



Elaboration d'un outil de gestion des prélèvements d'eau sur le bassin de l'Avre

*Réunion de lancement
des phases 3 à 5*



2. Plan de la présentation

- > **Rappel des objectifs de l'étude**
- > **Rappel des résultats des phases 1 et 2**
- > **Présentation du programme prévisionnel des phases 3, 4 et 5**
- > **Discussions**



Rappel des objectifs de l'étude

1. Contexte (Etats de lieux – sept. 2006)

Un constat...

- > Forte sollicitation des ressources en eau : *pompage dans la nappe et exploitation des sources*
- > Méconnaissance des volumes prélevés pour les usages agricoles et domestiques
- > Impact des prélèvements sur le débit de l'Avre (aval Verneuil)
- > Episodes d'étiage sévère dans l'Avre amont

Les objectifs du SDAGE sur le bassin de l'Avre...

- > Atteindre le **bon état quantitatif** en 2015 pour les 2 masses d'eau souterraines (3211 et 4081)

Les objectifs du SAGE...

- > Optimiser les prélèvements sur le bassin
- > Diminuer la tension quantitative
- > Améliorer la gestion des étiages



1. Objectifs de l'étude

- > Fournir des éléments d'appréciation utiles à la planification d'une politique de **gestion durable des eaux souterraines** sur le bassin
- > **Mettre en place un outil de gestion** volumétrique de la ressource (volumes prélevables)

Découpée en 5 phases

- Phase 1 : Collecte de données (février à août 2011)
- Phase 2 : Analyse et traitement des données (septembre 2011 à février 2012)
- Phase 3 : Acquisition de données complémentaires
- Phase 4 : Modélisation des écoulements sur le bassin de l'Avre
- Phase 5 : Elaboration de règles de gestion volumique prenant en compte les usages et l'impact sur les milieux naturels

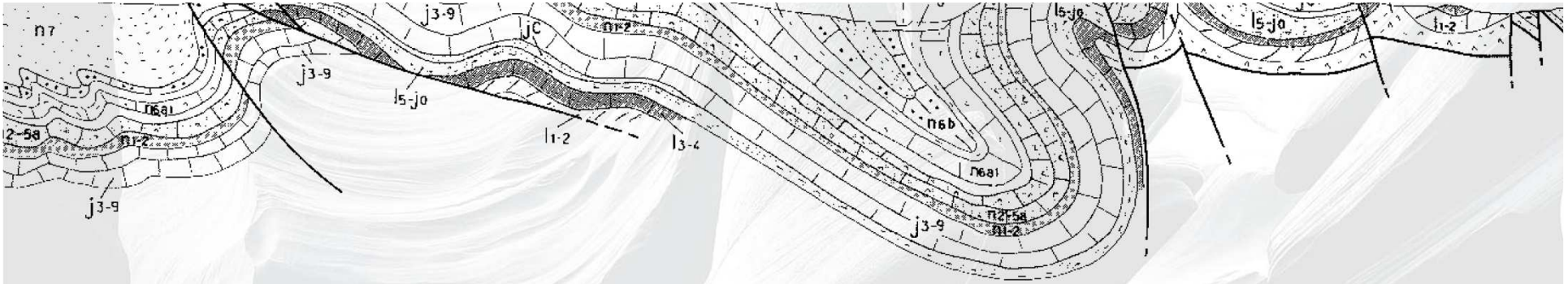
Convention

Phase 1 et 2 : 60 k€ : 50 % AESN, 25 % DREAL, 25 % BRGM





Rappel des résultats des phases 1 et 2



Elaboration d'un outil de gestion des prélèvements d'eau sur le bassin de l'Avre

Phase 1 : Etat de la connaissance

Phase 2 : Analyse des données

Rapport RP-60458-FR

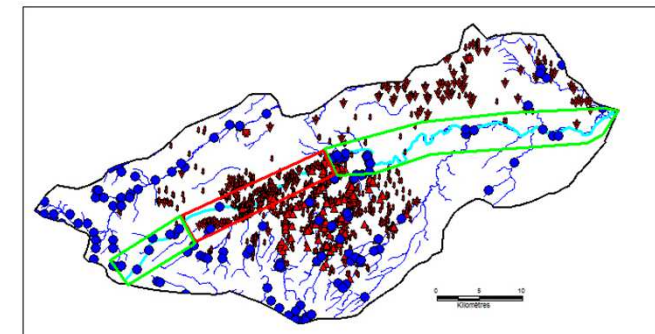
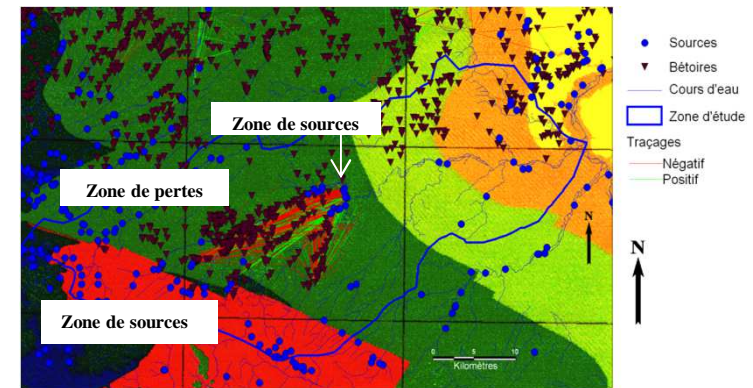
Téléchargeable sur www.brgm.fr >> publication >> rapports publics



2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

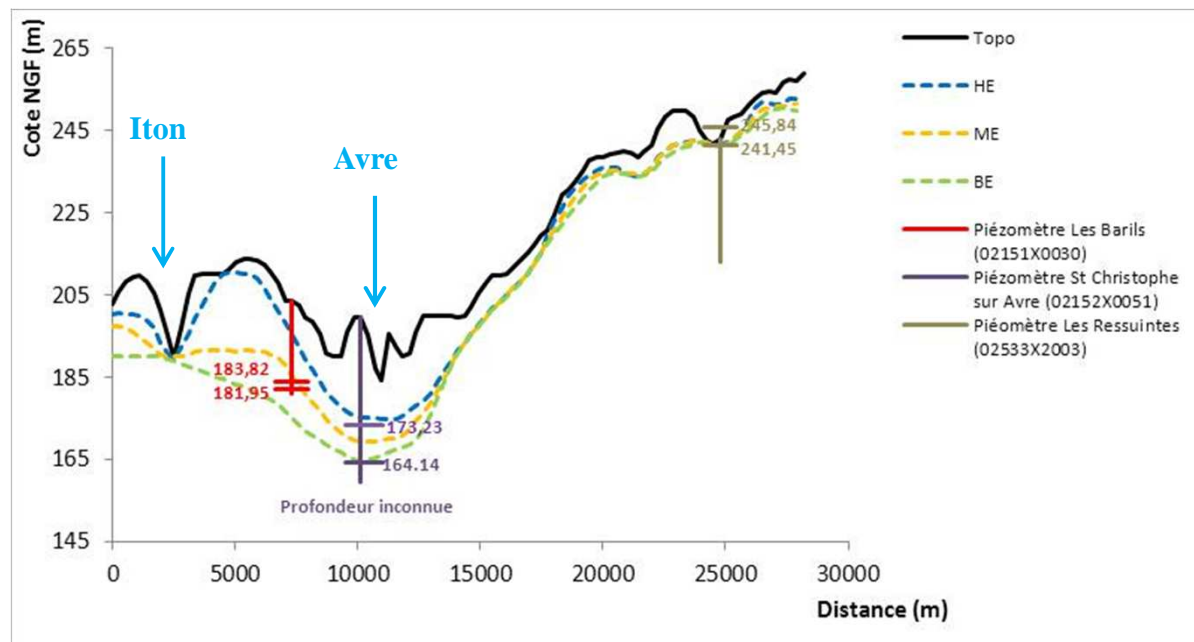
> Réalisation d'une synthèse bibliographique

- Synthèse concernant le contexte géologique, hydrogéologique, karst, hydrologique, structurale
- Particularité du bassin de l'Avre : karst très développé à l'amont :
 - Karst visible en surface : bétoires
 - Itinéraires souterrains karstiques testés par traçages
- Fonctionnement hydraulique de l'Avre : trois tronçons hydrauliques distincts :
 - une zone de sources située au niveau des formations du Sables du Perche,
 - une zone de pertes qui affecte les plateaux et les fonds des cours d'eau (Avre et ses affluents de la rive droite)
 - une deuxième zone de sources dans la zone centrale du bassin (sources de la Vigne, du Breuil, Gonord,...) située au niveau de Verneuil-sur-Avre / Rueil, zone de résurgence du karst.



