



Inauguration du SIGES Pays de la Loire

Les eaux souterraines dans la région des Pays de la Loire

Emmanuelle Rouxel et Pierre Chrétien – 17 novembre 2014



Établissement public du ministère chargé du développement durable



PRÉFECTURE DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE

DIRECTION RÉGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMÉNAGEMENT ET DU LOGEMENT



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Contenu de l'exposé

> Aperçu de la géologie régionale

> Les principaux aquifères régionaux

- Aquifères de socle
- Aquifères sédimentaires

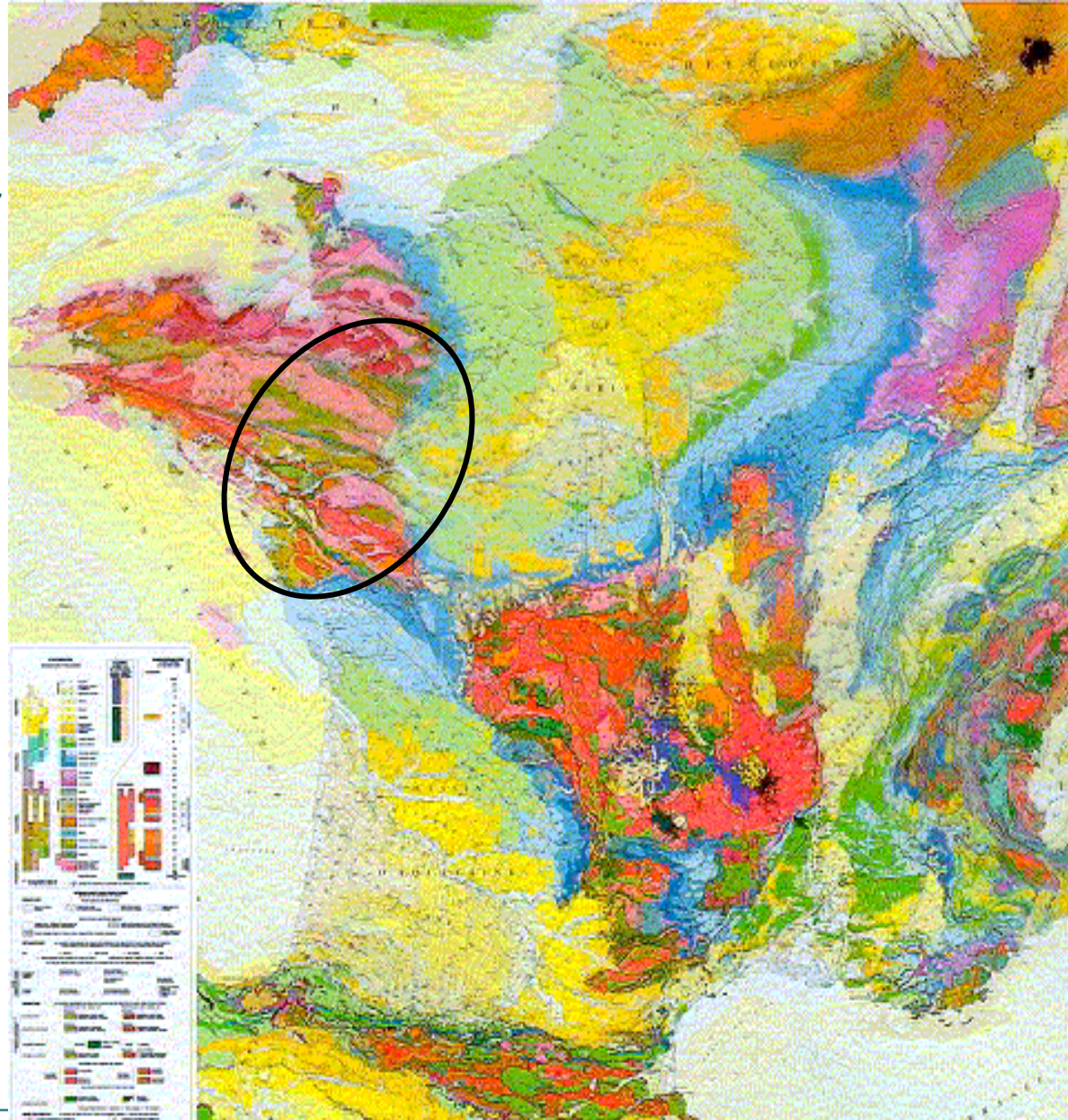


BRGM Pays de Loire

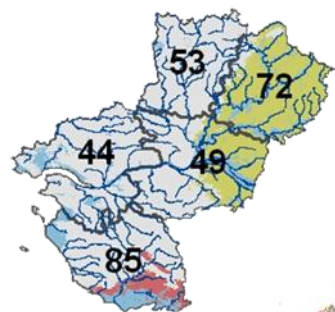
1. GEOLOGIE DES PAYS DE LA LOIRE

La région des **Pays de la Loire** est située au carrefour de 3 grands domaines géologiques :

- le **Massif Armorica** (53, 44, moitié occidentale du 49 et 85)
- le **Bassin Parisien** (72, moitié orientale du 49)
- le **Bassin Aquitain** (sud 85)

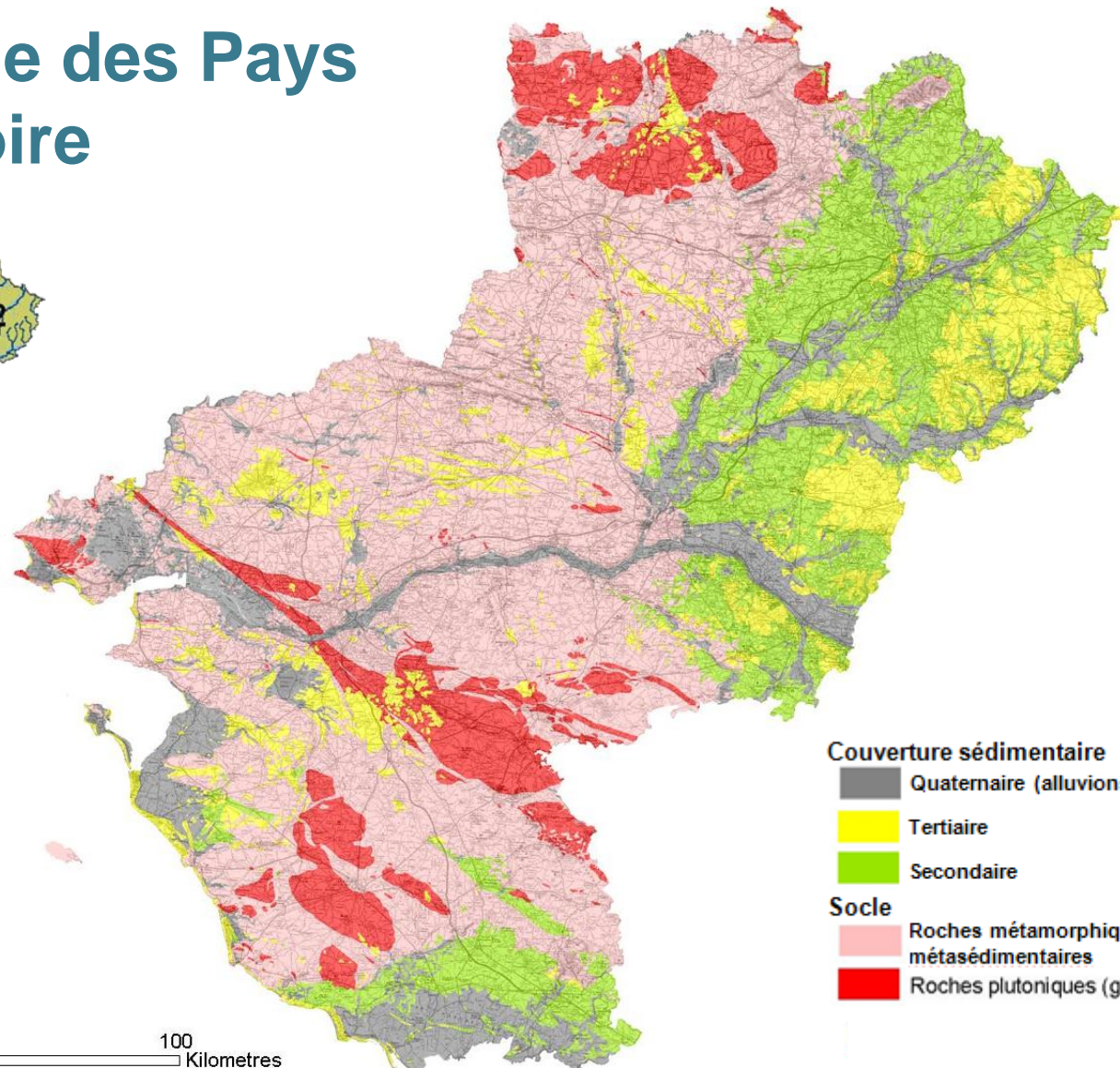


Géologie des Pays de la Loire



Domaine géologique

- Actuel
- B. d'Aquitaine
- B. de Paris
- Massif armoricain



Couverture sédimentaire

- Quaternaire (alluvions)
- Tertiaire
- Secondaire

Socle

- Roches métamorphiques et métasédimentaires
- Roches plutoniques (granite, diorite)

