

# Caractérisation des alimentations du marais de Brouage par les aquifères bordiers

COFIL de lancement

22 mars 2024



**SYNDICAT MIXTE**  
DE LA **CHARENTE-AVAL**



**calligée**  
SCIENCES & TECHNIQUES GÉOLOGIQUES

La Charente  
Maritime



**eau**  
GRAND SUD-OUEST  
AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE



RÉGION  
Nouvelle-  
Aquitaine

# sommaire

**1 / Présentation de Calligée**

**2 / Présentation de l'équipe**

**3 / Objectifs et phasage de l'étude**

**4 / Phase 1**

**5 / Phase 2**

**6/ Phase 3**

**7/ Phase 4**

**8/ Option : Forages destructifs dans les glacis colluviaux**

**9/ Données à récupérer et planning**

**10 / Discussions / Questions - attentes**

1

# Présentation de Calligée

# Présentation des activités de CALLIGEE

- Recherche d'eau
- Carrières - Auscultation de digues
- Enfouissement de réseaux
- Bathymétrie – épaisseur de sédiments



GÉOLOGIE &  
GÉOPHYSIQUE



HYDROGÉOLOGIE

- Protection de captages – BAC
- Forages – Pompages
- Traçages
- Etudes d'impact - modélisation

- Diagnostics
- EQRS
- Plans de gestion
- Assistance à MO



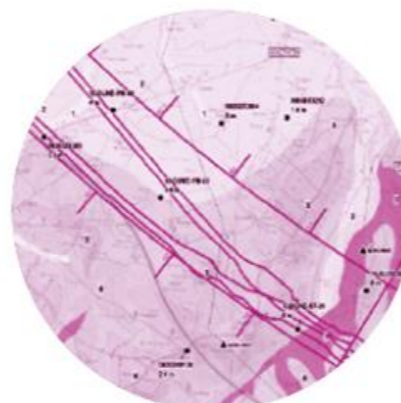
SITES ET SOLS  
POLLUÉS



EAUX  
SUPERFICIELLES &  
EAUX USÉES

- Etude de bassins versants
- Gestion des eaux pluviales
- Etudes ANC
- Etudes réglementaires

- SIG
- Base de données
- Cartographie
- DAO



GÉOMATIQUE &  
CARTOGRAPHIE



EXPERTISE  
PRESENTATION DE CALLIGEE

- Tribunaux
- Litiges

2

# Equipe et gouvernance interne

**EXPERTS**

**DAVY DOUAY**  
EXPERT HYDROGEOLOGUE

d.douay@calligee.fr  
06.76.98.66.71

**LOÏC ARNOULT**  
EXPERT GEOLOGUE

l.arnoult@calligee.fr  
06.85.57.23.88

**HÉLÈNE NADAUD**  
EXPERTE HYDROGEOLOGUE

Ex. BE Géoaquitaine

**GILLES MARTIN**  
EXPERT HYDROGEOLOGUE

Ex. BE Géoaquitaine

**DAVID LABAT**  
EXPERT HYDROGEOLOGIE  
STATISTIQUE  
Enseignant chercheur univ.  
Toulouse

**JUSTINE CAILLY**  
CHEF DE PROJET

j.cailly@calligee.fr  
07.86.65.97.86

**EQUIPE DE  
PRODUCTION**

**JUSTINE CAILLY**  
INGENIEURE  
HYDROGEOLOGUE

j.cailly@calligee.fr  
07.86.65.97.86

**LUCAS RICHASSE ou  
ESTELLE ROZIER**  
HYDROGEOLOGUE  
(appui ponctuel)

l.richasse@calligee.fr  
e.rozier@calligee.fr

**LOÏC ARNOULT**  
GEOLOGUE

l.arnoult@calligee.fr  
06.85.57.23.88

**ABOUBACAR  
MOLOTA CAMARA**  
GEOATICIEN

am.camara@calligee.fr  
07.87.66.74.74

**JACQUES-OLIVIER  
GARNIER**  
TECHNICIEN

jo.garnier@calligee.fr  
06.88.24.76.85

3

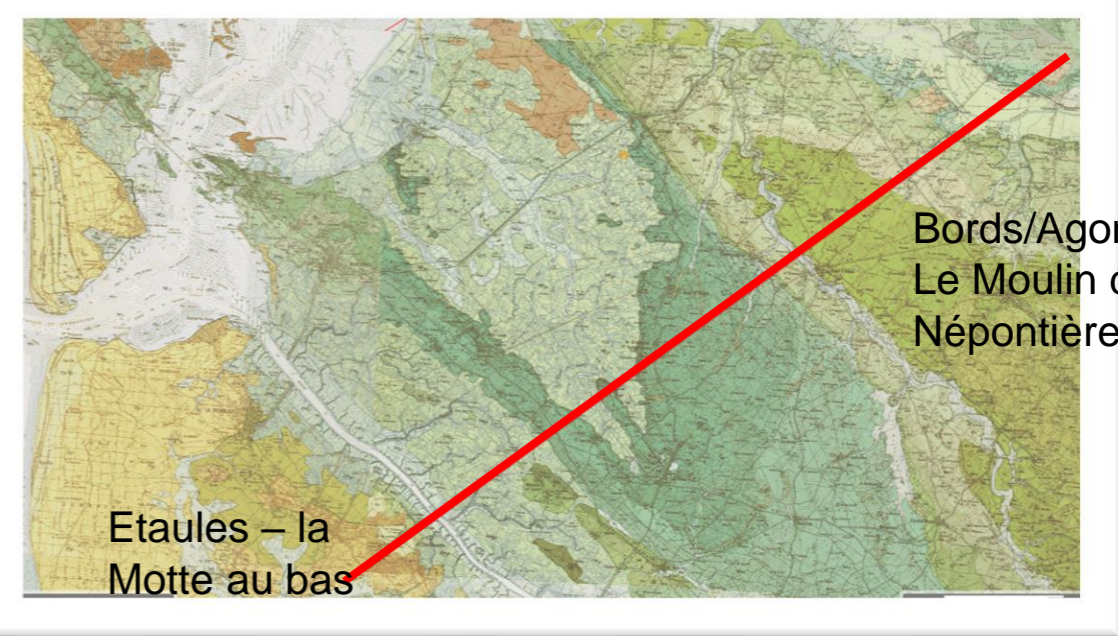
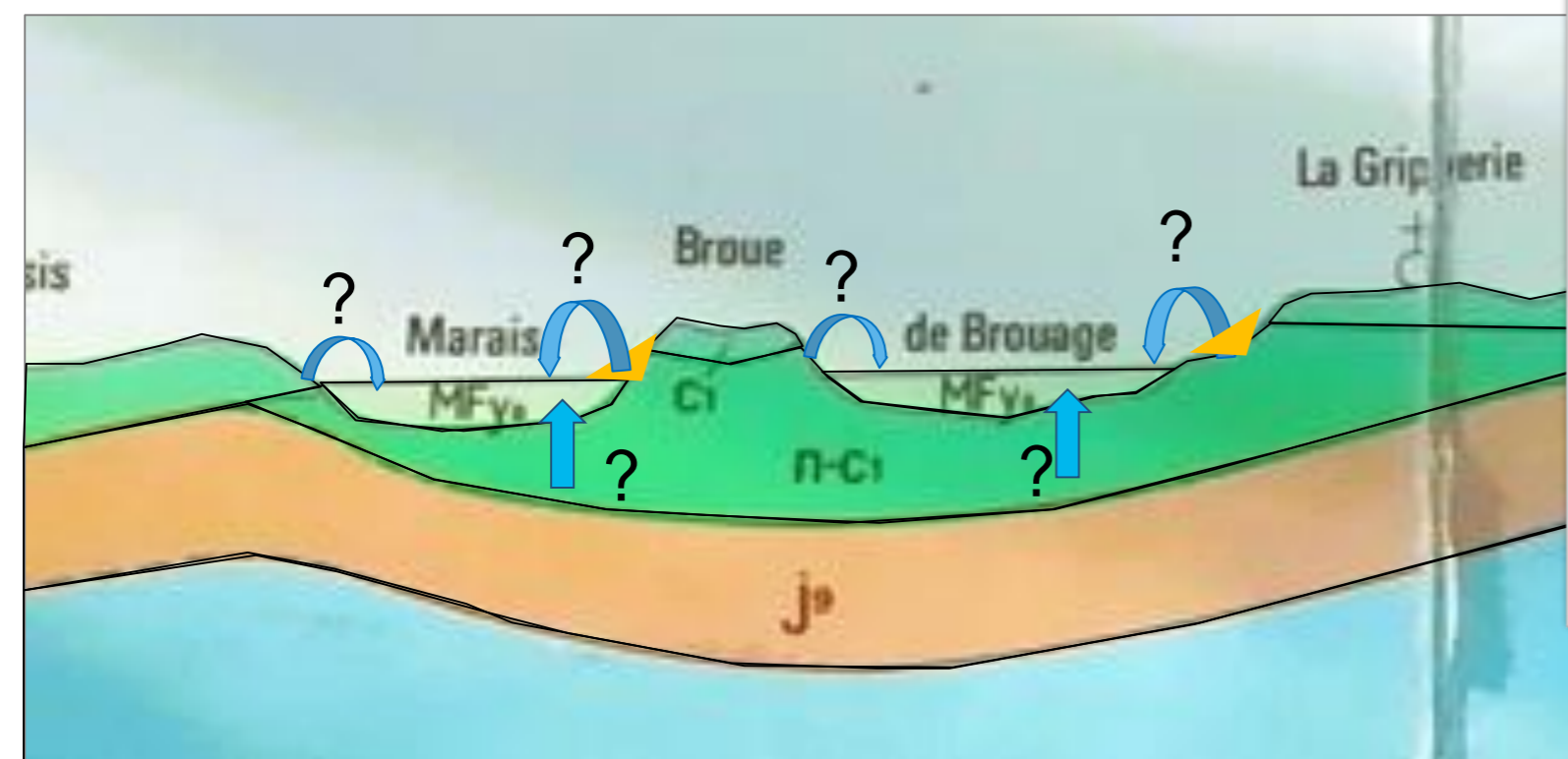
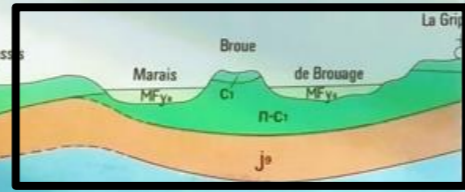
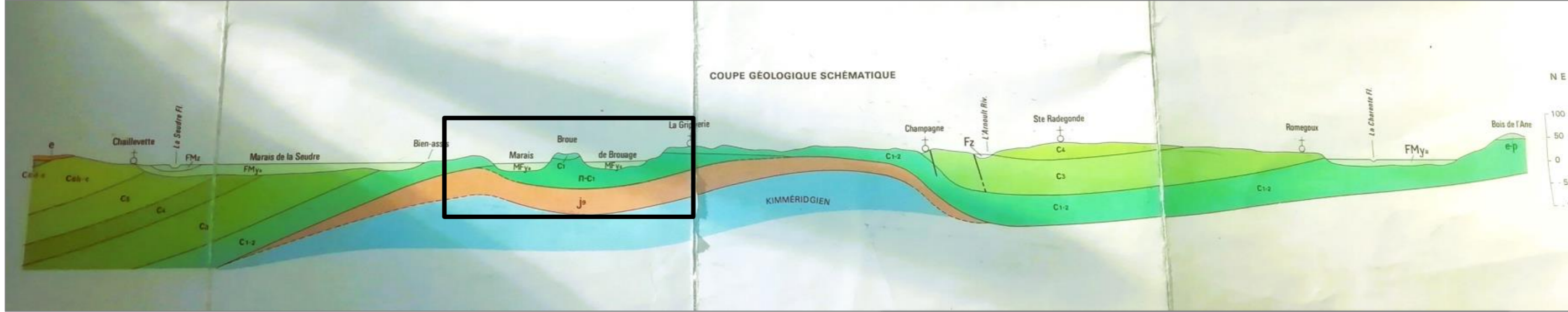
# Objectifs et phasage

## 2 – Contexte et objectifs

- **Contrat de progrès territorial 2020-2022 mené par le SMCA**
  - **Méconnaissance** du fonctionnement hydrogéologique du marais et des aquifères bordiers
  - **Alimentation du marais (183km<sup>2</sup>) proviendrait de la pluviométrie + apports eau superficielle + d'eau souterraine.**
  - **Déficits chroniques** en fin de printemps et été par rapport aux besoins des activités économiques (principalement agricoles) environ **5 à 10 millions de m<sup>3</sup>** (Eaucéa, 2019)
- => apports d'eau par prélèvements principalement dans la Charente et l'Arnoult** et dans un second temps dans la Course de Blénac et la carrière de St-Sornin.
- Apports de la Charente (qualité d'eau moyenne et durabilité non assurée)
- => vulnérabilité des approvisionnements estivaux du marais à terme.**

Approfondir la connaissance des contributions des aquifères bordiers au marais de Brouage, essentiellement ceux du Cénomaniens inférieur et de l'Infra-cénomaniens, afin de voir dans quelle mesure ces apports peuvent se substituer en partie à ceux de la Charente (lien avec la fiche action n°8 du CPT)