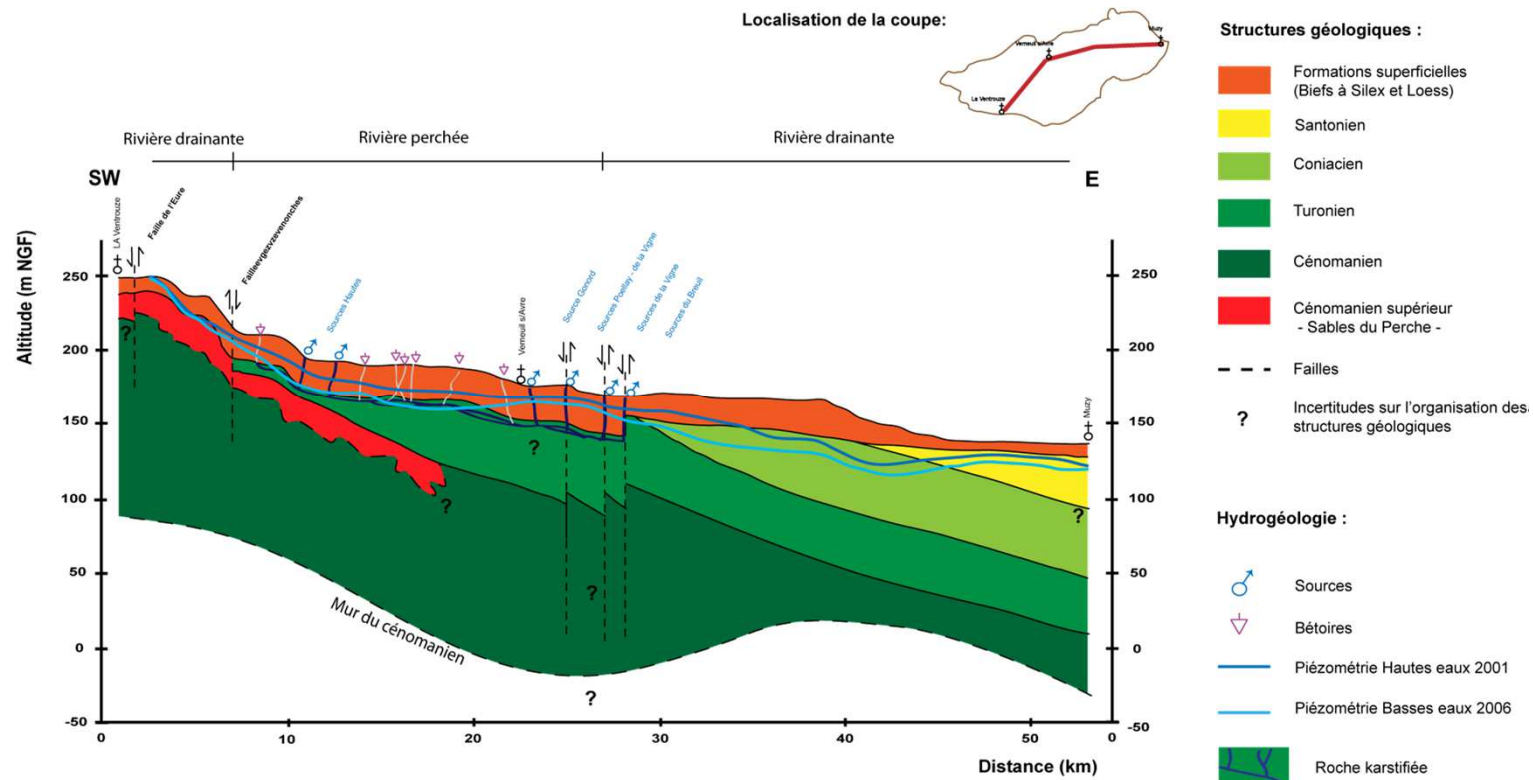
2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

- Le bassin topographique et le bassin hydrogéologique de l'Avre semblent relativement bien superposés excepté en période de basses eaux : drainage du BV de l'Iton amont par le BV l'Avre. Il serait nécessaire de confirmer ce constat par des investigations de terrain



2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

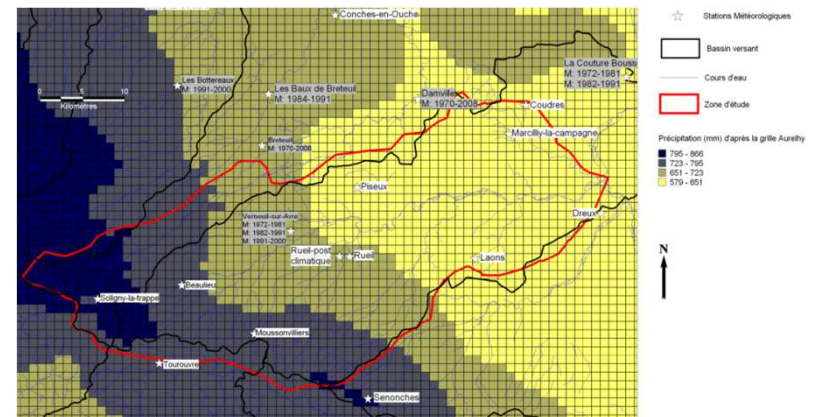
> Coupe de synthèse :



2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Calcul spatialisé de la pluie efficace

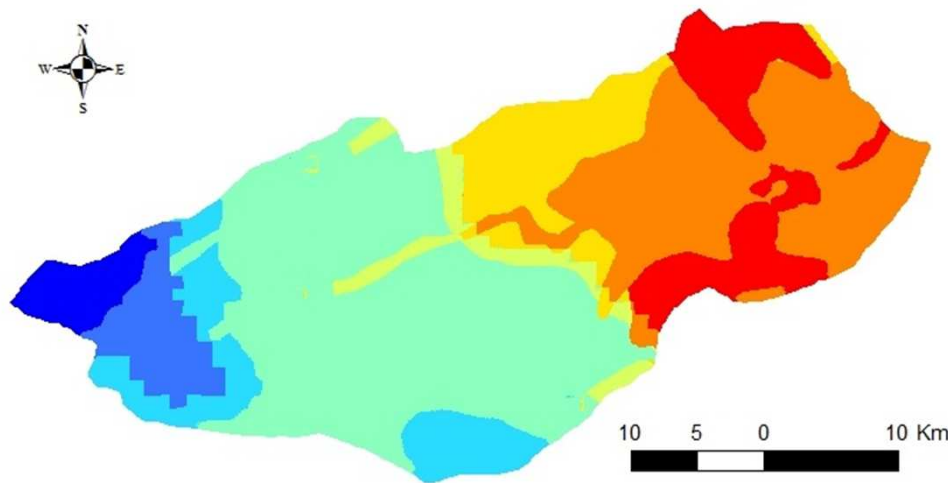
- Afin de réaliser le calcul le plus précis possible des apports en eau de l'aquifère, le bassin de l'Avre a été découpé en une grille de mailles carrées de 100 mètres de côtés
- Calcul de la pluie efficace et de l'infiltration réalisé en chaque maille au pas de temps décadaire de janvier 1990 à décembre 2010
- Nécessité de spatialiser les paramètres nécessaires au calcul :
 - la pluie,
 - l'évapo-transpiration-potentielle (ETP),
 - la réserve utile des sols (RU)
 - le ruissellement (pour le calcul de l'infiltration)



2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Résultats

- en tout point de la grille ont été obtenues des chroniques décennales de pluie efficace et d'infiltration vers la nappe (la recharge) sur la période 1990-2010;
- cela permet de pouvoir calculer ensuite la somme des pluies efficaces sur n'importe quelle zone souhaitée;
- À titre d'illustration, une carte des pluies efficaces moyennes (période 1990-2010) a été réalisée à l'échelle du bassin :



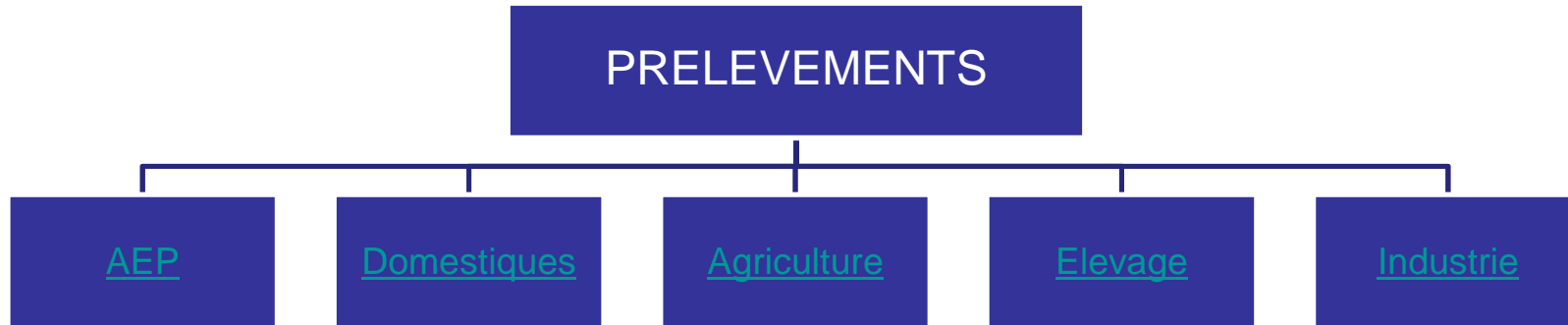
Pluies efficaces annuelles moyennes (moyenne sur la période 1990-2010)

- 22.0 - 74.4
- 74.4 - 126.8
- 126.8 - 166.7
- 166.7 - 196.5
- 196.5 - 302.0
- 302.0 - 339.6
- 339.6 - 388.8
- 388.8 - 441.2

	Lame d'eau (mm)	Volume (Mm3)
Pluie efficace moy	199	226
Pluie efficace min	98	82
Pluie efficace max	370	572

*Pluie efficace annuelle (mm) dans la zone
d'étude (moyenne interannuelle réalisée sur la
période 1990-2010)*