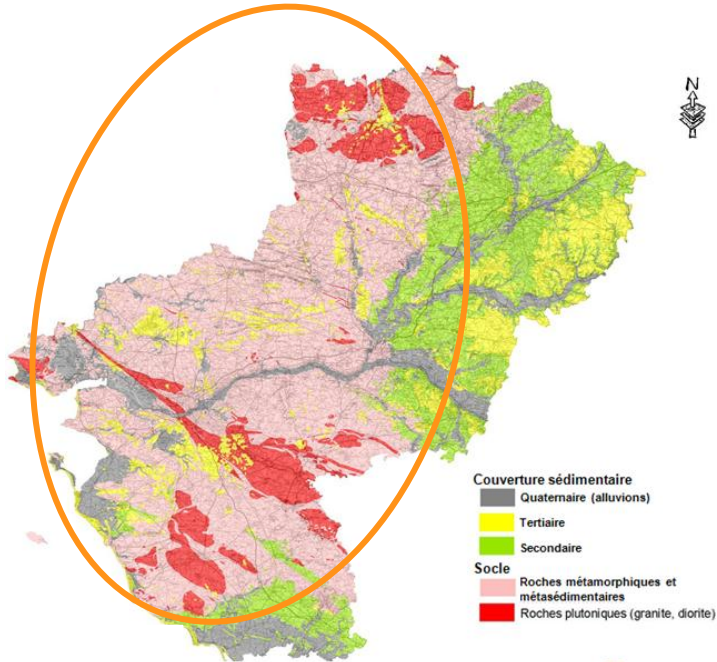


Carte simplifiée de la géologie au 1/250 000 des Pays de la Loire

1.1. Socle : le Massif armoricain

Un des 2 grands massifs anciens français, tronçon affleurant de la chaîne varisque (Paléozoïque, 300 Ma).

Essentiellement constitué de **roches magmatiques** (granites, basaltes) et **métamorphiques** (gneiss, micaschistes...) et accessoirement de roches sédimentaires anciennes (calcaires, grès...).



1.1. Socle : le Massif armoricain

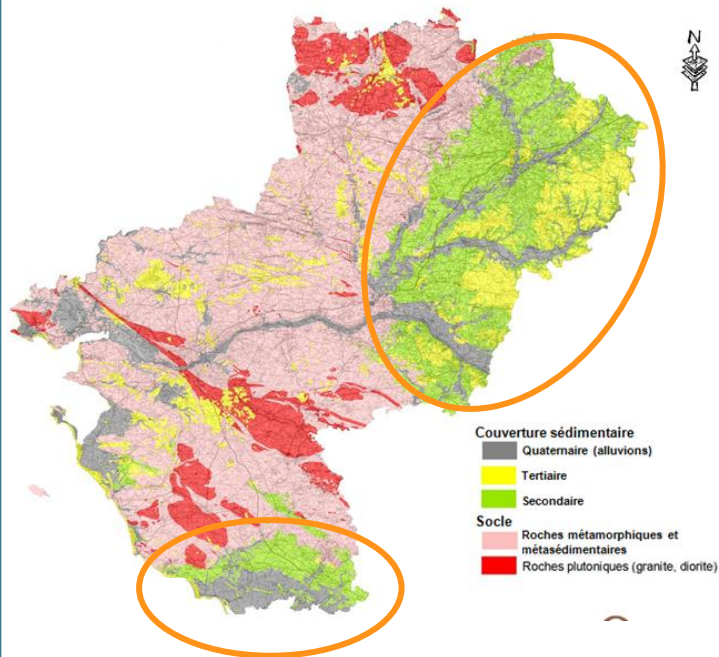
Deux blocs structuraux majeurs : les blocs Nord et Sud armoricains (séparés par le cisaillement sud-armoricain)

Depuis son évolution ancienne, le massif est resté à l'**écart des grandes zones de tectonique active** comme la collision alpine ou l'ouverture de l'Atlantique et n'a donc subi que des influences mineures.

Les ajustements tectoniques, associés à la mise en place des Alpes, ont néanmoins provoqué, au sein même du massif, l'apparition de nombreux **petits bassins tertiaires**.

1.2. Couverture sédimentaire

Une **couverture sédimentaire** constituée de calcaires, de marnes et de sables **d'âge secondaire et tertiaire** a ensuite recouvert les marges du Massif armoricain, en liaison avec le développement des grands bassins marins (le Bassin Parisien et le Bassin Aquitain).



1.2. Couverture sédimentaire

- Cette couverture sédimentaire est demeurée en l'état depuis son dépôt et n'a que peu subi les contrecoups des déformations qui à la même période affectent les Pyrénées puis les Alpes.
- Au **Jurassique inférieur** (200 Ma – 180 Ma) **la mer envahit la région** en s'avancant sur les formations du Paléozoïque fortement érodées. Il y a alors dépôt de **sables ou de calcaires gréseux**.
- Puis la mer se retire et une longue période d'émersion suit, durant laquelle les dépôts sont démantelés. **La mer fait à nouveau son apparition sur la région au Crétacé supérieur** (100 Ma – 65 Ma). La plaine Jurassique a reçu un matériel détritique grossier apporté par les fleuves venant du Massif Armoricaïn, la fraction la plus fine de cet apport terrigène se déposant dans des zones marécageuses pour donner des argiles parfois riches en débris végétaux. Les sédiments marins qui se déposent ensuite dépassent largement les limites jurassiques.
- La mer restera sur la région jusqu'à la fin du Sénonien (65 Ma), déposant d'abord les marnes et la craie "tuffeau" du Turonien. Les dépôts suivants n'apparaissent qu'au Paléogène, il s'agit de formations continentales ; grès et calcaires lacustres.
- Les petits bassins d'effondrement apparus dans le socle au moment de l'orogénèse alpine (50 Ma) **sont comblés par des sédiments tertiaires ; ils sont restés protégés des effets de l'érosion**. Les plus connus sont : Campbon, Nort-sur-Erdre, Saffré, Grand-Lieu, Chéméré, Challans et Machecoul.
- Durant la fin du Tertiaire et au Quaternaire la région est soumise à une érosion intense. Les rivières prennent leurs tracés définitifs : selon les variations du niveau marin elles creusent leurs lits ou alluvionnent (dépôt de sédiments au fond des cours d'eau).

• les roches sédimentaires

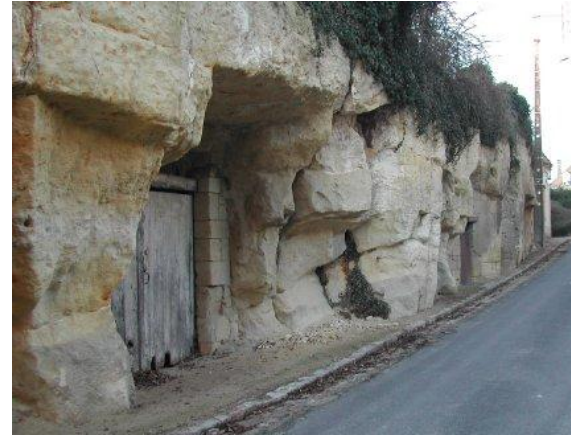
Sables (Sénonien)



(sable alluvial)



Tuffeau (Turonien)



