



EAUX
SOUTERRAINES
ENJEUX STRATÉGIQUES
POUR LES ÉLUS

INTRODUCTION

- **Guillaume Choisy**, Directeur général de l'agence de l'eau Adour-Garonne



EAUX
SOUTERRAINES
ENJEUX STRATÉGIQUES
POUR LES ÉLUS

GESTION DES EAUX SOUTERRAINES : UNE PROBLÉMATIQUE MONDIALE

Gestion des eaux souterraines : une problématique mondiale

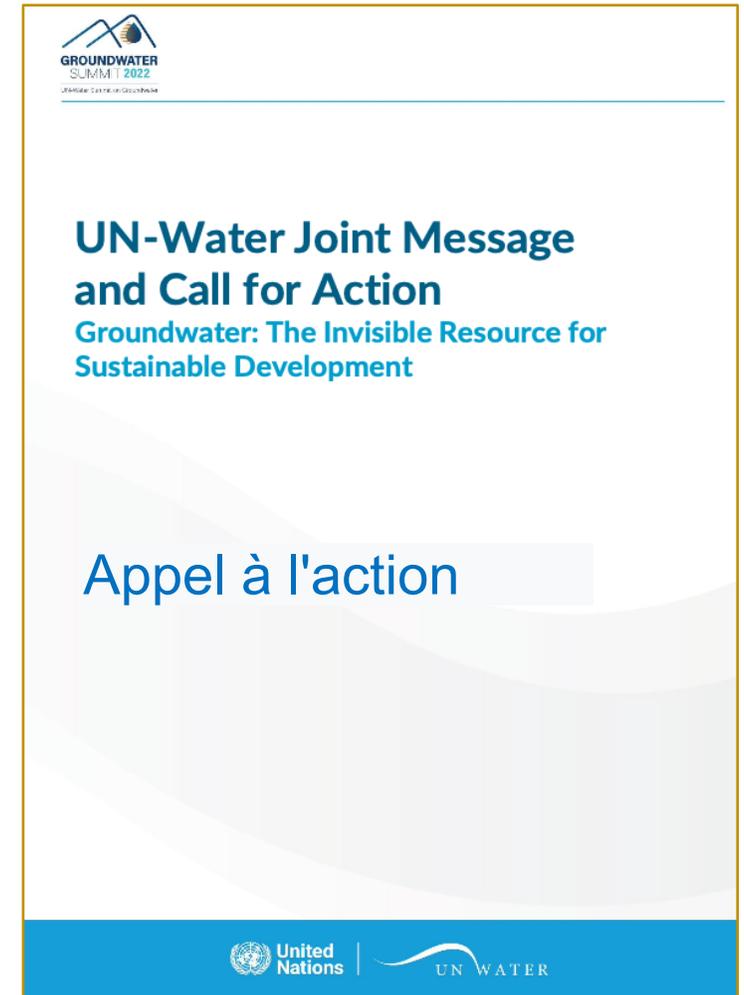
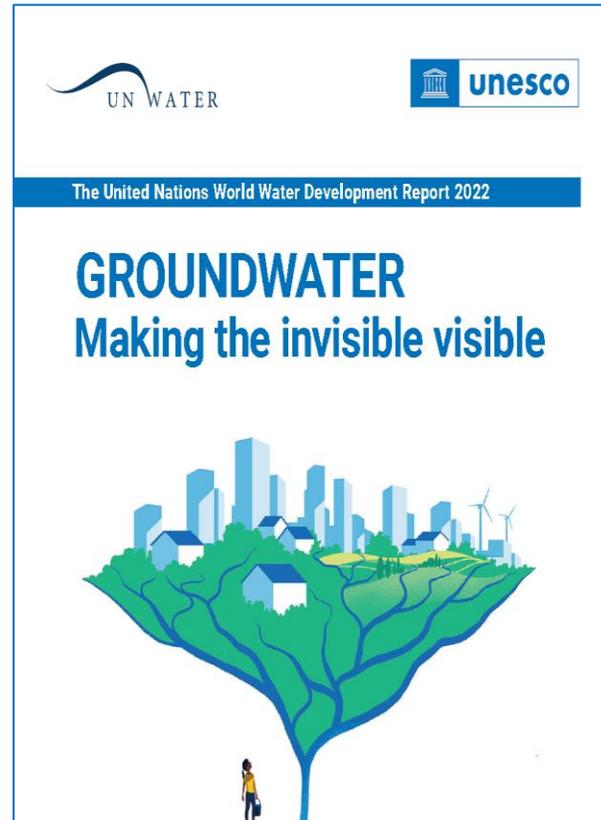
Dr. Alice Aureli
Chief of section
Groundwater Sustainability and water cooperation (GSW)



Amphithéâtre de Bordeaux
Sciences Agro,
mardi 4 avril 2023



UN 2023 WATER CONFERENCE



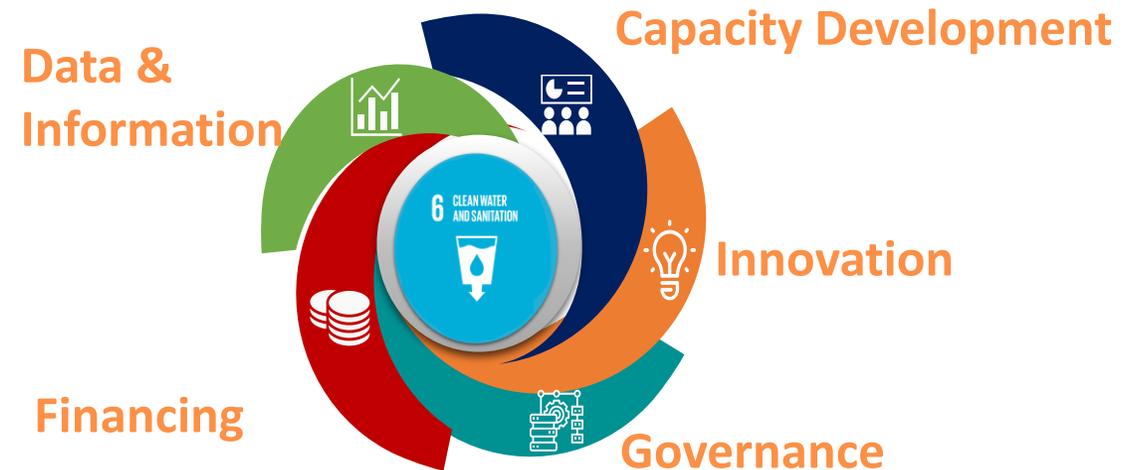


UN 2023 WATER CONFERENCE

Principaux défis liés à l'eau au XXIème siècle

- **La raréfaction de l'eau** : conditions de stress hydrique en raison de la demande croissante en eau, la mauvaise gestion et l'impact du changement climatique.
- **Détérioration de la qualité de l'eau**
- **Sécurité alimentaire et agriculture**
- **Catastrophes liées à l'eau**
- **Gouvernance et gestion de l'eau**
- **Les conflits liés à l'eau – les eaux partagées**
- **L'énergie et l'eau**

