base du réseau de surveillance de l'état quantitatif sous maîtrise d'ouvrage BRGM en tenant compte du marché de fourniture de matériel qui a été signé par le BRGM en novembre 2013 et des coûts de gestion de ce réseau à l'échelle nationale.

4.1. DONNEES TEMPERATURE

Environ la moitié du parc de matériel déployé sur le terrain dans le cadre du réseau de surveillance sous maîtrise d'ouvrage BRGM permet déjà l'acquisition des données de température. En fonction des points retenus, certains ajustements seraient nécessaires (permutation de matériel, plan d'investissement spécifique). Quoiqu'il en soit, l'ensemble du matériel prévu au catalogue du marché de fourniture du BRGM (2013-2017) permet l'acquisition de la température par défaut. Il n'y aurait donc pas de surcoût en matière d'investissement pour l'achat de matériel supplémentaire.

En ce qui concerne les moyens à mettre en œuvre, si les ouvrages sont déjà équipés de matériel permettant l'acquisition simultanée du niveau d'eau et de la température, cela consisterait à activer la fonction de collecte des données de température, les valider et les bancariser en même temps que les niveaux piézométriques. Ce travail serait réalisé par les équipes régionales du BRGM. On peut évaluer le surcoût de l'acquisition de ce paramètre à environ 170 €TTC par an et par ouvrage déjà suivi pour la piézométrie.

4.2. DONNEES CONDUCTIVITE

La mise en place de l'acquisition de données de conductivité sur de nouveaux ouvrages nécessiterait le changement du matériel de mesure, l'ancien matériel en place pouvant être réutilisé sur un autre site. Un équipement complet permettant de réaliser des mesures de niveaux d'eau, de température et de conductivité coûte environ 2200 €HT (prix public actuel non négocié et hors câble de liaison entre le capteur et le sol).

En ce qui concerne les moyens à mettre en œuvre pour ce paramètre, si les ouvrages utilisés font partie du réseau de surveillance piézométrique, cela consisterait à collecter les données de conductivité et de température, les valider et les bancariser dans ADES en même temps que les niveaux d'eau. Les données de conductivité sont acquises par un capteur spécifique, il faudra donc ajouter du temps pour la maintenance préventive (étalonnage du capteur) et pour les interventions de maintenance curative en cas de panne. Ce travail serait réalisé par les équipes régionales du BRGM. On peut évaluer le surcoût de l'acquisition de ce paramètre à environ 560 €TTC par an et par ouvrage déjà suivi pour la piézométrie.

5. Conclusion

Le réseau piézométrique permet l'acquisition puis la bancarisation dans ADES des niveaux des nappes d'eau souterraine. Environ la moitié des capteurs actuellement installés sur les sites et gérés par le BRGM (moins d'un tiers si on considère l'ensemble des producteurs) permettent d'enregistrer également les données de température. Malgré le fait que cela soit possible, toutes ces données n'ont pas été collectées et encore moins valorisées jusqu'à présent. Certaines installations permettent également l'acquisition de données de conductivité (2.5% des stations). L'ensemble de ces données (température et conductivité) ne sont pas bancarisées actuellement dans ADES.

L'inventaire et le travail de cartographie réalisés dans cette étude permet de situer les ouvrages de surveillance qui sont équipés (ou pourraient l'être) avec du matériel permettant l'acquisition automatique de la température et/ou de la conductivité.

Dans le cadre de cette étude, le BRGM a également mené des réflexions sur l'utilisation des données de conductivité et de température dans le cadre du réseau national de surveillance quantité DCE.

Pour la conductivité, des études récentes montrent l'importance d'acquérir cette donnée pour améliorer le suivi de l'état qualitatif (et quantitatif) des aquifères en zone côtière : le rapportage de 2010 a identifié 14 masses d'eau souterraines dégradées par l'intrusion saline. Dans le cadre de l'étude BRGM menée au cours de l'année 2011 « Montée du niveau marin induite par le changement climatique : conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en Métropole. », une liste d'une trentaine d'aquifères touchés ponctuellement par des intrusions salines complète cette liste des masses d'eau souterraines identifiées par le rapportage 2010. Cette étude avait montré la nécessité fondamentale des mesures de conductivité pour évaluer l'intrusion saline dans les zones à risque.