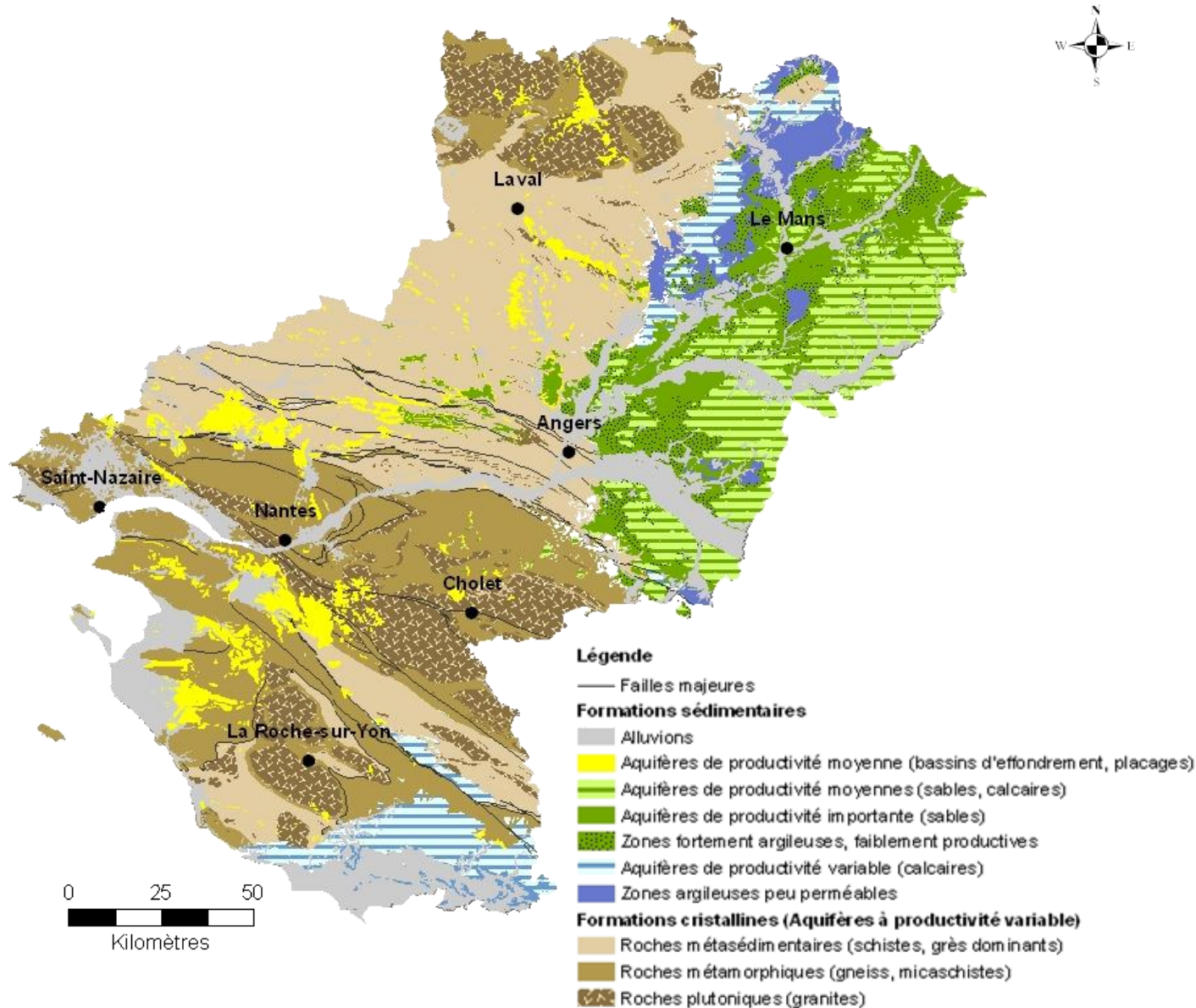
Calcaires (Eocène)



Grès



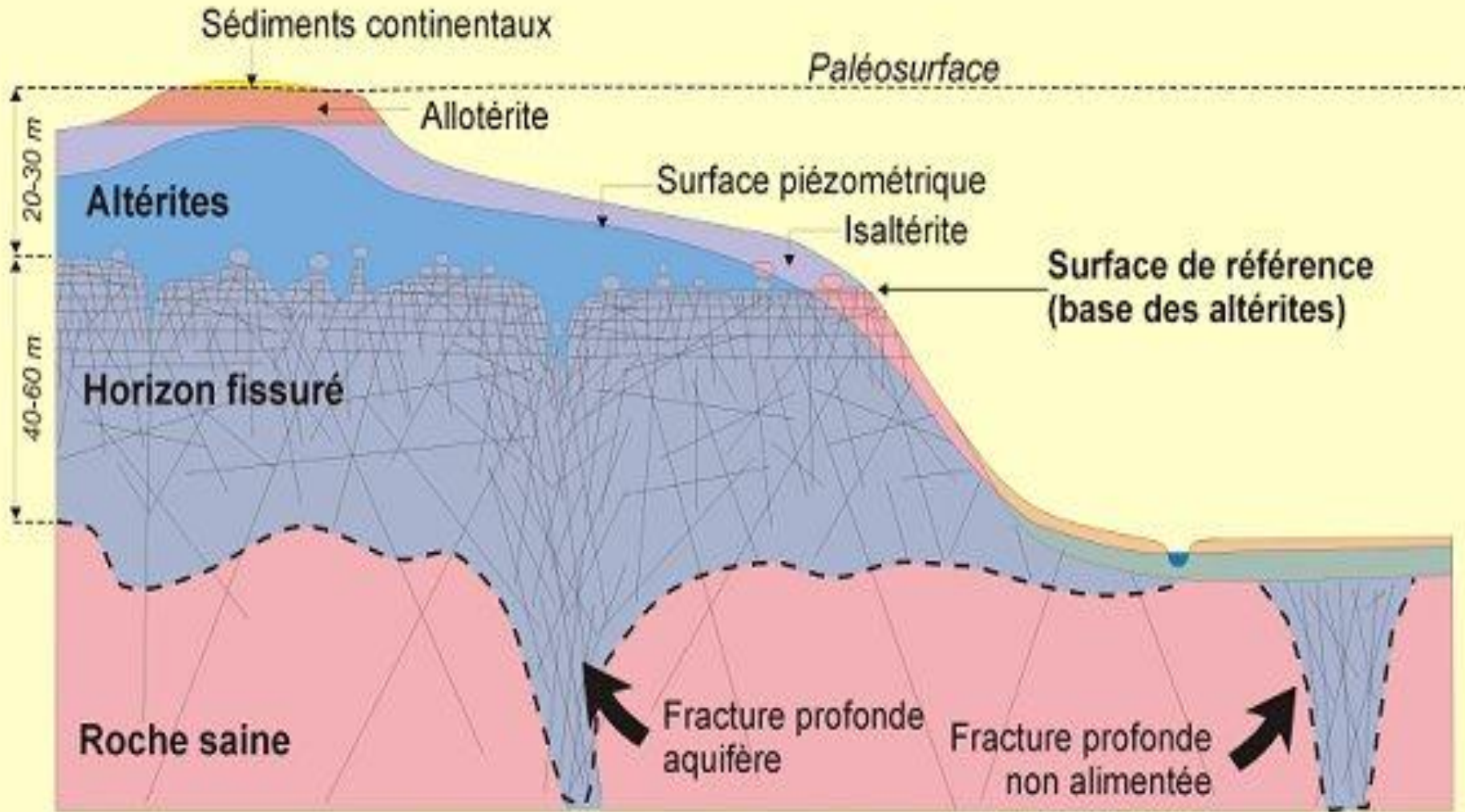
2. LES PRINCIPAUX AQUIFERES EN PDL



2.1 Aquifères du socle

- > Loire-Atlantique, W Maine-et-Loire, Vendée, Mayenne
- > La perméabilité d'un aquifère permet l'écoulement de l'eau souterraine (et donc son exploitation par pompage)
- > La perméabilité des aquifères du socle est due à la fissuration/fracturation de la roche réservoir
- > Elle est souvent spatialement très hétérogène dans les aquifères de socle

