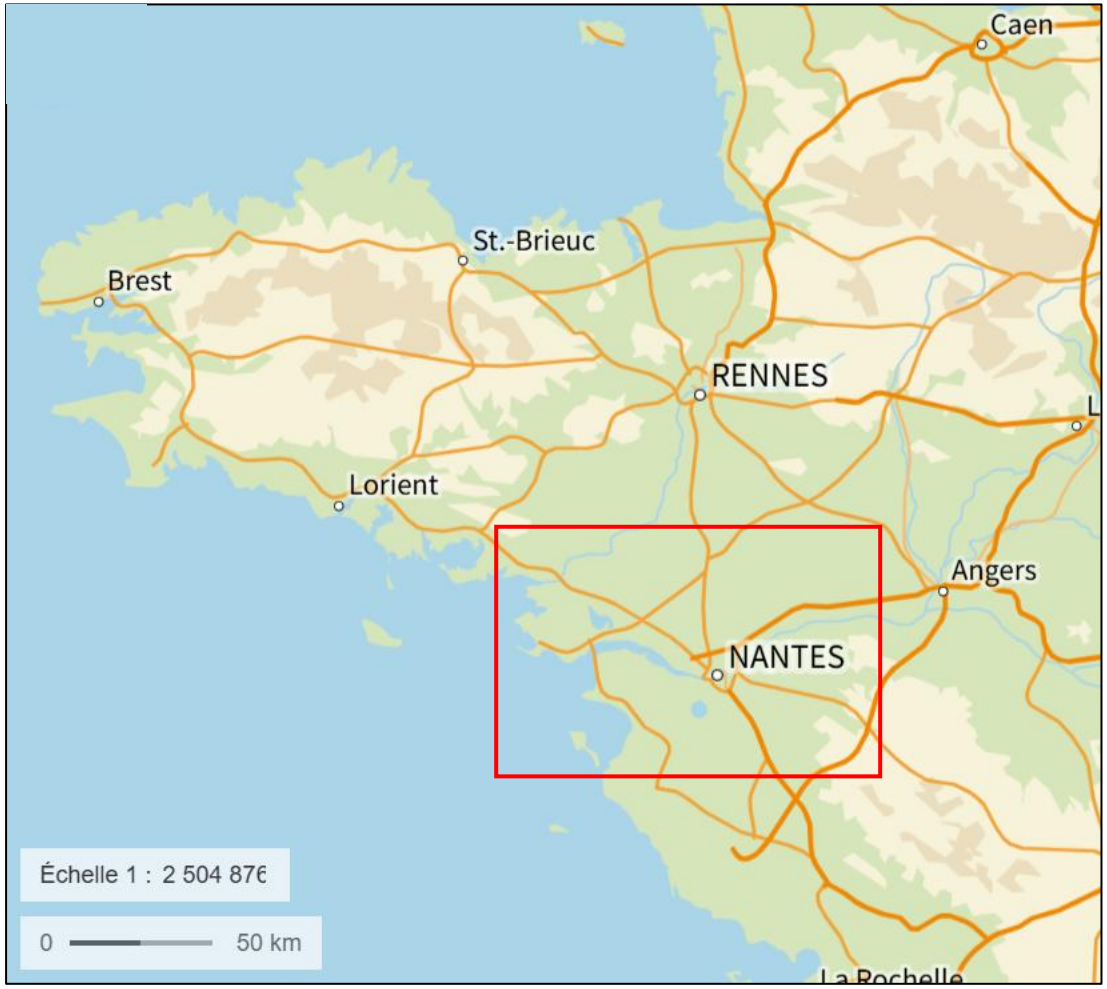
LES PLÉNIÈRES 2025
Sciences et techniques du Génie Civil
JOURNÉES de GÉOTECHNIQUE du RST
en ligne, 5-6/11/2025

RN 165 – Mise à 2 X 3 voies entre Sautron et Malville (44) :

Retour d'expérience sur l'intégration de bassins d'assainissement routiers dans un contexte de nappe sub-affleurante et de profil de route rasant.

Matthieu DURAND - Hydrogéologue - Responsable des activités Gestion durable de la ressource en eau
Agence d'Angers - Groupe Géotechnique, Enrochements et Matériaux
Direction territoriale ouest | Centre d'études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