2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

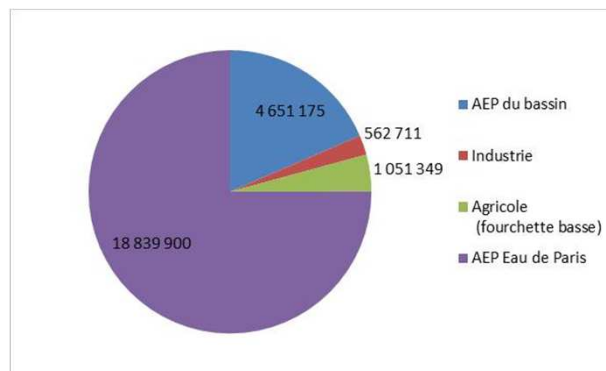
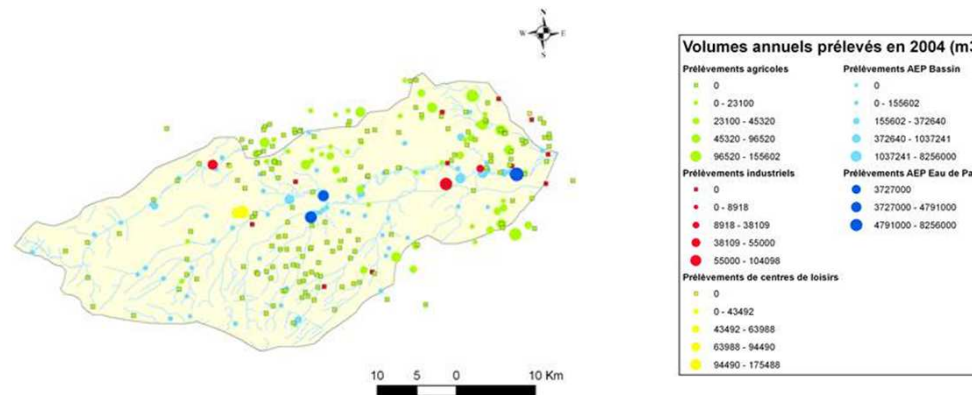


- Inventaire des points de prélèvements et des volumes prélevés dressé en consultant et en confrontant diverses sources de données (AESN, DDT, DSV, DREAL, ARS, BSS, Etudes diverses...) sur les 3 départements et les 3 régions concernées
- En complément, des enquêtes ont été menées par envoi de questionnaires à l'ensemble des communes et des syndicats d'eau de la zone d'étude
- Ces prélèvements ont été classés en quatre types d'usage (AEP, Agricole, Industrie, Domestique)

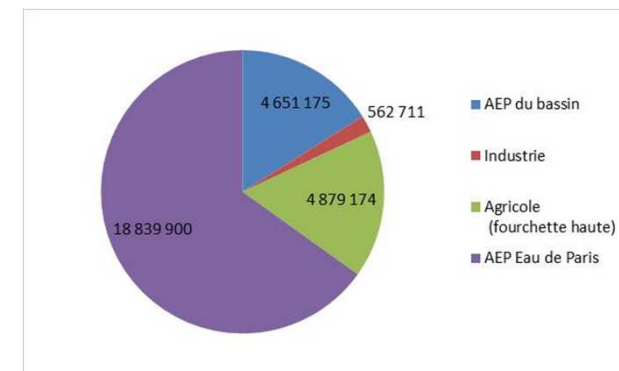
2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Bilan des prélèvements

- Carte des volumes prélevés (exemple année 2004) et répartition suivant les usages :



(estimation basse des prélèvements agricoles)



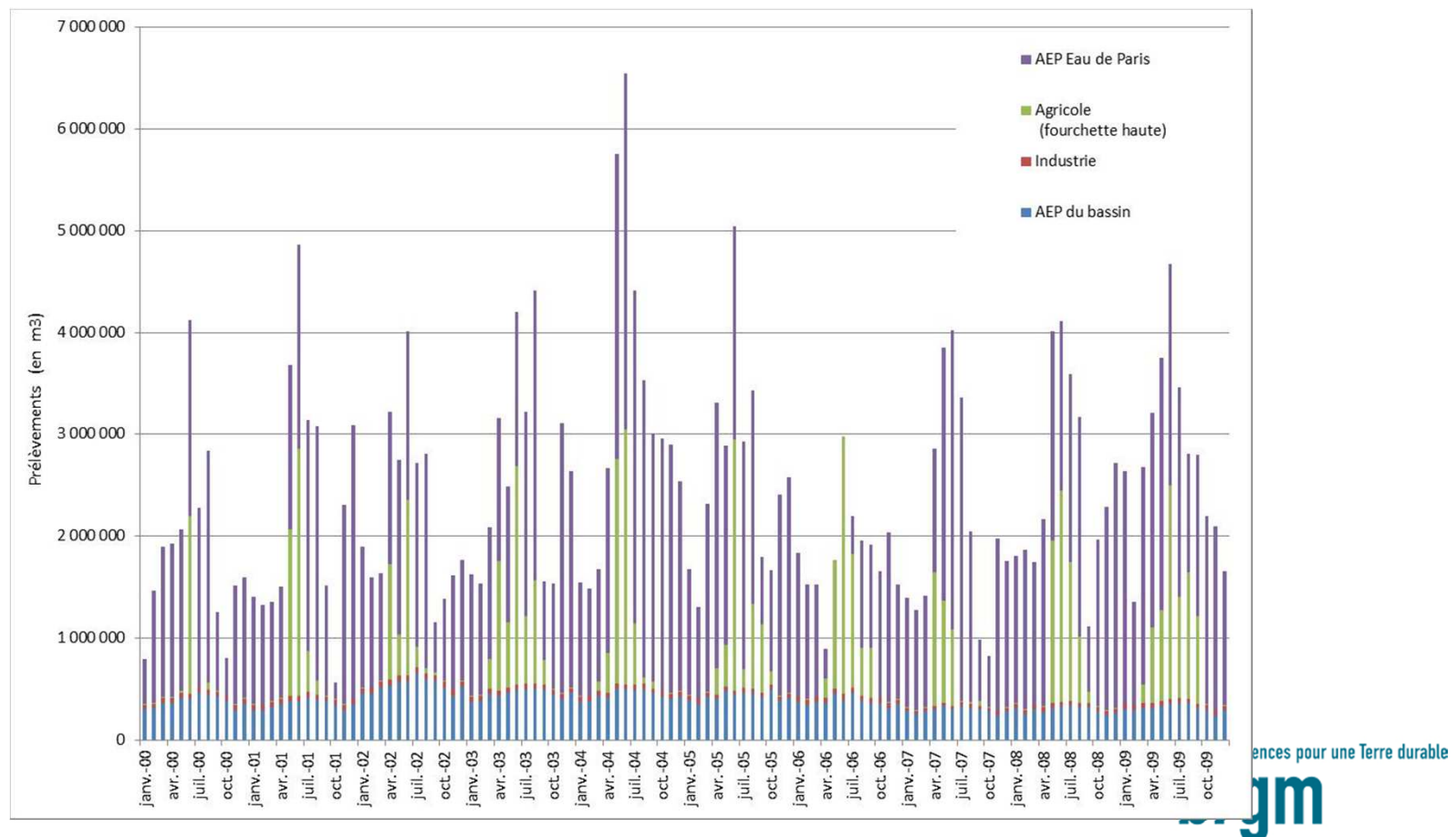
(estimation haute des prélèvements agricoles)

terre durable

2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Bilan des prélèvements

- Chroniques de prélèvements disponibles au pas de temps mensuel par usage :



Bilan des prélèvements (fourchette haute) par usage au pas mensuel pour la période 2000-2009

2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

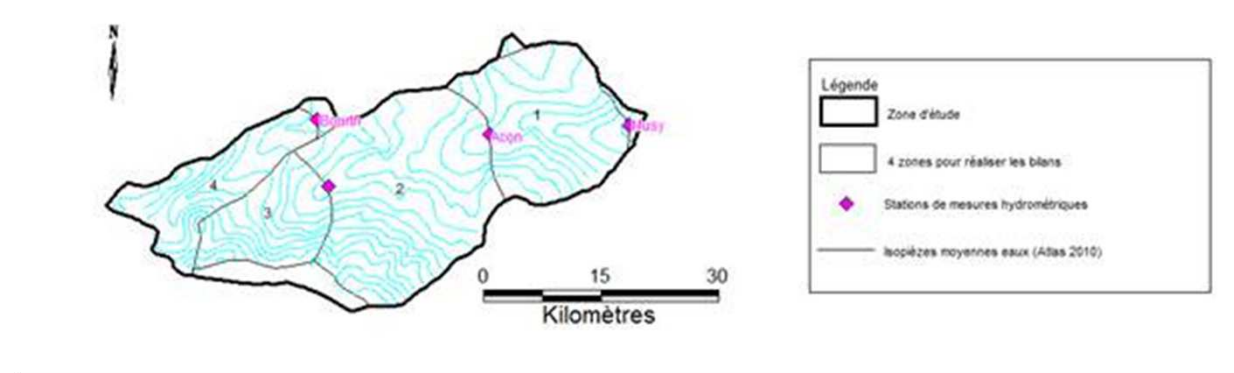
> Bilan des prélèvements

- **AEP de la ville de Paris** : **18,8 Mm³** par an (moyenne 2000-2009) <=> 65 à 675 des prélèvements totaux (suivant fourchette basse ou haute des prélèvements agricoles) ;
- **AEP des habitants du bassin** : **4,7 Mm³** par an (moyenne 2000-2009) <=> 15 à 17% des prélèvements totaux ;
- **Besoin pour l'agriculture** : **entre 1,1 et 4,9 Mm³** par an (moyenne 2000 à 2009) <=> 4 à 17% des prélèvements totaux ; *(pour mémoire le bassin a conservé un caractère rural prédominant, les parcelles agricoles représentant 64% de la surface de la zone d'étude)*
- **Besoins industriels** : **0,6 Mm³** par an (moyenne 2000-2009) <=> 2% des prélèvements totaux ;
- Les prélèvements agricoles peuvent représenter une part importante des prélèvements pendant les mois d'été. Ainsi au mois de juin (pic des besoins pour l'irrigation), les prélèvements agricoles <=> représentent (en moyenne sur la période 2000-2009), entre 16% (fourchette basse) et 45% (fourchette haute) des prélèvements totaux de ce mois.