- **Mfya** : Alluvions flandriennes : argiles à Scrobiculaires - Bri ancien bleu – semi-perméable à quasi-imperméable – **relation nappe du Bri et canaux très peu documentée,**
- **Glacis colluviaux**
- **C1** : Sables glauconieux, grès, argiles noirâtres et lignite, puis calcaires graveleux détritiques ou bioclastiques (Cénomanién inférieur) – **alimentation du marais par émergences**
- **N-c1** : n c1 - Sables et graviers à lentilles d'argiles kaoliniques (Crétacé inférieur à Cénomanién basal) – **relation avec nappes perchées pédologiques étudiées à la Massonne – mais relation infra-Cénomanién / bordures du colmatage flandrien et diffusion des apports de la nappe du Cénomanién captif sous le marais à travers le Bri non étudiées**
- **J9** : Calcaires en plaquettes et marnes (Portlandien supérieur, faciès purbeckien) – **contribution considérée comme faible mais méconnue**

# 3 – Phasage de l'étude

## Phase 1

- Réaliser un inventaire des points d'eau et une analyse structurale de terrain
- Rattacher chaque point d'eau à un aquifère
- Constituer une base de données SIG

## Phase 2

- Hiérarchiser les points pertinents pour un équipement
- Valider les points à équiper

## Phase 3

- Valider les équipements et accès
- Equiper les points de suivi validés

## Phase 4

- Réaliser le suivi piézométrique sur 3 ans
- Traiter les données par analyse statistique avancée
- Faire la synthèse des chroniques piézométriques

4

# **Phase 1 : Connaitre et caractériser les regards sur les nappes**

# 1 – Campagne géologique

## Bibliographie – préparation de la campagne de terrain

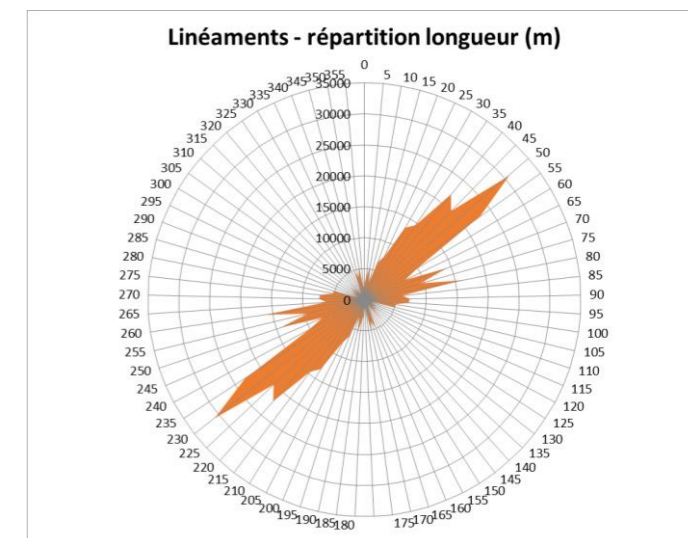
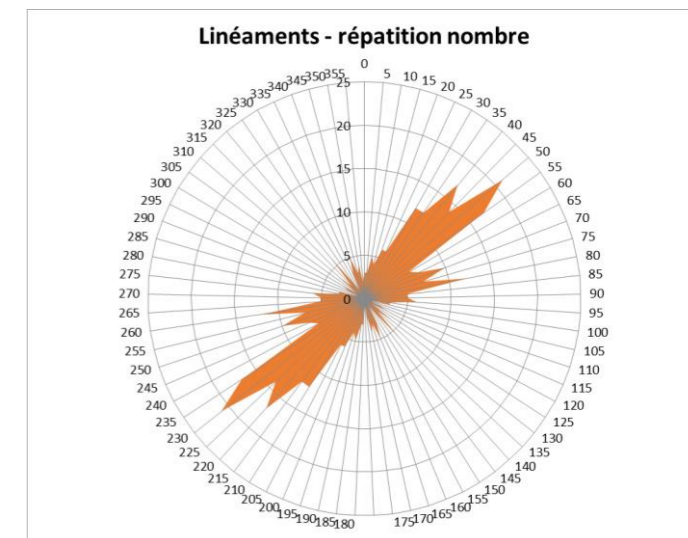
- Zone d'étude :
  - Marais
  - Bordures du marais
  - Zone d'affleurement des assises cénomaniennes
- **Bibliographie** SMCA, BRGM, etc. Sondages validés BSS en priorité et coupes géologiques
- Préparation d'un support Qfield

⇒ **Pré-localisation des affleurements** (carrière, bords de route, affl. référencés dans le guide géologique régional, ruptures de pente sur Lidar)

⇒ **Recensement des linéaments** (Lidar + Photo aérienne)

⇒ Autorisation préfectorale pour accéder aux terrains privés nécessaire

> **But : cibler les reconnaissances de terrain**



Exemple de répartition des directions et longueurs de linéaments

# 1 – Campagne géologique

## Campagne de terrain géologique

### Objectifs : Evaluer

- l'épaisseur des formations superficielles via des sondages pédologiques (jusqu'à 1.2m maximum),
- les possibles interstratifications avec le Bri,
- les possibilités d'alimentation du marais par les circulations diffuses au sein des glacis colluviaux.

### Moyens :

1 géologue/géophysicien 4j de terrain

**Sondages pédologiques** réalisés à la tarière manuelle (ou mécanique si besoin), sur terrain public autant que possible, hors période estivale.

**Observation d'affleurements:** nature, pendages, direction, indices de fracturation, etc.

Tracé des contacts recensés sous SIG si possible

RMQS F 03 0403

**Saisie SONDAGES**

N°RMQS  Etude RMQS Etape  Auteurs  Date

Commune  Végétation  Matériau parental

Nom de sol  Séquence d'horizons(codés)

Profondeurs en cm		Texture		Effervescence		pH		Couleur de l'horizon		Matières Organiques	
1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>

Intensité: 0: Nulle, 1: Faible, 2: Modérée, 3: Forte, 4: Développement fort

Localisation: 1: généralisée, 2: localisée à la surface, 3: localisée en profondeur, 4: localisée aux deux niveaux

Abondance: 1: 0, 2: Faible (<1%), 3: Moyenne (1 à 4%), 4: Abondante forte (4 à 10%), 5: Forte (10 à 30%), 6: Très forte (20 à 30%)



Abondance (A, B et C): 0: Pas de taches, 1: Très peu nombreuses (< 2%), 2: Peu nombreuses (2 à 5%), 3: Assez nombreuses (5 à 15%), 4: Nombreuses (15 à 40%), 5: Très nombreuses (40 à 80%), 6: Dominantes (plus de 80%)

Forme (A et B): 1: arrondis, 2: allongés anguleux, 3: allongés arrondis, 4: aplatis anguleux, 5: irréguliers anguleux, 6: de formes diverses

Nature (A et B): 1: granuleux, 2: caillouteux, 3: pierreux, 4: blocs

Commentaires:

GPS:

Sondage N°	6	Localisation :	en bordure du plan d'eau en aval de la décharge de la rigole	Photo(s) du lieu :	
Date :	27 mai 2021	Contexte géomorphologique :	fond de vallée		
Matériel :	tarière à main	Occupation du sol :	sous-bois, pommiers		
Profondeur (0m)	Hydromorphie				Description des horizons
	Horizon rédoxique	Horizon réductrique	Horizon rédoxique	% taches	
0 - 25			X		0 - 20 : limon sans trace d'oxydation
25 - 50			X		20 - 70 : argile avec traces d'oxydation
50 - 80			X		70 - 135 : argile avec traces réductriques
80 - 120		X			135 : blocs
Conclusion : ZONE HUMIDE.					
Formation géologique d'après la carte géologique au 1/50 000e d'Anzin (n°452)		Niveau d'eau (en cm) :		Remarques : -	
Alluvions limoneuses (Fz) sur phanites (Ph)		vers 90			
Photographies du sondage : La poutière donne l'échelle (10 cm entre chaque marque noire et 50 cm entre chaque marque rouge)					
					

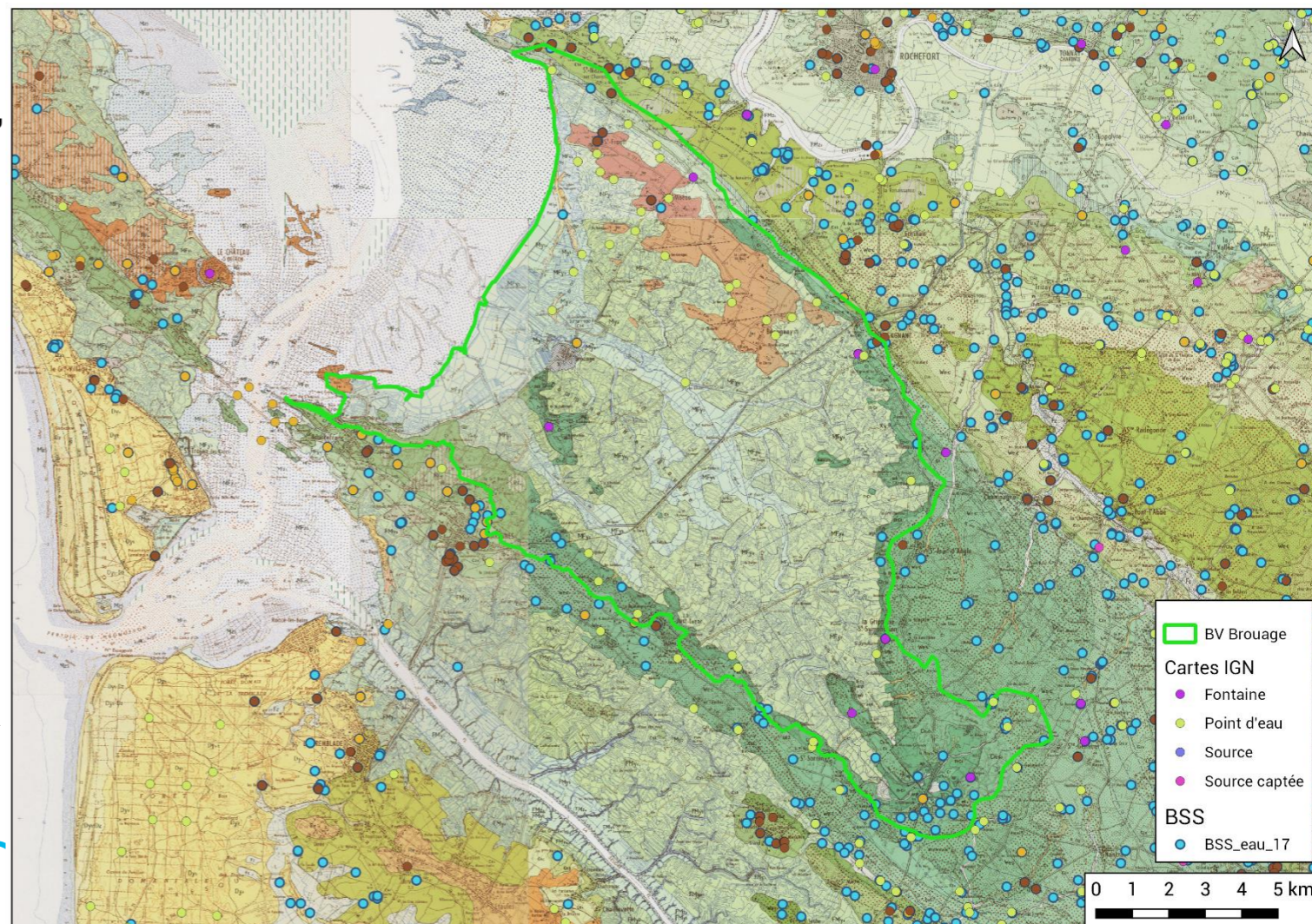
# 2 – Recensement des points d'eau

## Bibliographie – préparation de la campagne de terrain

- Bibliographie SMCA, BSS (env. 320 points d'eau), IGN, Inventaire sources et fontaines Eaucéa (BD Topo env, 50 émergences)
- Prise de contact avec mairies pour points d'eau
- déclarés
- Autres points d'eau connus ?
- Experts locaux
- Données captages AEP Eau17
- Forages agricoles diagnostiqués par Eau17 (dans PPR AEP)

Préparation d'un support Qfield

Points d'eau connus :  
bordure du marais




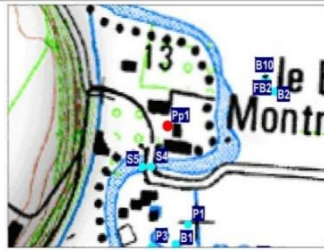

- > Sélection des points d'eau basée sur la biblio et les reconnaissances géologiques
  - > Recensement terrain sera axé sur points d'eau permettant un accès aux aquifères en contact avec le Bri ou alimentant directement ou indirectement le réseau superficiel du marais (sources, etc.)
- ➔ 1<sup>er</sup> rattachement à un aquifère, estimation du nombre de points à recenser

# 2 – Recensement des points d'eau

## Campagne de terrain

- 1 hydrogéologue
- 4 j de terrain prévus : environ 60 points.
- Mesure niveau d'eau, profondeur de l'ouvrage, caractéristiques de l'ouvrage, accessibilité, qualité de base in situ...
- Sources : mesures jaugeage (capacitif, courantomètre)
- Identification de la faisabilité d'équipement de l'ouvrage pour la phase 2

> A ce stade 1 campagne en période de hautes-eaux pour pouvoir observer des sources en bordure et mesurer les flux

CAMPAGNES PIEZOMETRIQUES - 2020/2021						
N° inventaire	Pp1		Type d'ouvrage		Puits	
Réf précédent inventaire	Pp1					
LOCALISATION DE L'OUVRAGE						
Propriétaire			X L.93 (CC49)	1 383 107.59		
Commune	Ducey		Y L.93 (CC49)	8 164 223.24		
Lieu-dit	Ancienne abbaye de Montmorel		Z sol (m NGF)	12.62		
Numéro BSS						
						
localisation au 1/10 000 (fond ortho IGN)						
HYDROGEOLOGIE						
Aquifère	Alluvions		Prof. ouvrage / rep (m)	4.61		
			Diam. Ouvrage (m)	1.00		
MESURE DU NIVEAU D'EAU						
Date	03/11/16	19/02/2021	-	-	-	-
Nature repère de mesure	Margelle	Margelle	-	-	-	-
Hauteur repère mesure (m/TN)	0.63	0.62	-	-	-	-
Profondeur eau / repère (m)	3.96	2.76	-	-	-	-
Cote piézo. (m NGF)	9.29	10.48	-	-	-	-
Commentaire		-	-	-	-	-
OBSERVATIONS						
Description de la tête de l'ouvrage	Margelle granite + toit. Protection par dalle béton. Bon état					
Usage / débit d'exploitation	Arrosage jardin					
Observations	Petite pompe pour arrosage. Tarit parfois en été					
RAPPORT N19-50045B_2-V0 						

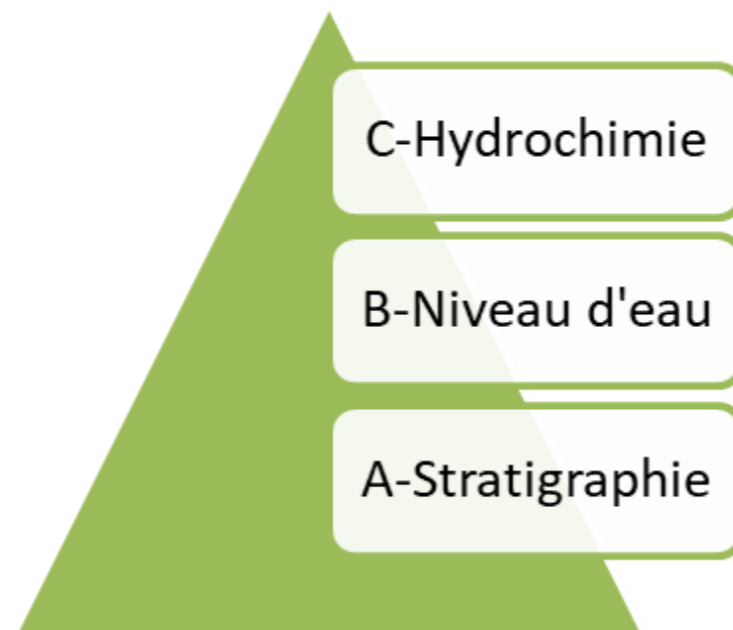
# 3 – Validation du rattachement à un aquifère

Rattachement des ouvrages à partir de :

- Coupe géologique et technique des ouvrages (si connue)
- Distance au point de sondage BSS le plus proche
- Niveau de nappe mesuré
- Qualité des eaux : mesures de base in situ (conductivité, pH, température, potentiel redox).



Caractérisation de la fiabilité des rattachements:





## 4 - Géodatabase

Travail sous Qfield (terrain) puis Qgis

Rendu : Geopackage, RGF93, L93

Liste des champs à valider avec SMCA

## 5 – Rapport et réunion

Rapport intermédiaire fin de phase 1

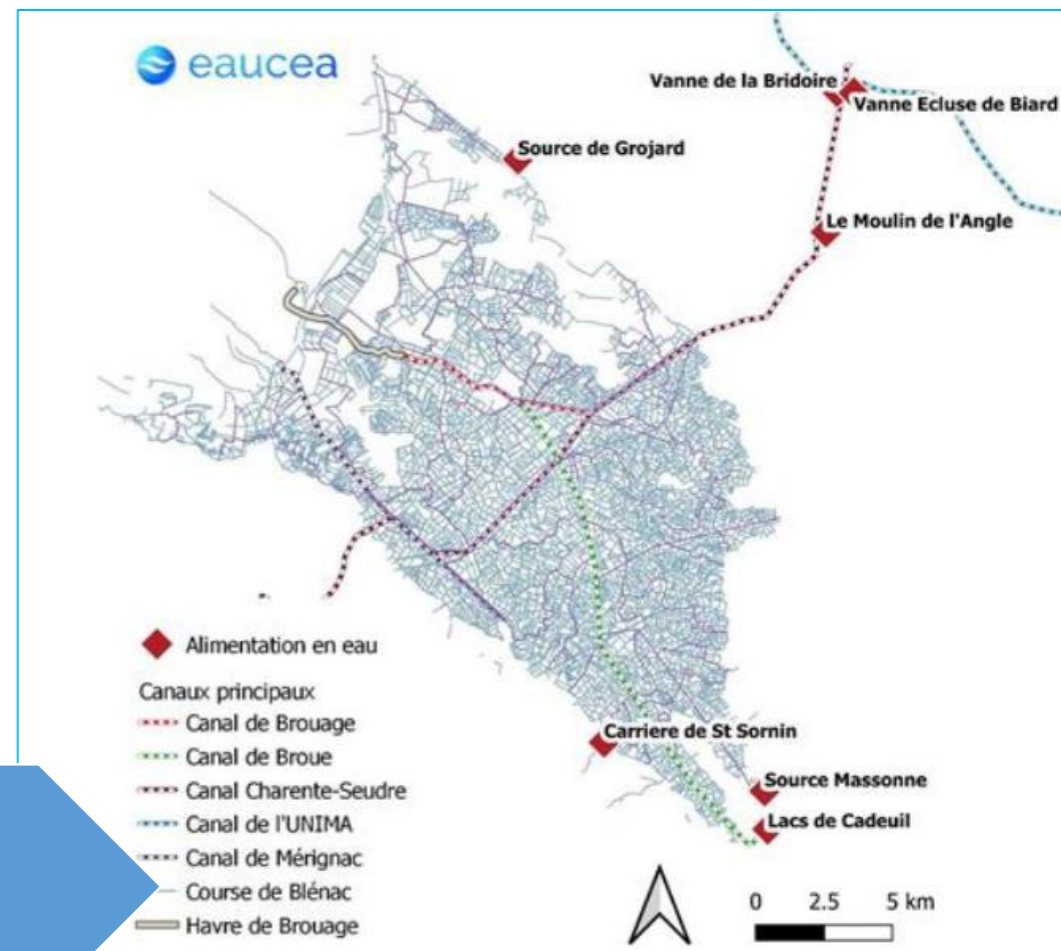
+ 1 ou 2 réunions de travail en distanciel

5

# Phase 2 : Choix des sites à équiper

# 1 – Hiérarchisation des sites

- 15 à 30 points à équiper



Fiabilité du rattachement

Accès

Niveau de priorité

- Nappe captée
- Stratigraphie
- Hydrochimie

- Technique (possibilité d'équipement, besoin de forages)
- Administratif (public, privé)
- Pré-contact propriétaire favorable

- Zone à enjeux (priorité d'actions, enjeux quantitatifs, enjeux qualitatifs, enjeux écologiques...)
- Cohérence avec le réseau existant (zone pauvre en points, ou besoin de corrélation avec stations débitmétriques)
- Absence de mélange d'aquifère

## Zones à enjeu:

- > Lacs de Cadeuil et St Sornin
- > Bordure Sud
- > Bordure Est
- > Source de Grojard

## 2 – Validation des sites à équiper

- Echange en COPIL et validation
- Importance des variantes proposées (géophysique, analyses chimiques de l'eau)

## 3 – Rapport et réunion

- Rapport intermédiaire de fin de phase 2
- COPIL de phase 2
- + 1 ou 2 réunions de travail en distanciel (total 3 pour phase 1 et 2)

6

# Phase 3 : Equipement des sites et vérification

# 1 – Equipement des puits ou piézomètres

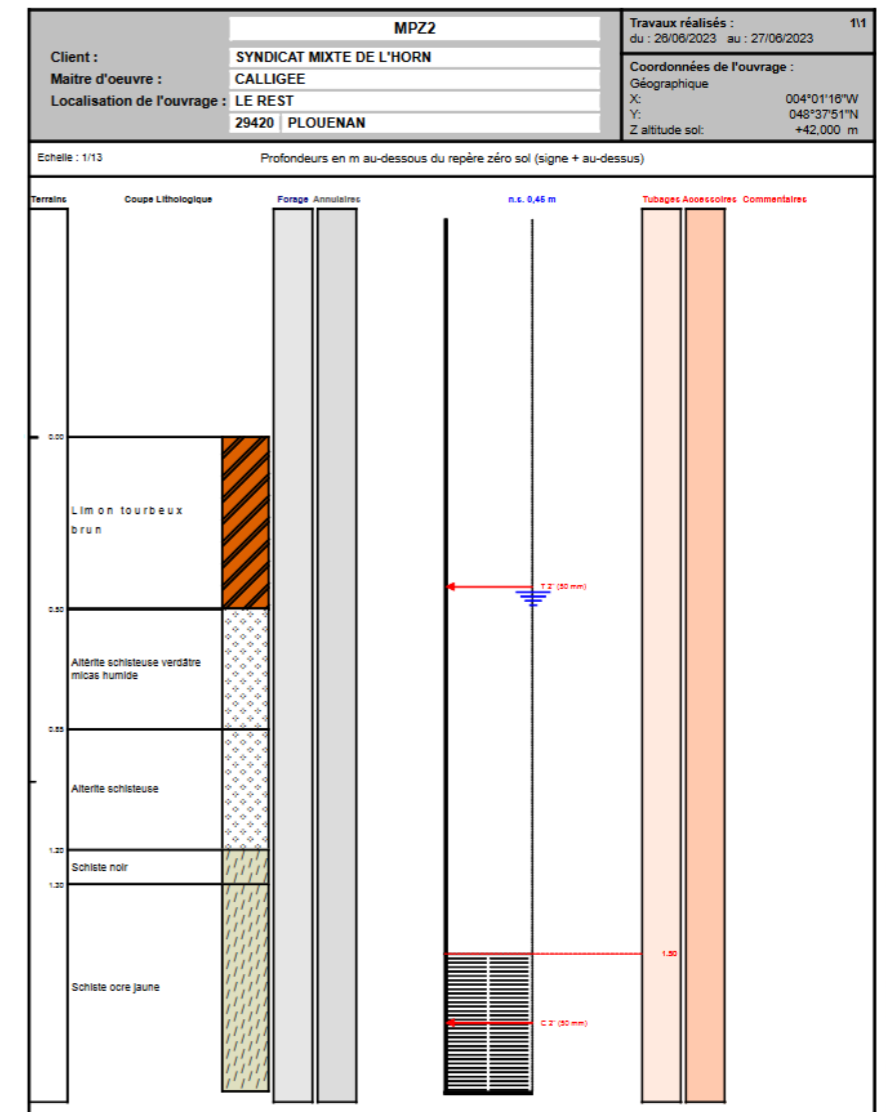
- Sondes Diver (autonomes, compensation barométrique, discrétion) + 2 sondes barométriques
- Vérification du bon fonctionnement avant lancement du suivi
- Fréquence de mesure proposée 10-15 min la 1<sup>ère</sup> année, 1h les 2 et 3<sup>èmes</sup> années
- Relève annuelle par Calligée + trimestrielle par SMCA (intérêt d'avoir une relève trimestrielle pour vérifier le bon fonctionnement, l'état, absence d'acte de malveillance, etc.)



# 2 – Equipement des émergences de sources diffuses

## Réalisation de micro-piézomètres

- Recherche propriétaires + demande d'autorisation
- Réalisation de micro-piézomètres à la tarière manuelle :
  - Profondeur 1,2 à 2m max