UN SDG 6 Global Acceleration Framework



JOINT UN-WATER ACTION PROGRAMME ON GROUNDWATER MONITORING

SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES-

L'objectif principal du programme d'action conjoint est d'améliorer le processus de surveillance (y compris la conception du réseau, le traitement et la gestion des données, les dispositions institutionnelles, etc.), d'accroître la disponibilité des données et des informations.

VULNERABILITE

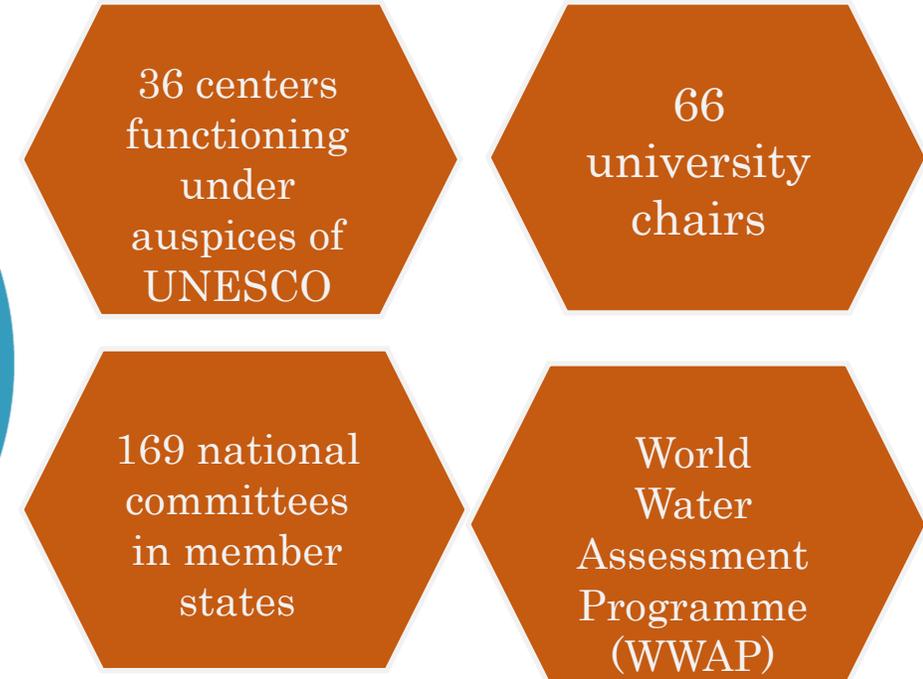
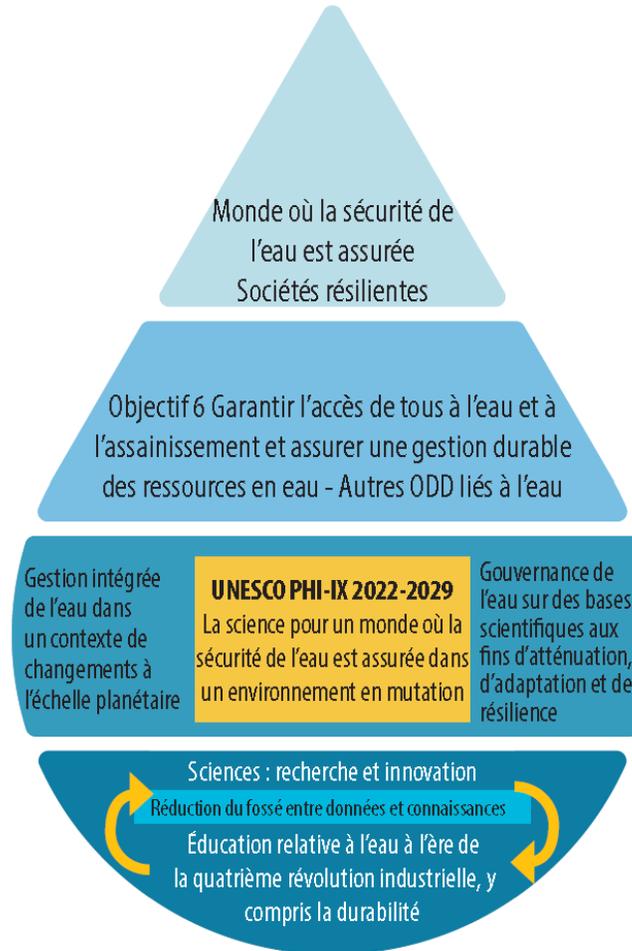
Une attention accrue à l'étude et à la compréhension de la vulnérabilité des aquifères (IAEA-UNESCO Lab programme)

UNE MENTION PARTICULIÈRE :

Les aquifères profonds sont des réserves stratégiques de ressources en eau qu'il est nécessaire de protéger et de gérer avec soin pour assurer le développement socio-économique actuel et futur des sociétés sur le territoire où ils se trouvent.

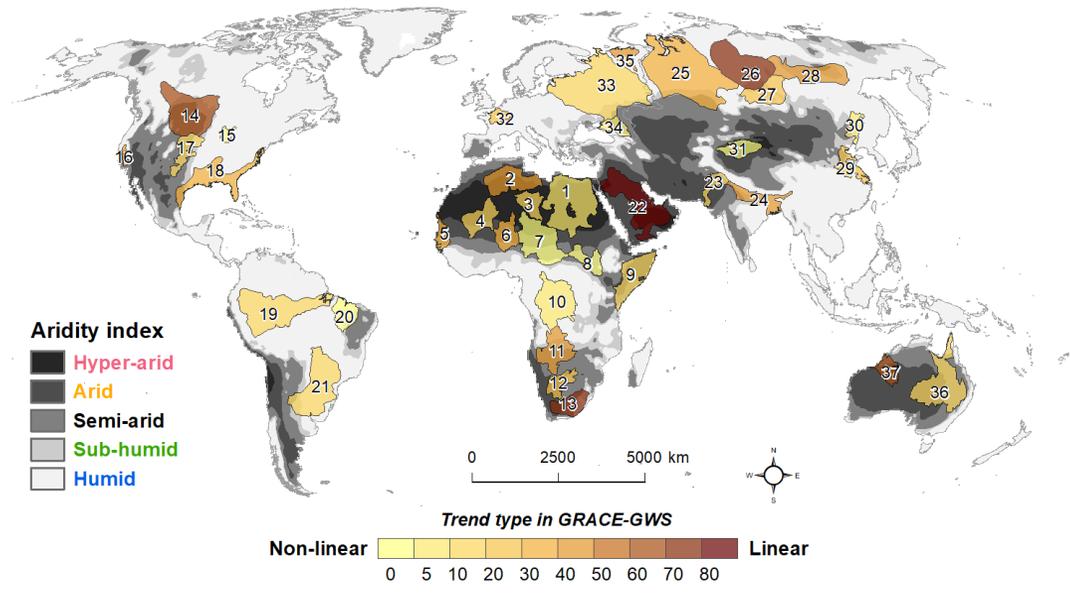
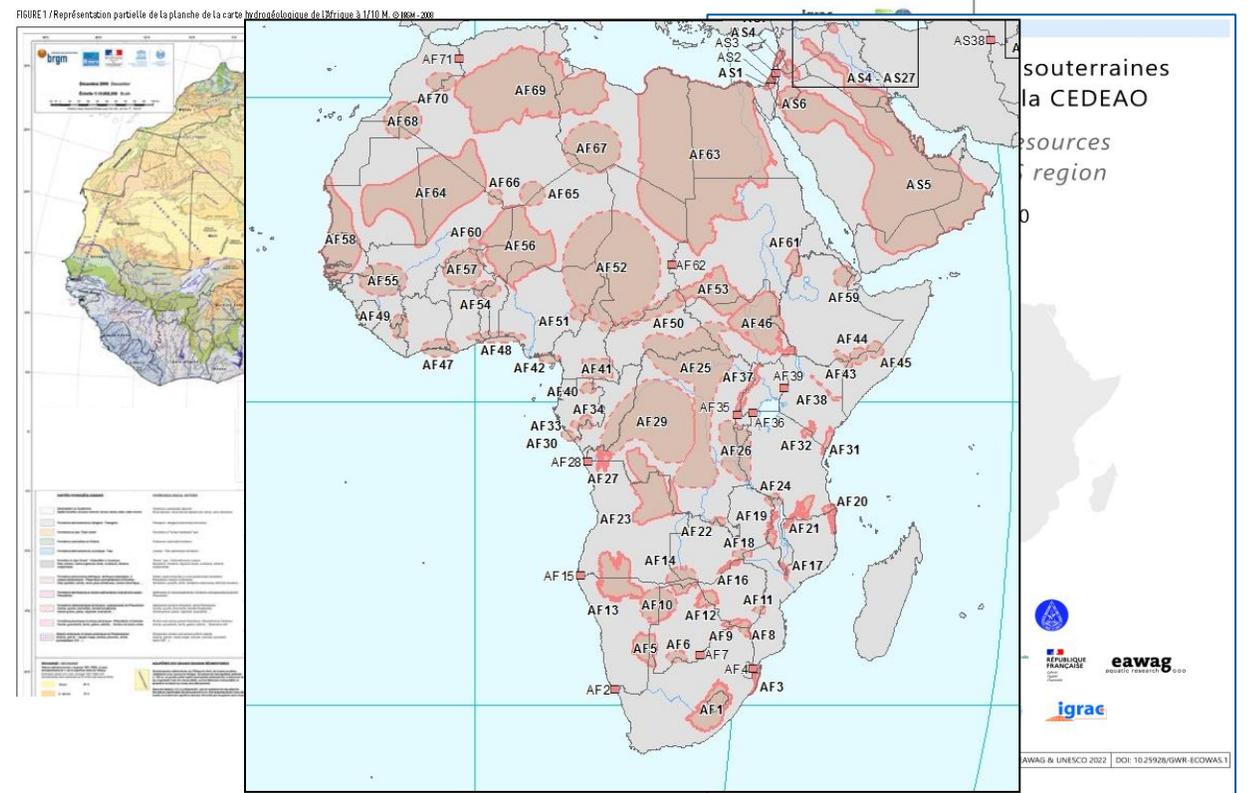
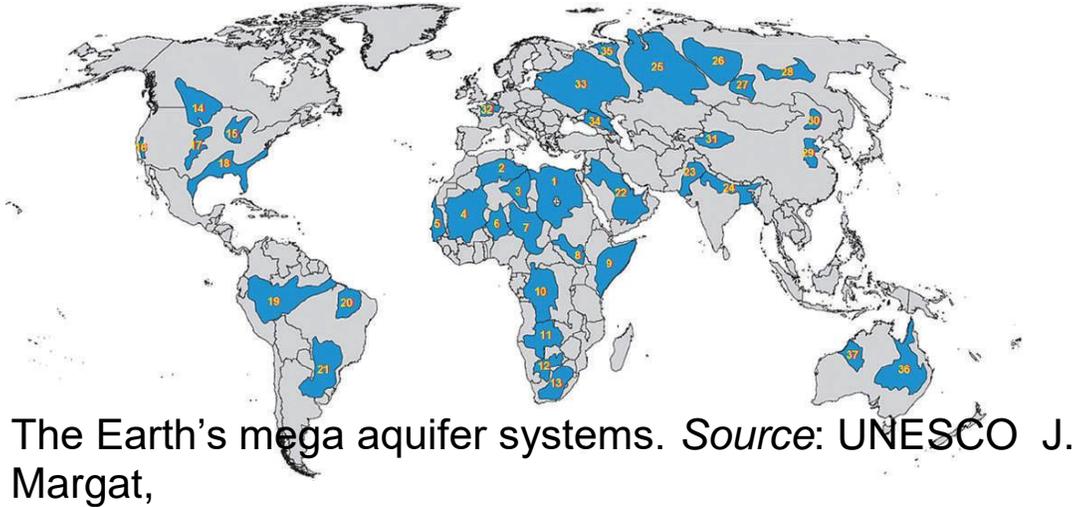


Le Programme hydrologique intergouvernemental (PHI) de l'UNESCO,

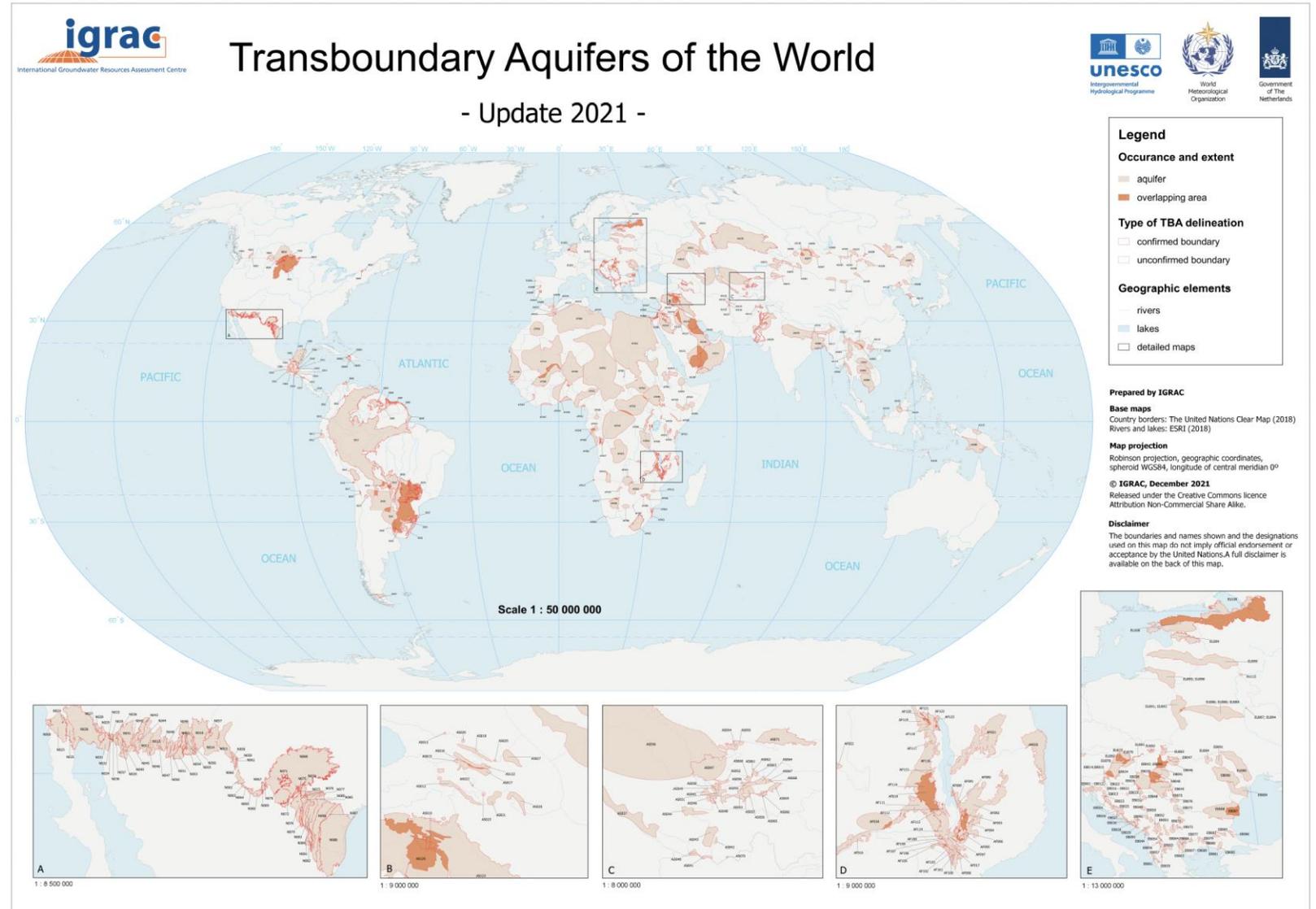
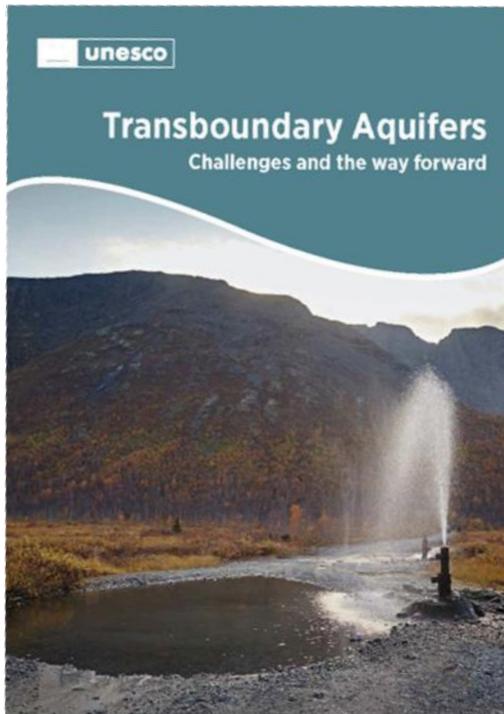


Le Programme hydrologique intergouvernemental (PHI) de l'UNESCO reconnaît que la sécurité de l'eau est un défi majeur pour le 21e siècle et s'efforce d'établir une base de connaissances scientifiques pour la gestion et la gouvernance des ressources en eau et facilite l'éducation et le renforcement des capacités.

Les études de l'UNESCO sur les aquifères profonds de la planète ont commencé à la fin des années 70, au cours de la première « Décennie de l'eau ».



- ✓ La dernière version de la carte mondiale UNESCO/IGRAC répertorie plus de 460 aquifères.
- ✓ 153 pays partagent une rivière, un lac et/ou un aquifère
- ✓ 40% des ressources disponibles mondiales sont transfrontalières





UNECE

Résultats de la 2ème évaluation sur l'Objectif de développement durable 6 - coopération

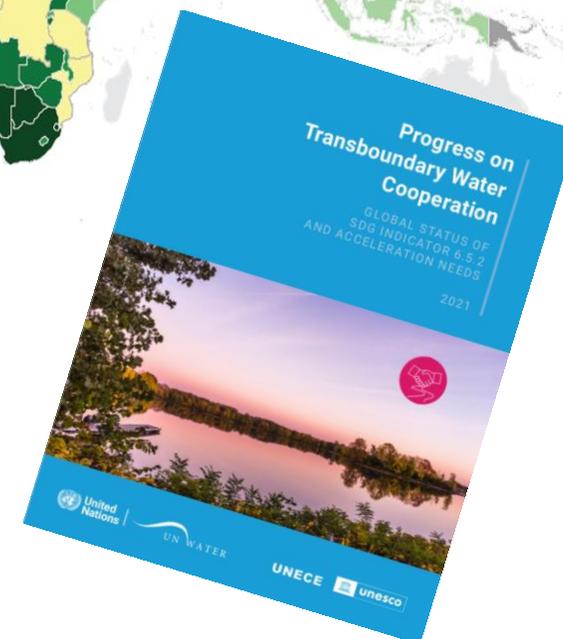
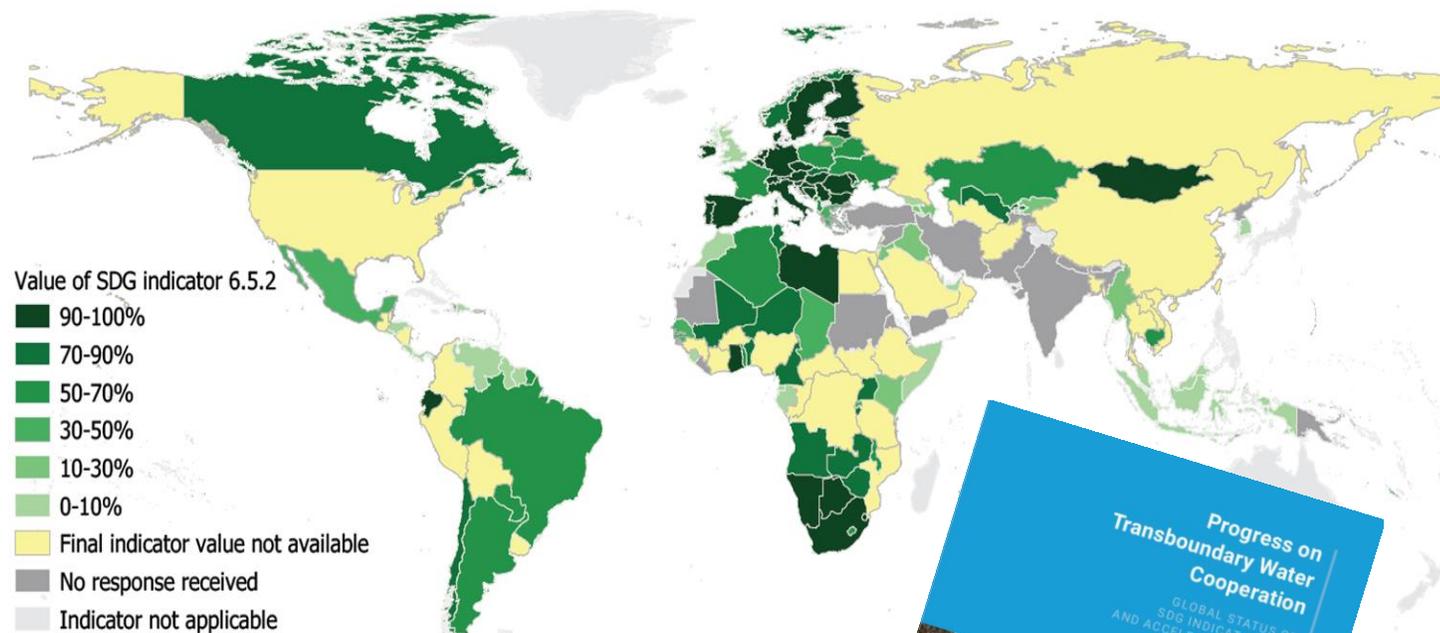
Indicateur 6.5.2 Proportion de l'aire des bassins / aquifères transfrontaliers avec un arrangement opérationnel de coopération sur l'eau

Niveaux élevés d'engagement

- En 2020, 129 sur 153 pays ont soumis des rapports.

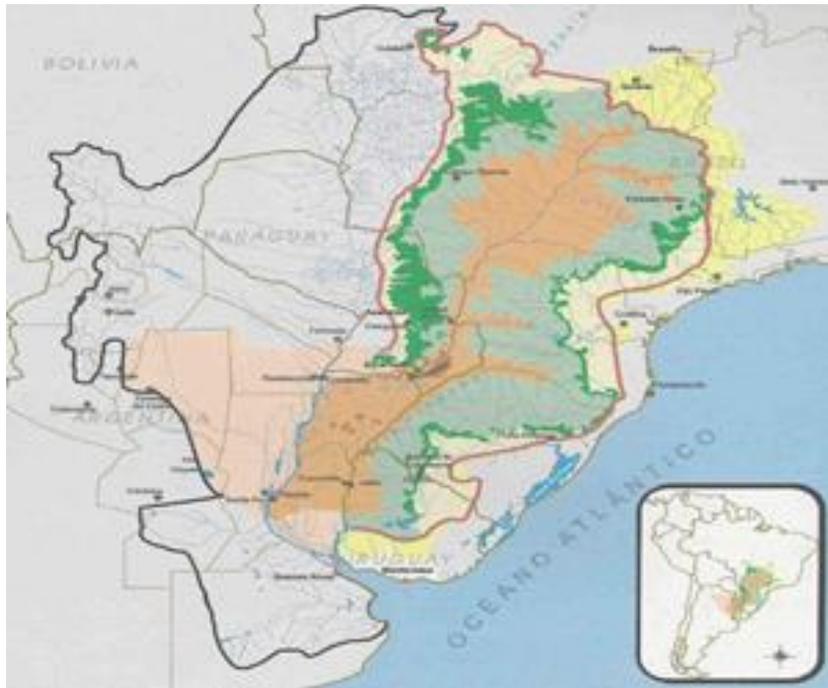
Cependant,

- Seulement 24 pays déclarent que toutes les eaux transfrontalières sont couvertes par des arrangements opérationnels.
- **Connaissance insuffisante des systèmes aquifères.**
- Une occasion sans précédent pour les pays de prendre en compte leurs aquifères transfrontaliers dans un processus officiel.