2.1 Schéma conceptuel des aquifères du socle

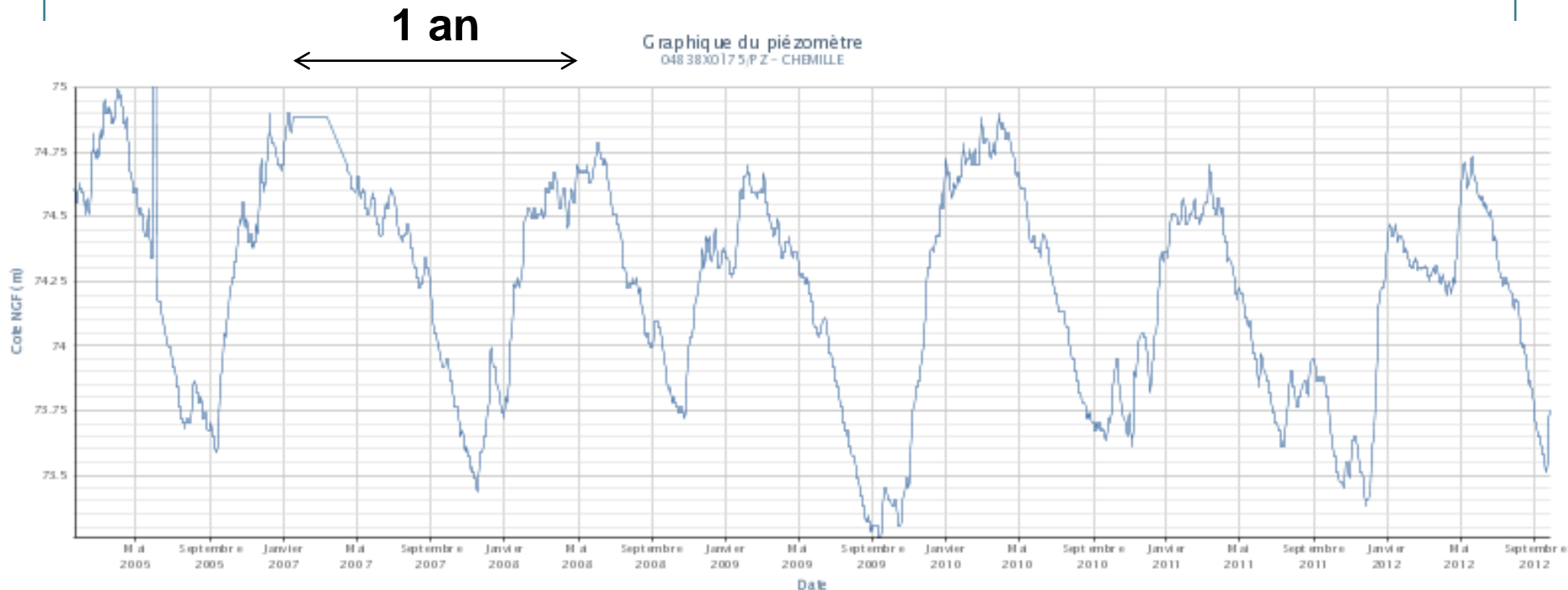


2.1 Schéma conceptuel des aquifères du socle

- > **Aquifère = réservoir + conducteur**
- > En milieu de socle, ces deux fonctions sont le plus souvent réparties entre deux ensembles distincts mais continus :
 - > le **rôle de réservoir** (fonction capacitive : emmagasinement de l'eau de pluie) est assuré principalement par la **roche altérée** en place (les altérites sur l'illustration précédente), à porosité importante et faible perméabilité ; cette roche altérée peut être présente depuis la surface du sol sur, parfois, plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur ;
 - > la **circulation de l'eau** est principalement assurée par le **réseau de fissures et fractures** existant plus bas (fonction transmissive et, dans une moindre mesure capacitive), dans ce que l'on appelle **l'horizon fissuré** (cf. illustration précédente), à porosité plus faible mais cependant significative (quelques %) et à perméabilité plus importante (de l'ordre de 10^{-5} m.s⁻¹).
- > En milieu de socle, il est donc communément admis dans le cas général qu'une seule nappe est située au sein d'un aquifère multi-couches, constitué au minimum des deux ensembles décrits ci-dessus et en contact permanent : celui des altérites et celui du milieu fissuré.

Recharge des aquifères du socle

- > Il s'agit le plus souvent de nappes libres directement alimentées par les pluies
- > Les fluctuations des niveaux des nappes (nvx piézométriques) sont soumises à ces cycles annuels et caractérisées par une inertie faible (pas d'effet mémoire)

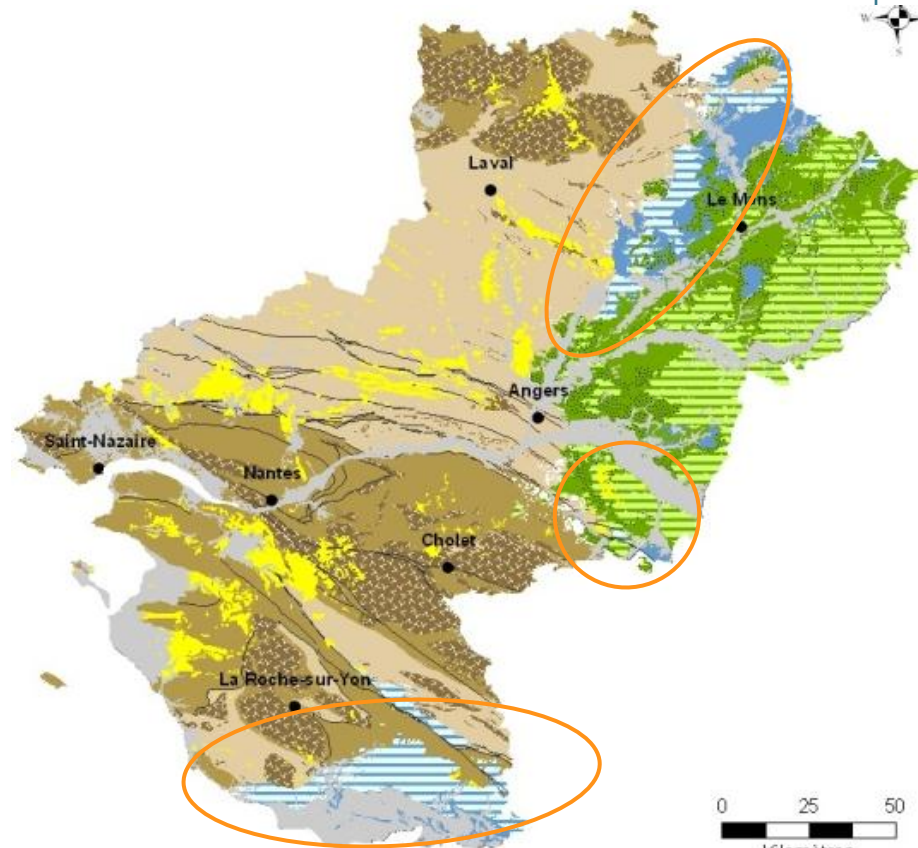


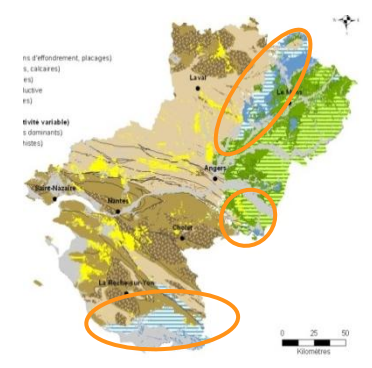
Données issues du Portail national eaux souterraines du SE, ADES

2.2 Aquifères sédimentaires

Aquifères sédimentaires calcaires jurassiques

Ere	Système (Période)	Sous-système (Epoque)	Etage	Grands aquifères
Quaternaire				
Tertiaire	Néogène	Pliocène Miocène		
	Paléogène	Oligocène Eocène Paléocène		
Secondaire	Crétacé	Supérieur	Sénonien Turonien Cénomanién	
		Inférieur		
	Jurassique	Supérieur / MALM	Kimméridgien Oxfordien	Aquifère du Kimmeridgien, Oxfordien
		Moyen / DOGGER	Callovien	Non aquifère
			Bathonien Bajocien	Aquifère du Dogger
Aalénien			Non aquifère	
Inférieur / LIAS	Toarcién Pliensbachien Sinémurien Hettangien	Non aquifère Aquifère du Lias		
Trias				
Primaire	Permien			
	Carbonifère			
	Dévonien			
	Silurien			
	Ordovicien Cambrien			
Précambrien				





Aquifères sédimentaires calcaires

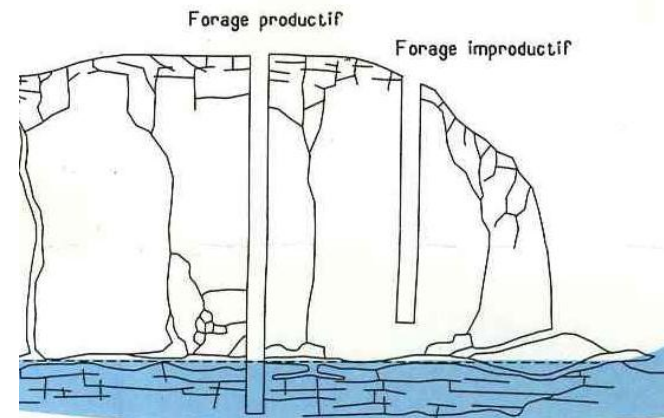
Les circulations d'eau s'effectuent plus facilement dans les zones fissurées. Dans les secteurs non fissurés, les forages sont très peu productifs.

Productivité variable :
Selon le degré de fissuration
Jusqu'à 200 m³/h

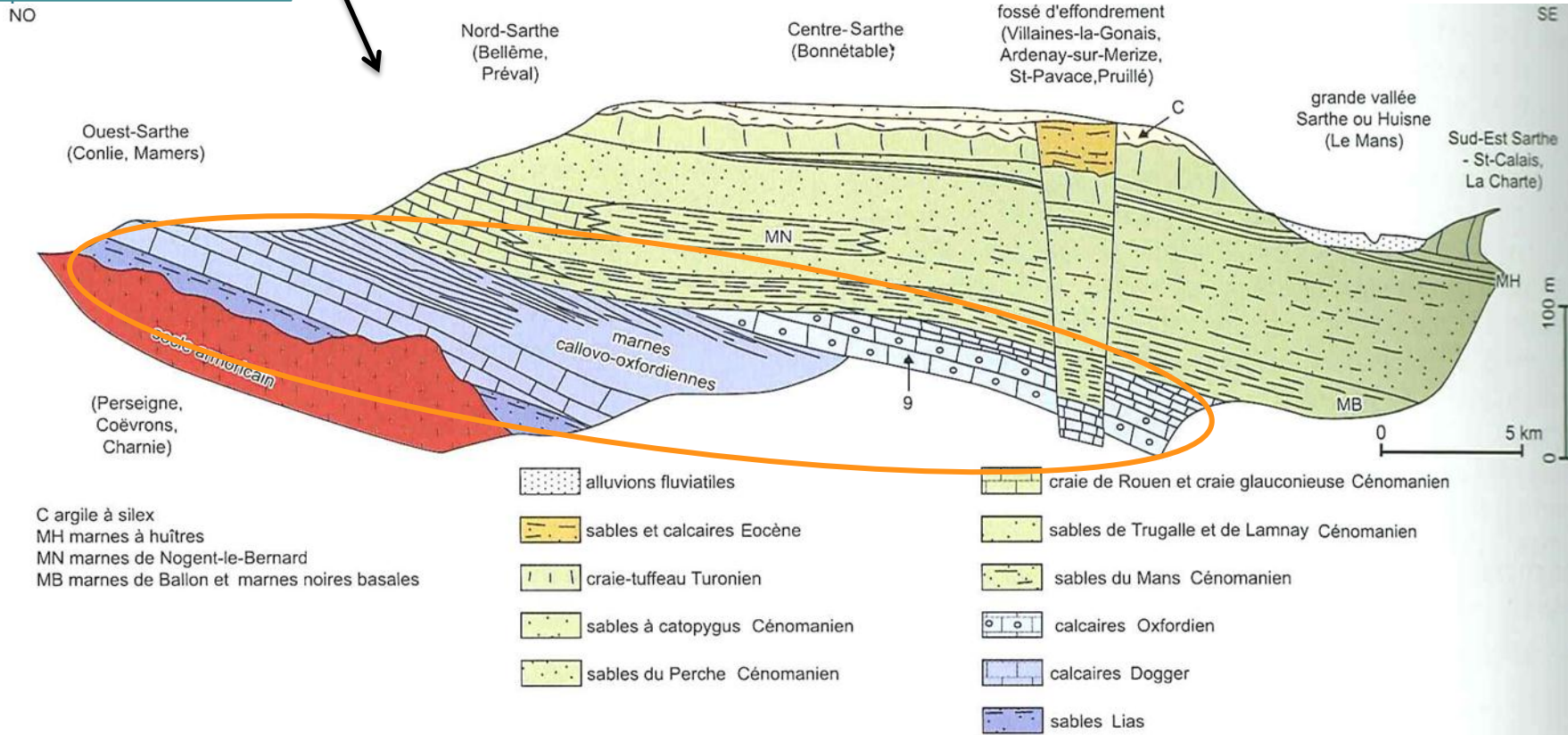
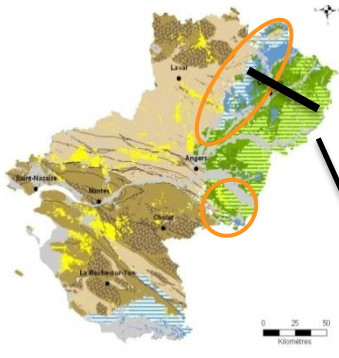
Profondeur des forages :
40 m à 100 m

Libres ou captifs

Parfois karstiques

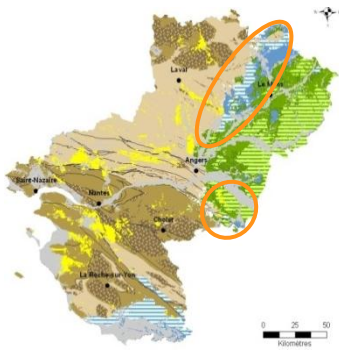


Aquifères des calcaires de l'Oxfordien et du Dogger Sarthe et Maine-et-Loire



Coupe géologique théorique du nord de la Sarthe (Juignet, 1998)





Aquifères des calcaires de l'Oxfordien et du Dogger

Sarthe et Maine-et-Loire

> **Aquifère du Lias (uniquement en Sarthe)**

> **Aquifère du Dogger**

Affleurant en bordure du Massif Armoricaïn puis captif sous les marnes du Callovien en Sarthe.

Captif sous les marnes de l'Oxfordien en Maine-et-Loire

Épaisseur en moyenne de 30 m

Débit variables, liés à la fissuration.

> **Aquifère de l'Oxfordien**

Affleurant localement en Sarthe

Captif sous les argiles de la base du Crétacé

En Maine-et-Loire : Marnes.

Aquifères des calcaires du Dogger et du Lias

Vendée

> Aquifère du Lias (calcaires gréseux)

Affleurant en bordure du Marais Poitevin puis captif sous les marnes toarciennes. Localement karstifié.

> Aquifère du Dogger (calcaires crayeux)

Affleurant en bordure du Marais Poitevin puis captif sous les marnes du Callovien

Epaisseur en moyenne de 30 m.

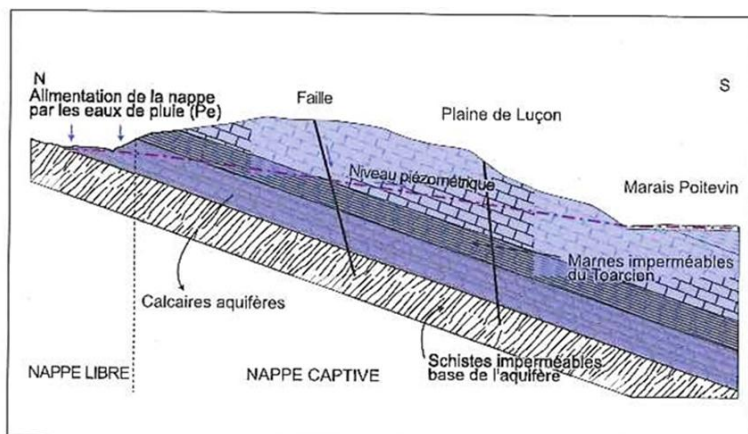
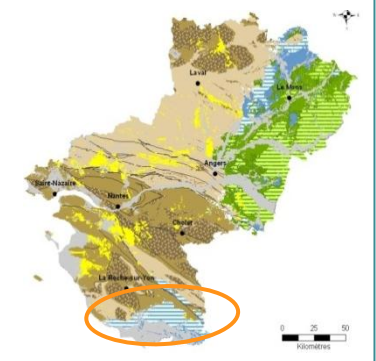


Fig. 36
Coupe hydrogéologique schématique de la nappe du Lias inférieur (C. Roy, 2000).

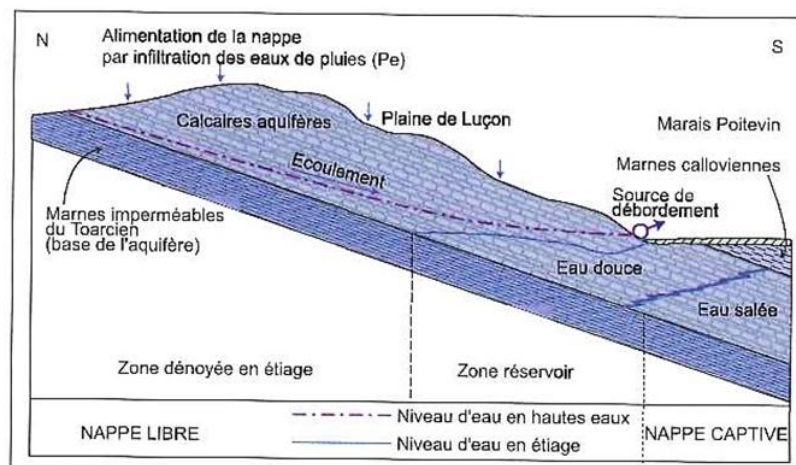
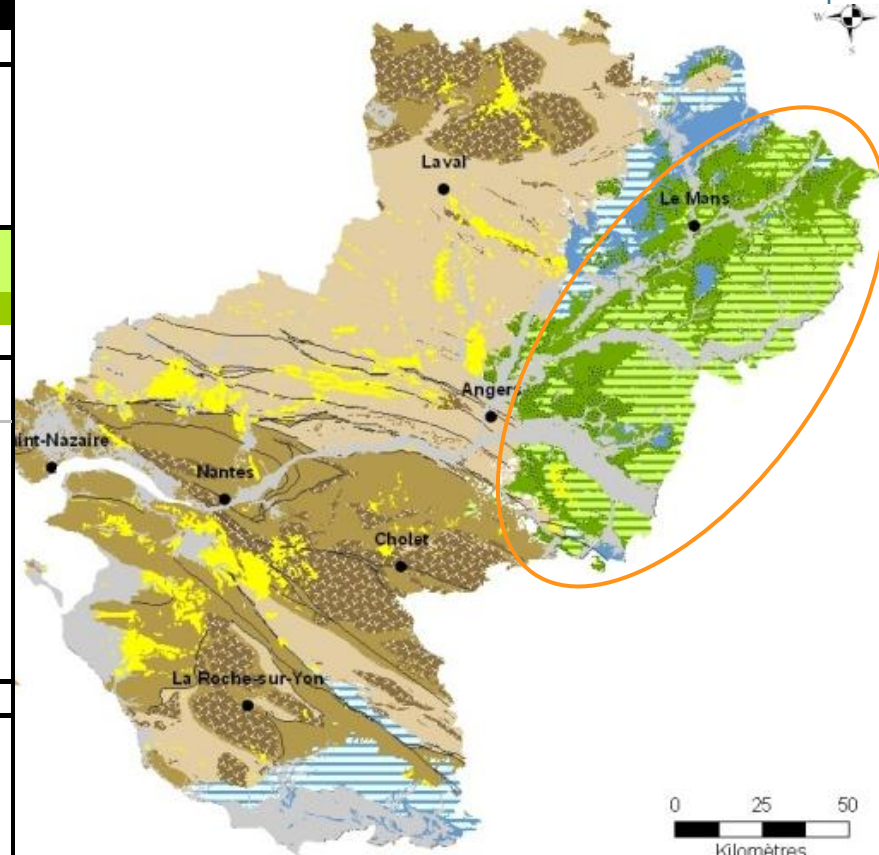


Fig. 35
Coupe hydrogéologique schématique de la nappe du Dogger (C. Roy, 2000).

