



**HAL**  
open science

## Approche exploratoire SIG pour l'identification des piézomètres représentatifs d'une relation nappe/rivière

Alexandre Brugeron, Delphine Allier

### ► To cite this version:

Alexandre Brugeron, Delphine Allier. Approche exploratoire SIG pour l'identification des piézomètres représentatifs d'une relation nappe/rivière. Journées ESRI, Oct 2013, Versailles, France. hal-01182476


**HAL Id: hal-01182476**

**<https://brgm.hal.science/hal-01182476>**

Submitted on 18 Jan 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Approche exploratoire SIG pour l'identification des piézomètres représentatifs d'une relation nappe/rivière

**A.BRUGERON**

*BRGM*

*Département « Eau, Environnement et Ecotechnologies »  
Unité « Evaluation et valorisation des connaissances sur l'eau »*

[a.brugeron@brgm.fr](mailto:a.brugeron@brgm.fr)

## Sommaire

- > Contexte et objectifs de l'étude
- > Terminologie
- > Autres approches cartographiques dans le domaine...
- > Développement d'une approche cartographique exploratoire
- > Analyse multicritères et détermination des incertitudes
- > Edition d'un atlas cartographique par département



*Assec – vallée de la Couze*



*Piézomètre ADES*

## Contexte et objectifs de l'étude

- > Les épisodes de déficit pluviométrique qui se sont succédés ces vingt dernières années ont mis en évidence **l'interdépendance des eaux souterraines et superficielles**
  - Baisse de l'alimentation des cours d'eau par les nappes du à la baisse de leurs niveaux
  - Réduction de leur débit estival voire assecs.
- > La caractérisation des échanges nappe/rivière est **fondamentale pour considérer la ressource en eau dans son intégralité.**
- > Actuellement, ces phénomènes **ne sont pas toujours clairement identifiés ou**, quand ils le sont, **valorisés** à travers un référentiel adapté.

# Contexte et objectifs de l'étude

## > Cadre :

- Mise en œuvre en 2004 d'un "plan d'action sécheresse" national visant à minimiser les impacts des crises hydro-climatiques, telle que celle connue en 2003, par le Ministère.
- En 2004, développement d'un dispositif métropolitain d'observation des assecs : le Réseau d'Observation de Crise des Assecs (ROCA).
- En 2010, évolution du réseau vers l'Observatoire National Des Etiages (ONDE): un réseau de connaissance stable sur les étiages estivaux et être un outil d'aide à la gestion de crise.

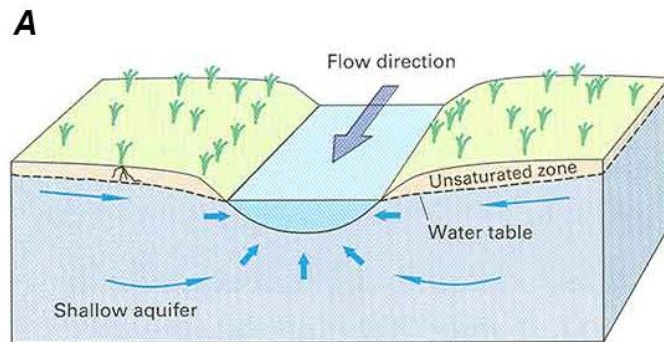
## > Objectifs:

- Identifier les potentielles zones de connexion nappe/rivière par une **approche nationale expérimentale sur les piézomètres, basée sur du SIG**
- Produire des supports cartographiques départementaux permettant d'identifier ces zones potentielles pour aider au dimensionnement et à la révision future du réseau ONDE.

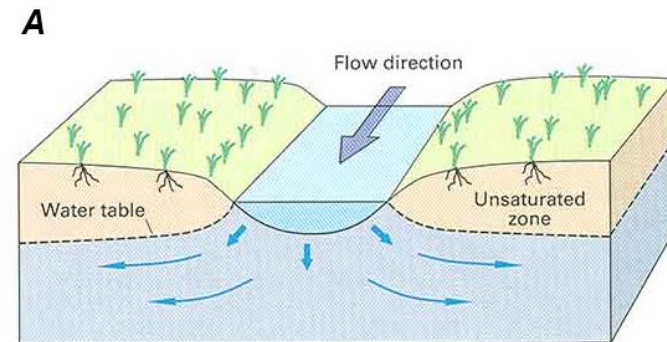
# Terminologie

- > **Relation nappe-rivière** : échange d'eau dans un sens ou dans l'autre entre une nappe d'eau souterraine et un cours d'eau