2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Réalisation des bilans hydrologiques

- Bilans réalisés pour trois cycles hydrologiques :
 - Cycle hydrologique 2000/2001 : année humide et de hautes eaux et consécutif à deux autres années humides ;
 - Cycle hydrologique 2003/2004 : année moyennes eaux et consécutif à deux autres années moyennes ;
 - Cycle hydrologique 2008/2009 : année sèche et de basses eaux et consécutif à 1 à 2 autres années sèches suivant les secteurs.
- Bilans réalisés à 2 échelles :
 - A l'échelle de la zone d'étude : pour avoir une vision d'ensemble de l'état de sollicitation de l'hydrosystème
 - A l'échelle de 4 sous-secteurs (s'appuyant sur les stations hydrométriques) pour analyser plus finement les éventuels secteurs sous tension



ne Terre durable

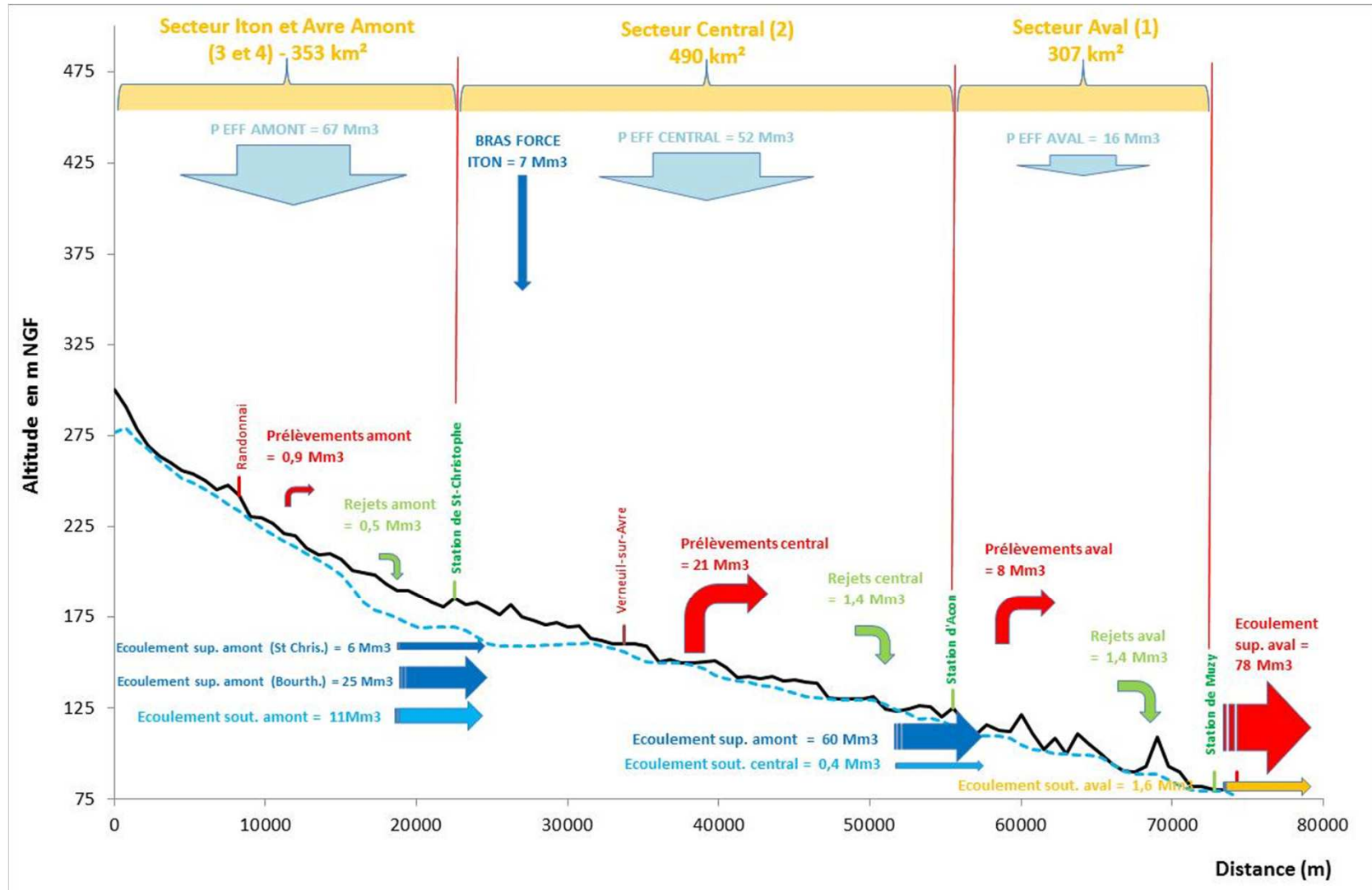
2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Exemple des bilans obtenus (cas de l'année sèche) :

	2008/2009				
	Secteur	Iton (4) + Amont (3)	Central (2)	Aval (1)	Zone d'étude
	Superficie (km ²)	353	490	307	1 150
Entrées	Pluie efficace	66 525 397	52 413 937	15 653 607	134 592 940
	Flux souterrains (estimés)	0	11 000 930	358 364	0
	Flux eau surface (bras forcé)	0	6 739 145	0	6 739 145
	Flux eau surface (secteur amont)	0	6 178 315	59 587 402	0
	TOTAUX	66 525 397	76 332 327	75 599 372	141 332 085
Sorties	Prélèvements bruts	930 000	20 505 526	8 418 736	29 854 262
	Rejets estimés	494 838	1 370 656	1 414 774	3 280 269
	Prélèvements nets	435 162	19 134 870	7 003 962	26 573 994
	Flux eau surface (stations jaugeage)	30 900 292	59 587 402	77 954 400	102 676 378
	Flux souterrains (estimés)	11 231 193	358 364	1 576 800	1 807 063
	TOTAUX	42 566 647	79 080 635	86 535 162	131 057 434
BILAN		23 958 750	-2 748 308	-10 935 789	10 274 651
<i>Les secteurs Iton et Amont ont été fusionnés en 2008/2009 pour prendre en compte dans le bilan la probable capture du bassin de l'Iton amont par l'Avre (apport de flux souterrains)</i>					

2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

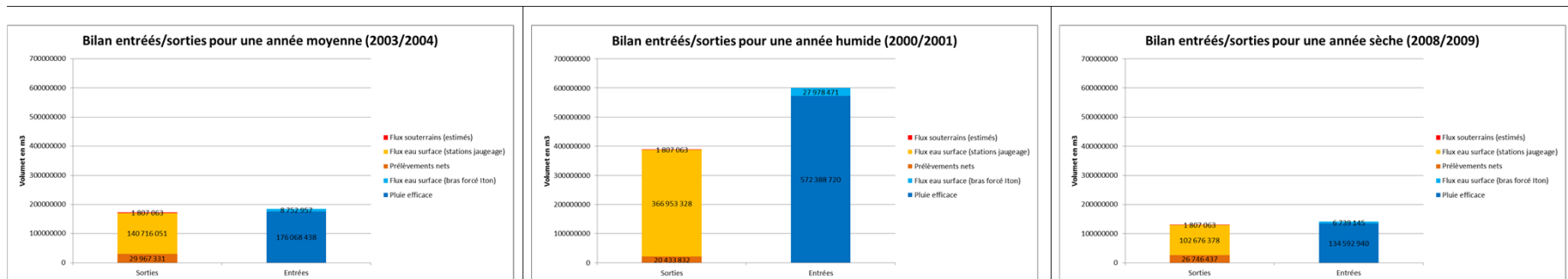
➤ Exemple des bilans obtenus (cas de l'année sèche) :



2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Résultats :

- les entrées du système varient dans un rapport de 1 à 4 (de 140 Mm³ à 600 Mm³) suivant la situation hydrologique (sèche ou humide)
- Les volumes en jeu sont donc très différents suivant la situation :



(Bilans réalisés à l'échelle de la zone d'étude pour 3 années : moyenne (cycle 2003/2004), humide (cycle 2000/2001) et sèche (cycle 2008/2009))

2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Résultats

- Le taux de sollicitation du système vis-à-vis des prélèvements varie suivant la situation hydrologique (sèche, moyenne ou humide) et suivant les secteurs du bassin (amont, central ou aval) :
- Variation suivant la situation hydrologique : les prélèvements bruts représentent :
 - 18% des entrées du système en année moyenne,
 - 4% des entrées du système en année humide,
 - 21% des entrées du système en année sèche.
- Variation suivant les secteurs de la zone d'étude : (exemple pour l'année sèche)
 - le secteur amont est peu sollicité (prélèvements bruts = 1,4% des entrées)
 - les secteurs central et aval le sont beaucoup plus : les prélèvements représentent respectivement 27% et 11% des entrées du système.
- Forte corrélation entre les débits d'étiage et les pluies efficaces. Débits d'étiages et volumes prélevés semblent peu corrélés. Les pluies efficaces seraient ainsi le facteur prépondérant plus ou moins aggravé par le facteur prélèvement suivant la situation hydrologique.