Les secteurs cartographiés dans ce travail de synthèse pourront être complétés à partir des éléments fournis par les Agences de l'Eau et les DREAL sur les masses d'eau à risque ou sur lesquelles un besoin de surveillance sera identifié.

Par ailleurs, l'acquisition de données sur ce paramètre peut s'avérer important pour l'interprétation de l'évolution de la qualité des eaux souterraines continentales (relation directe entre la conductivité et les concentrations en sulfates ou en nitrates).

Pour la température, d'autres études ont permis de mettre en avant l'importance de suivre son évolution dans les eaux souterraines pour évaluer l'impact du changement climatique ou de la géothermie (pompe à chaleur essentiellement) notamment en contexte alluvial et urbain. Pour le changement climatique, un travail débuté en 2012 permettra de définir 20 à 30 aquifères à surveiller et d'y associer des ouvrages du réseau piézométrique national qui seront à équiper en priorité. Pour la géothermie, une étude nationale est menée actuellement pour développer un observatoire des nappes exploitées énergétiquement et un outil de gestion prédictive des ressources (convention BRGM-ADEME).

Enfin, plusieurs études ou réflexions régionales mettent en avant l'intérêt d'exploiter les données de la température et/ou de la conductivité pour une meilleure connaissance des écoulements souterrains mais aussi pour une meilleure compréhension des relations eaux souterraines – eaux de surface.

En ce qui concerne les moyens à mettre en œuvre, une réflexion a été menée sur les coûts associés pour l'acquisition de données de conductivité et/ou de température. Cette réflexion

s'est basée sur le réseau de surveillance de l'état quantitatif sous maîtrise d'ouvrage BRGM en tenant compte du marché de fourniture de matériel qui a été signé par le BRGM en novembre 2013 et des coûts de gestion de ce réseau à l'échelle nationale.

Bibliographie

Dörfliger N., Schomburgk S., Bouzit M., Petit V., Durst P., Douez O. Caballero.Y., Chatelier.M., Croiset.N., Surdyk.N (2011) - Montée du niveau marin induite par le changement climatique : Conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en Métropole. – BRGM/RP-60829-FR , 302 p., 4 ann.

Petit V. (1996) - avec la collaboration pour les synthèses régionales: Caous JY. (Nord-Pas-de-Calais), Czernichowski I. (Picardie), de La Quèrièrè P. (Haute- Normandie), Mäzene B. (Basse-Normandie), Talbo H. (Bretagne), Ehiermael G. (Poitou-Charentes), Sourisseau B. (Aquitaine), Bérard P. (Languedoc-Roussillon), Bel F. (Provence-Côte-d'Azur). Les aquifères littoraux en France métropolitaine. Rapport BRGM R 39298. 120 p. 36 figures, 1 annexe.

Frissant N., Bodéré G. (2009) – Sensibilité des masses d'eau souterraine aux intrusions salines en Corse. Inventaire des forages et puits publics destinés à l'AEP sensibles. Rapport BRGM/RP-56165-FR, 249 p. 30 ill., 1 ann.

Vaute.L., Fourniguet.G., Goubot.M.J., Josefiak.M. (2005) - Construction et mise en œuvre d'un simulateur hydrologique et chimique du bassin ferrifère lorrain. Phase 1 : Synthèse hydrogéologique. Rapport final BRGM/RP-53277-FR, 94 p., 5 ann., 1 dvd.

GOURCY.L., BARAN.N., GUTIERREZ.A., KLINKA.T., MOULOUDI.I., LOPEZ.B., LEVILLON.F. (2012) - Evaluation d'outils et de méthodes potentiellement applicables dans l'étude du transfert de l'eau et solutés en milieu hétérogène. Rapport final. BRGM/RP-61848-FR. 75p.

VERNOUX.J.F., SEGUIN.J.J. (2012) - Établissement d'un réseau de référence piézométrique pour le suivi de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines - Année 2. Rapport final, BRGM/RP-61020-FR, 7 p., 4 ann.

Onema
Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar

94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.onema.fr

BRGM
D3E/EVE
3 avenue Claude Guillemin
BP 36009

45060 Orléans Cedex 2

02 38 64 34 34

www.brgm.fr



**Centre scientifique et technique
Service D3E (Dir. Eau Environnement et Ecotechnologies)**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr