

## Programme de recherche en eau souterraine dans le socle vendéen (2003-2013) : synthèse, bilan et optimisations

Elisabeth Macé<sup>(1)</sup>

(1) Vendée Eau

elisabeth.mace@vendee-eau.fr

En 2000, Vendée Eau a réalisé une étude prospective sur l'alimentation en eau potable de la Vendée dans le but de connaître plus précisément le niveau de sécurité de la desserte en eau potable actuelle et à l'horizon 2015. Cette étude a été actualisée en 2004 suite à la sécheresse de 2003 en portant ces perspectives à 2025.

Elle a mis en avant des risques de manque d'eau dès à présent notamment sur le secteur côtier en cas de crise hydrologique. Par ailleurs, les déficits sont évalués à 8 millions de m<sup>3</sup> en 2025 sur ce même secteur et la zone Centre Nord du département.

Afin de faire face à ces déficits, Vendée Eau a adopté le 5 novembre 2004 un plan de sécurisation permettant de mettre en œuvre différentes solutions : économie d'eau, transferts d'Est en Ouest, mobilisation d'anciennes carrières pour stockage d'une nouvelle retenue et mobilisation de nouvelles ressources en eau souterraine...

### I. 1<sup>ère</sup> CAMPAGNE DE RECHERCHE EN EAU SOUTERRAINE (2003-2009)

#### I.1 Définition de la zone d'étude

Dans le cadre d'un vaste programme de recherche en eau souterraine, le BRGM en 1999[1] et 2000[2] a été missionné afin de réaliser des études sur les potentialités aquifères des différentes formations géologiques de socle sur le département vendéen. La méthode utilisée pour mettre en évidence les zones à plus fortes potentialités aquifères comporte 2 phases principales : analyse de la lithologie à grande échelle (carte géologique au 1/25 000<sup>ème</sup>) et une analyse statistique croisée sur les débits instantanés des ouvrages recensés (Banque de données du Sous-Sol).

Ces études quantitatives ont mis en perspective des zones favorables à la recherche en eau dans le massif granitique de La Roche sur Yon, les schistes de Nieul Le Dolent et le granite de Pouzauges.

En 2002 [3], le BRGM a réalisé une cartographie quantitative de la réserve en eau souterraine sur le massif granitique de La Roche sur Yon et celui d'Avrillé. Dans ce cadre, une campagne de sondages RMP (Résonance Magnétique Protonique) a permis de calculer, pour chacune des lithologies, les teneurs en eau moyennes dans chaque couche de l'aquifère et ensuite de calculer la lame d'eau contenue dans l'aquifère d'altération.

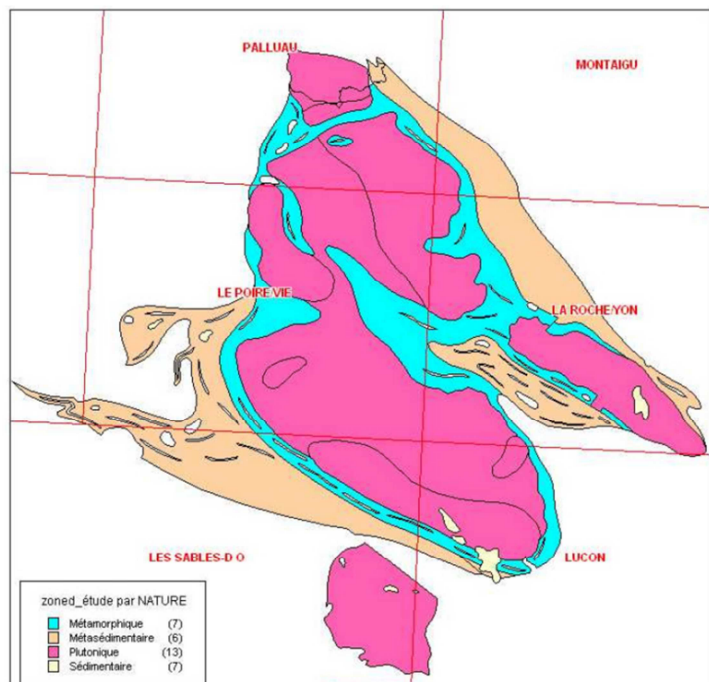


Figure 1 – Zone d'étude (massif granitique de la Roche sur Yon – rapport BRGM R40830 – N. Courtois, 1999)

## **I.2 Méthodologie retenue pour la 1<sup>ère</sup> campagne de recherche (2003-2009)**

Sur les secteurs les plus favorables à la recherche en eau souterraine, définis dans les études BRGM, Vendée Eau a engagé une étude plus détaillée décrite ci-après (études préalables et études techniques).