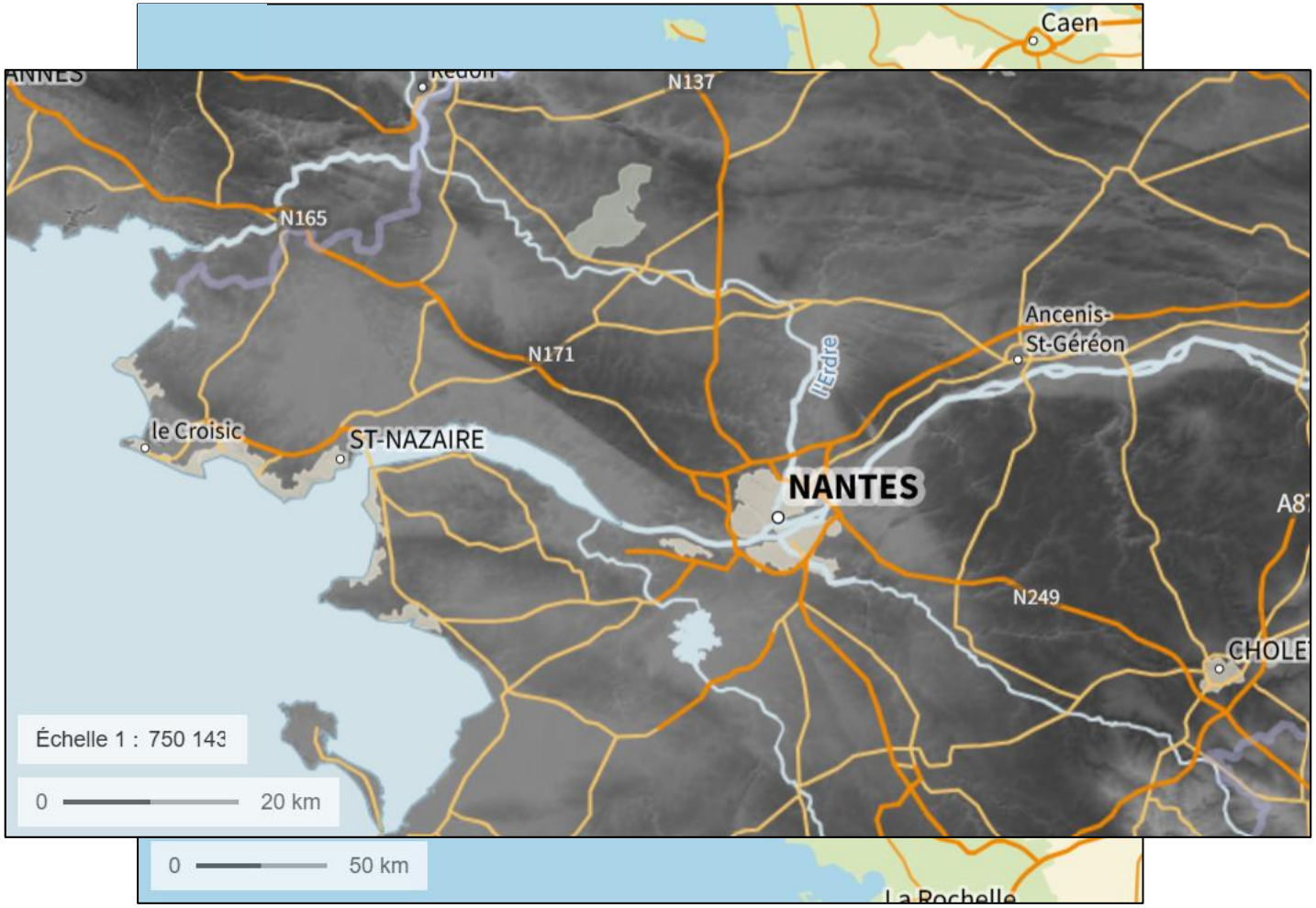
1. LOCALISATION



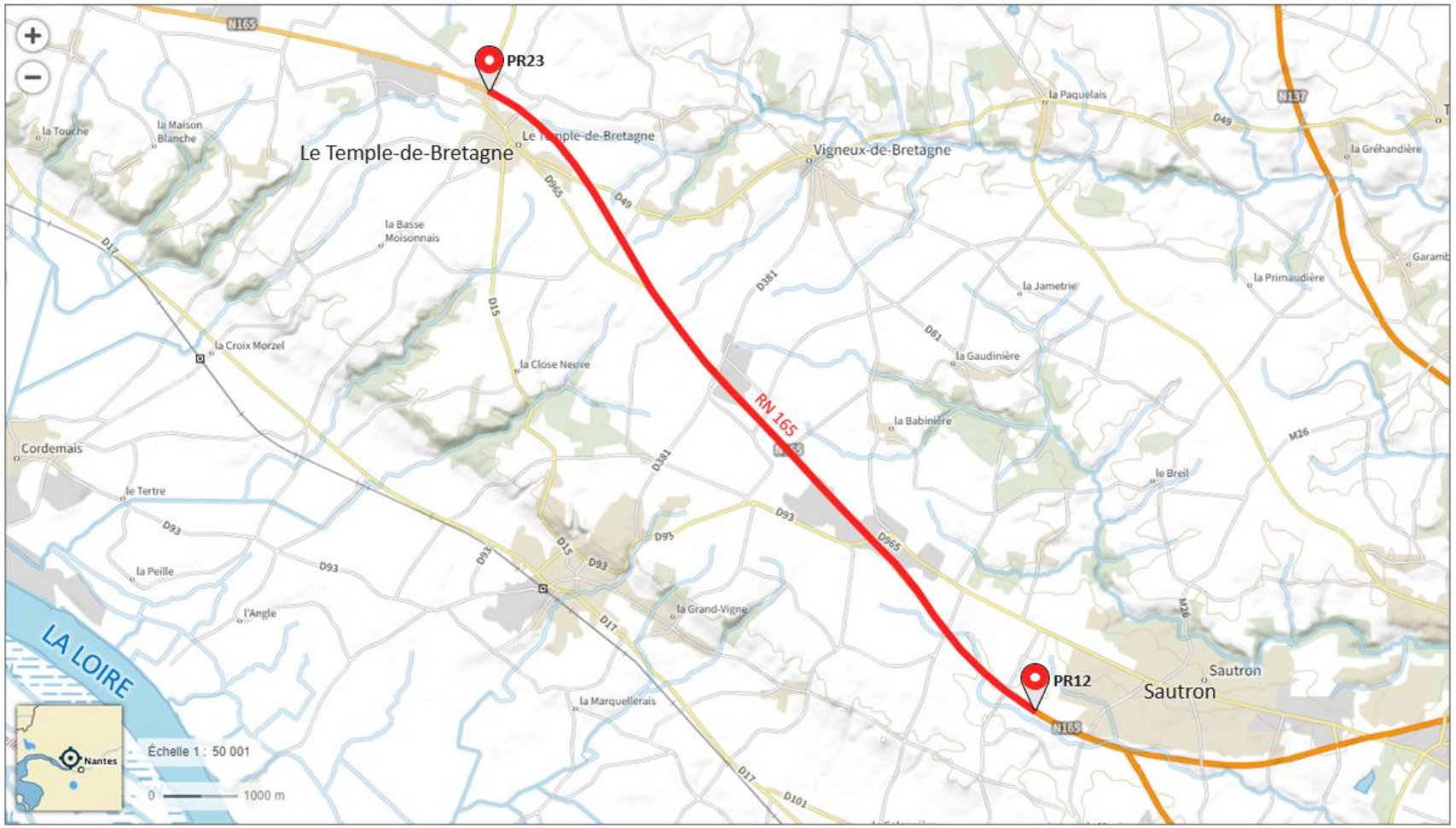
1. LOCALISATION



1. LOCALISATION



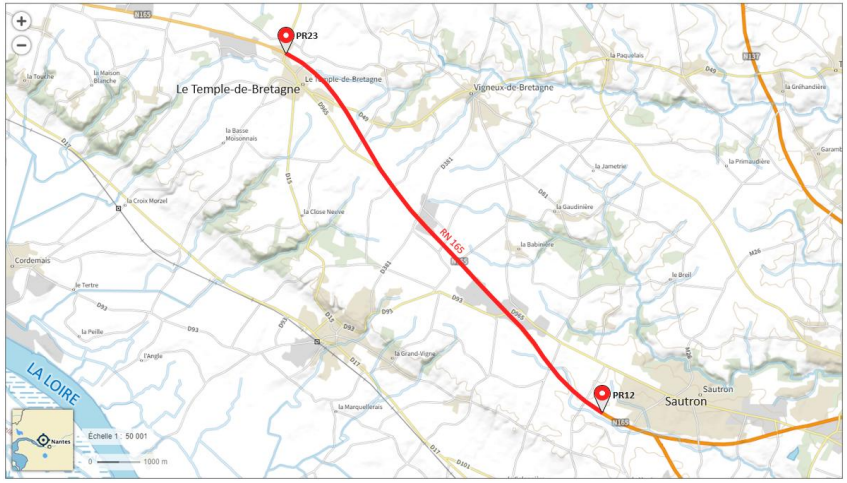
1. LOCALISATION



Localisation du projet sur fond de plan topographique IGN (geoportail.gouv.fr)

2. PROJET

- Mise à **2x3 voies** de la **RN165** entre **Sautron (44) et Maleville (44)** sur un premier tronçon de **11 km**.



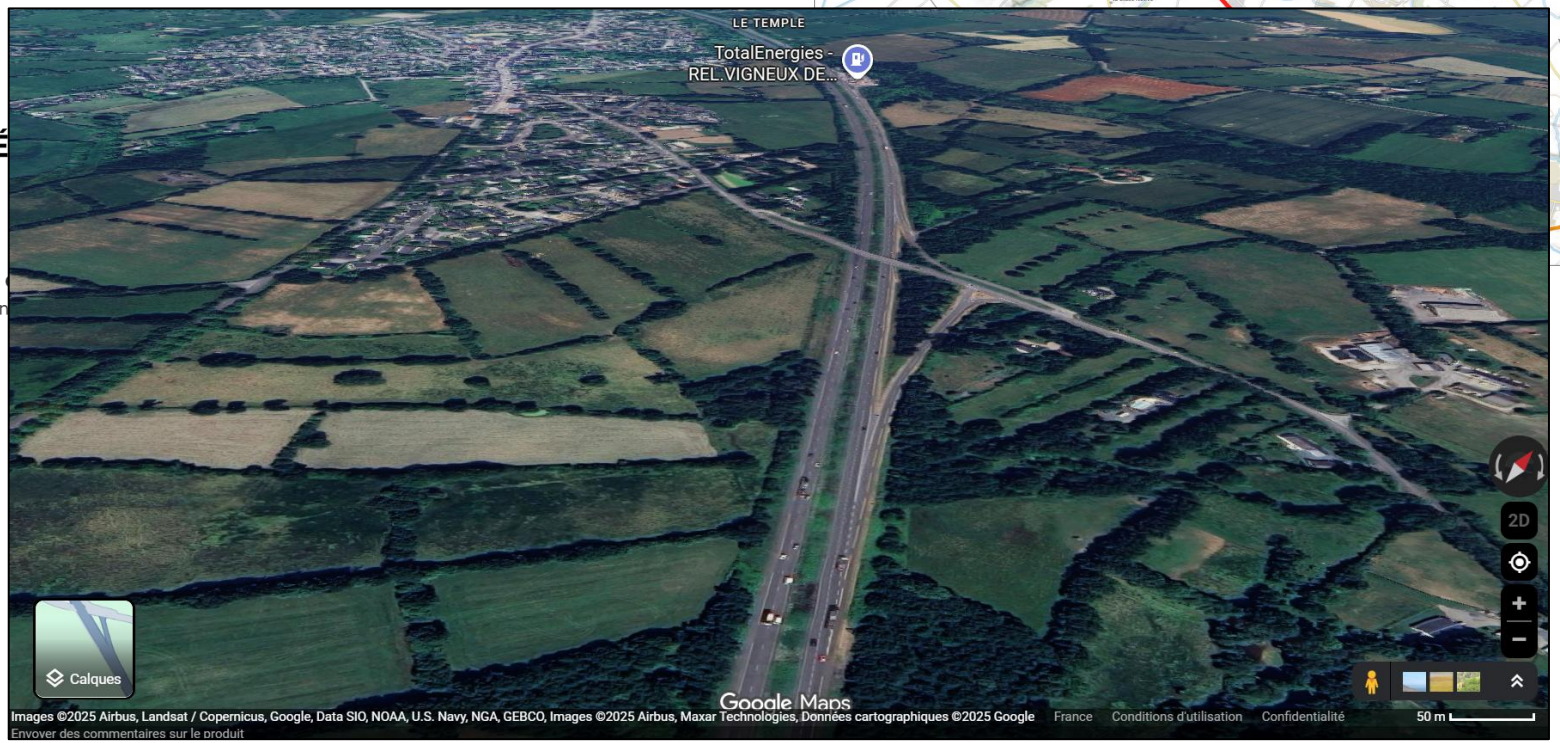
PRÉFET
DE LA RÉGION
PAYS DE LA LOIRE
Liberté
Égalité
Fraternité
DREAL Pays de la Loire
Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

DIR OUEST
Quand la route fait lien

2. PROJET

- Mise à **2x3 voies** de la **RN165** entre **Sautron (44) et Maleville (44)** sur un premier tronçon de **11 km**.

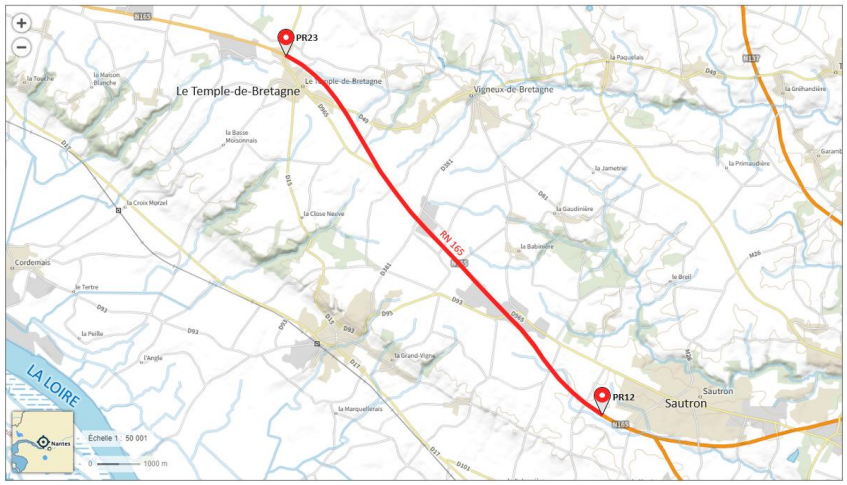




PRÉFET DE LA RÉ
PAYS DE
Liberté
Égalité
Fraternité
DREAL Pays
Direction région

2. PROJET

- Mise à **2x3 voies** de la **RN165** entre **Sautron (44) et Maleville (44)** sur un premier tronçon de **11 km**.



PRÉFET
DE LA RÉGION
PAYS DE LA LOIRE
Liberté
Égalité
Fraternité
DREAL Pays de la Loire
Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

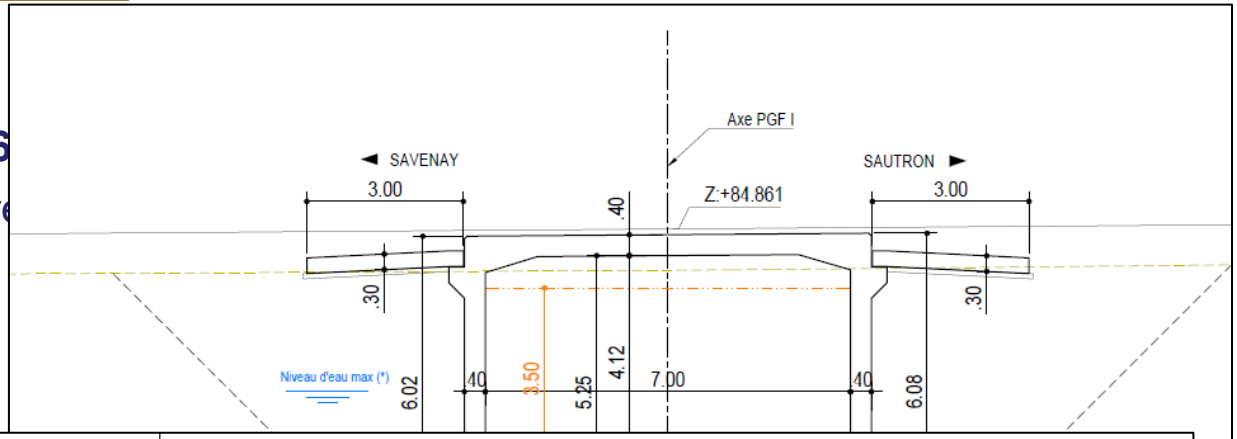
DIR OUEST
Quand la route fait lien

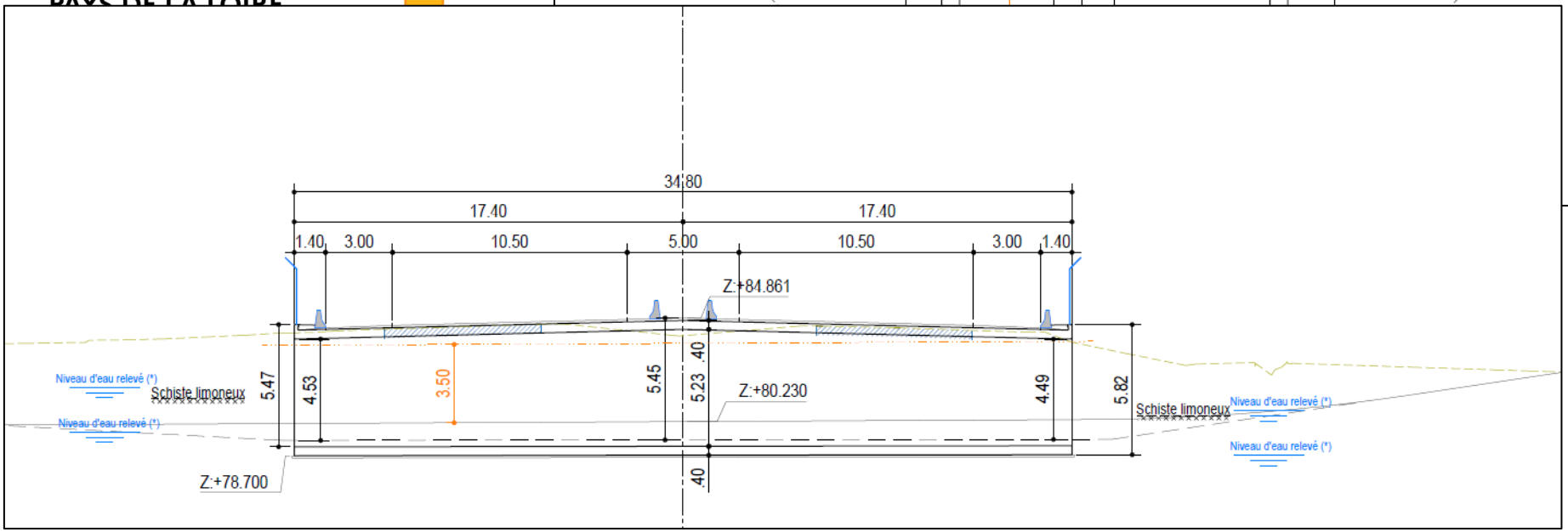
- **5 ouvrages** d'art (passages à faune et passages supérieurs) ;
- **15 bassins** de rétention des eaux pluviales.

2. PROJET

- Mise à **2x3 voies** de la **RN16**
(44) et Maleville (44) sur un pr
11 km.

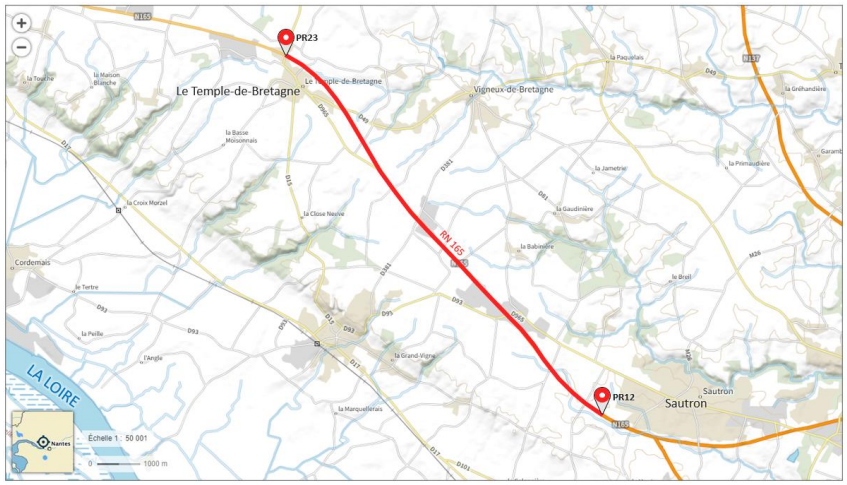
PRÉFET
DE LA RÉGION
PAYS DE LA LOIRE





2. PROJET

- Mise à **2x3 voies** de la **RN165** entre **Sautron (44) et Maleville (44)** sur un premier tronçon de **11 km**.



PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE
Liberté Égalité Fraternité
DREAL Pays de la Loire
Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

DIR OUEST
Quand la route fait lien

- **5 ouvrages** d'art (passages à faune et passages supérieurs) ;
- **15 bassins** de rétention des eaux pluviales.

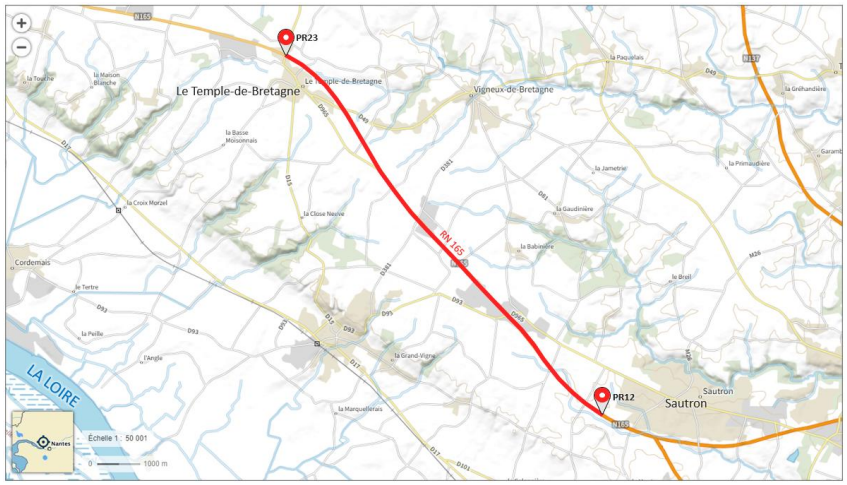
DirO → Impacts de la nappe sur les ouvrages ?

DDTM44 → Impacts des ouvrages sur la nappe ?

Figure 1 : Localisation du projet sur fond de plan topographique IGN (geoportail.gouv.fr)

2. PROJET

- Mise à **2x3 voies** de la **RN165** entre **Sautron (44) et Maleville (44)** sur un premier tronçon de **11 km**.



PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE
Liberté Égalité Fraternité
DREAL Pays de la Loire
Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

DIR OUEST
Quand la route fait lien

- **5 ouvrages** d'art (passages à faune et passages supérieurs) ;
- **15 bassins** de rétention des eaux pluviales.

DirO → Impacts de la nappe sur les ouvrages ?

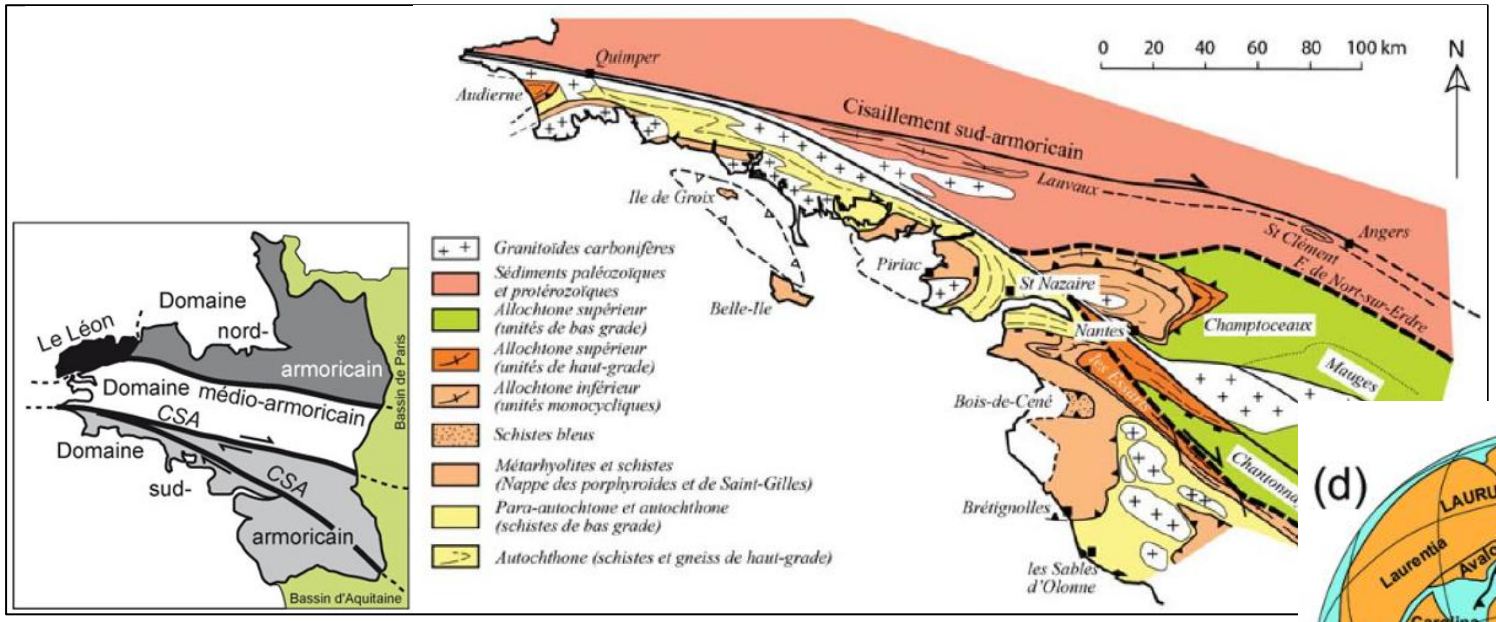
DDTM44 → Impacts des ouvrages sur la nappe ?

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

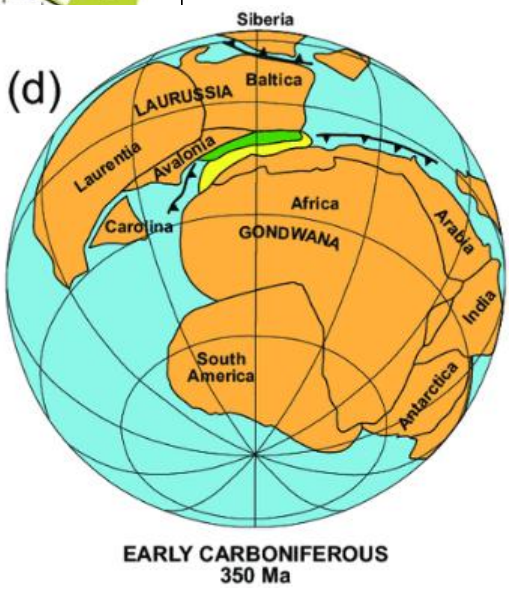
Étude NPHE

Figure 1 : Localisation du projet sur fond de plan topographique IGN (geoportail.gouv.fr)