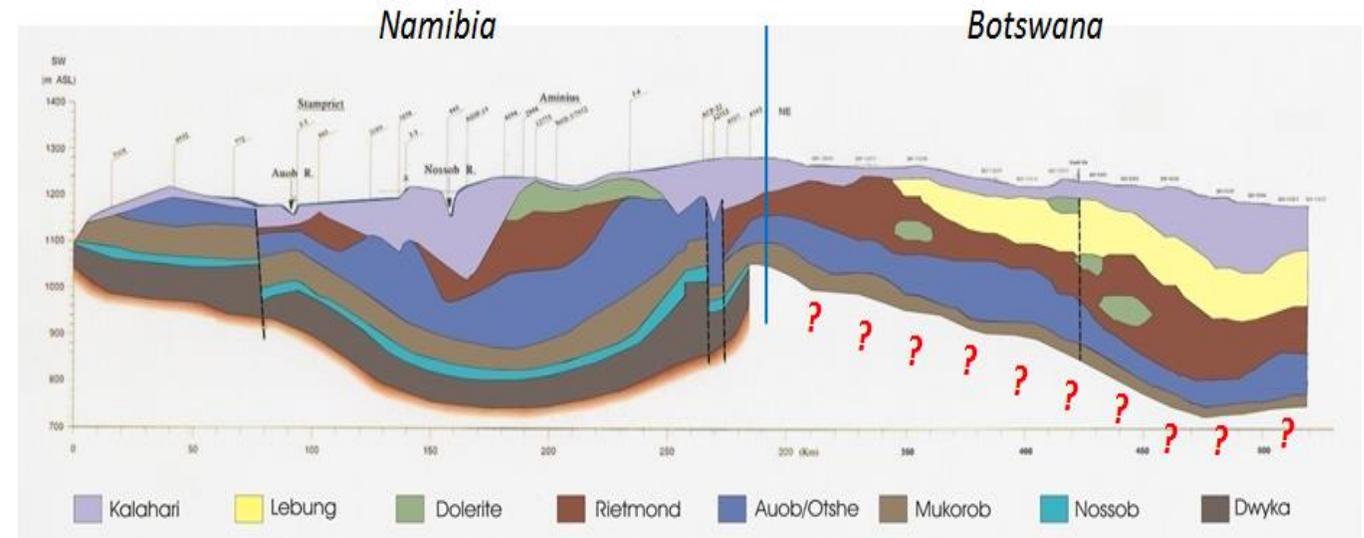
Exemples de projets dédiés à des (grands) aquifères confinés et enjeux associés

Aquifère Guarani (Argentine, Brésil, Paraguay, Uruguay) - Un accord pour un grand aquifère confiné qui sert de cadre à une gestion des enjeux transfrontaliers locaux (hotspots, affleurements...)



Stampriet Aquifer (Botswana, Namibia, South Africa)

Le rôle clé du partage de données et des systèmes d'information.
Un mécanisme de coopération dans le cadre d'un organisme de bassin



- Connaissance scientifique du fonctionnement des ces systèmes comme point d'entrée pour la coopération.
- Etablissement de cadre de gouvernance pour améliorer cette connaissance et prévenir les impacts transfrontaliers à l'échelle locale.
- **Mécanismes de coopération**

Un projet où la gestion conjointe est explorée à différentes échelles

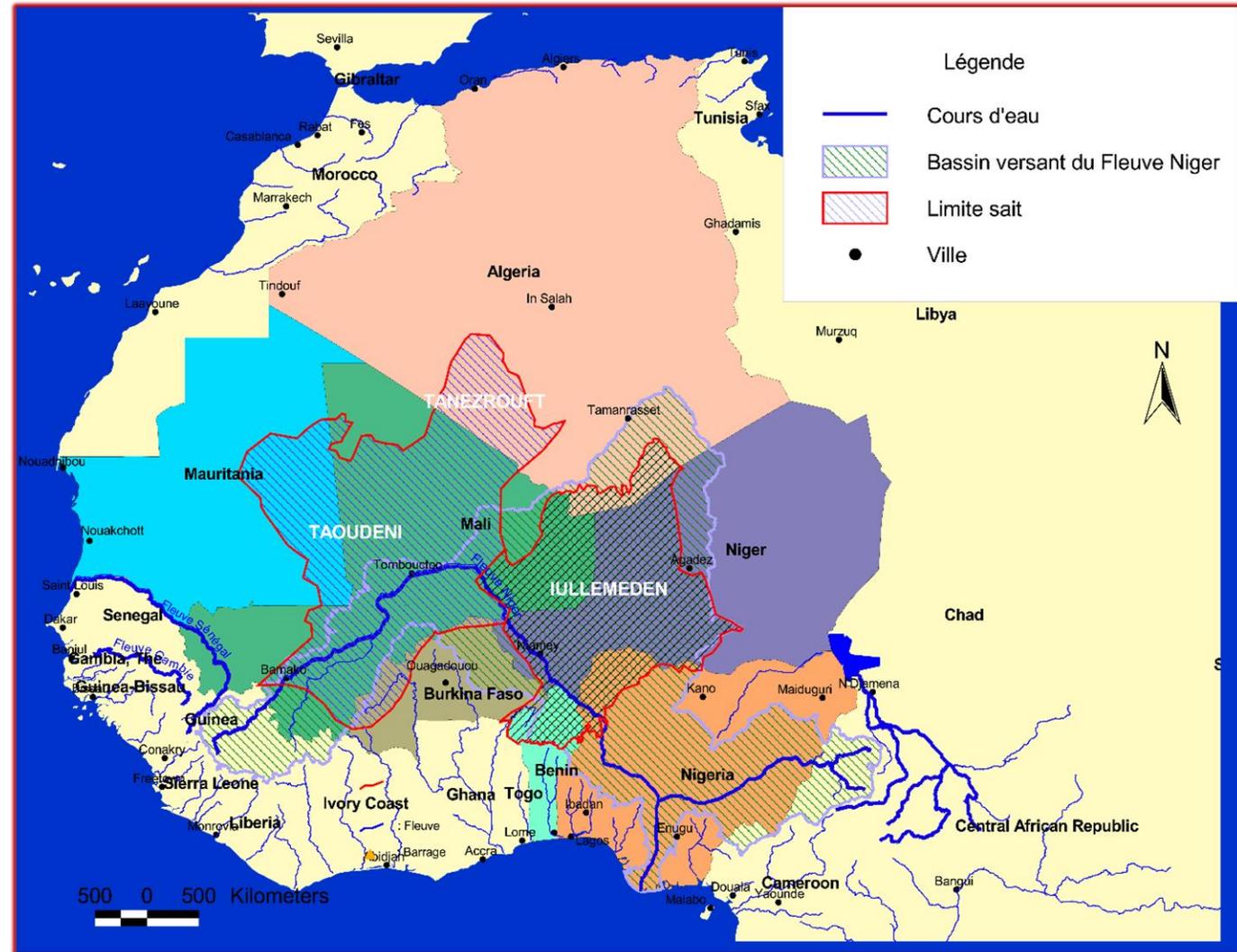
UNESCO-UNEP project: improving Knowledge based Management and Governance of the Niger Basin and the Iullemeden Taoudeni Tanezrouft Aquifer System(ITTAS)