### **I.2.1 Les études préalables**

#### Etape 1 - Etudes préalables à la recherche de parcelles – travail interne

- 1- La délimitation des sous bassins versants topographiques ;
- 2- La définition de l'occupation du sol (par les photos aériennes et vérification sur site) ;
- 3- La détermination des morphe-linéaments (par les photographies aériennes).

#### Etape 2 - Etape d'information

- 1- Rencontres avec des représentants des communes concernées ;
- 2- Rencontres avec les agriculteurs ;
- 3- Accord VERBAL auprès des mairies, des exploitants et des propriétaires pour la réalisation de la prospection géophysique (méthode non destructive).

Il est important de ne retenir que les parcelles disponibles (hors bourg, hors zones de développement d'activités économiques et/ou industrielles, hors des cultures intensives, ...). Pour cela, de nombreuses rencontres avec les acteurs locaux ont été organisées.

Le choix du syndicat d'eau potable est d'instaurer un climat de confiance avec les propriétaires et les exploitants concernés. La prise de contact avec les agriculteurs et les propriétaires est ESSENTIELLE. Ainsi, l'obtention des accords est une démarche amiable et basée sur le volontariat. Cette procédure en fait donc un critère de sélection principal dans le choix des parcelles à étudier.

Par ailleurs, ces rencontres permettent de répondre aux éventuelles inquiétudes sur les conséquences de l'implantation d'un captage d'eau potable à proximité de leurs habitations et/ou exploitations agricoles (assèchement des puits, contraintes liées à la mise en place des périmètres de protection, ...).

### **I.2.2 Les études techniques**

#### Etape 3 – Prospection géophysique

Les études géophysiques à la parcelle sont réalisées par un bureau d'étude spécialisé.

La prospection géophysique est basée sur l'étude des hétérogénéités du sous-sol. Elle consiste à mesurer la résistivité apparente et le déphasage en chacun des points de mesures à l'aide d'un résistivimètre électromagnétique VLF (Very Low Frequency), mettant ainsi en relief les massifs conducteurs des massifs résistants.

La campagne de géophysique permet la détermination des implantations de forages en se basant sur l'étude des cartes de résistivité et les profils magnétiques.

Pour cette étude, les critères de sélection d'implantation des éventuels forages retenus sont les suivants :

- résistivité : forme et intensité des structures (massif résistant), présence d'axes conducteurs et/ou résistants, ...
- carte de phasage : intensité des déphasages, contraste entre les structures, ...
- pseudo-sections magnétiques (caractérisant les failles ou fractures visibles en profondeur) : intensité et forme des anomalies (évasée, individualisée, ...).

Cette méthode favorable à la recherche en eau souterraine a le mérite d'être rapide en exécution et peu onéreuse. Au regard du nombre de forages estimés, Vendée Eau a retenu cette méthode VLF pour sa simplicité de réalisation et parce qu'il s'agit d'une méthode non destructrice mise en œuvre sur des parcelles pour la plupart cultivées.

#### Etape 4 - Campagne de sondages de reconnaissance

Une fois les investigations géophysiques réalisées, des rencontres sont une nouvelle fois organisées auprès de chaque propriétaire et exploitant concerné pour leur présenter les résultats des études géophysiques sur leur parcelle et obtenir un accord ÉCRIT pour la réalisation d'un (ou plusieurs) forage(s) de reconnaissance.

- 1- Signature d'une convention de passage entre les différents acteurs ;
- 2- Déclaration de l'ouvrage à la police de l'eau (Direction Départementale des Territoires et de la Mer) ;
- 3- Réalisation des sondages de reconnaissance.