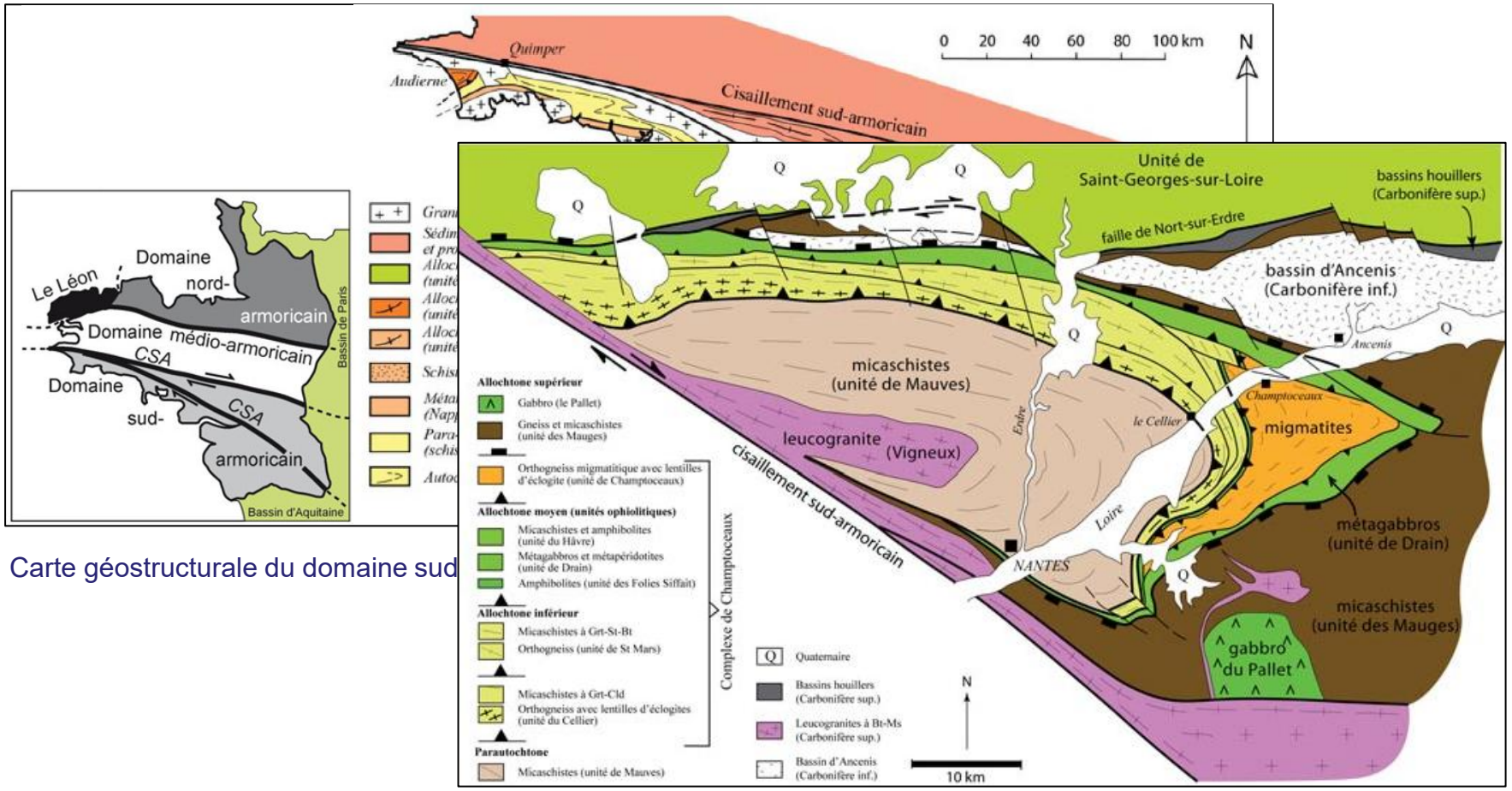
3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE



Carte géostructurale du domaine sud-armoricain (Ballèvre *et al.*, 2013).



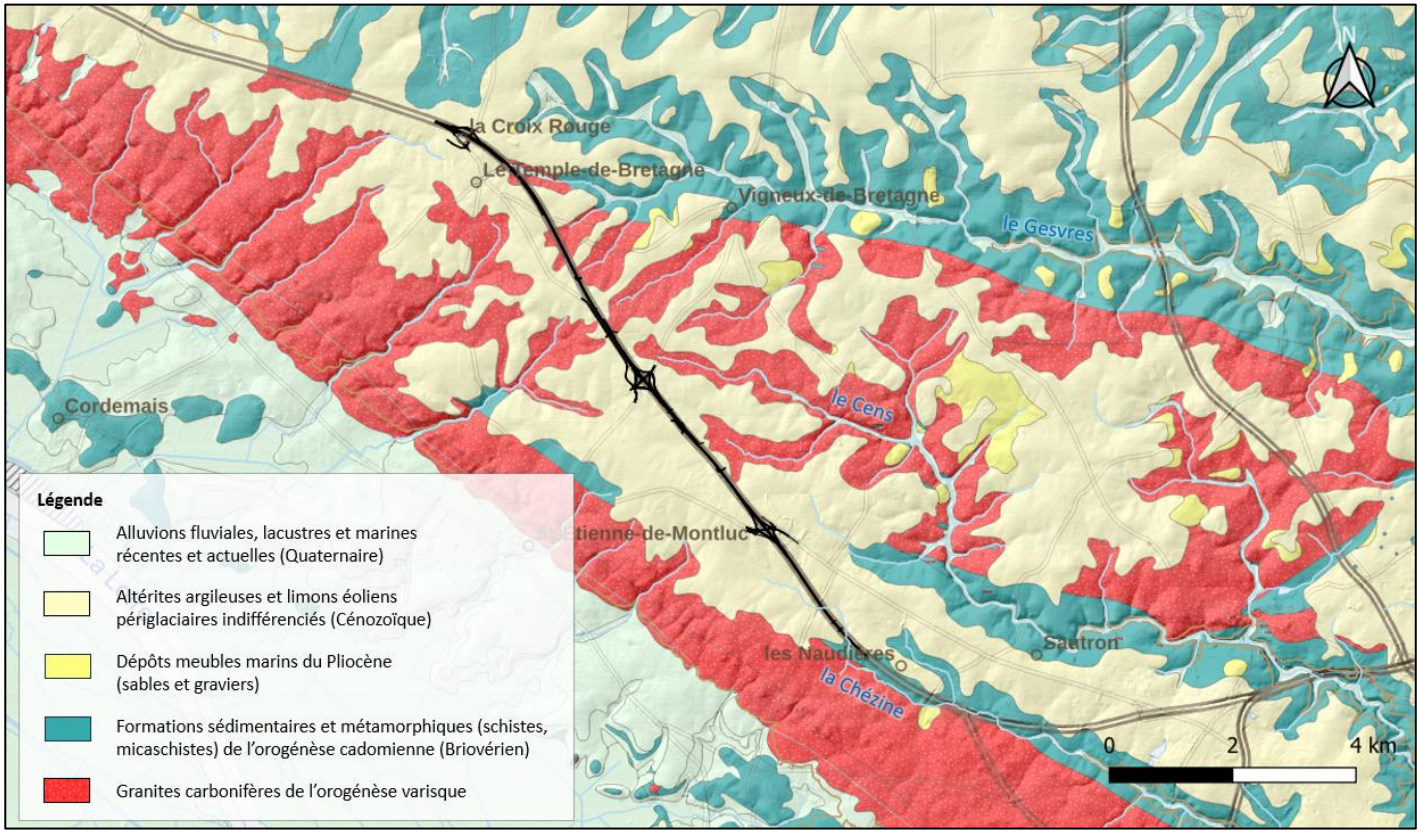
3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE



Carte géostructurale du domaine sud

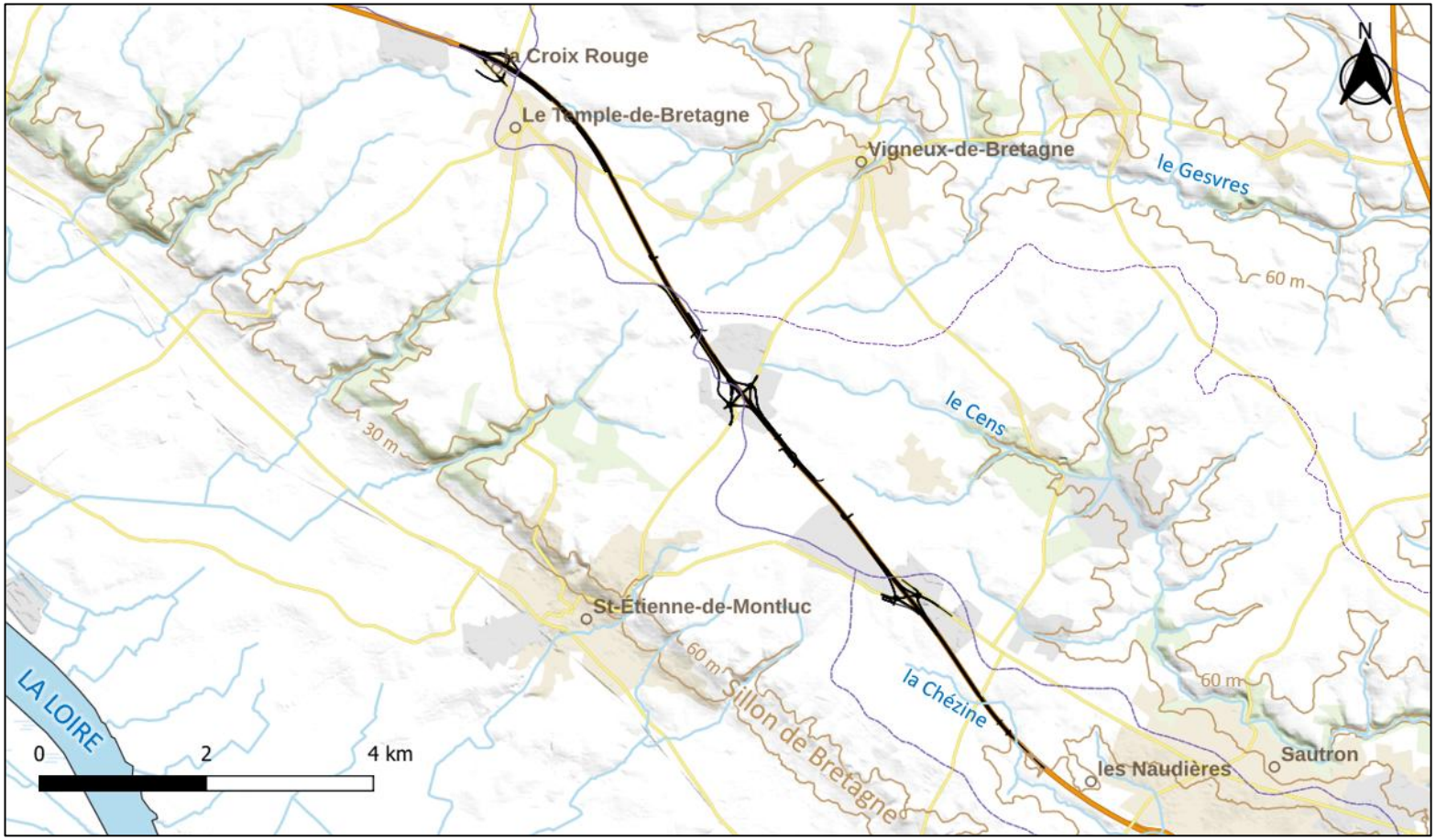
Carte géologique simplifiée de l'unité de Mauves-sur-Loire (APBG).