Gestion conjointe

Promotion d'une gestion conjonctive des eaux souterraines et de surface.

TĀOUDENI/TANEZROUFT: Algérie, Bénin, Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger, Nigeria

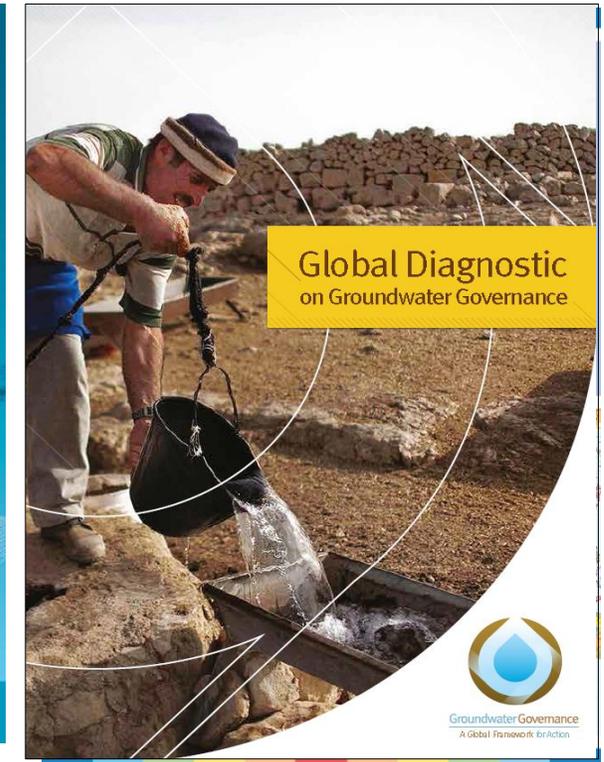
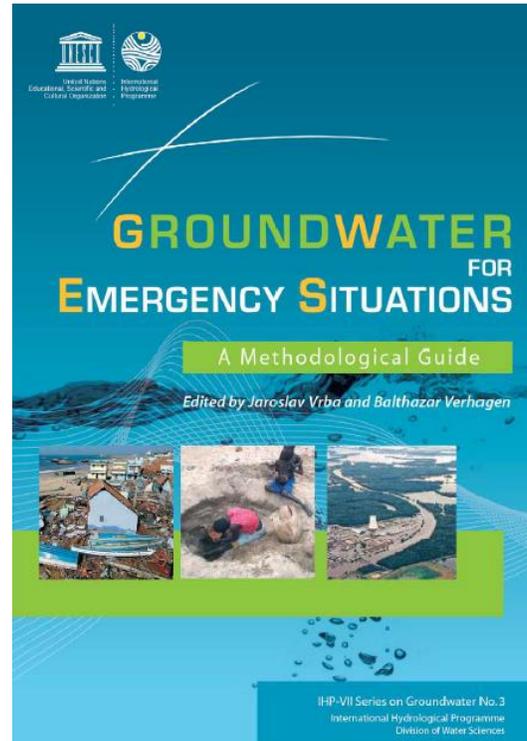
Bassin Fleuve Niger: Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Cote d'Ivoire, Guinée, Mali, Niger, Nigeria, Tchad



Publications cadres ou récentes pour le partage de principes de gestion des aquifères

Lignes d'action / Gouvernance

- ✓ Données, informations et connaissances
- ✓ Science ouverte - données ouvertes publiques et privées
- ✓ Sensibilisation et promotion
- ✓ Institutions adéquates en charge du développement et de la gestion des ressources en eau
- ✓ Cadres juridiques et réglementaires appropriés
- ✓ Politiques de protection des ressources en eau
- ✓ Planification du développement et de la gestion des ressources en eau
- ✓ Action participative et collective de la part des acteurs régionaux.



Les scientifiques connaissent les problèmes, préparent des solutions et ont développé des techniques. Nous avons besoin de plus d'investissements dans l'étude, la gestion et la gouvernance des eaux souterraines dans de nombreux pays du monde. Il est évident que pour assurer la sécurité de l'eau au 21ème siècle, nous devons modifier notre système de production à tous les niveaux. La difficulté à court terme est d'adapter les politiques et la prise de décision afin de pouvoir prendre en compte le changement que notre société doit entreprendre

Un nouveau cadre de gouvernance des eaux souterraines à l'échelle mondiale, transfrontalières et au niveau national

L'UNESCO travaille en particulier sur les questions des aquifères profonds transfrontaliers au niveau international.

Effet miroir

les mêmes défis liés aux questions de coordination et de coopération et à l'optimisation de l'utilisation des ressources peuvent être rencontrés et reflétés au niveau national.

Le processus de prise de décision et d'élaboration des politiques qui doit tenir compte de multiples facettes lors de la formulation des stratégies territoriales nationales.