2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Incertitudes et préconisations :

Toutes ces conclusions ont été réalisées sur la base des données disponibles. L'étude a par ailleurs mis en évidence certaines lacunes ou incertitudes dans ces données. Ainsi, tous ces résultats devront être confirmés par les investigations complémentaires et par la réalisation d'un modèle maillé.

Aussi nous préconisons :

- **Concernant l'hypothèse d'un drainage du bassin de l'Iton amont par l'Avre en période de basses eaux** : il serait nécessaire de confirmer ce constat par la réalisation d'une carte piézométrique locale avec une densité de points de mesures suffisante pour vérifier l'effacement de la crête en période de Basses Eaux. Une autre possibilité serait d'implanter un piézomètre au niveau de la crête piézométrique et de réaliser un suivi en continu des niveaux (si l'altitude piézométrique est inférieure à celle du lit de l'Iton alors cela indiquerait que l'Iton amont est drainé vers le bassin de l'Avre) ;
- **Concernant l'hypothèse de la faille de Verneuil qui ferait écran aux écoulements souterrains**. Une prospection géophysique serait nécessaire pour vérifier cette hypothèse. ;

2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Incertitudes et préconisations :

- **Concernant la connexion karstique interbassins** : réaliser des traçages pour vérifier l'absence de drain karstique le long de la faille supposée de Breteuil à Verneuil ; tester d'éventuelles connections karstiques entre les bassins hydrogéologiques de l'Avre et la Blaise amont ;
- **Concernant l'extension des sables du perche au Nord de la faille de Senonches** : vérifier l'extension des sables du perche en réalisant des sondages suffisamment profonds ;
- **Concernant les pertes de débits du bras forcé de l'Iton** : une enquête serait à mener pour voir s'il agit de pertes régulières le long de son cours (karst) ou de prélèvements ;
- **Il conviendrait de réaliser une deuxième campagne de jaugeages** pour valider les résultats de la première campagne ;
- **La mise en place d'un doublet de stations de jaugeage** (1 en amont de Verneuil-sur-Avre et 1 à l'aval de la zone de résurgence) permettrait de mettre en place un suivi quantitatif par bassin amont/aval selon la cohérence du fonctionnement hydrogéologique du bassin ;

2. Rappel des résultats des phases 1 et 2

> Incertitudes et préconisations :

- **Concernant la connexion hydraulique entre les sables du Perche** (blocs surélevés entre la faille de l'Eure et la faille de Senonches) et l'aquifère de la Craie : réalisation d'une carte piézométrique précise de part et d'autre de la faille de Senonches afin de mieux comprendre le fonctionnement hydrogéologique dans ce secteur ; réalisation de datation des eaux souterraines ;
- **Concernant la connaissance des prélèvements :**
 - mise en place systématique de compteurs pour les forages de prélèvements (quelque soit l'usage, forages agricoles y compris),
 - un suivi mensuel des prélèvements (et non annuel) par les différents acteurs de l'eau du bassin est indispensable à une gestion équilibrée de la ressource.



Présentation du programme prévisionnel des phases 3, 4 et 5

Chronogramme prévisionnel

	2012	2013												2014												
	Déc.	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Phase 3 : Acquisition de données complémentaires																										
Réunion de travail - préparation des investigations complémentaires																										
Campagnes géophysiques																										
Définition des tracés																										
Reconnaissance des tracés																										
Réalisation des investigations																										
Campagne de traçage :																										
Reconnaissance terrain des points d'injection et de suivi																										
Rédaction du cahier des charges																										
Appel d'offre																										
Réalisation des essais																										
Réunion de présentation des résultats des investigations																										
Phase 4 : Modélisation hydrodynamique																										
Construction de la BdD - Synthèse hydrogéologique																										
Modèle conceptuel																										
Réunion d'avancement																										
Construction du modèle géologique																										
Construction du modèle hydrogéologique																										
Réunion d'avancement																										
Calage du modèle hydro																										
Phase 5 : Elaboration de règles de gestion volumique																										
Réunion d'avancement																										
Calcul des bilans hydriques par sous-secteurs																										
Détermination des débits exploitables																										
Rédaction du rapport final																										
Réunion de clôture																										

Convention

- ✓ Phase 3 à 5 : 219,5 k€ : 50 % **AESN**, 25 % **EDP**, 25 % **BRGM**
- ✓ **Acceptation Com. des aides AESN : 18/12/2012 (date de prise d'effet de la convention)**
- ✓ **Signature de la convention BRGM / Eau De Paris : 12/06/2012**
- ✓ **Date de démarrage officielle : 18/12/2012**
- ✓ **Date de fin : 18/12/2014**



3. Présentation du programme prévisionnel phases 3, 4 et 5

> Phase 3 : Acquisition de données complémentaires

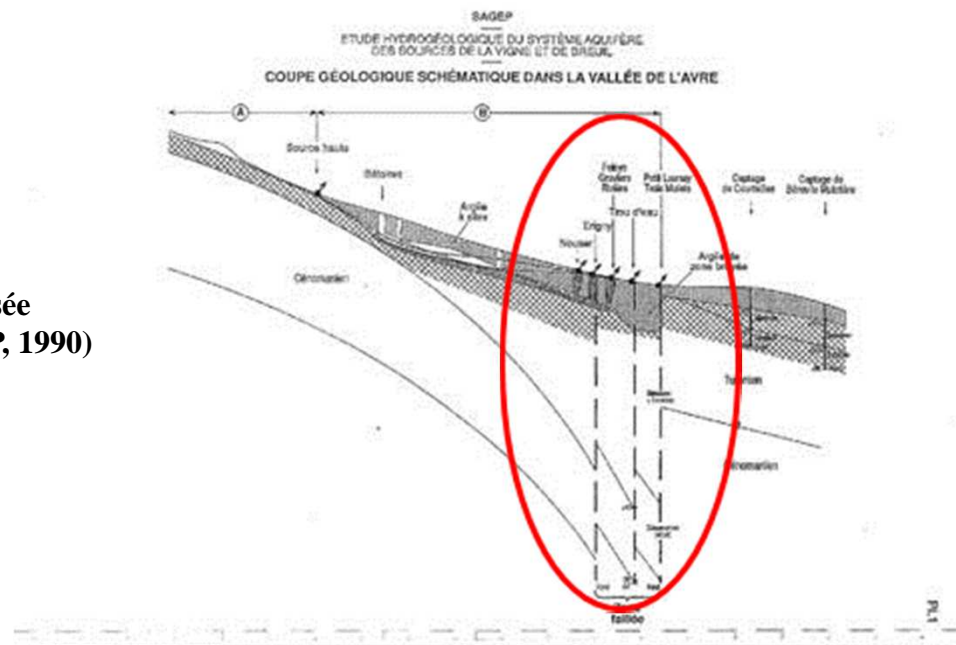
- Objectif : améliorer la connaissance géologique et hydrogéologique du bassin
- Programme des investigations :
 - Prospection géophysique au niveau de la zone de résurgence (Verneuil / Rueil) pour vérifier la présence des 3 failles supposées
 - Réalisation de 2 traçages pour vérifier les relations karstiques avec les bassins voisins
 - Limite Iton /Avre au Nord
 - Limite Avre / Blaise au Sud-Est

3. Présentation du programme prévisionnel phases 3, 4 et 5

> Phase 3 : Prospections géophysiques

- > L'objectif de ces prospections géophysiques est de mieux comprendre la structure sur ce secteur et valider l'hypothèse du rapport BURGEAP de 1990 qui suppose :
 - 1 zone de failles pour ce secteur (failles supposées)
 - 1 bloc Est remonté ;
 - un amas d'argile qui ferait blocage à l'écoulement du karst du bloc Ouest, provoquant la résurgence de l'aquifère amont (cf. coupe ci-dessous)

(coupe supposée
de BURGEAP, 1990)

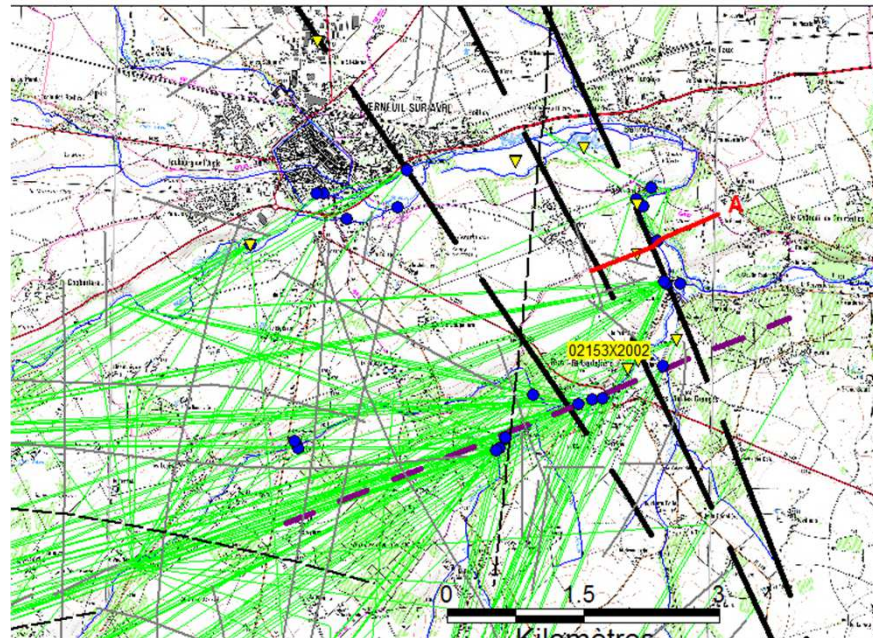


3. Présentation du programme prévisionnel phases 3, 4 et 5

> Phase 3 : Prospections géophysiques

> Programme d'investigation proposée :