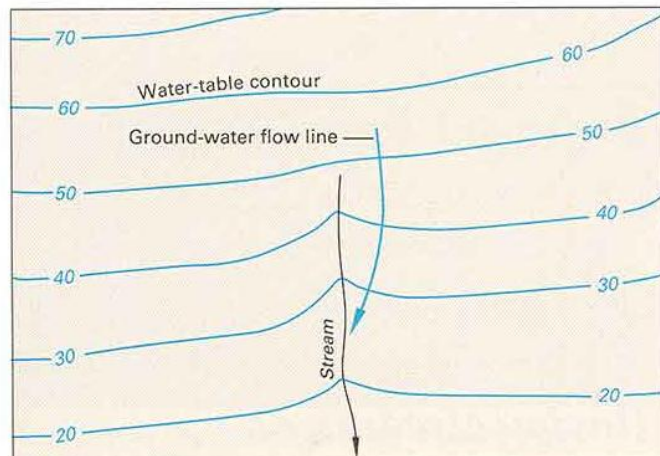
**GAINING STREAM**



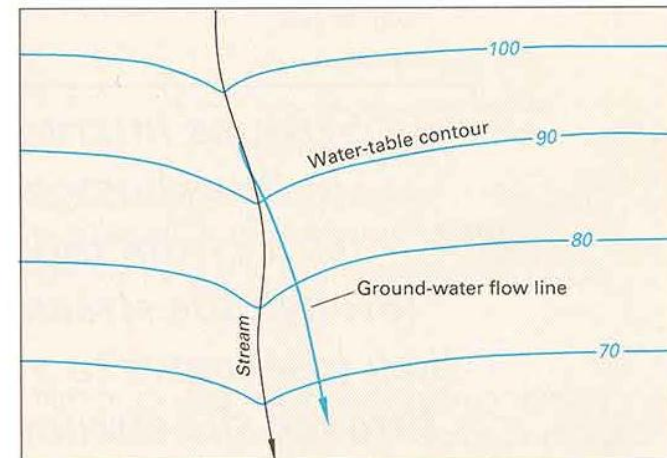
**LOSING STREAM**



**B**

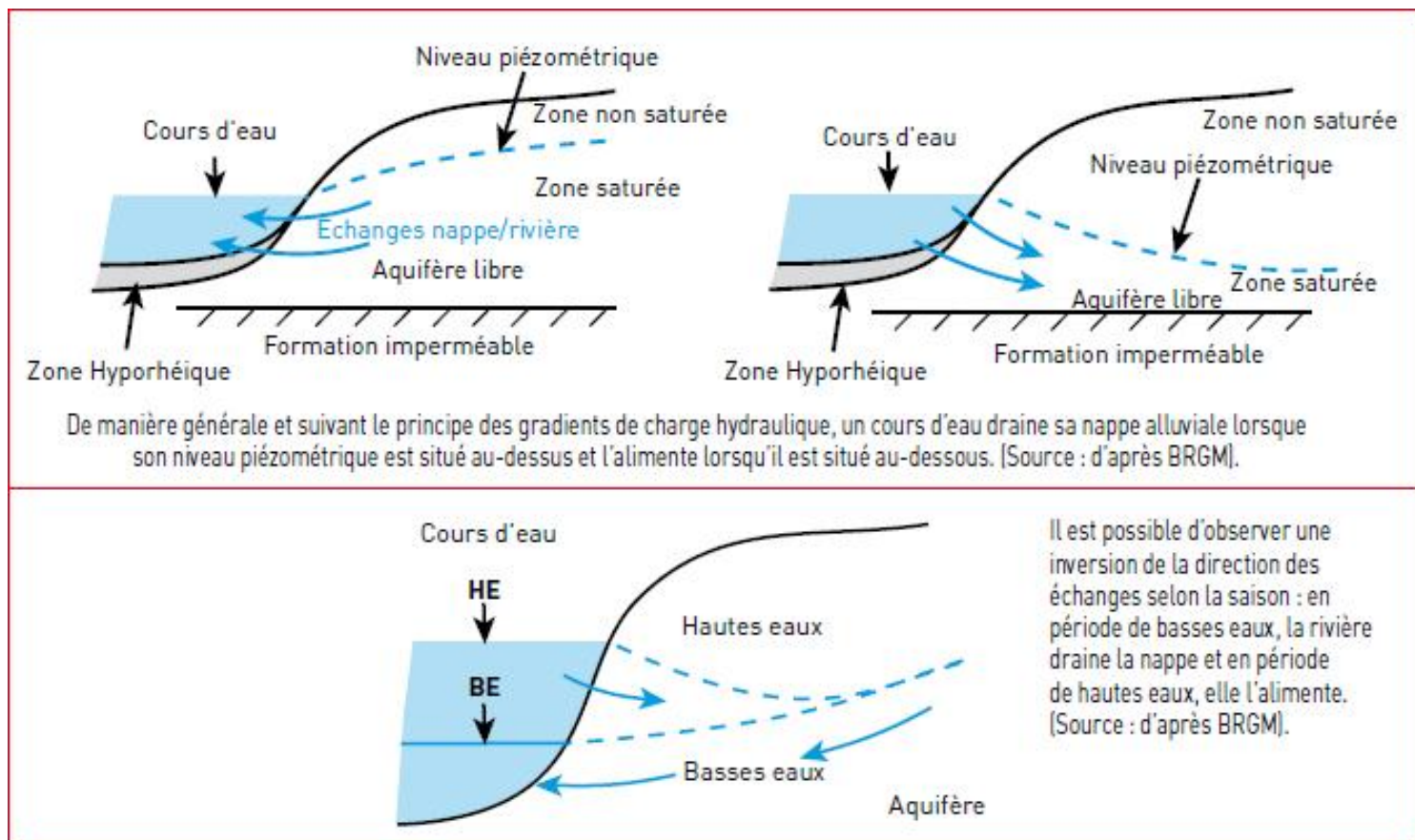


**B**



# Terminologie

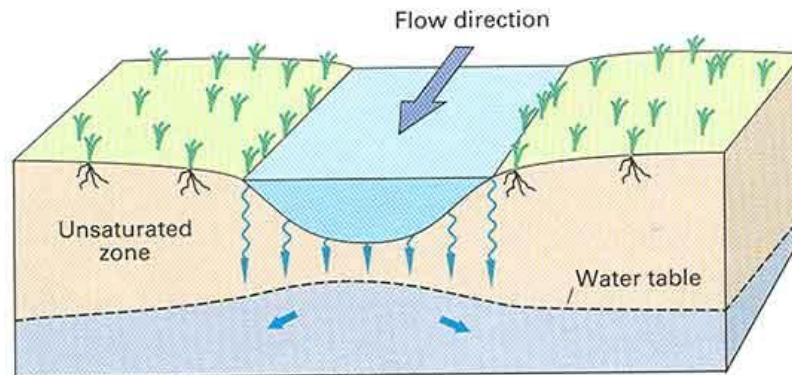
- Ces échanges peuvent varier spatialement et temporellement



# Terminologie

## > Selon la configuration hydrogéologique et selon l'état de colmatage du lit de la rivière, nous pouvons distinguer cinq types de cours d'eau :

- **Drainant** (en liaison hydraulique avec un aquifère riverain qu'il draine)
- **Infiltrant, non perché** (en liaison hydraulique et alimentant, par ses pertes par infiltration, la nappe libre d'un aquifère riverain)
- **Perché et infiltrant** (séparé de la nappe libre par une zone non saturée mais l'alimentant, par ses pertes par infiltration)
- **Perché et indépendant** (séparé de la nappe libre par une zone non saturée et à lit colmaté donc sans échange d'eau avec la nappe).
- **Non perché et Indépendant** (à lit colmaté donc sans échange d'eau avec la nappe, mais pas séparé de la nappe libre par une zone non saturée).





## Autres approches cartographiques dans le domaine...

### > Trois approches examinées en détails :

- Development of method to map potential stream-aquifer connectivity: a case study in the Border Rivers Catchment (Ransley *et al.*, 2007)

[http://adl.brs.gov.au/brsShop/data/method\\_map\\_stream\\_aquifer\\_connectivity.pdf](http://adl.brs.gov.au/brsShop/data/method_map_stream_aquifer_connectivity.pdf)

- A top-down approach to characterise aquifer-river interaction processes (Ivkovic K. M., 2008)

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169408005490>

- Identification et quantification des échanges nappes/rivière par analyse spatiale : Contexte de données fragmentées et hétérogènes – Application au fleuve Rhône (Paran *et al.*, 2008).

<http://www.esrifrance.fr/sig2008/ensm.htm>

### > Détermination des échanges au droit des rivières → Analyses centrées sur le linéaire des cours d'eau, généralement découpé en tronçons.

- Travaux de Ransley : Approche locale avec des critères difficiles à appréhender à l'échelle nationale
- Travaux d'Ivkovic : Définition des contextes d'échange (vers la rivière, vers la nappe, variable, déconnecté...etc...) + études fines de chroniques hydrométriques et piézométriques.
- Travaux de Paran : Utilisation de grilles d'interpolation de niveau piézométrique, de gradient hydraulique et de direction d'écoulement pour qualifier les sens des échanges nappe/rivière.

# Développement d'une approche cartographique exploratoire

## > Postulats de base:

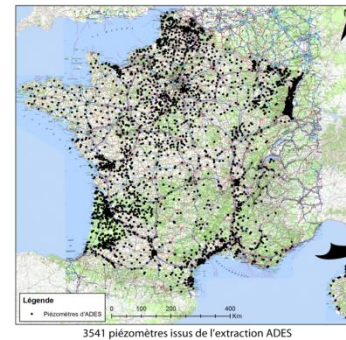
- Répondre aux questions :
  - Comment lier le piézomètre avec le tronçon de cours d'eau le plus proche?
  - Comment déterminer la direction du gradient hydrogéologique et le tronçon de cours d'eau vers lequel l'eau souterraine semble se diriger ?
  - Comment choisir le tronçon de cours d'eau qui semble être le plus hypothétiquement relié à la nappe captée par le piézomètre ? Quels critères utiliser ?
- Hypothèse de départ : la relation existe entre la rivière et la nappe captée par le piézomètre

→ Suivra une vérification en recoupant avec des critères de classification (études antérieures...) et en estimant **le degré d'incertitudes** (direction de l'écoulement, qualité de la donnée source...)

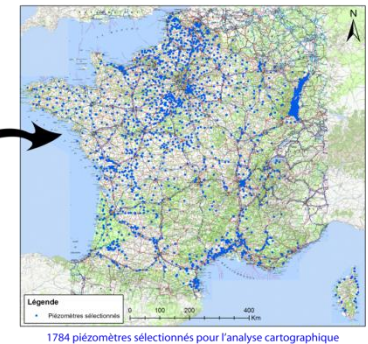
# Développement d'une approche cartographique exploratoire

## > Données utilisées:

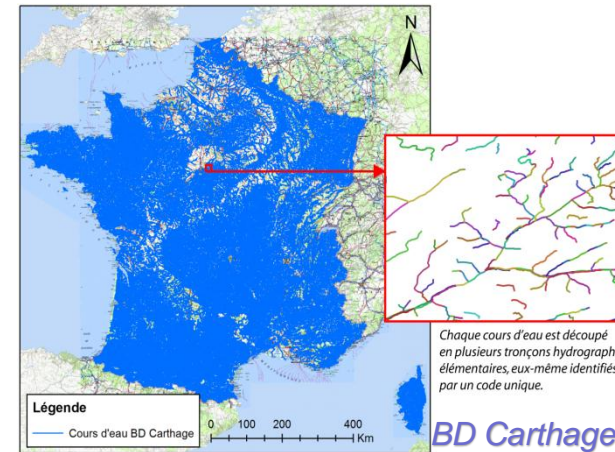
- Extraction des piézomètres ADES et pré-sélection de ceux présentant des critères favorables (nappe libre, a minima 5 ans de chroniques, fréquence annuelle de mesure > 50, bon état de l'ouvrage...etc...)
- Tronçons hydrographiques élémentaires de la BD Carthage® (IGN), hiérarchisés selon la classification Strahler et Shreve
- MNT de la BDALTI® (IGN)
- Grille nationale d'épaisseur de ZNS (BRGM, 2011)



Extraction ADES

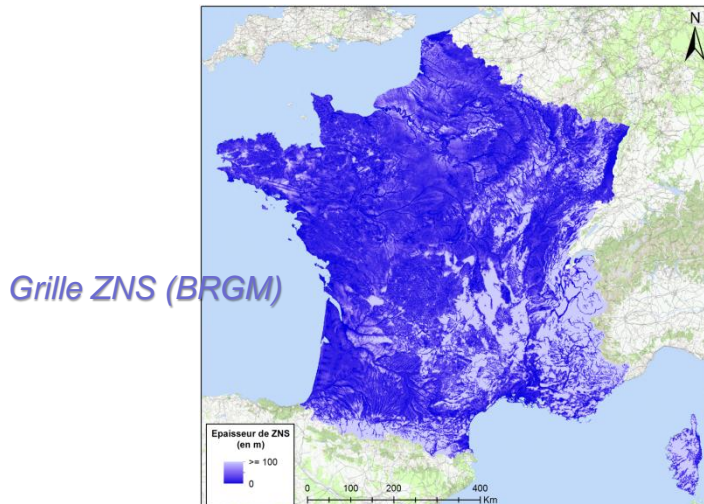


1784 piézomètres sélectionnés pour l'analyse cartographique

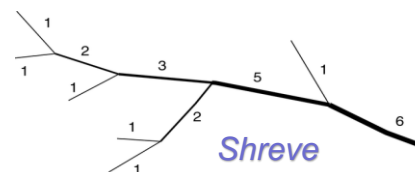


Chaque cours d'eau est découpé en plusieurs tronçons hydrographiques élémentaires, eux-même identifiés par un code unique.

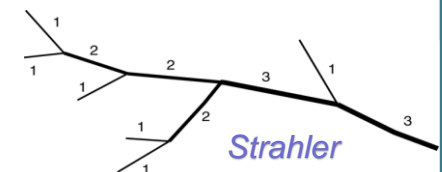
BD Carthage® (IGN)



Grille ZNS (BRGM)



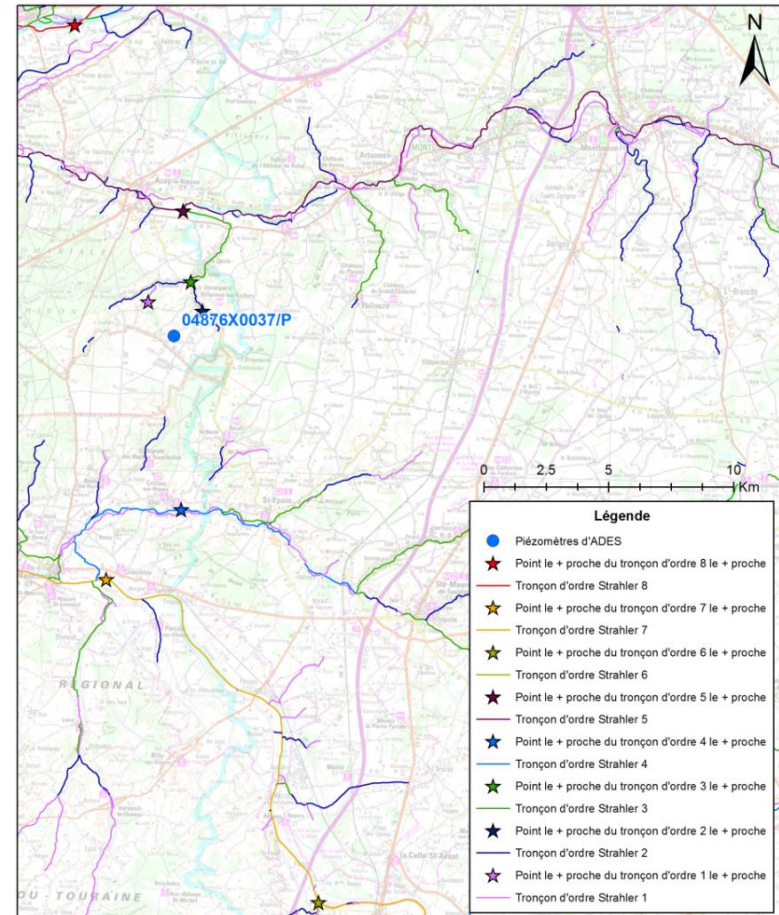
Shreve



Strahler

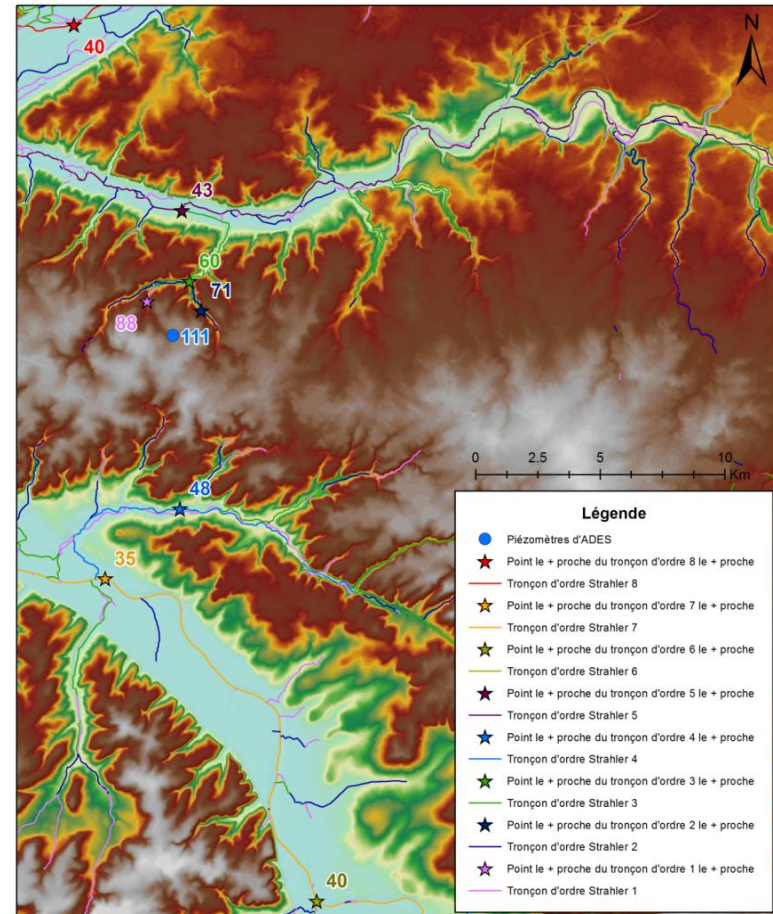
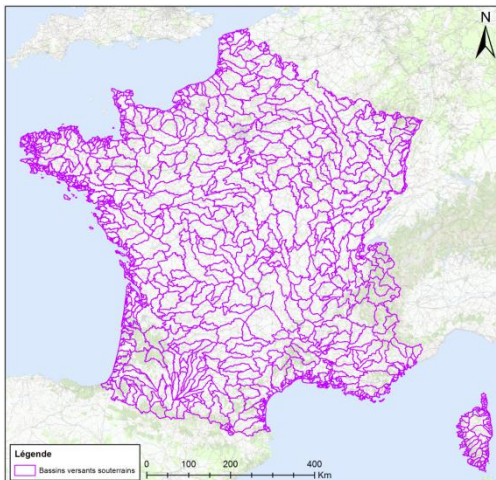
# Développement d'une approche cartographique exploratoire

- Association piézomètres / tronçons d'ordre Strahler x le plus proche
  - Coordonnées X/Y de chaque vertex le plus proche;
  - Distances
  - Angle de direction entre le piézomètre et chacun des points sélectionné des tronçons



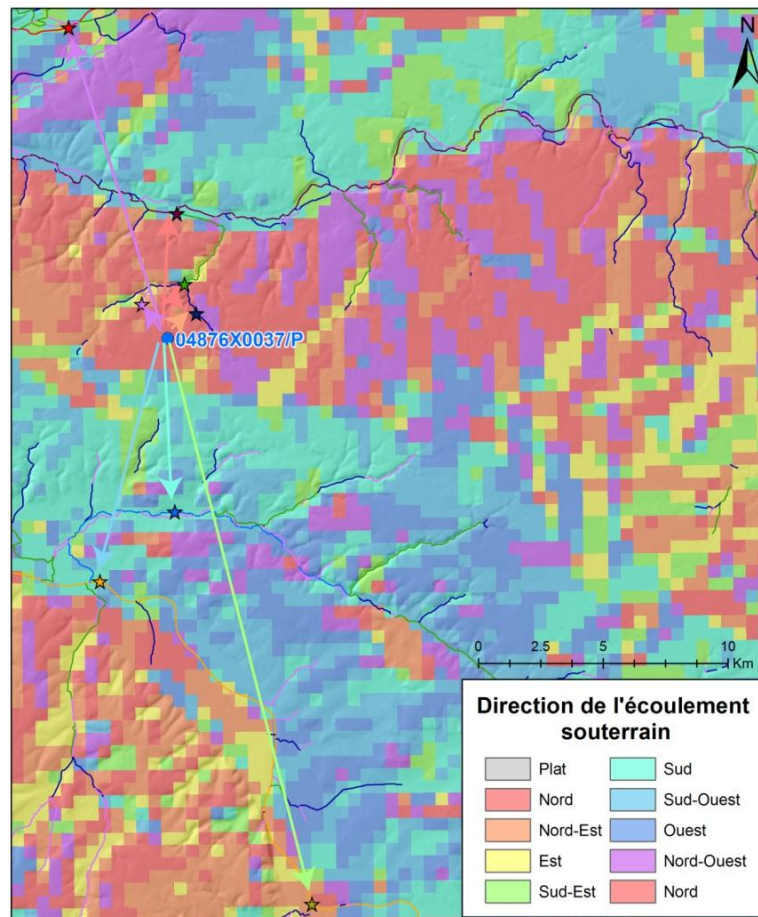
# Développement d'une approche cartographique exploratoire

- Association piézomètres / tronçons d'ordre Strahler x le plus proche
  - Coordonnées X/Y de chaque vertex le plus proche;
  - Distances
  - Angle de direction entre le piézomètre et chacun des points sélectionné des tronçons
- Cote altimétrique des tronçons
- Appartenance commune à des bassins versants souterrains



# Développement d'une approche cartographique exploratoire

- > Association piézomètres / tronçons d'ordre Strahler x le plus proche
  - Coordonnées X/Y de chaque vertex le plus proche;
  - Distances
  - Angle de direction entre le piézomètre et chacun des points sélectionné des tronçons
- > Cote altimétrique des tronçons
- > Appartenance commune à des bassins versants souterrains
- > Estimation de l'orientation de la direction de l'écoulement souterrain partant du piézomètre
- > Comparaison avec l'orientation de l'axe « Piézomètre / Point le plus proche du tronçon d'ordre x le plus proche »



# Développement d'une approche cartographique exploratoire

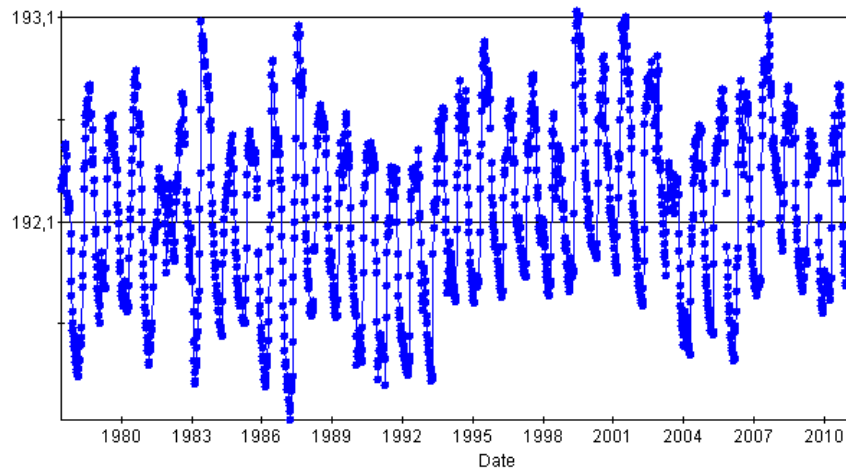
## > Approche par tâtonnements :

- 1<sup>er</sup> test :
  - « **Distance minimale** » : la distance entre le piézomètre considéré et le tronçon sélectionné doit être la plus réduite possible ;
  - « **Appartenance au même bassin souterrain** » : le piézomètre ainsi que le point le plus proche du tronçon sélectionné, doivent appartenir au même bassin versant souterrain.
- 2<sup>nd</sup> test :
  - 1<sup>er</sup> test + critère prépondérant « **Cohérence des angles de direction** » → prise en compte des résultats si les distances obtenus ne sont pas trop grandes + ratio Shreve/Strahler conséquent.
- 3<sup>ème</sup> test :
  - 1<sup>er</sup> test + critère prépondérant « **Ordre Strahler  $\geq 4$**  » → prise en compte des résultats si les distances obtenus ne sont pas trop grandes + ratio Shreve/Strahler conséquent.

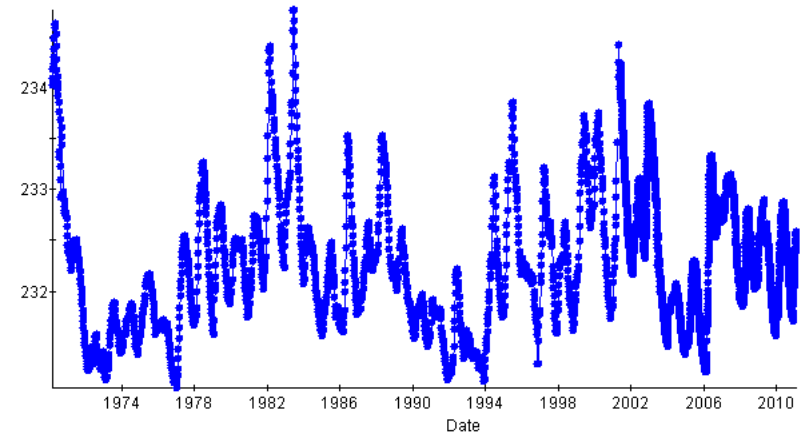
# Analyse multicritères et détermination des incertitudes

## > Comparaison des cotes piézométriques avec les cotes des rivières associées

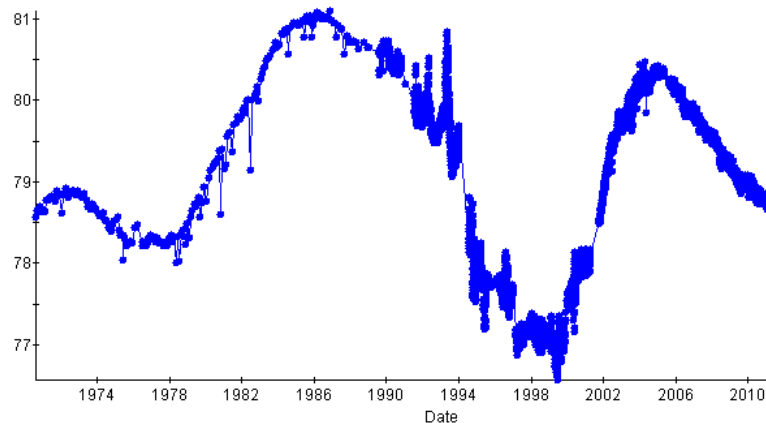
Cote NGF (m) du piézomètre de code national 03791X0045/66A



Cote NGF (m) du piézomètre de code national 04454X0013/8A



Cote NGF (m) du piézomètre de code national 02931X0008/S1

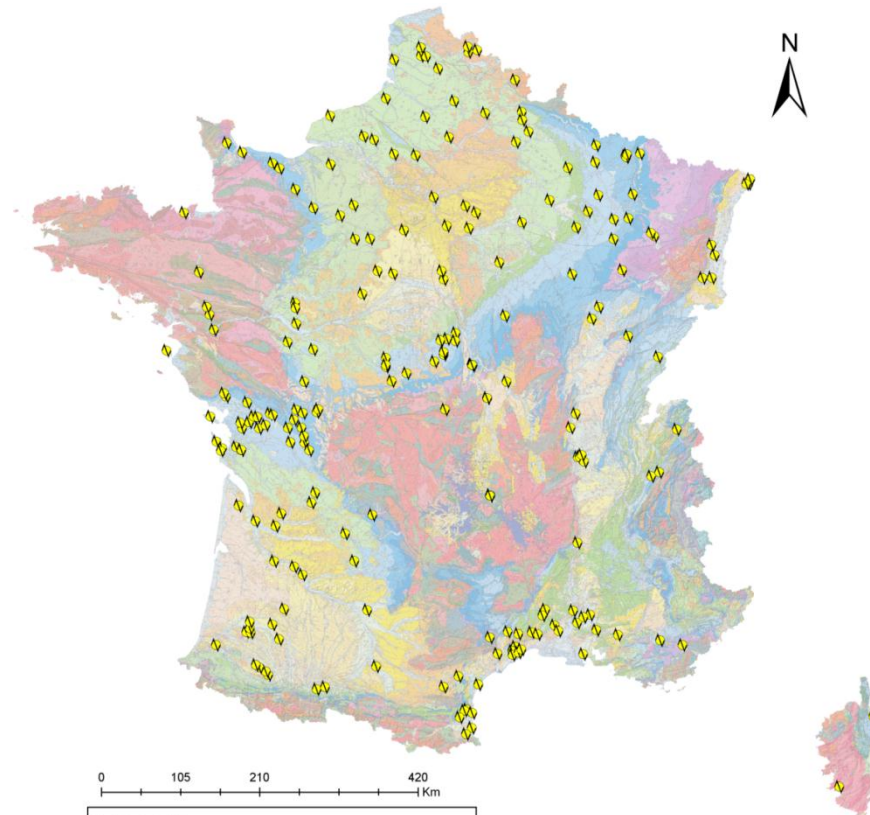






# Analyse multicritères et détermination des incertitudes

- > Détermination des contextes à « Variation temporelle du sens des échanges » → signe du gradient variable selon la saison

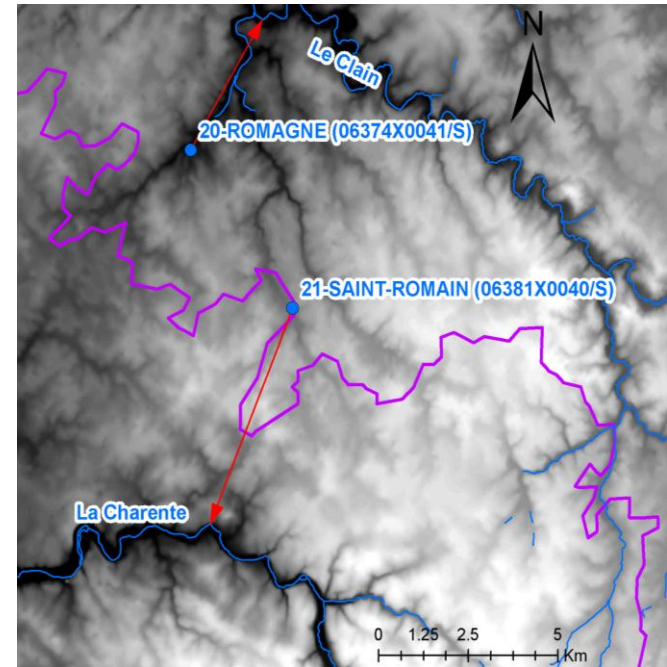


**Légende**  
♦ Variation temporelle du sens des échanges

# Analyse multicritères et détermination des incertitudes

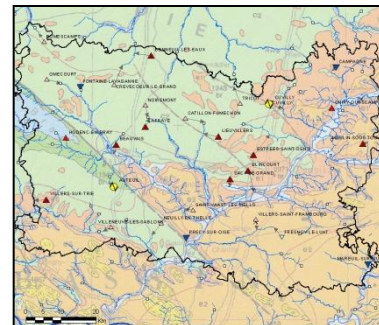
## > Détermination des incertitudes sur :

- l'association PE → CE :
  - Problématique des points d'eau captant des aquifères alluviaux alors que le calcul du gradient hydraulique PE → CE montre des valeurs < - 10 %
- le sens de l'écoulement souterrain :
  - grille de ZNS moyenne à l'origine du tracé des BV sout. → image figée de la crête piézométrique et pas toujours représentative.
  - Problématique des points d'eau situés à proximité de cette crête



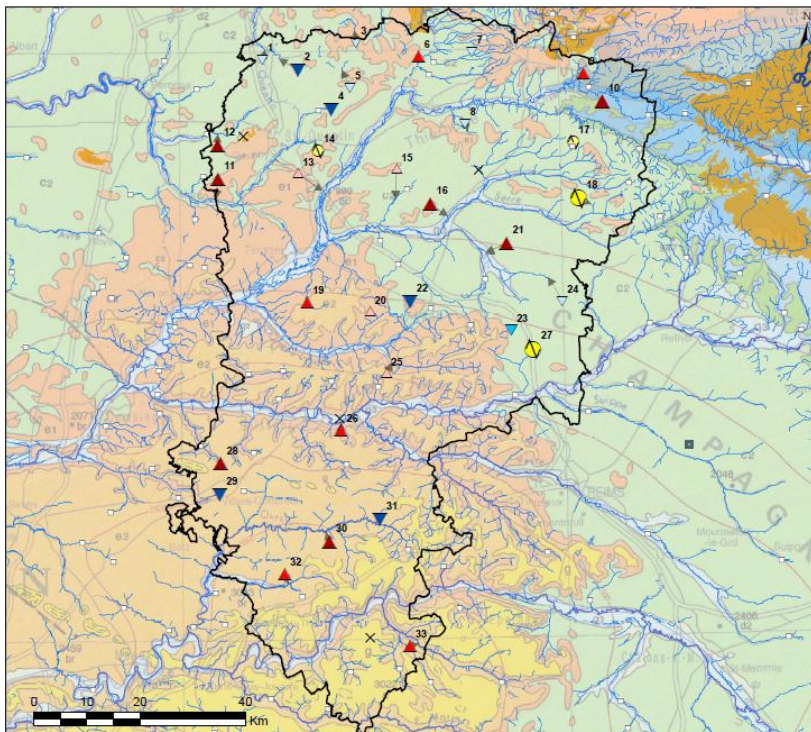
## > Analyse critique des résultats sur 2 départements test (Oise et Vienne):

- Oise : 23 résultats cohérents sur 29 piézomètres sélectionnés;
- Vienne : 16 résultats cohérents sur 21 piézomètres sélectionnés.



# Edition d'un atlas cartographique par département

## > Composantes de l'atlas



n°	Code BSS	Cote min - max (m NGF)	Type et code de la masse d'eau souterraine	Nom du cours d'eau associé (+ code Carthage)	Dist. à la Riv. (m)	Cote Riv (m)	Gradient PE->CE (%)	Inertie de la nappe captée
001	00484X0018/S1	81 82	Dominante sédim. (FRAG010)	Fleuve l'escout (E1000600)	1730	88	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie forte)
002	00491X0013/P	99 102	Dominante sédim. (FRAG010)	Fleuve l'escout (E1000700)	4155	105	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie forte)
003	00493X0061/S1	128 133	Dominante sédim. (FRAG010)	Riot de la ville (E1000750)	2452	141	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie faible)
004	00496X0018/S1	83 84	Dominante sédim. (FRAG013)	Fleuve la somme (E6070440) (E1000732)	533	87	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie forte)
005	00497X0018/S1	94 101	Dominante sédim. (FRAG013)	(E1000732)	3981	123	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie faible)
006	00501X0017/S1	122 123	Imp. local aquifère (FRB20017)	Ruisseau le noureau (H0060400)	648	114	Entre 1 et 10	Non calculé
007	00502X0003/S1	175 181	Imp. local aquifère (FRB20017)	(H0052000)	29	194	< -10	Cycle annuel unique (pas d'inertie)
008	00508X0005/S1	148 150	Dominante sédim. (FRHG206)	(H0045100)	1658	154	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie forte)
009	00512X0020/P	211 216	Socle (FRHG506)	Ruisseau du calalet (H0024600)	323	206	Entre 1 et 10	Double cycle (inertie faible)
010	00518X0009/S1	184 186	Dominante sédim. (FRHG306)	Rivière le gland (H0019000)	1616	173	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie forte)
011	00643X0015/P	64 65	Dominante sédim. (FRAG013)	Fleuve la somme (E6350140)	3754	63	Entre -1 et 1	Cycle pluriannuel unique (inertie forte)
012	00643X0031/P	70 72	Dominante sédim. (FRAG013)	Rivière fonnign (E6350750)	2325	61	Entre -1 et 1	Cycle pluriannuel unique (inertie forte)
013	00651X0020/F	81 83	Dominante sédim. (FRAG013)	Rivière fosse (H0060100)	5744	60	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie forte)
014	00652X0007/F	75 78	Dominante sédim. (FRAG013)	(E6070600)	2028	75	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie forte)
015	00654X0014/S1	87 72	Dominante sédim. (FRHG206)	(H0182150)	5876	62	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie faible)
016	00665X0018/S1	73 82	Dominante sédim. (FRHG206)	Rivière le vilpion (H0110410)	4121	70	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie faible)
017	00671X0052/S1	210 216	Dominante sédim. (FRHG206)	Rivière le vilpion (H0110410)	571	211	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie faible)
018	00836X0007/P	88 87	Dominante sédim. (FRHG108)	Ruisseau le ménil (H0206000)	371	78	Entre 1 et 10	Double cycle (inertie forte)
019	00875X0018/S1	161 168	Dominante sédim. (FRHG206)	(H0103850)	2808	163	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie faible)
020	00837X0027/F	104 104	Dominante sédim. (FRHG108)	(H0231040)	1075	79	Entre 1 et 10	Cycle annuel unique (pas d'inertie)
021	00843X0024/S1	77 80	Dominante sédim. (FRHG206)	Rivière la souche (H0150420)	4229	70	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie forte)
022	00847X0043/S1	72 83	Dominante sédim. (FRHG207)	(H0229580)	560	98	Entre -10 et -1	Double cycle (inertie faible)
023	00845X0038/S1	69 71	Dominante sédim. (FRHG206)	(H0229580)	1517	76	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie forte)
024	00845X0001/S1	77 82	Dominante sédim. (FRHG207)	Le grand fossé (H0153000)	5185	89	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie faible)
025	01064X0056/P	151 151	Dominante sédim. (FRHG108)	Rivière l'aiette (H0220400)	2266	65	Entre 1 et 10	Cycle pluriannuel unique (inertie forte)
026	01065X0133/S1	67 68	Dominante sédim. (FRHG108)	Rivière l'ainne (H1600200)	1615	45	Entre 1 et 10	Cycle pluriannuel unique (inertie forte)
027	01074X0006/S1	64 68	Dominante sédim. (FRHG207)	Ruisseau la mette (H1430800)	734	67	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie faible)
028	01129X0048/S1	111 111	Dominante sédim. (FRHG108)	(H1670060)	505	108	Entre -1 et 1	Cycle pluriannuel unique (inertie forte)
030	01308X0023/S1	108 110	Dominante sédim. (FRHG105)	Rivière l'ouzo (F6320400)	1981	91	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie moyenne)
029	01293X0071/S1	103 104	Dominante sédim. (FRHG104)	Rivière l'autonne (H2010400)	1070	110	Entre -1 et 1	Cycle pluriannuel unique (inertie forte)
031	01393X0039/S1	112 113	Dominante sédim. (FRHG105)	Rivière l'ouzo (F6320400)	797	115	Entre -1 et 1	Double cycle (inertie forte)
032	01561X0044/S1	138 139	Dominante sédim. (FRHG105)	Rivière le dignon (F6375101)	1625	88	Entre 1 et 10	Indéfini
033	01568X0101/S1	178 179	Dominante sédim. (FRHG103)	Rivière le surmelin (F6170400)	1728	92	Entre 1 et 10	Double cycle (inertie faible)