3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

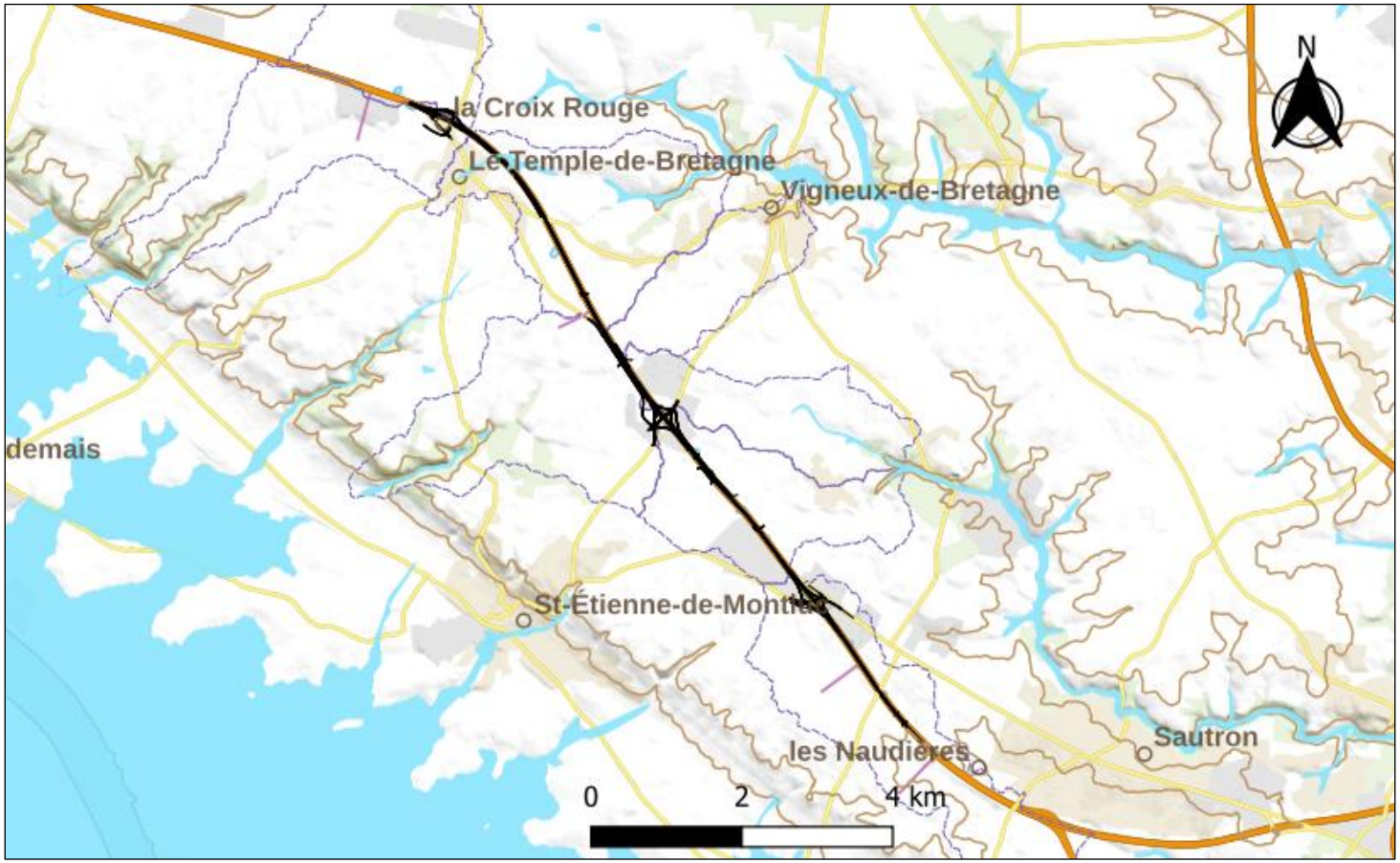


Carte géologique simplifiée de la zone d'étude. Le projet de tracé de la RN165 (tronçons 1 à 3) est illustré en noir. Modifié d'après la carte géologique départementale de la Loire-Atlantique (44) vectorisée et harmonisée à l'échelle 1/50 000 (BRGM, infoterre.brgm.fr)

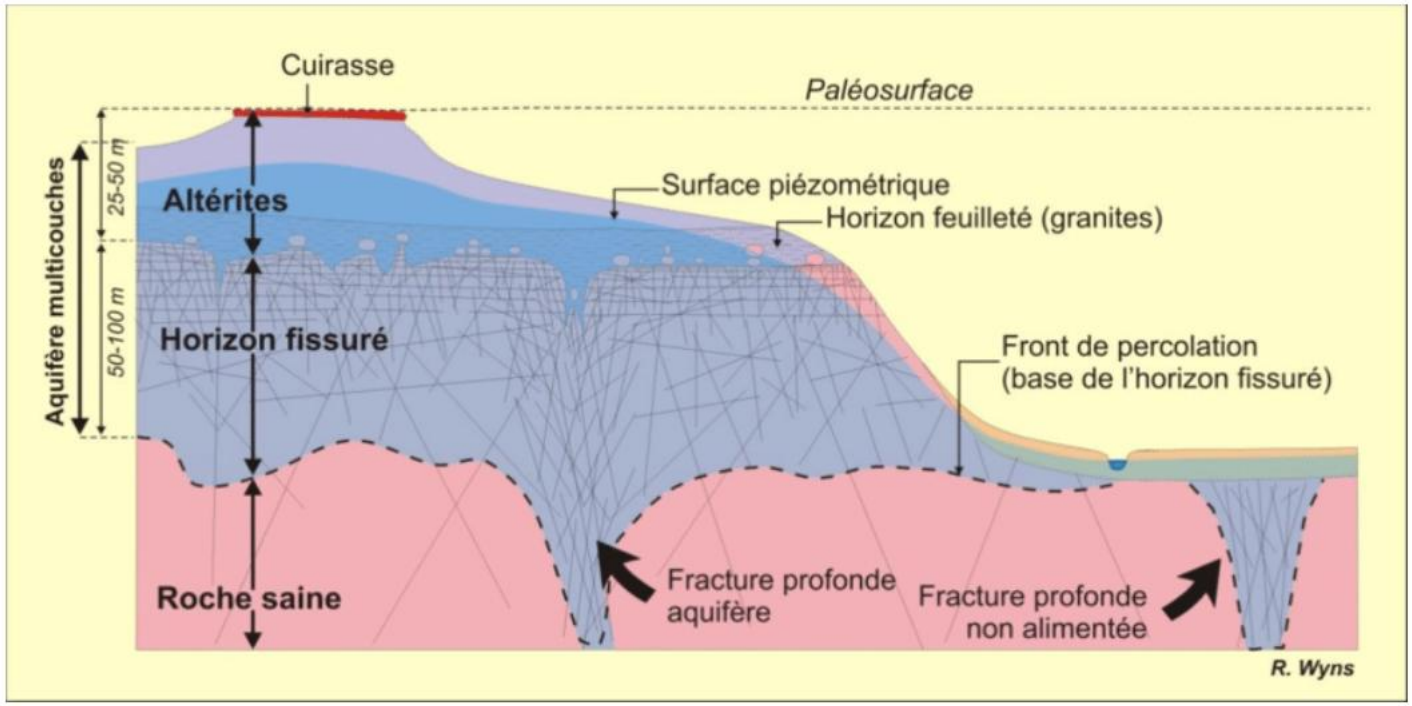
4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE



4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE



5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE



Le modèle conceptuel d'aquifère de socle : un aquifère stratiforme, multicouches, lié à d'anciens profils d'altération latéritique (Wyns et al., 2004)

5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE



- une **zone d'altérites**, composée de matériels argileux issus de l'altération de la roche mère, généralement peu perméable mais dotée d'une porosité significative et qui assure donc une fonction de stockage ;

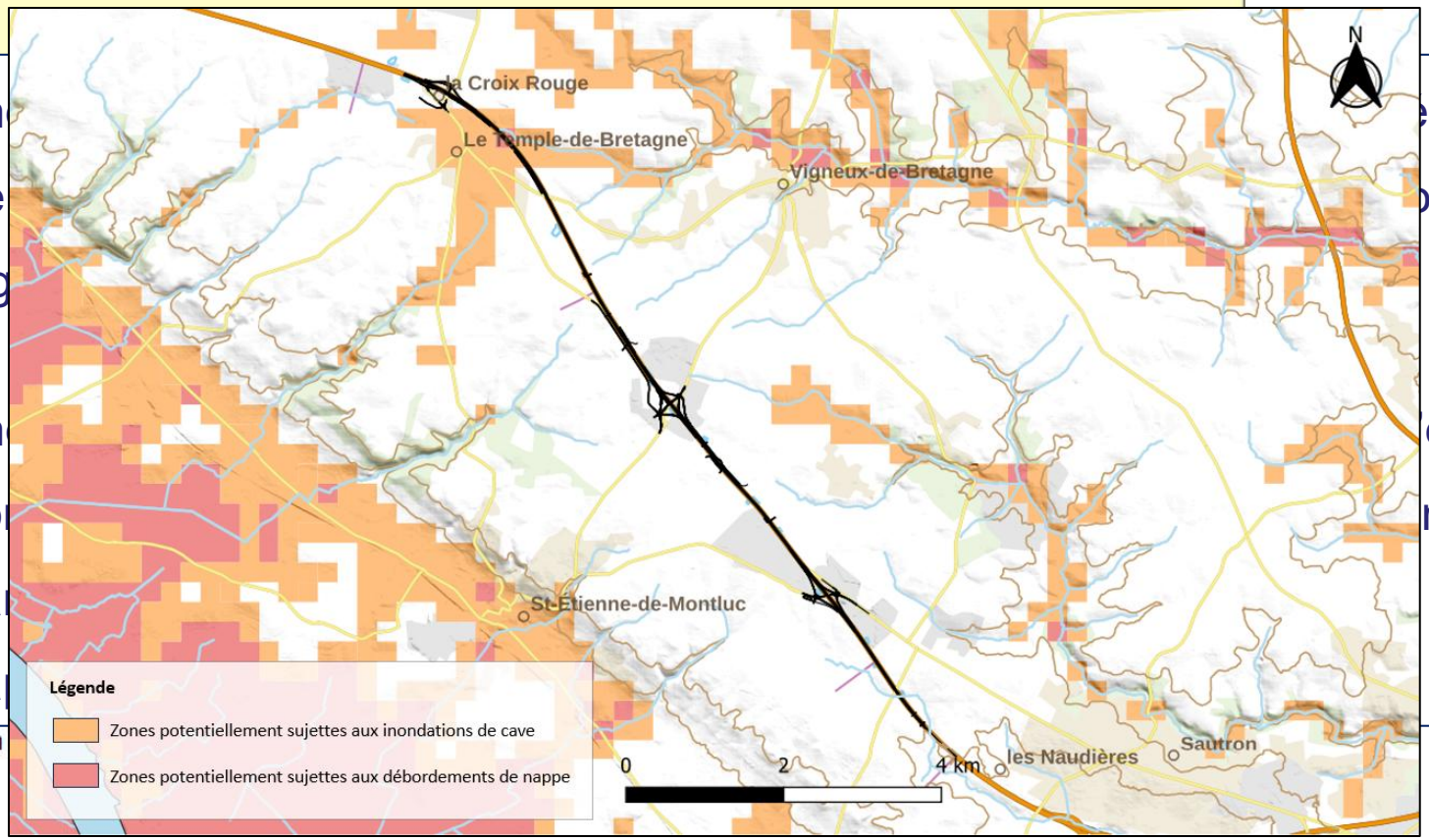
- une **zone de roche mère fissurée ou fracturée**. Les circulations d'eau y sont déterminées par le réseau de fractures/fissures qui donnent un caractère transmissif à cet horizon qui présente par ailleurs une faible capacité de stockage.

d'altération latéritique (Wyns et al., 2004)

5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

- un … ération
  de … rosité
  sig…
- un … eau y
  so… nt un
  ca… faible
  ca…

d'altération …



5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Aquifères de socle :

- **Structure discontinue et compartimentée**. La piézométrie suit généralement les reliefs, les bassins hydrogéologiques correspondant généralement aux bassins hydrologiques ;

- **Nappes très réactives** aux épisodes de pluie avec une recharge annuelle rapide en hiver, puis un tarissement pouvant être très prononcé.