Aquifères sédimentaires sableux et crayeux

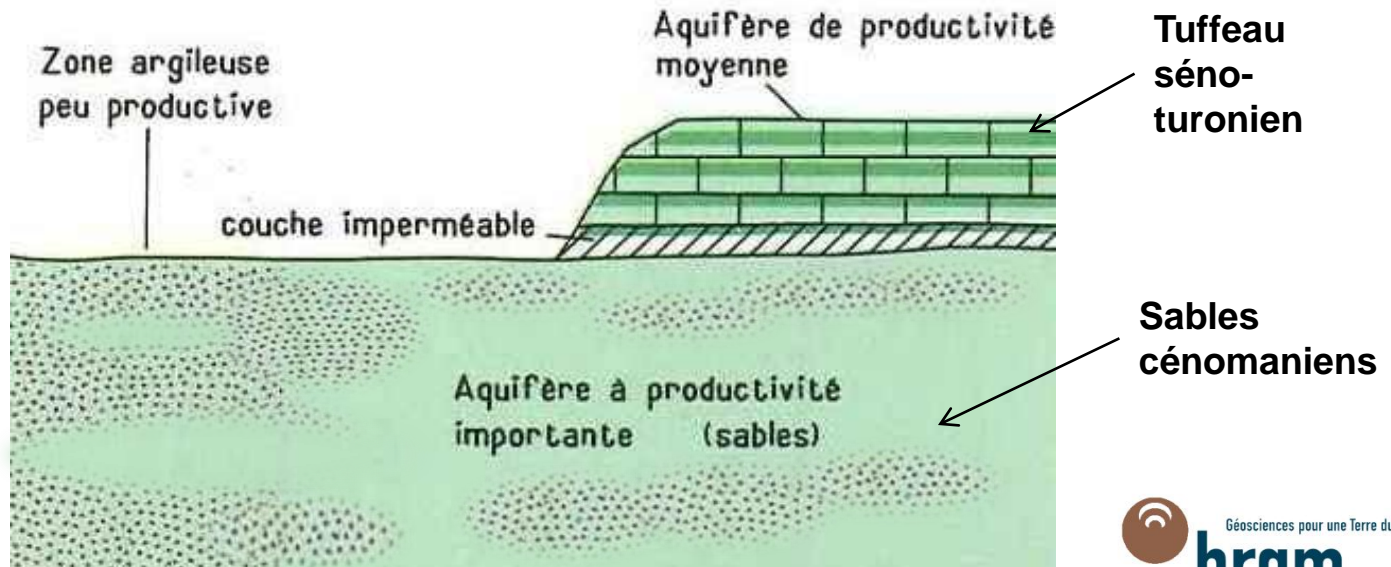
Crétacé supérieur

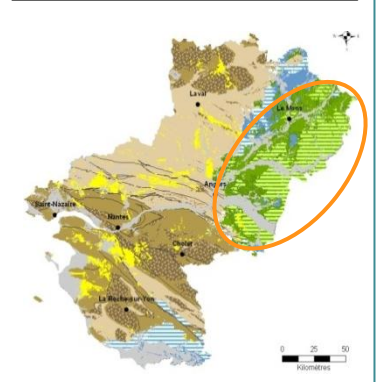
Ere	Système (Période)	Sous-système (Epoque)	Etage	Grands aquifères
Quaternaire				
Tertiaire	Néogène	Pliocène Miocène		
	Paléogène	Oligocène Eocène Paléocène		
Secondaire	Crétacé	Supérieur	Sénonien	Aquifère du Séno-Turonien
			Turonien	
		Cénomaniens	Aquifère des sables du Cénomaniens	
	Inférieur			
	Jurassique	Supérieur / MALM	Kimméridgien	
Oxfordien				
Moyen / DOGGER		Callovien Bathonien Bajocien Aalénien		
Inférieur / LIAS	Toarciens Pliensbachien Sinémurien Hettangien			
Trias				
Primaire	Permien			
	Carbonifère			
	Dévonien			
	Silurien			
	Ordovicien Cambrien			
Précambrien				



Aquifères sédimentaires sableux et crayeux

Représentation schématique des formations du Crétacé :





Aquifères sédimentaires sableux

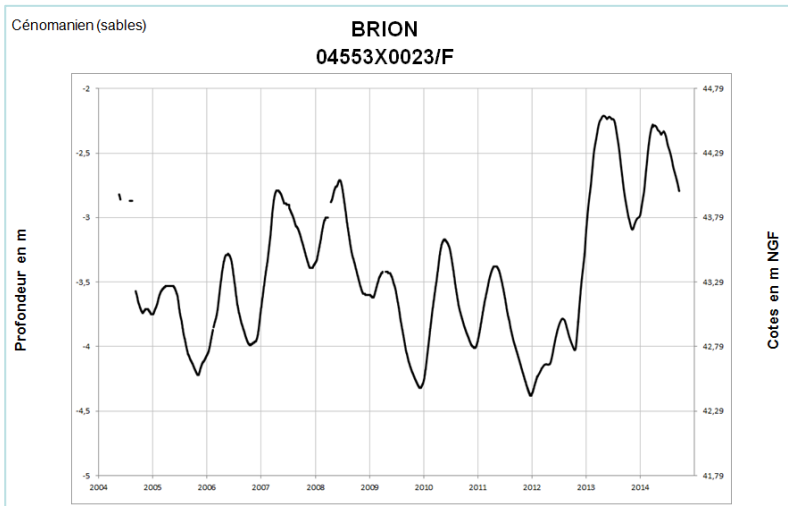
> Sables du Cénomanién

Affleurant en Maine-et-Loire et en Sarthe, devient captif sous les marnes à ostracées (Cénomanién supérieur)

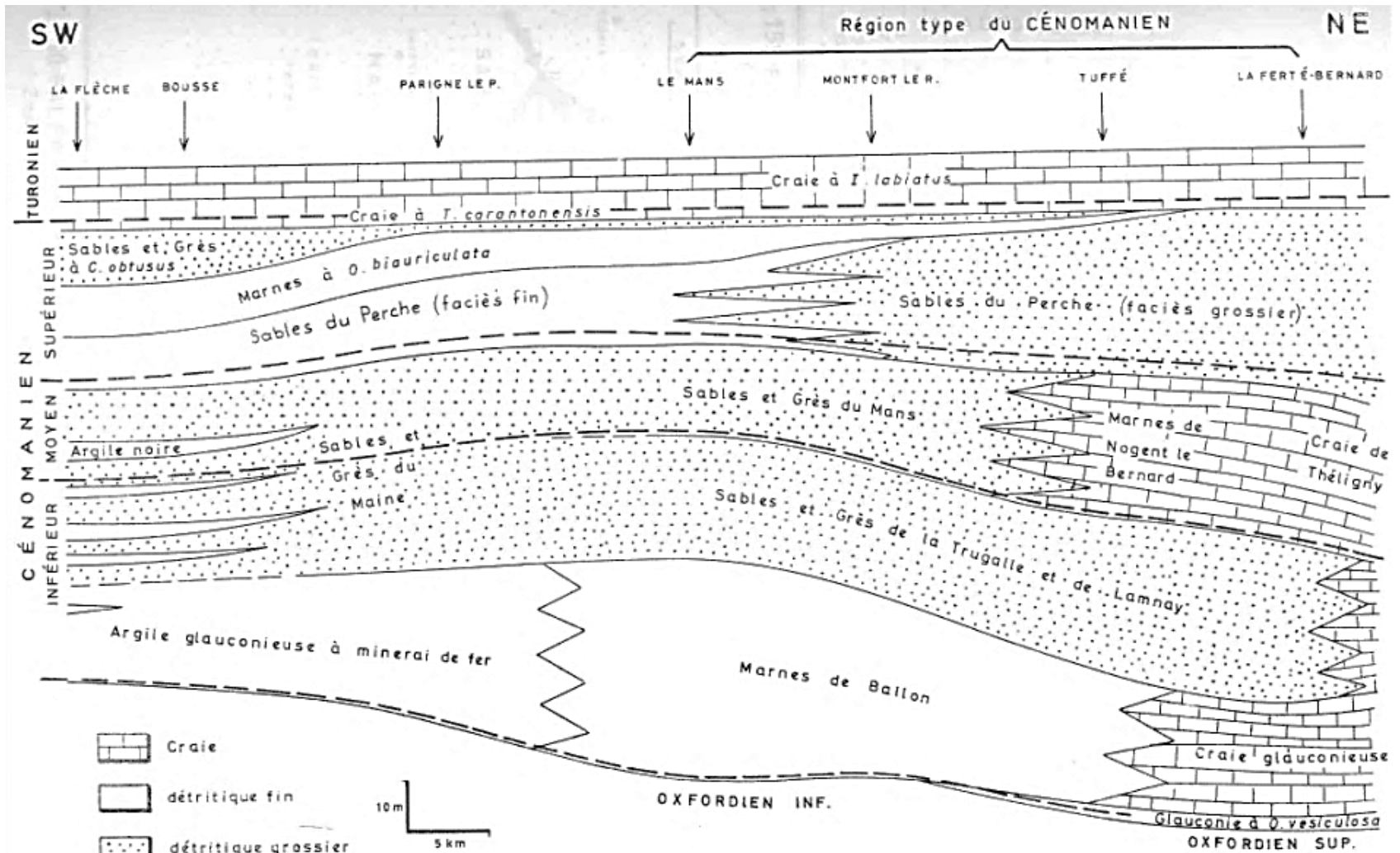
Productivité importante (80 à 100 m³/h)