- Phase 1 – réalisation d'un profil de 1.5km (profil A) centré sur la faille supposée NW-SE la plus orientale, celle qui semble avoir un rôle hydro prépondérant. Ce profil sera levé en sismique et en électrique



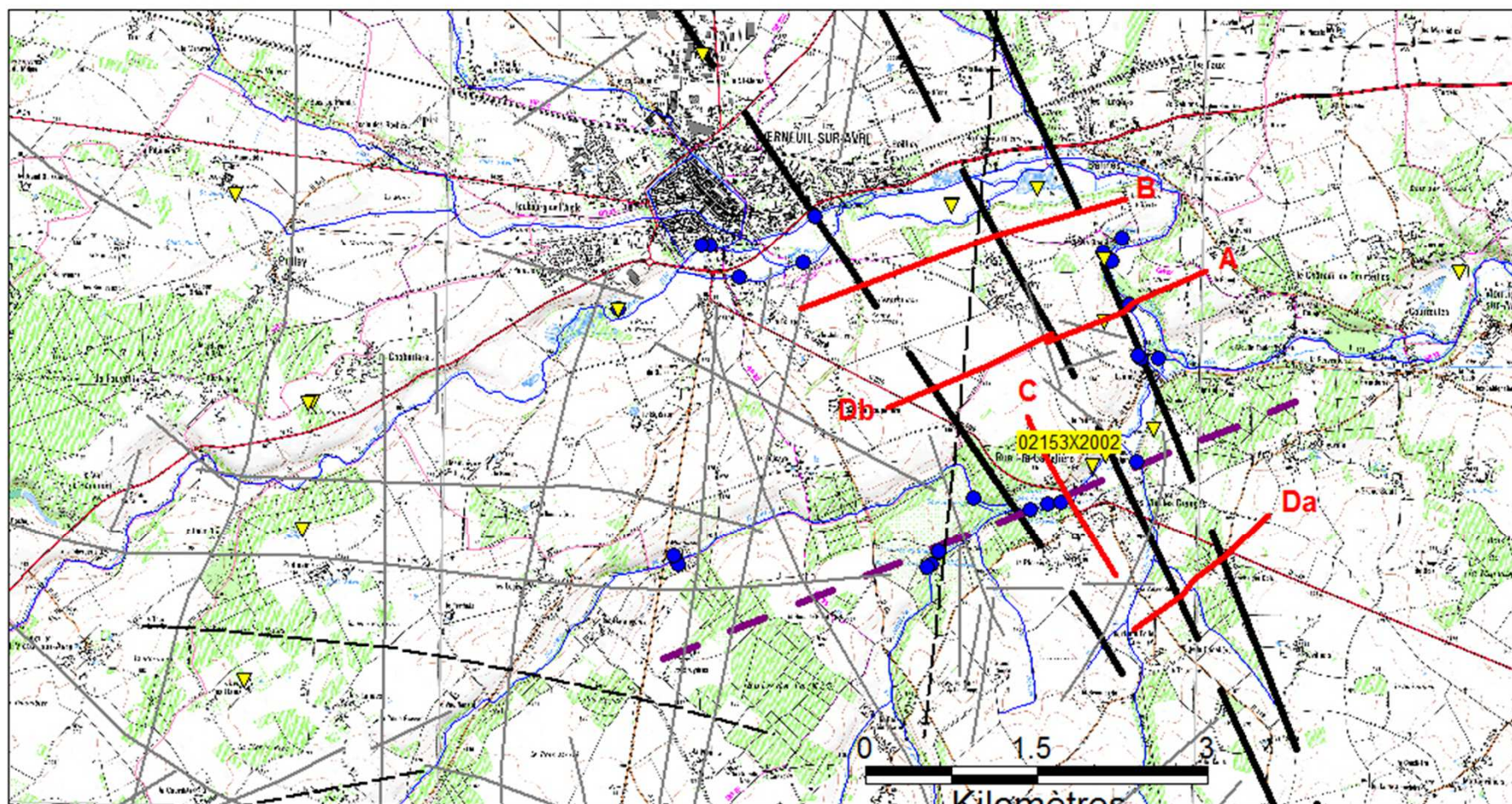
- Analyse des résultats et choix de la méthode pour la réalisation de la phase 2 ;

3. Présentation du programme prévisionnel phases 3, 4 et 5

> Phase 3 : Prospections géophysiques

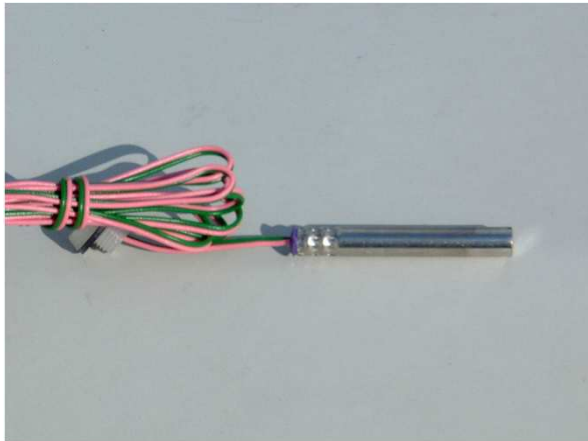
> Programme d'investigation proposée :

- Phase 2 – 6km de profil en sismique ou électrique qui pourraient être distribués de la façon suivante :
 - 1 profil de 3km (profil B) parallèle au premier mais plus long pour recouper le faisceau des 3 failles NW-SE supposées. Il permettrait d'avoir la direction exacte de la faille principale et de confirmer la présence des 2 autres ;
 - 1 profil de 1.5km (profil C), perpendiculaire aux précédents pour reconnaître la faille supposée de direction SW-NE qui passerait dans la vallée du ruisseau Buternay ;
 - 1 profil de 1.5km Da ou Db



Les profils sismiques

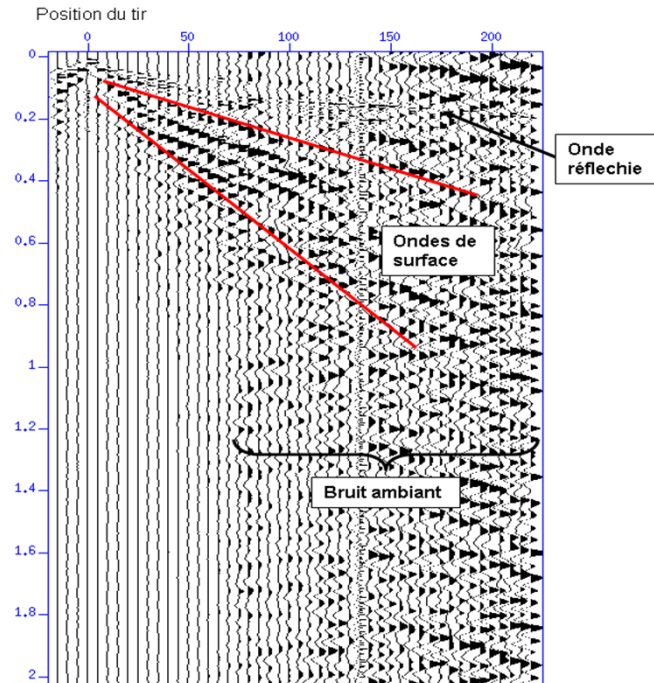
- La sismique est une technique de mesure indirecte qui consiste à enregistrer en surface des échos issus de la propagation dans le sous-sol d'une onde sismique provoquée.
- Dispositif : point d'impact provoqué (explosif) et suivi du temps d'arrivée de réflexion sur les différents capteurs (géophones)



- Ces échos sont générés par les hétérogénéités du sous-sol. Le passage par exemple d'une couche d'argile à une couche de sable dans une colonne sédimentaire va se traduire par la présence d'un réflecteur sur les enregistrements.