### Légende

Cours d'eau selon ordre Strahler (BD Carthage)

< 4  
4 - 6  
> 6

Probabilité de relation Piézomètre (PE) / Cours d'eau associé (CE)

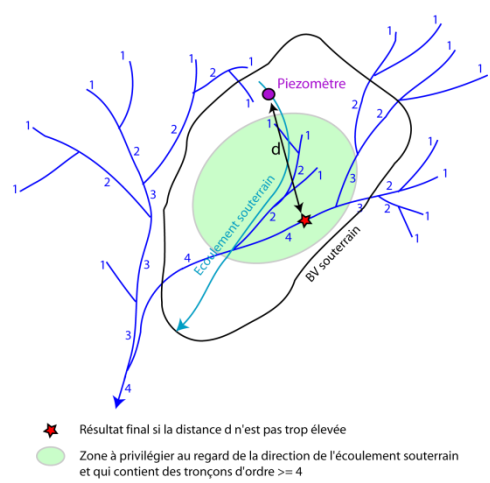
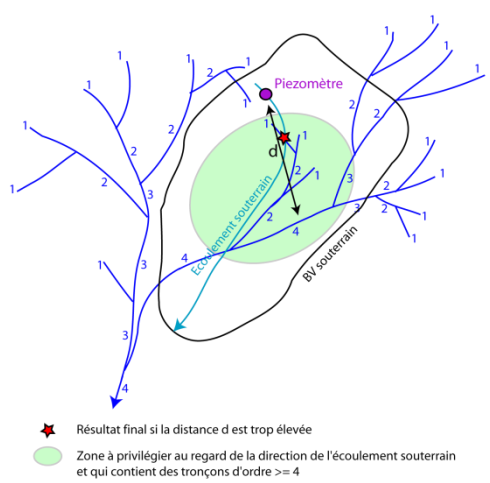
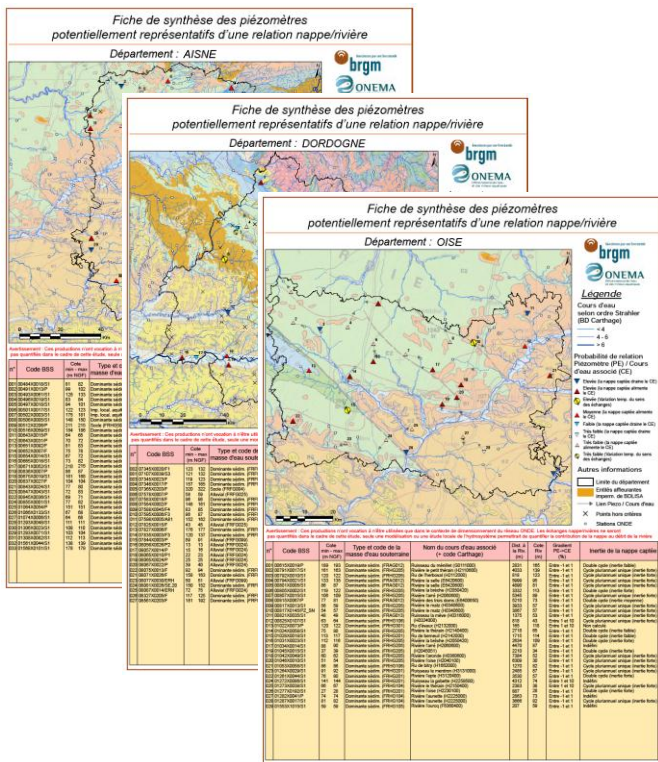
- ▲ Elevée (la nappe captée draine le CE)
- ▲ Elevée (la nappe captée alimente le CE)
- ▲ Elevée (Variation temp. du sens des échanges)
- ▲ Moyenne (la nappe captée alimente le CE)
- ▲ Faible (la nappe captée draine le CE)
- ▲ Très faible (la nappe captée draine le CE)
- ▲ Très faible (la nappe captée alimente le CE)
- ▲ Très faible (Variation temp. du sens des échanges)

Autres informations

- Limite du département
- Entités affleurantes imperm. de BDLISA
- Lien Piezo / Cours d'eau
- × Points hors critères
- Stations ONDE

### Attention :

Ces productions n'ont vocation à n'être utilisées que dans le contexte de dimensionnement et de révision du réseau ONDE. Il n'y a aucune quantification des échanges nappe/rivières



**Merci de votre attention....**

**Pour aller plus loin...**

**Brugeron A., Allier D. (2012) – Approche exploratoire des liens entre référentiels hydrogéologique et hydrographique : Première identification des piézomètres potentiellement représentatifs d'une relation nappe/rivière et contribution à leur valorisation. Rapport final. BRGM/RP-61047-FR.**