5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Aquifères de socle :

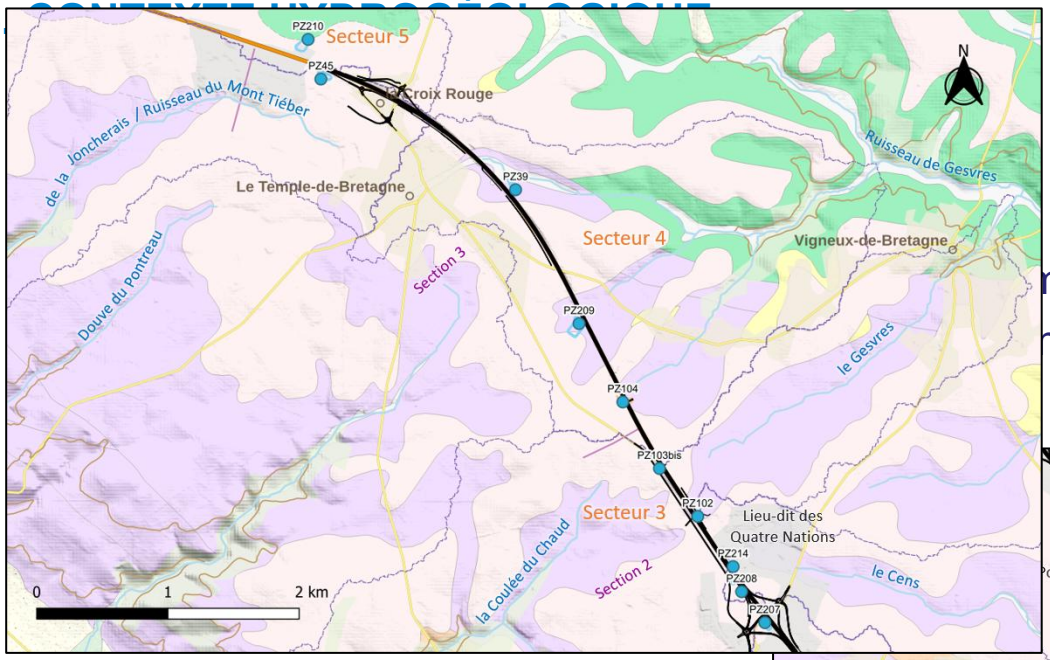
- **Structure discontinue et compartimentée**. La piézométrie suit généralement les reliefs, les bassins hydrogéologiques correspondant généralement aux bassins hydrologiques ;

- **Nappes très réactives** aux épisodes de pluie avec une recharge annuelle rapide en hiver, puis un tarissement pouvant être très prononcé.

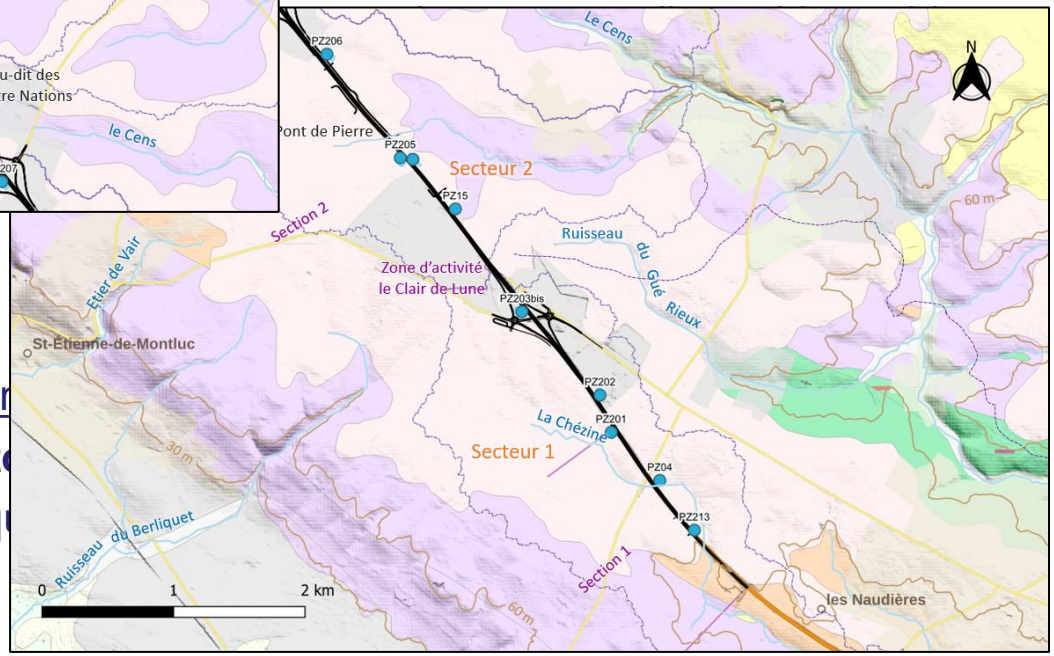


Définition des niveaux caractéristiques selon **5 secteurs** basé sur les **bassins versants topographiques** (contexte géologique, hydrogéologique et topographique homogène).

5

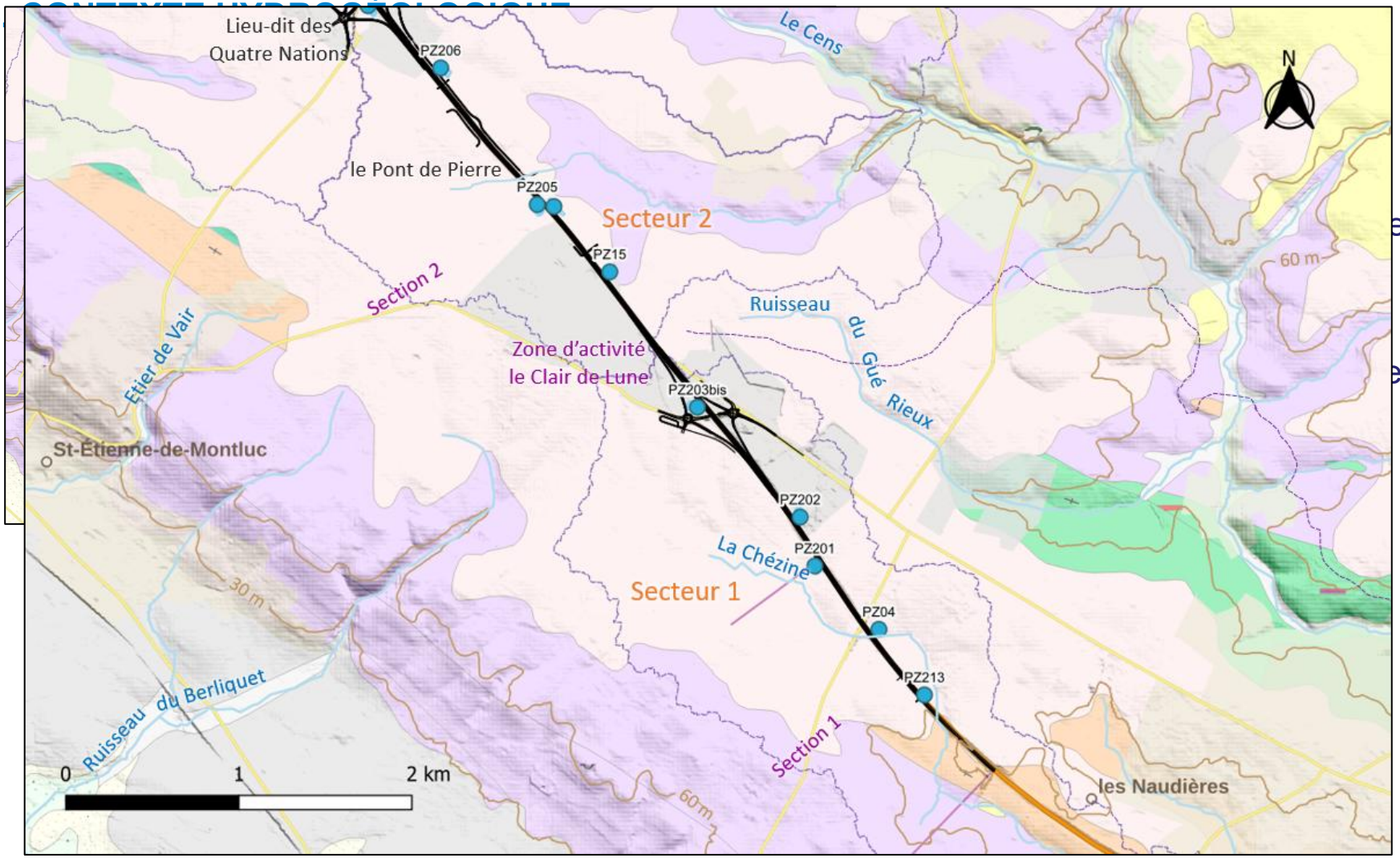


métrie suit généralement les reliefs, les
ment aux bassins hydrologiques ;



Définition des niveaux car
bassins versants t
hydrogéologiqu

5


Lieu-dit des Quatre Nations
PZ206
le Pont de Pierre
PZ205
Secteur 2
PZ15
Section 2
Le Cens
N
60 m
Ruisseau du Gué Rieux
Zone d'activité le Clair de Lune
PZ203bis
Etier de Vair
St-Étienne-de-Montluc
PZ202
PZ201
La Chézine
Secteur 1
30 m
PZ04
PZ213
Ruisseau du Berliquet
0
1
2 km
60 m
Section 1
les Naudières

5. DÉFINITION DES NIVEAUX D'EAUX CARACTÉRISTIQUES

Investigations

- 4 piézomètres ESIRIS G2 AVP ;
- 11 piézomètres Cerema G2 PRO Tracé ;
- 4 piézomètres Cerema G2 OA.