#### Etape 5 - Réalisation de pompages d'essais en cas de débit au soufflage intéressant

Les sondages sont considérés comme productifs dès lors que leur débit instantané dépasse les 25 m<sup>3</sup>/h (seuil de rentabilité minimum estimé par Vendée Eau pour produire une eau potable à partir d'un forage). Dans la mesure où les forages sont considérés comme productifs après foration, des pompages d'essais d'au moins 1 mois sont réalisés. Ils permettent une première estimation des caractéristiques hydrodynamiques de l'ouvrage et de l'aquifère ainsi qu'une évaluation sommaire des incidences sur les ouvrages situés aux alentours.

### I.3 Données et résultats

*Tableau 1 – Résultats de la phase de prospection parcellaire*

Période	Nb de propriétaires et/ou exploitants concernés	Nb de propriétaires et/ou exploitants rencontrés	Nb de propriétaires et/ou exploitants ayant donné un accord verbal	Nb de sites avec prospection géophysique
Octobre 2003 – novembre 2006 (1)	247	127	60 propriétaires (2) et 4 communes	58

(1) recherche de parcelles réalisée sur une surface d'environ 164 km<sup>2</sup>.

(2) dont 22 sont aussi exploitants

*Tableau 2 – Résultats de la phase de prospection géophysique*

Période	Nb de sites prospectés (en ha)	Nb de forages proposés	Nb de sites retenus pour la prospection hydrogéologique
Décembre 2003 – février 2007	58 sites (298 hectares)	115	36 sites (3)

(3) soit 62 % des 58 sites après accord des propriétaires ET des exploitants.

*Tableau 3 – Résultats de la phase de reconnaissance hydrogéologique*

Nb de forages réalisés	Nb de forages rebouchés	Nb de sondages laissés pour un usage privé	Nb de sondages équipés en piézomètres	Nb de sondages équipés en forages d'essais
60 forages (4)	37 (5)	3	5	15

(4) soit 52% sur les 115 forages proposés après accord des propriétaires ET des exploitants.

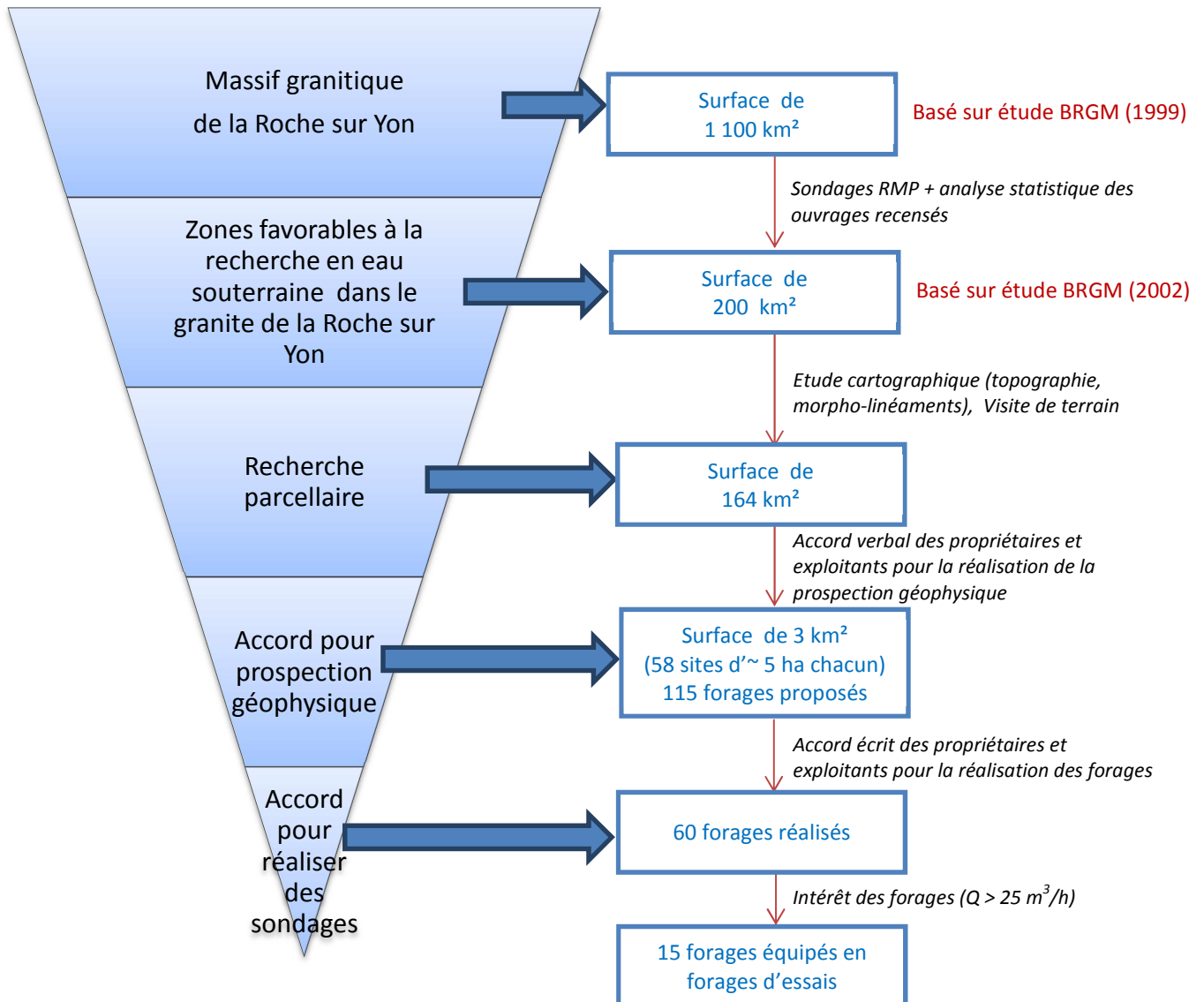
(5) les forages ont été rebouchés faute de débits suffisants (débit inférieur à 25 m<sup>3</sup>/h voire sec)

## Résultats de la phase de caractérisation hydrogéologique par essais de pompage

Suite aux essais de pompage réalisés sur les 15 sondages de reconnaissance équipés en forages d'essais, 7 ont été équipés en forage d'exploitation, 2 conservés comme piézomètres et 6 cédés pour 1 usage privé compte tenu des estimations de débits d'exploitation (inférieur à 25 m<sup>3</sup>/h en continu).

### Synthèse

La pyramide inversée présentée ci-après retrace les différentes étapes à partir de la zone d'étude proposée par le BRGM (massif granitique de la Roche sur Yon) jusqu'à la réalisation des sondages.



La 1<sup>ère</sup> campagne de recherche en eau souterraine a permis de réaliser 60 forages avec l'accord de l'ensemble des acteurs. 15 ont pu être équipés en forages d'essais.

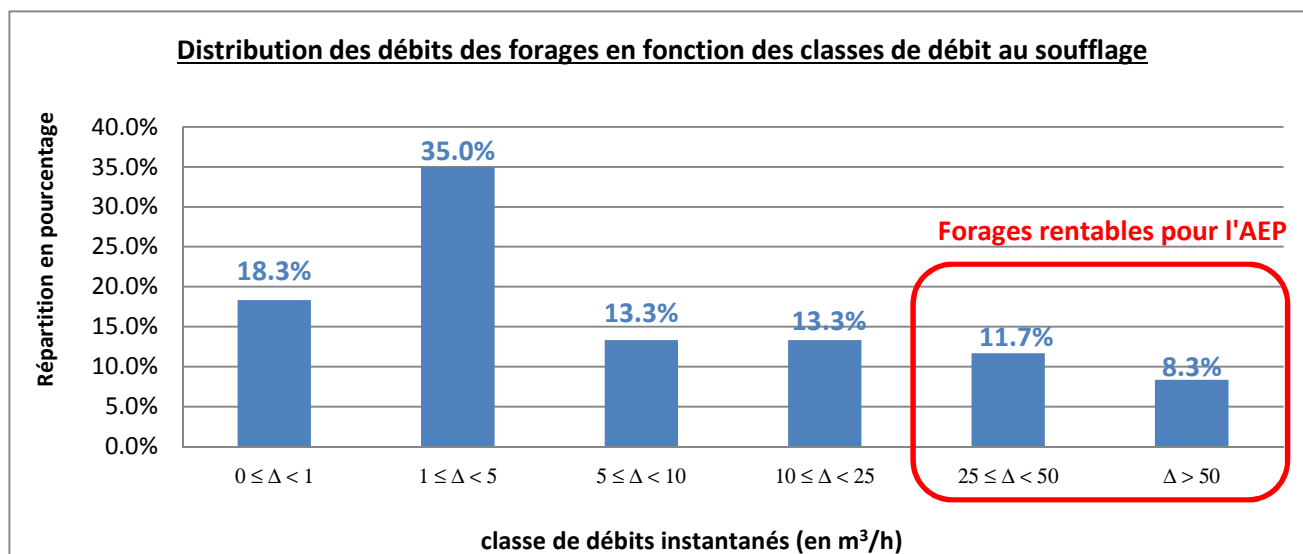
Les études de potentialités aquifères du socle granitique de la Roche sur Yon rendues par le BRGM en 1999, et l'étude complémentaire spécifique sur le granite de la Roche sur Yon en 2002, prévoyaient des résultats plus encourageants, en particulier, sur la zone d'Avrillé retenue comme étant la plus favorable avec des mesures prévisionnelles de teneurs en eau très importantes (de 6,7 % dans les granites à biotite d'Avrillé...). Pourtant, sur ce secteur, aucun sondage (sur les 14 réalisés avec accord) n'a été équipé faute de débits instantanés suffisants.

Tableau 4 - Analyse statistique des résultats de la prospection - Comparaison avec les études de ressources en eau souterraine en zone de socle (BRGM, aspects quantitatifs, 1999-2001)

	% des forages de débit <sup>1</sup> ≥ 10 m <sup>3</sup> /h (en m <sup>3</sup> /h)	Débit moyen des forages ayant un débit <sup>1</sup> ≥ 10 m <sup>3</sup> /h (en m <sup>3</sup> /h)	Débit moyen des 25% meilleurs forages (en m <sup>3</sup> /h)
Données sur les forages du socle en Vendée	14,6 %	26,70 m <sup>3</sup> /h	18,5 m <sup>3</sup> /h
Données sur les forages du Granite de la Roche sur Yon	33 %	31,9 m <sup>3</sup> /h	38,4 m <sup>3</sup> /h
Résultats de la campagne de forages réalisés par Vendée Eau	<b>33,3 %</b>	<b>37,28 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>38 m<sup>3</sup>/h</b>

Résultats comparables entre l'étude BRGM et la prospection réalisée par Vendée Eau

Figure 2 - Distribution statistique des débits des forages réalisés (60 sondages de la campagne n°1)



#### 1.4 Limites et optimisations



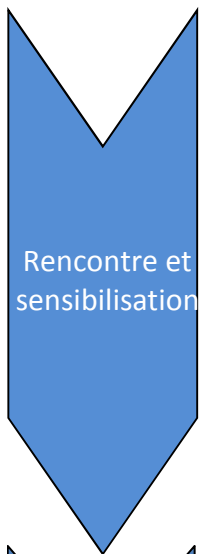
**Objectif :** délimiter des secteurs potentiellement intéressants pour la recherche en eau souterraine.

- **Méthodologie :** étude des cartes topographiques / photo-morpho- interprétation
- **Moyens mis en œuvre:** travail interne - 1 personne
- Temps estimé : 6 mois

✓ **LIMITES :** échelle très importante

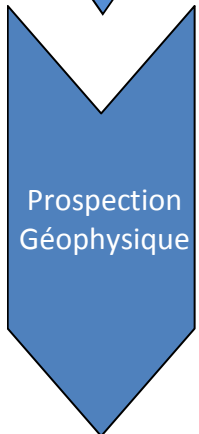
✓ **PROPOSITIONS D'AMELIORATIONS :** Réduction de la zone de recherche par étude géologique préalable de terrain plus approfondie (quelques centaines d'hectares) : localisation de contacts lithologiques, formations et épaisseur de la couche d'altération,

<sup>1</sup> Le débit considéré dans ces études statistiques sont les débits instantanés (au soufflage) mesuré en fin de foration.



**Objectif : sensibiliser les acteurs locaux à la démarche de recherche de recherche en eau souterraine et obtenir des accords pour la réalisation des études géophysiques**

- **Méthodologie:** rencontre des représentants des mairies concernées (listings, projets en cours, ...) + rencontre des exploitants/propriétaires (envoi de courriers au préalable)
- **Moyens mis en œuvre:** travail interne - 1 personne
- Temps estimé : 13 mois
- ✓ **LIMITES** : rencontres individuelles indispensables mais consommatrices en temps / argumentaire difficile sur les contraintes lors d'exploitation pour AEP (assèchements, périmètres de protection)
- ✓ **PROPOSITION D'AMELIORATIONS** : Mise en place d'une sensibilisation à plus grande échelle avec une communication axée sur les secteurs jugés déficitaires à l'horizon 2025.
- ✓ **PROPOSITION D'AMELIORATIONS** : Si la démarche amiable induit trop de désaccord dans des secteurs jugés très favorables, prévoir une démarche réglementaire par arrêté



**Objectif : implanter au mieux les sondages à réaliser sur des sites favorables**

- **Méthodologie** : méthode VLF puis méthode électrique sur des zones favorables (afin d'augmenter les profondeurs d'investigations)
- **Moyens mis en œuvre:** travail externalisé à un bureau d'études spécialisé
- Temps estimé : 12 mois
- ✓ **LIMITES** : profondeur d'investigations limités à 60 m en VLF / surface de prospection trop petite par rapport à la taille des structures géologiques.
- ✓ **PROPOSITIONS D'AMELIORATIONS** : Augmentation des zones de prospection (à l'échelle du km<sup>2</sup>) avec une 1<sup>ère</sup> méthode puis réduction de la zone d'étude par autres méthodes géophysiques : méthodes proposées pour qualifier la présence d'eau dans le sous-sol (RMP, sismique, ...).



**Objectif : obtenir une autorisation écrite des propriétaires ET des exploitants concernés pour l'implantation des sondages de reconnaissance**

- **Méthodologie** : prise de rendez-vous par téléphone - rencontre auprès des exploitants et des propriétaires pour obtenir la signature de convention de passage pour réaliser le forage et éventuellement les essais de pompage;
- **Moyens mis en œuvre:** travail interne - 1 personne
- Temps estimé : 4 mois
- ✓ **LIMITES** : disponibilité / phase très chronophage (appel - relance, ...)



**Objectif : optimiser la phase de foration**

- **Méthodologie** : Méthode de reconnaissance en faible diamètre (Ø 165 mm) puis si nécessaire alésage et mise en place d'un équipement approprié
- **Moyens mis en œuvre:** travail externalisé à une entreprise spécialisée
- ✓ **LIMITES** : profondeur d'investigations limités aux coûts de recherche (au-delà des 100 m = majoration de 50 % des prix de foration)
- ✓ **PROPOSITIONS D'AMELIORATIONS** : augmentation des profondeurs d'investigation (>100 m de profondeur)
- ✓ **PROPOSITIONS D'AMELIORATIONS** : Obtenir des propriétaires et exploitants une souplesse pour l'implantation - déplacer l'implantation du sondage en cours de foration en fonction des observations géologiques (argiles, ...)

## II BILAN DE LA 2<sup>nd</sup>e CAMPAGNE DE RECHERCHE EN EAU SOUTERRAINE (2009-2013)

Au regard des résultats mitigés de la 1<sup>ère</sup> campagne, la méthodologie appliquée à la 2<sup>nd</sup>e campagne a été ajustée. Ainsi, une étape cartographique préalable à la recherche de parcelles a été réalisée sur une superficie d'environ 280 km<sup>2</sup> afin de déterminer des secteurs plus favorables selon les critères géologiques et hydrogéologiques observés sur le terrain.

Cette étude a eu pour objectif de réduire l'échelle de la zone de recherche et atteindre un niveau parcellaire avec des zones d'études géophysiques de 10 ha en moyenne.

Par ailleurs, cette phase d'approfondissement géologique de la zone permet aussi de proposer des méthodes géophysiques différentes et plus adaptées. Des méthodes impliquant des dispositifs plus lourds et plus longs permettent une prospection plus profonde du sous-sol ont alors pu être mises en place. **Des tomographies électriques** (longueur de 710 m) ont donc été réalisées sur les secteurs potentiellement intéressants afin de préciser notamment l'épaisseur des altérites servant de réservoir aux fracturations profondes.

Tableau 5 - Résultats et bilan de la 2<sup>nd</sup>e campagne

Surface prospectée (en km <sup>2</sup> )	Surface retenue après cartographie (en km <sup>2</sup> )	Recherche parcellaire (en km <sup>2</sup> )	Nb de personnes rencontrées	Accord verbal pour étude géophysique	Accord écrit pour forages Nb de forages réalisés
280	87 km <sup>2</sup>	2,5	186 dont 40 propriétaires	20 sites proposés 13 sites prospectés répartis sur 1,6 km <sup>2</sup>	<b>24 forages proposés</b> <b>4 sites acceptés</b> <b>8 forages réalisés</b>

Cette 2<sup>nd</sup>e campagne réalisée à partir d'améliorations techniques n'a pourtant pas eu les résultats attendus. Il n'a été réalisé que 8 forages et aucun n'a fait l'objet de pompes d'essais, faute de débits suffisants. Les ajustements techniques mis en place lors de la 2<sup>nd</sup>e campagne n'ont pas été suffisants. Les réticences des propriétaires et exploitants quant à la réalisation d'un forage destiné à l'Alimentation en Eau Potable proche de leurs habitations et/ou exploitations restent le facteur le plus limitant de cette campagne.

## III BILAN FINANCIER DES 2 CAMPAGNES DE RECHERCHE EN EAU SOUTERRAINE (2003-2013)

Tableau 6 – Bilan financier des deux campagnes de recherche en eau souterraine

Etapes principales	Montant total (en € H.T.) Campagne n°1	Montant total (en € H.T.) Campagne n°2
Etude cartographique préalable		30 000 €
Prospection géophysique	235 000 €	72 000 €
Reconnaissance hydrogéologique et phase d'approfondissement	824 000 €	35 000 €
Etudes et analyses diverses <sup>2</sup>	500 000 €	65 000 €
<b>TOTAL</b>	<b>1 559 000 €</b>	<b>202 000 €</b>

Ce programme de recherche en eau souterraine mené sur 10 ans par Vendée Eau (coût global de 1 761 000 € H.T.) a été financé par l'Agence de l'Eau et le Conseil Général de la Vendée à hauteur de 60 %.

<sup>2</sup> Ces frais comprennent les analyses d'eau, les aménagements pour faciliter l'accès des engins et les frais d'indemnités des exploitants quant aux dégâts causés aux cultures.



#### IV CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES D'EXPLOITATION

Les résultats de ces deux campagnes (68 forages) ont permis de prendre conscience que les critères techniques, seuls, ne sont pas suffisants. La démarche amiable auprès des acteurs concernés est essentielle mais restreint les zones d'implantation des recherches. Les contraintes induites par la proximité d'un captage AEP à une habitation et/ou exploitation agricole sont les principales raisons évoquées pour refuser l'autorisation de passage (assèchement de puits, périmètres de protection...).

Figure 3 - Carte de localisation des forages susceptibles d'être exploités pour l'AEP



Tableau 7 – Bilan global de la prospection – perspectives d'exploitation

Nb de captages en projet de mise en exploitation	Surface des AAC (en km <sup>2</sup> )	Volume disponible sur les AAC (en m <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	Volume prélevable autorisé (après avis des hydrogéologues agréés)
6	11 km <sup>2</sup>	2 220 000 m <sup>3</sup>	1 400 000 m <sup>3</sup> (soit 63% de la recharge estimée)

#### Références bibliographiques :

- [1] Courtois N., avec la collaboration de Béchenec F. (décembre 1999), Ressources en eaux souterraines en zone de socle de la Vendée – Aspects quantitatifs, R40830, 115 p et annexes ;  
 [2] Courtois N. (novembre 2000) - Ressources en eaux souterraines en zone de socle de la Vendée – Aspects qualitatifs. BRGM/RP-50394-FR, 105 p et annexes ;  
 [3] Wyns R., Lacquement F., Corbier P. et J. Vairon (avril 2002) - Cartographie de la réserve en eau souterraine du massif granitique de La Roche sur Yon (Vendée). BRGM/RP-51633-FR, 26 p., 7 fig., 2 tableaux, 11 planches.

<sup>3</sup> Volume de la recharge hivernale à partir de l'ensemble des Aires d'Alimentation de captage de chaque forage sur la base d'une mesure de lame infiltrée comprise entre 180 et 250 mm par an.