Epaisseur et nature des formations variables selon les secteurs

Profondeur maximale des forages : 50 m à 100 m



Aquifère du Cénomanién (variations de faciès)



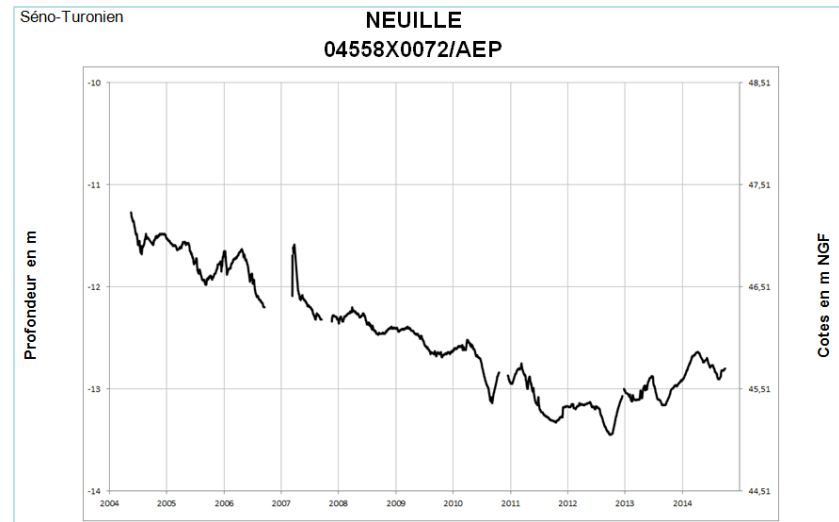
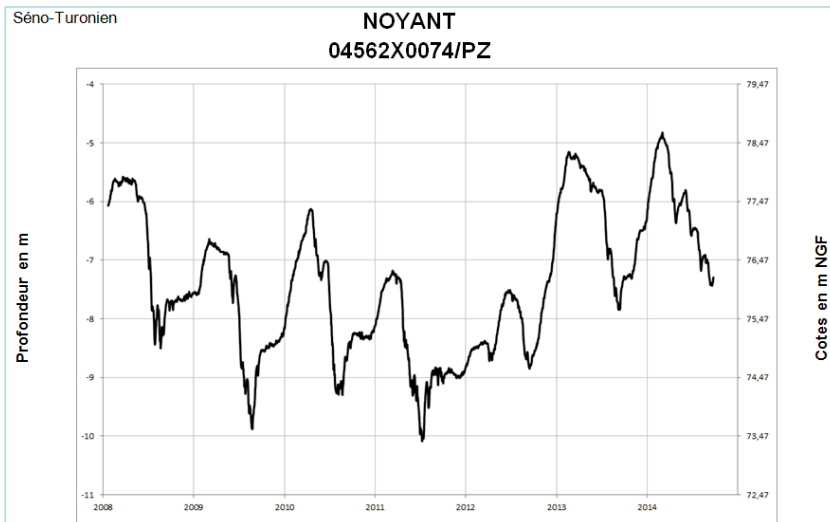
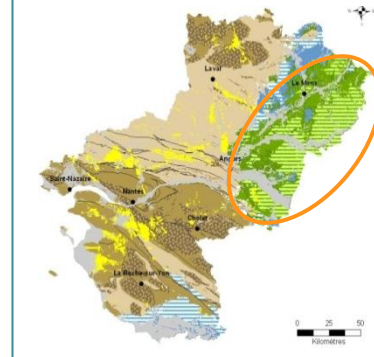
Coupe schématique des formations du Cénomanién en Sarthe (Juignet)

Aquifères sédimentaires sableux et crayeux

> Craie du Turonien et sables du Sénonien

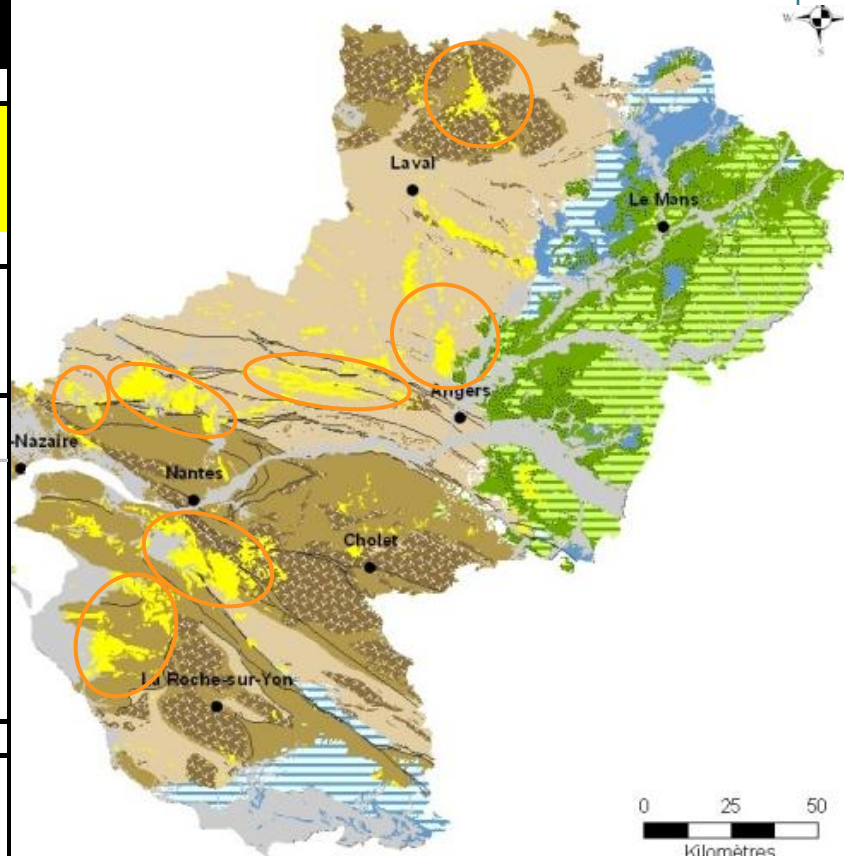
- Affleurant en Maine-et-Loire et Sarthe, devient captif sous les formations argileuses du Tertiaire (Argile à silex, Argiles du Bartonien).
- Productivité moyenne (5 à 50 m³/h selon la fissuration)
- Profondeur maximale des forages : 50 m

Secondaire Crétacé Sup



Aquifères de bassins d'effondrement et placages

Ere	Système (Période)	Sous-système (Epoque)	Etage	Grands aquifères	
Quaternaire					
Tertiaire	Néogène	Pliocène		<i>Aquifères des sables rouges (placages) Aquifère des faluns de Doué</i>	
		Miocène			
	Paléogène	Oligocène		<i>Aquifères de bassins d'effondrement</i>	
		Eocène Paléocène			
Secondaire	Crétacé	Supérieur	Sénonien Turonien Cénomanién		
		Inférieur			
	Jurassique	Supérieur / MALM	Kimméridgien Oxfordien		
		Moyen / DOGGER	Callovien Bathonien		
	Tertiaire		Bajocien Aalénien		
		Inférieur / LIAS	Toarcién Pliensbachien Sinémurien Hettangien		
	Trias				
	Primaire	Permien			
		Carbonifère			
		Dévonien			
Silurien					
Ordovicien Cambrien					
Précambrien					



Aquifères de bassins d'effondrement et placages

Aquifères de dimension restreinte.

Placages : d'âge Plio-quaternaire (sables rouges) essentiellement en Mayenne et en Maine-et-Loire.

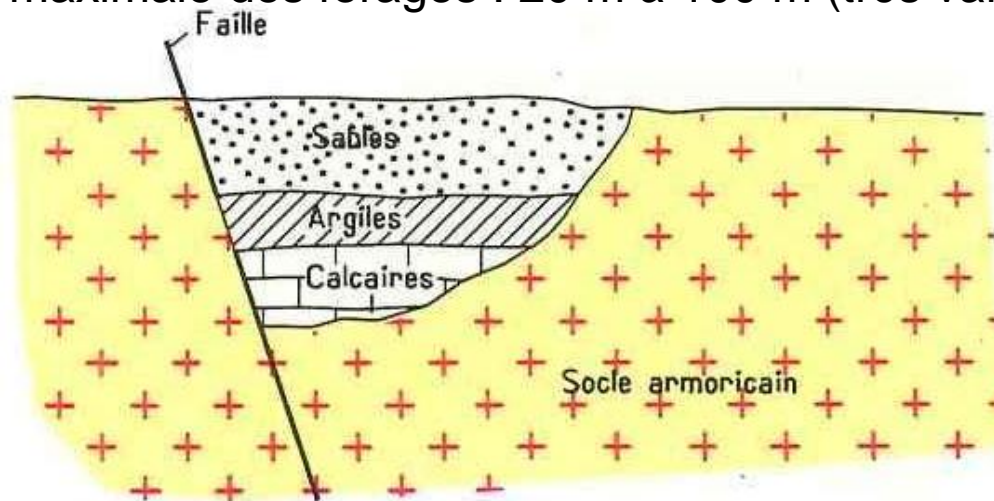
Bassins tertiaires

Créés à l'occasion du re-jeu de failles du socle au début du Tertiaire.