# 3 – Rapport et réunion

- Rapport intermédiaire de fin de phase 3
- Réunion COPIL de phase 3



7

# Phase 4 : Suivi et synthèse des chroniques piézométriques

# 1 – Traitement des données de suivi

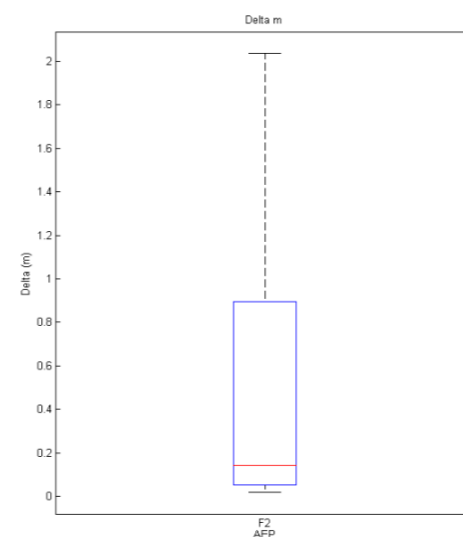
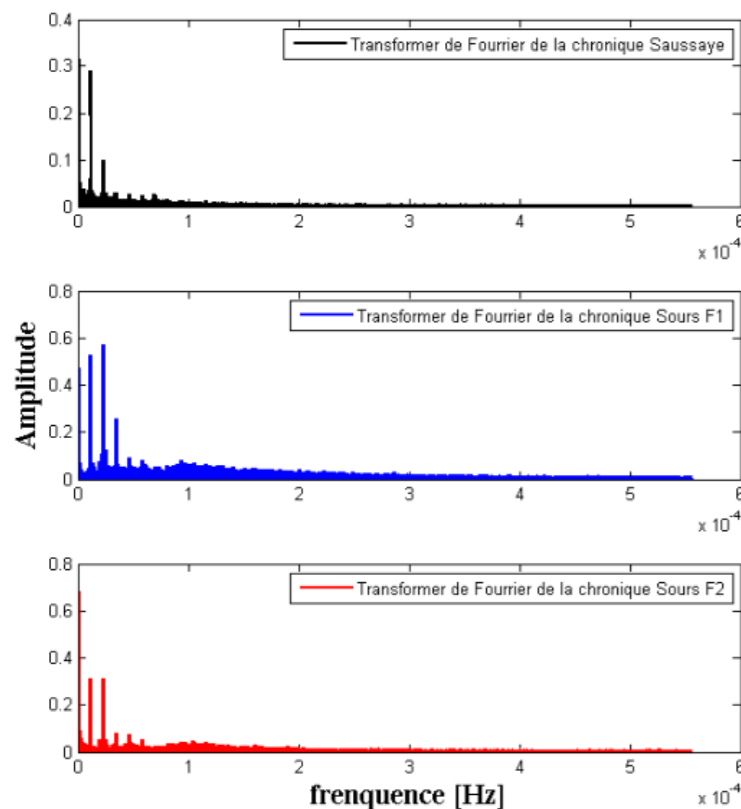
## Analyse experte - Traitement de données

- Analyse qualitative
- Définition saisonnalité, tendances, réactions par rapport aux précipitations, etc.
- Comparaison visuelle aux piézomètres de référence et données SMCA et Massonne.
- Caractérisation de chaque nappe
  
- Utilisation des données station météo de la RNR de la Massonne ? pas de temps ?

# 1 – Traitement des données de suivi

## Traitement statistique : Analyse corrélatoire et spectrale

- **analyser les signaux** de précipitations, débits et piézométrie afin d'identifier les principales caractéristiques statistiques (effet mémoire, temps de décroissance, présence de plusieurs périodicités dans le signal et comportement en loi puissance du spectre de densité de variance),
- **étudier les relations pluie/débits, pluies/piézométrie et débits/piézométrie** sur la zone d'étude ;
- analyser lorsque cela est possible ces relations au pas de temps annuel et multi-annuel grâce aux analyses en ondelettes multi-résolution.

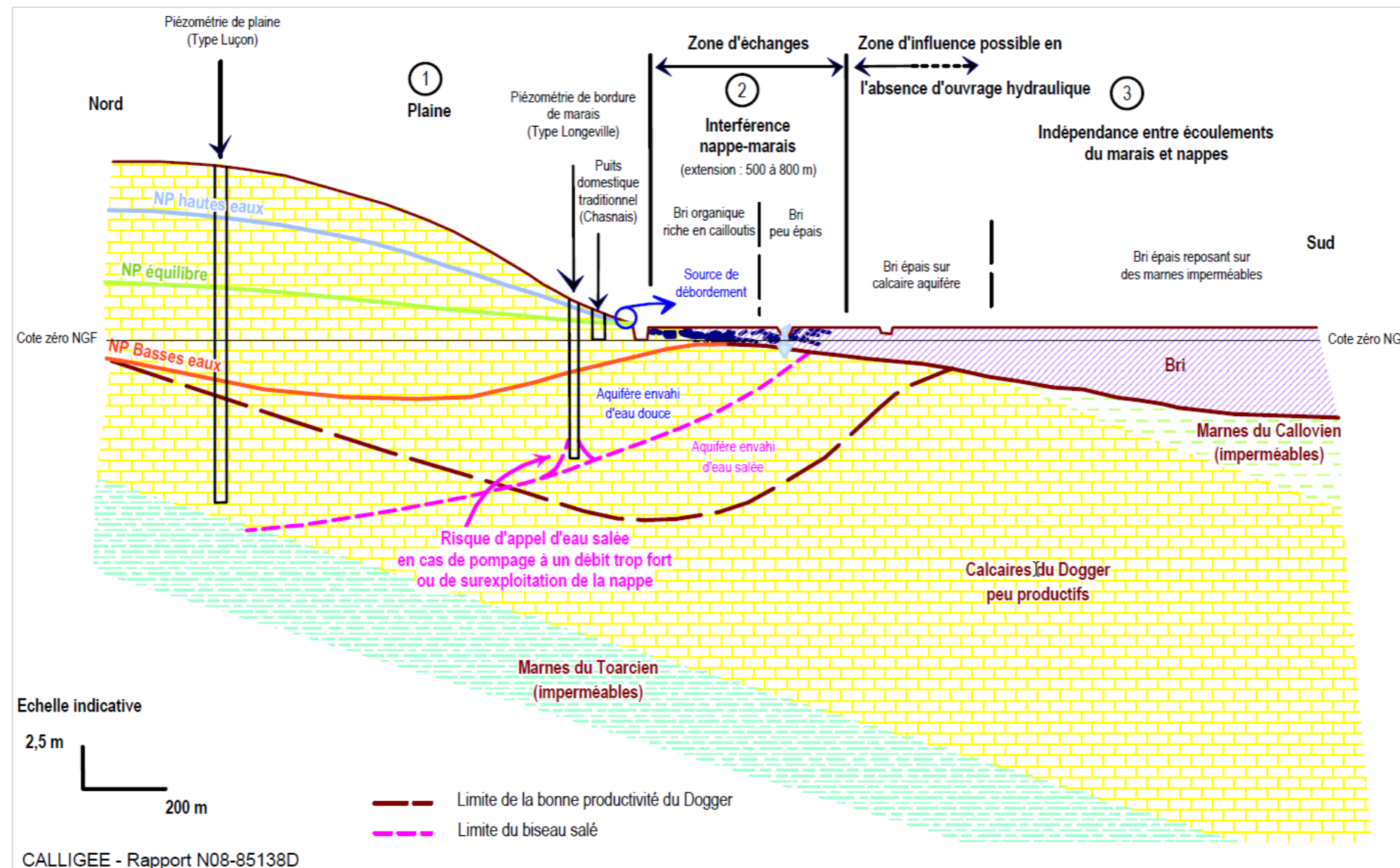


Analyse des fréquences et de leurs amplitudes sur divers forages AEP / Amplitude de variation piézométrique sur un forage AEP (source Calligée)