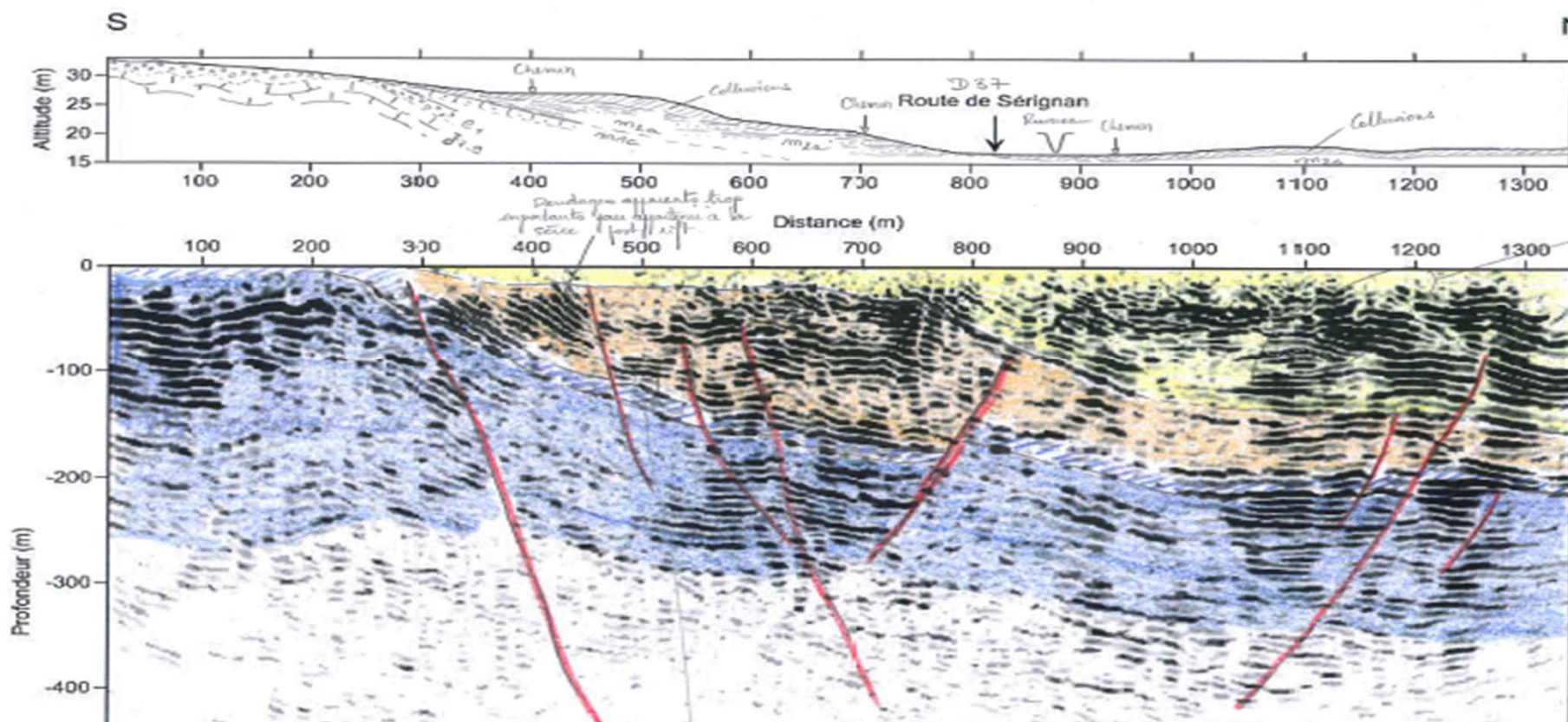
Les profils sismiques

- Connaissant la distance qui sépare le point d'impact des capteurs, on construit un diagramme temps-distance. Les temps sont en ordonnée et les distances en abscisse.



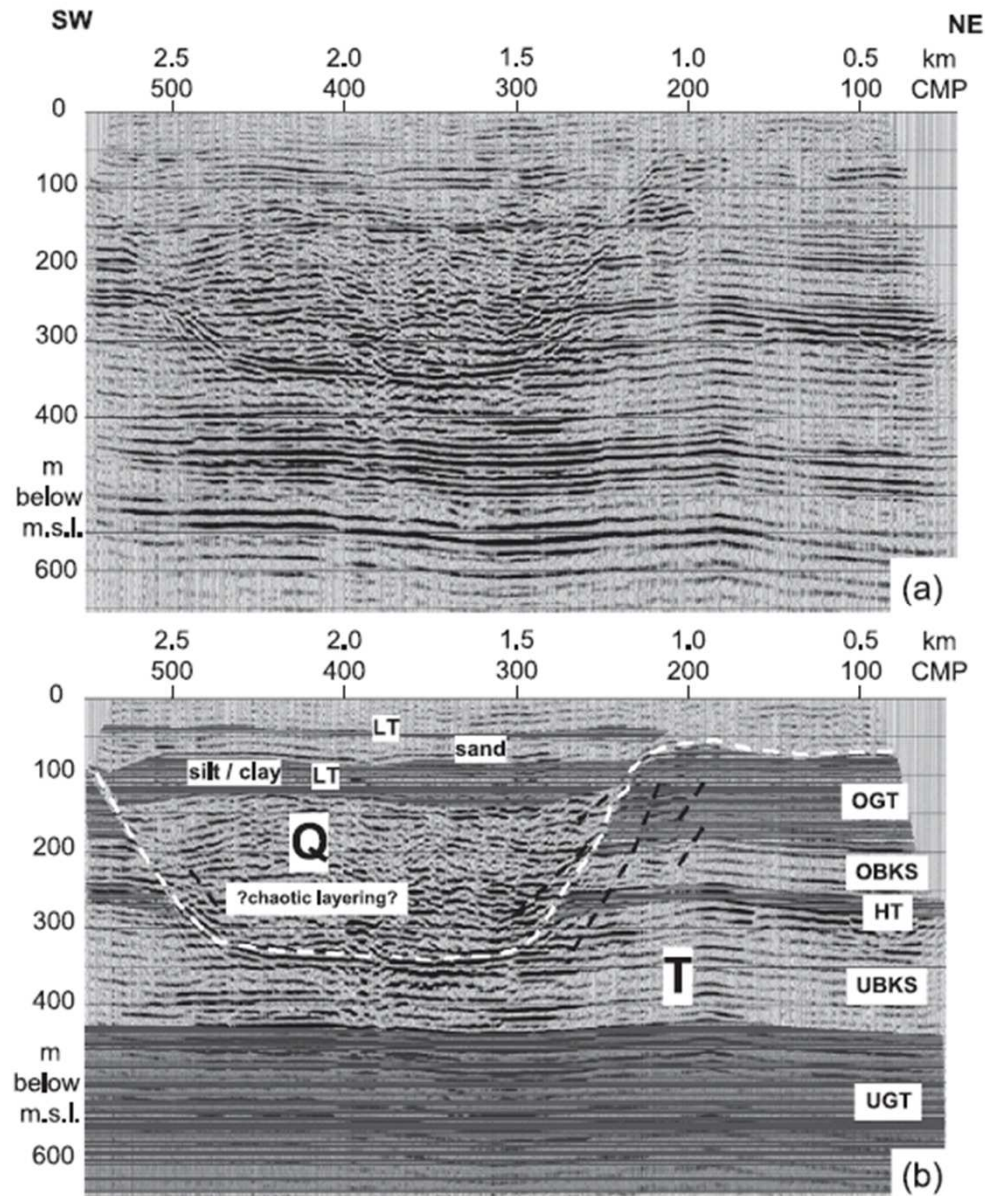
- En résumé, les études sismiques fournissent une image structurale du sous-sol, et dans certains cas des informations sur sa nature. On peut ainsi détecter des zones lâches, des discontinuités, des failles et évaluer le degré d'homogénéité des matériaux.