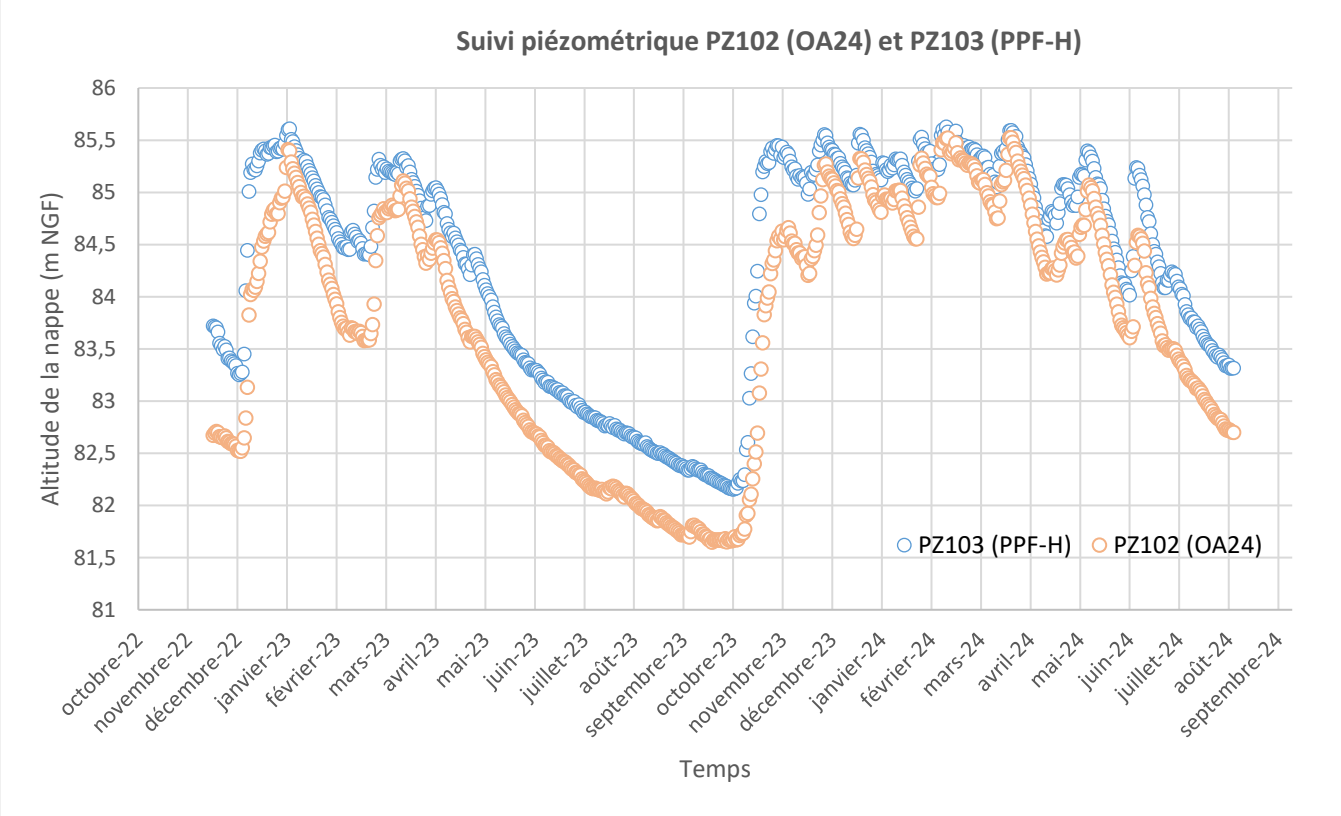
- 7 piézomètres ont été équipés de sondes pressiométriques DIVER® permettant un suivi quotidien des niveaux d'eau entre le 1er décembre 2022 et le 20 août 2024.

- 19 piézomètres ;
- suivis sur 18 mois minimum ;
- 1 piézomètre équipé minimum par secteur.

5. DÉFINITION DES NIVEAUX D'EAUX CARACTÉRISTIQUES

Investigatio

- 4 piézom
- 11 piézo
- 4 piézom
- 7 piézon nt un suivi quotidier



5. DÉFINITION DES NIVEAUX D'EAUX CARACTÉRISTIQUES

Investigations

Des essais de perméabilité ponctuels de type Lefranc à charge variable par pompage ont été réalisés par le Cerema au droit des piézomètres PZ04, PZ15, PZ206, PZ208 et PZ210. Les résultats de ces essais ont été interprétés par ajustement linéaire semi-logarithmique (*e.g.* Cassan, 1980) et sont récapitulés dans le tableau suivant (procès-verbaux des essais en annexe G).

Tableau 4 : Synthèse des résultats des essais de perméabilité

Ouvrage	Lithologie testée	Type d'essai	Profondeur de l'essai	Niveau statique (m/TN)	Perméabilité
PZ04	Micaschistes et gneiss albitiques à deux micas	Essai Lefranc à charge variable par pompage	Entre 1,5 et 2,5 m de profondeur	1,45	$\simeq 1{,}5.10^{-5}$ m.s^{-1}
PZ15	Micaschistes albitiques à deux micas		Entre 0,7 et 2,1 m de profondeur	0,75	$\simeq 2{,}1.10^{-4}$ m.s^{-1}
PZ206	Leucogranites à deux micas		Entre 0,8 et 2,1 m de profondeur	0,85	$\simeq 6{,}1.10^{-5}$ m.s^{-1}
PZ208	Leucogranites à deux micas		Entre 2,5 et 3,3 m de profondeur	2,55	$\simeq 5{,}1.10^{-5}$ m.s^{-1}
PZ210	Micaschistes albitiques à deux micas		Entre 1,3 et 2,5 m de profondeur	1,25	$\simeq 1{,}6.10^{-5}$ m.s^{-1}

5. DÉFINITION DES NIVEAUX D'EAUX CARACTÉRISTIQUES

Investigations

Des essais de pe
par le Cerema a
essais ont été i
récapitulés dans

- **5,1.10^{-5} m.s^{-1} à 6,1.10^{-5} m.s^{-1}** dans les leucogranites à deux micas du massif de Vigneux-Orvault ;
- **1,5.10^{-5} m.s^{-1}** dans les micaschistes et gneiss albitiques à deux micas de l'unité des Mauges ;
- **2,1.10^{-4} m.s^{-1} à** 1,6.10^{-5} m.s^{-1} dans les micaschistes albitiques à deux micas de l'unité de Mauves-sur-Loire.

Ouvrage					
PZ04					
PZ15					
PZ206					
PZ208	Leucogranites à deux micas		Entre 2,5 et 3,3 m de profondeur	2,55	≃5,1.10^{-5}m.s^{-1}
PZ210	Micaschistes albitiques à deux micas		Entre 1,3 et 2,5 m de profondeur	1,25	≃1,6.10^{-5}m.s^{-1}

5. DÉFINITION DES NIVEAUX D'EAUX CARACTÉRISTIQUES

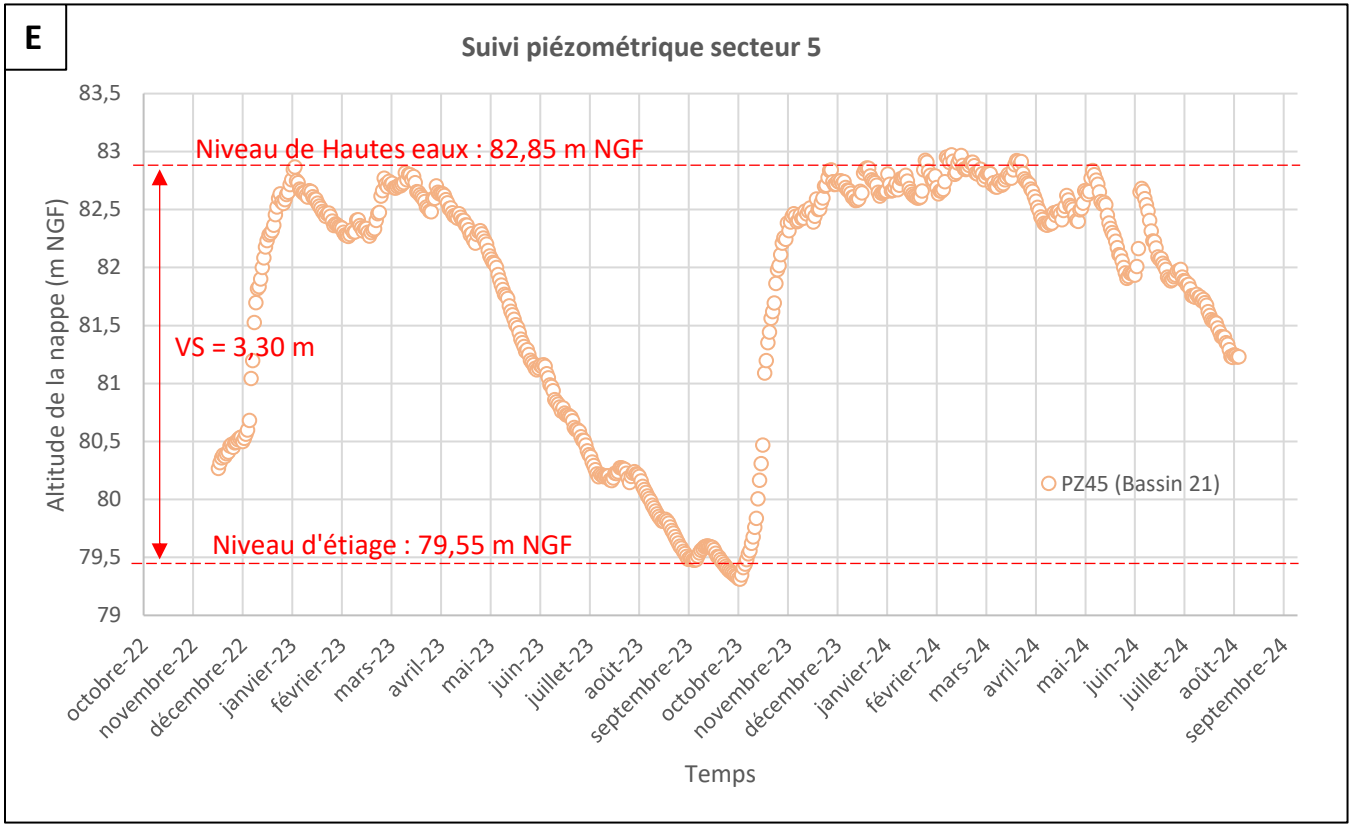
$$EH_{10} = EB + B_S + B_{P10} + R + \Phi$$

Avec :

- *EB* : Niveau de Base (étiage) de la nappe
- B_S : Battement Saisonnier de la nappe
- B_{P10} : Recharge de la nappe par infiltration des eaux d'un épisode pluvieux décennal ou centennal
- *R* : Remontée de la nappe induite par l'arrêt des pompages
- Φ : Influence de l'amplitude d'une onde de crue au droit du projet

5. DÉFINITION DES NIVEAUX D'EAUX CARACTÉRISTIQUES

Battement saisonnier de la nappe (Bs)



5. DÉFINITION DES NIVEAUX D'EAUX CARACTÉRISTIQUES

Recharge de la nappe par infiltration d'une pluie décennale (BP_{10}) ou centennale (BP_{100})

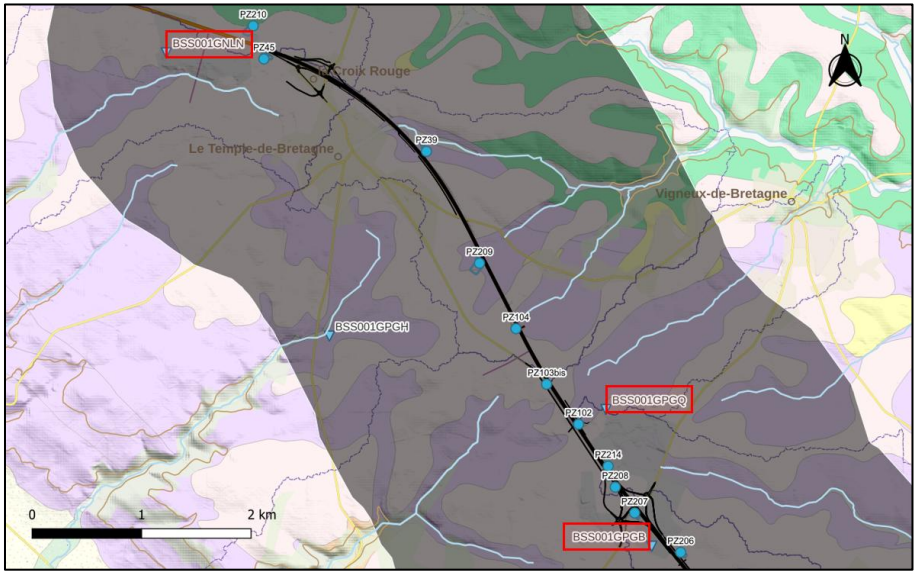
Secteur	Piézomètre	Ouvrage	h(360) (mm) : hauteur des précipitations décennales	h(360) (mm) : hauteur des précipitations centennales	Coefficient de réaction de la nappe	B_{P10} (m)	B_{P100} (m)
Secteur 1	PZ04	Bassin 6	41	75	2,5	**1,0**	**1,9**
Secteur 2	PZ15	Bassin 10			0,7	**0,3**	**0,5**
Secteur 3	PZ102	OA24			1,8	**0,7**	**1,4**
	PZ103	*PPF-H**			2,8	1,1	2,1
Secteur 4	PZ104	PGF-I			2,8	**1,1**	**2,1**
Secteur 5	PZ45	Bassin 21			1,8	**0,7**	**1,4**

5. DÉFINITION DES NIVEAUX D'EAUX CARACTÉRISTIQUES

Influence des pompages voisins (R)

- Prélèvements recensés par l'Agence de l'Eau ;
- Banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE) ;
- Captages recensés par le BRGM (BSS).