Constitués de marnes et calcaires éocènes, de faluns miocènes, de sables pliocènes

Aquifères de productivité moyenne à forte : 30 à 100 m³/h

Profondeur maximale des forages : 20 m à 100 m (très variable)



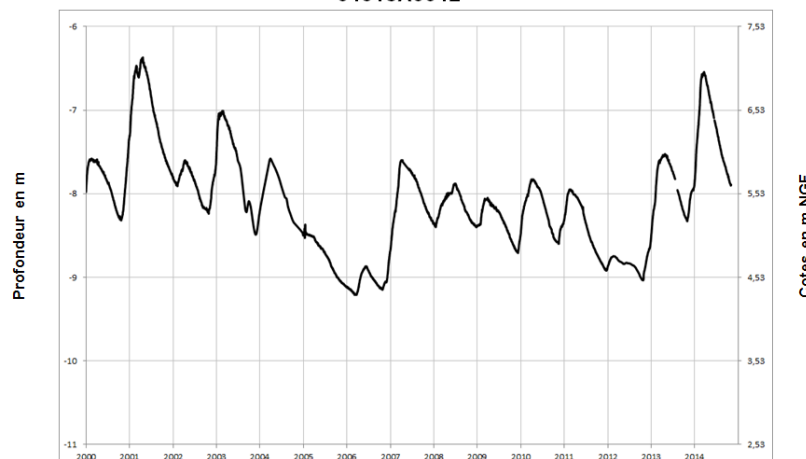
Aquifères de bassins d'effondrement et placages

- Les bassins d'effondrement contiennent des nappes libres et des nappes captives ou semi-captives.
- Souvent plus perméables que les terrains encaissants
- Fluctuations piézométriques liées aux précipitations efficaces. Réactivité et amplitude liées à la nature des formations et à l'importance du réservoir.

Bassin tertiaire
(sables Eocènes)

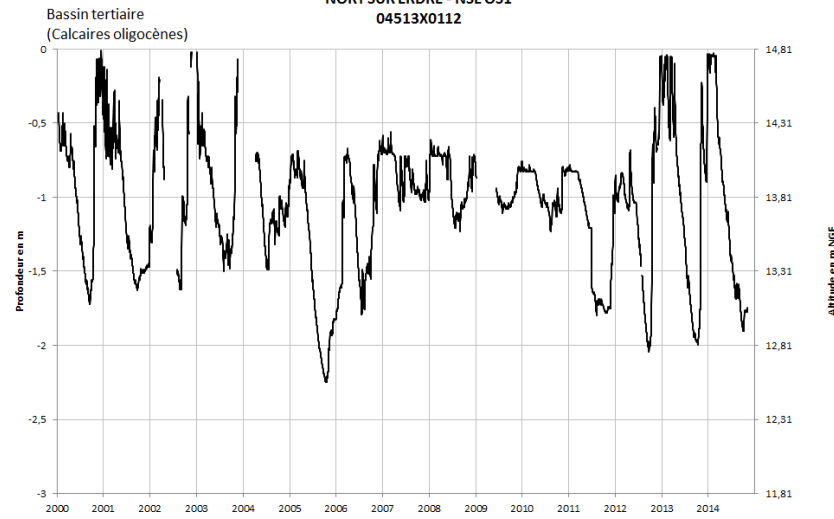
NORT SUR ERDRE

04518X0042



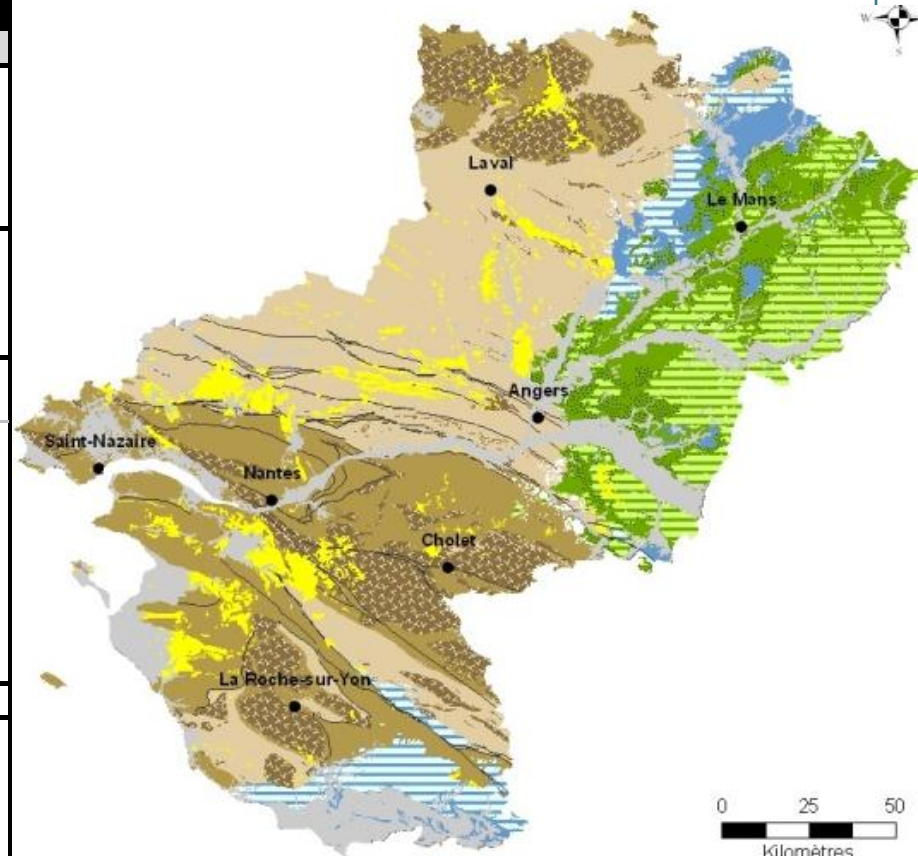
NORT SUR ERDRE - NSE OS1

04513X0112



Aquifères alluviaux

Ere	Système (Période)	Sous-système (Epoque)	Etage	Grands aquifères
Quaternaire				Aquifères alluviaux
Tertiaire	Néogène	Pliocène Miocène		
	Paléogène	Oligocène Eocène Paléocène		
Secondaire	Crétacé	Supérieur	Sénonien Turonien Cénomanién	
		Inférieur		
	Jurassique	Supérieur / MALM	Kimméridgien Oxfordien	
		Moyen / DOGGER	Callovien Bathonien Bajocien Aalénien	
		Inférieur / LIAS	Toarcien Pliensbachien Sinémurien Hettangien	
Trias				
Primaire	Permien			
	Carbonifère			
	Dévonien			
	Silurien			
	Ordovicien Cambrien			
Précambrien				

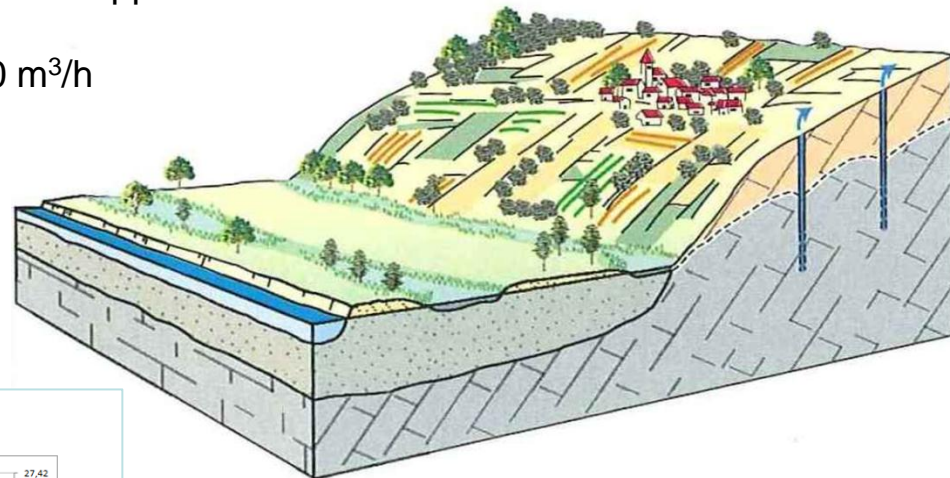


Aquifères alluviaux

Nappe alluviale : nappe superficielle qui se limite aux alluvions d'un cours d'eau (sables et graviers). Elle peut être alimentée par le cours d'eau ou l'alimenter.

En général plus perméables que les terrains dans lesquels elles sont encaissées, les alluvions font souvent office de drain intermédiaire entre les nappes des coteaux et les cours d'eau.

Aquifères de productivité importante : 50 à 100 m³/h
Profondeur maximale des forages : 10 à 20 m



Alluvions de la Loire

VILLEBERNIER
04854X0257/PZ