Exemple de profils sismiques



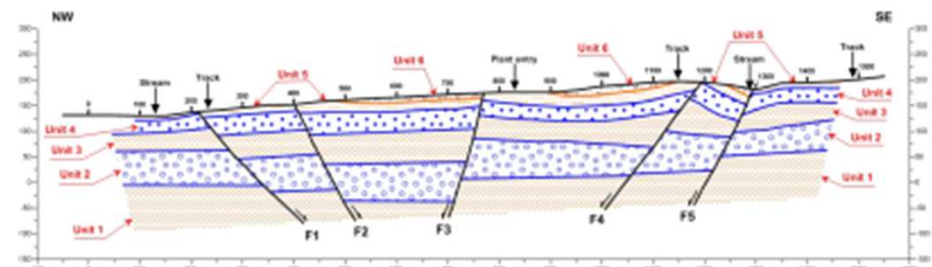
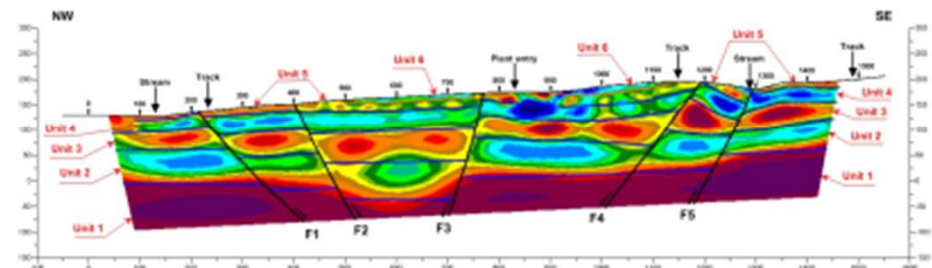
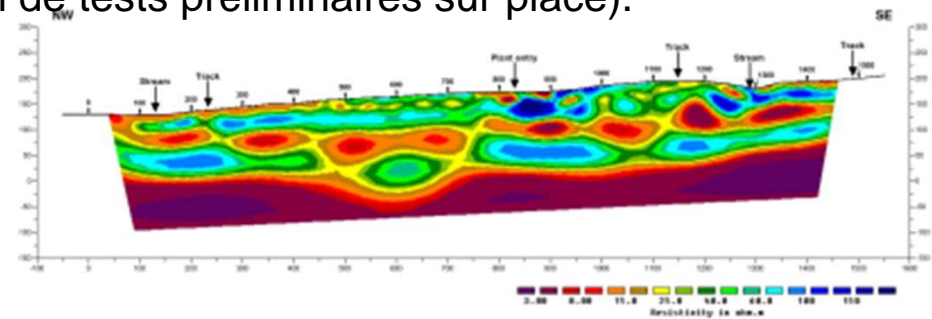
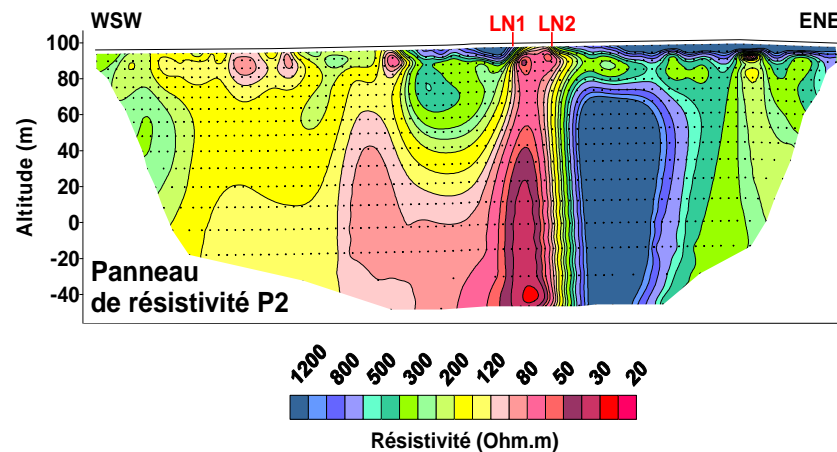
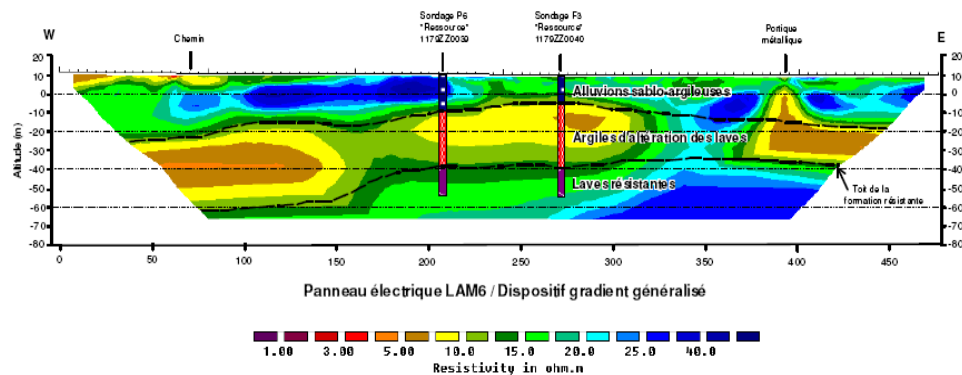
Exemple de coupe sismique (recherche d'eau à Béziers) somme migrée et convertie en profondeur. On y distingue la succession de réflecteur en profondeur. Chaque réflecteur correspond à un horizon ou un événement géologique. Cette coupe constitue une « image » du sous-sol au droit du dispositif. Elle constitue la base pour l'interprétation géologique du sous-sol (Doc. BRGM connaissance géologique et hydrogéologique pour l'AEP de l'agglomération de Béziers)

Exemple de profils sismiques



Les profils électriques

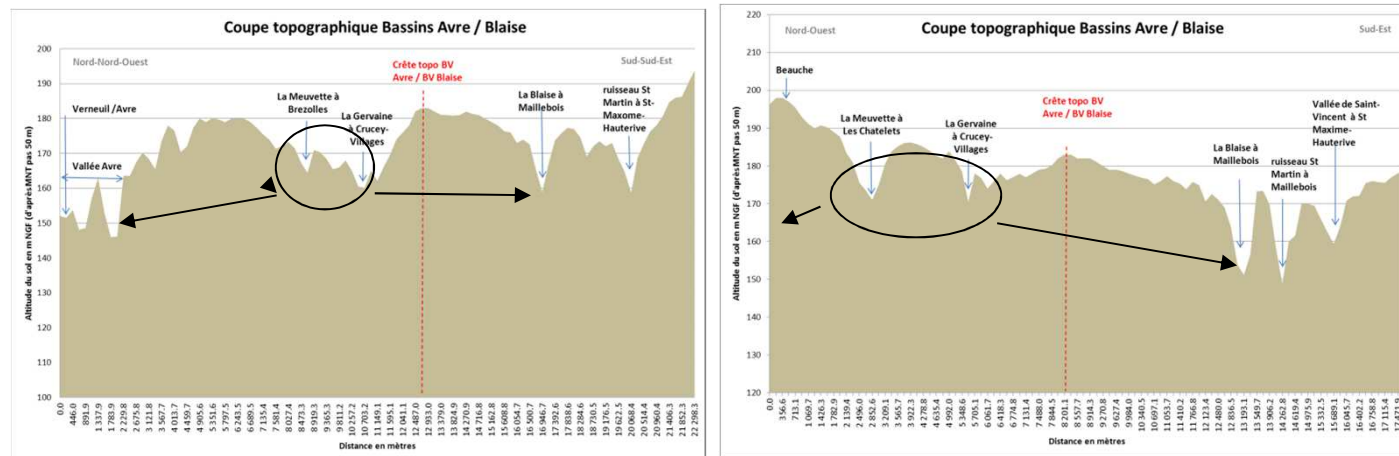
- Les sondages électriques permettent de définir la distribution verticale des résistivités électriques sous le point de mesure.
- Implantés selon une maille régulière le long des profils principaux, ces sondages permettent de confirmer ou non la présence de failles et de repérer les passages latéraux de faciès sur une profondeur d'investigation supérieure à 100 m grâce à une configuration de mesure élaborée (à préciser en fonction de tests préliminaires sur place).



3. Présentation du programme prévisionnel phases 3, 4 et 5

> Phase 3 : Traçages

- Limite Iton /Avre au Nord : injection secteur compris entre Francheville/Cintray et Verneuil-sur-Avre (le long de la faille suposée)
- Limite Avre / Blaise au Sud-Est : injection vallée Meuvette ou Gervane

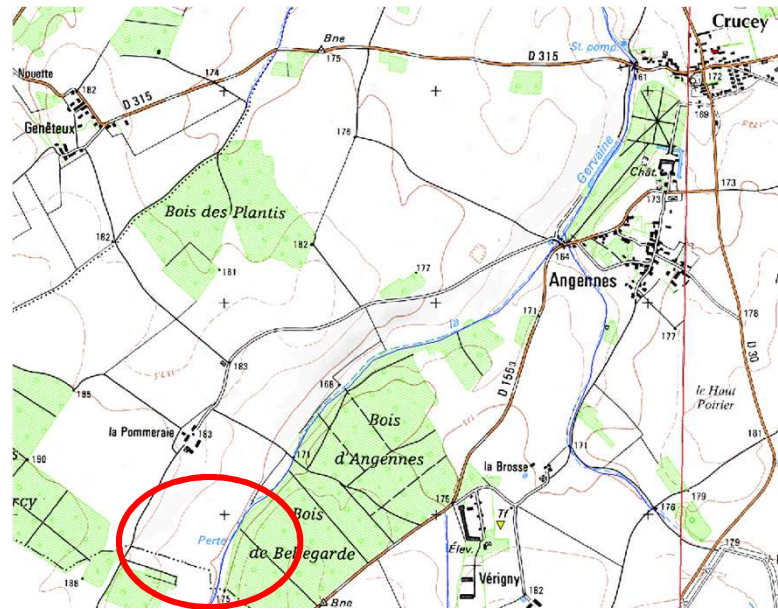


- Réalisation de journée de terrain de repérage des bétoires (pour les injections) et des sous-sources pour le suivi (notamment source à suivre dans la vallée de la Blaise)
- Dans vallée Avre, suivi réalisé sur les sources : Poellay, Breuil, Vigne, Gonord

3. Présentation du programme prévisionnel phases 3, 4 et 5

> Phase 3 : Traçages

- Réunion de travail spécifique à prévoir pour le choix des points d'injection et points de suivi



3. Présentation du programme prévisionnel phases 3, 4 et 5

> Phase 4 : Modélisation hydrodynamique

La démarche suivie pour la réalisation du modèle numérique comporte la succession d'étapes suivantes :

- synthèse, interprétation et organisation des données en vue de leur intégration dans le modèle ;
- Modélisation géologique :
 - analyse des données litho-stratigraphiques et définition d'un référentiel géologique local ;
 - résultats seront obtenus par la mise en œuvre de méthodes géostatistiques de type krigeage.
- le cas échéant, acquisition d'éventuelles données complémentaires (climatologie, volumes prélevés...) ;
- élaboration du schéma conceptuel de la zone d'étude ;
- création du modèle numérique ;
- calage et validation du modèle hydrodynamique afin de reproduire la piézométrie locale et son évolution ainsi que les débits dans les rivières et leurs évolutions ;

(utilisation du logiciel Marthe)

3. Présentation du programme prévisionnel phases 3, 4 et 5

> Phase 5 : Elaboration de règles de gestion volumique

Exploitation du modèle en vue de répondre aux divers objectifs posés :

- améliorer la connaissance du fonctionnement hydrodynamique du système aquifère dans le bassin de l'Avre
- affiner le calcul du bilan hydrique par sous-secteurs,
- évaluer la ressource en eau souterraine exploitable tout en respectant un rabattement piézométrique acceptable, à déterminer notamment au droit des zones humides mais aussi, le cas échéant, sur des secteurs fortement exploités, ainsi qu'un débit d'étiage acceptable (associé à des fréquences de retours par exemple).



Merci de votre attention