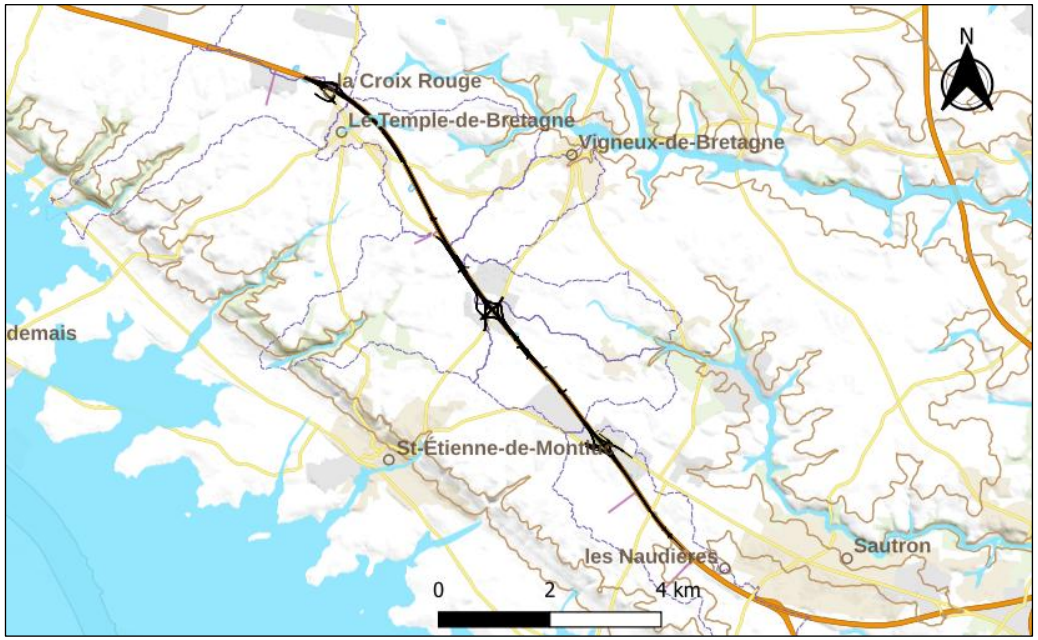
R = 0 mètre



5. DÉFINITION DES NIVEAUX D'EAUX CARACTÉRISTIQUES

Incidence des ondes de crues (Φ)

$\Phi = 0\ m$



5. DÉFINITION

Variations du niveau de la nappe (hors effet barrage)						
Secteur			Secteur 3			
Piézomètre			PZ207	PZ208	PZ214	PZ102
Ouvrage			Bassin 13	Bassin 13bis SUD	Bassin 13bis NORD	OA24
Cote moyenne du TN existant (m NGF)			81,90	83,40	82,40	87,55
Cote de fond des bassins (m NGF)			80,50	81,50	81,20	-
Cote estimée de terrassement (m NGF)			80,30	81,30	81,00	83,30
Cote estimée des fouilles de fondations (m NGF)			-	-	-	
Cote estimée du passage (m NGF)			-	-	-	85,30
Paramètre de variation		Elévation théorique (m)	Cote de la nappe (m NGF)			
Niveau de Base (étiage) de la nappe	EB	-	78,40	79,65	79,05	81,75
Battement Saisonner de la nappe	B_S	-	+3,55			
Evènements pluviométriques	B_{P10}	-	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7
	B_{P100}	-	+1,4	+1,4	+1,4	+1,4
Arrêt de pompage	R	+0,00	-	-	-	-
Onde de crue	Φ	+0,00	-	-	-	-
Estimation en période chantier						
Hautes Eaux annuelles (phase chantier)	EC	$EB + B_S$	81,90	83,20	82,40	85,30
Estimation en période d'exploitation						
Hautes eaux décennales (NPHE 10 ans)	EH	$EB + B_S + B_{P10}$	81,90	83,40	82,40	86,00
Niveaux d'eau exceptionnels centennales (NPHE 100 ans)	EE	$EB + B_S + B_{P100}$	81,90	83,40	82,40	86,70
Impact						
Impacté en période d'étiage			-	-	-	-
Impacté en phase chantier – Hautes Eaux Annuelles			Oui +1,60 m/FF	Oui +1,90 m/FF	Oui +1,40 m/FF	Oui +2,00 m/FF
Impacté en cas d'évènement décennal			Oui +1,40 m/FB	Oui +1,90 m/FB	Oui +1,20 m/FB	Oui +0,70 m/PP
Impacté en cas d'évènement centennal			Oui +1,40 m/FB	Oui +1,90 m/FB	Oui +1,20 m/FB	Oui +1,40 m/PP

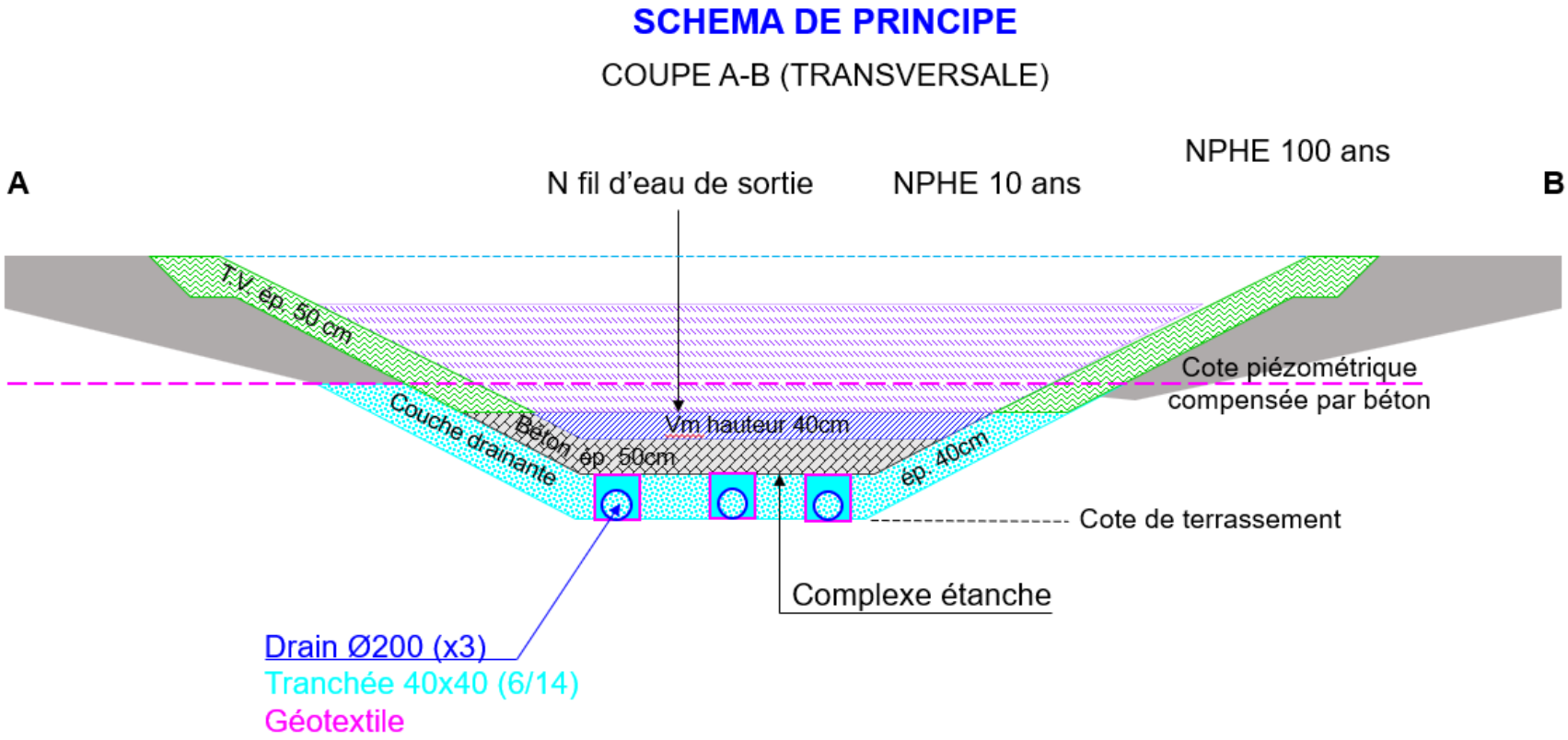
5. DÉFINITION DES NIVEAUX D'EAUX CARACTÉRISTIQUES

- **Plusieurs bassins et un passage à faune** sont **impactés** par le niveau de la nappe **à l'étiage** ;
- L'**ensemble des ouvrages** est **impacté** en période de **hautes eaux annuelles.**



- En phase chantier et en phase d'exploitation, pour chacun des ouvrages, en fonction de la cote de protection retenue par le Maître d'Ouvrage, un dispositif de rabattement de nappe permanent devra être mis en place afin de réduire les sous-pressions hydrostatiques et permettre le passage à sec sur les ouvrages de franchissement (OA 24, PGF-I et PPF).

6. SOLUTIONS TECHNIQUES



- Épaisseur de béton → coûts
- Hauteur de rabattement → impacts sur les milieux

7. CONCLUSIONS

- Contraintes hydrogéologiques potentiellement importantes sur l'implantation de bassins d'assainissement routiers et de passages à faune sous chaussée ;

- Nécessité d'une étude hydrogéologique préalable :
  - À l'implantation des ouvrages (bassins, OA, passages à faune) ;
  - Pour définir les secteurs hydrogéologiques à équiper en suivi piézométrique continu ;

- Recherche d'un équilibre entre les contraintes de protection des ouvrages, du coût des solutions techniques préconisées et de leur impact sur les environnements proches.

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Clément AUGERAD – Etudes géotechniques G2 AVP et PRO (tracé et OA)

Vincent LEMASSON – Suivi piézométrique

8. BIBLIOGRAPHIE

Ballèvre M., Bosse V., Dabard M.-P., Ducassou C., Fourcade S., Paquette J.-L., Peucat J.-J., Pitra P. (2013) « Histoire géologique du Massif armorican : actualité de la recherche. » Bulletin de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne, D (10-11) : 5-96.