# 2 – Synthèse globale

Avis  
d'experts

- **Schéma conceptuel**
- Évaluation, selon les données disponibles (géométrie des aquifères, paramètres hydrodynamiques, épaisseur de nappe, gradient hydraulique, débits des sources, précipitation efficace, volume prélevé...) des flux et volumes des aquifères bordiers vers le marais



# 3 – Rapports et réunions

- 3 Rapports annuels
- Rapport de synthèse
- 3 Réunions annuelles de COPIL de phase 4
- Base de données GeoPackage

9

# Données à récupérer et planning

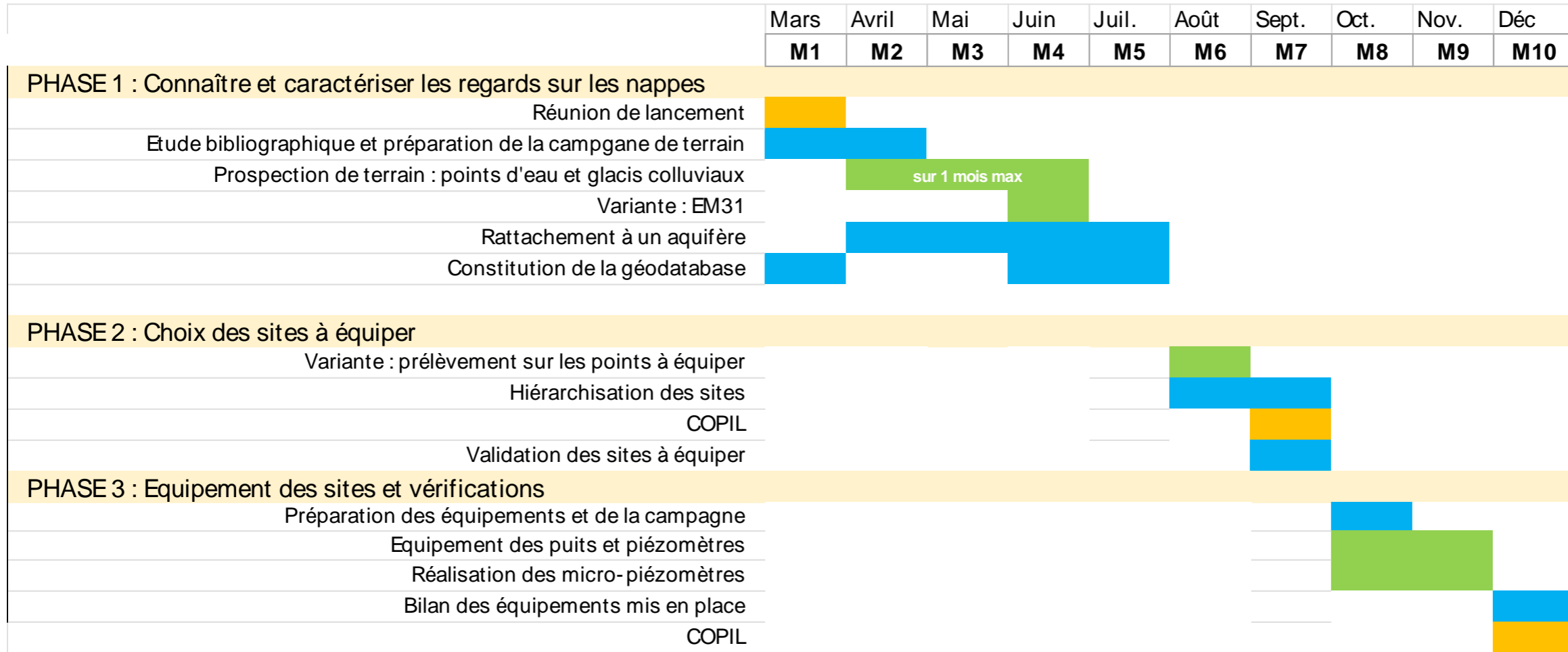
# 1 –Données à récupérer

- Bilans hydrologiques INRA cf. CCTP p7
- Toute autre étude hydrogéologique à votre connaissance pouvant être utile à la présente étude

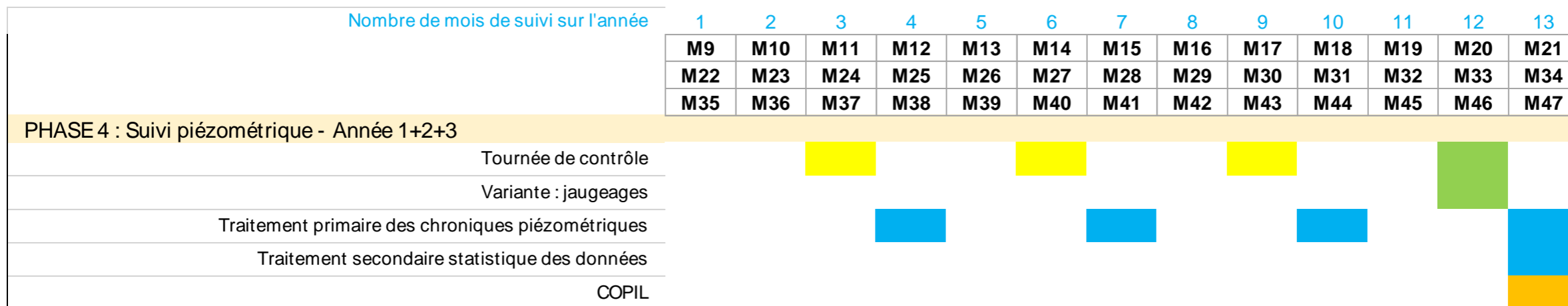
Ainsi que les données cartographiques suivantes :

- LIDAR
- Tout recensement géologique autre que BSS, carte géologique, etc.
- Tout autre couche cartographique que vous jugerez utile à l'étude.

# 2 – Planning



Sans DLE  
Attention période  
de réalisation HE?





10

**Discussion / Questions / Attentes**

# Discussion / Questions

**Calligée Nantes**

**02 40 14 33 71**

**nantes@calligee.fr**

**Calligée Toulouse**

**05 62 24 36 97**

**toulouse@calligee.fr**

**[www.calligee.fr](http://www.calligee.fr)**