MERCI



EAUX
SOUTERRAINES
ENJEUX STRATÉGIQUES
POUR LES ÉLUS

GESTION DES EAUX SOUTERRAINES : UNE PROBLÉMATIQUE MONDIALE



ENJEUX SOCIO/ÉCONOMIQUES ET VALEUR PATRIMONIALE DES EAUX SOUTERRAINES



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Geosciences pour une Terre durable

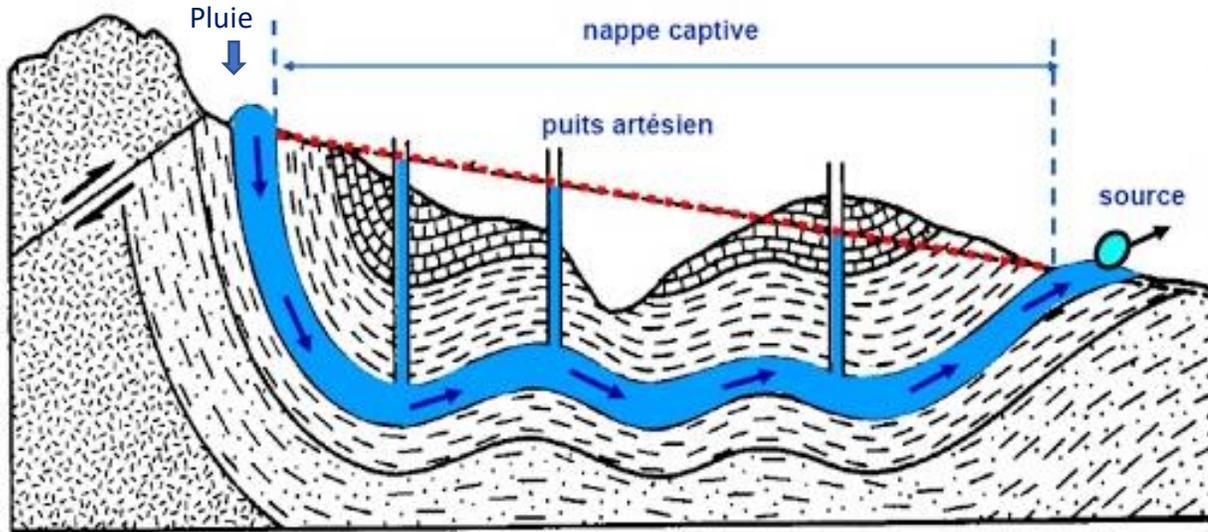
brgm

ENJEUX SOCIO/ÉCONOMIQUES ET VALEUR PATRIMONIALE DES EAUX SOUTERRAINES

Jean-Daniel Rinaudo
4 avril 2023

Introduction

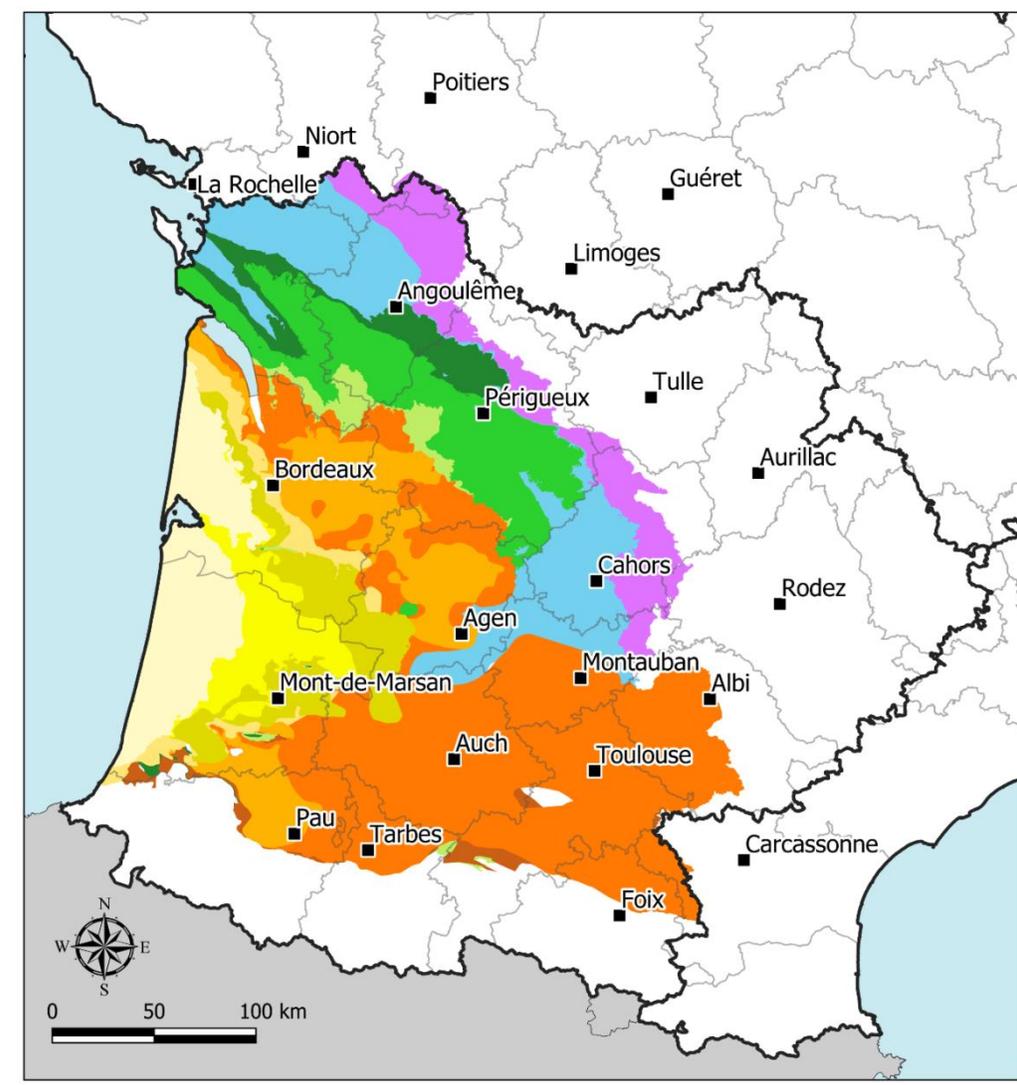
Nappes profondes : de quoi parle-t-on ?



Volume d'eau contenu dans les interstices d'une couche de **roche perméable** (souvent sable ou calcaire)

prise en sandwich entre deux couches imperméables (argiles, marnes)

Profondeur: de la surface jusqu'à plusieurs centaines, voir milliers de mètres



50% du bassin dispose sous ses pieds d'une nappe profonde (73 500 km²)

1. UN PEU D'HISTOIRE



Un peu d'histoire

Les puits jaillissants



Diodore, évêque de Tarse, mort en 390



Ibn Kaldoun, Afrique du Nord
XIVème siècle



Puits peu profonds, réalisés à la main

Naissance de l'hydrogéologie ...

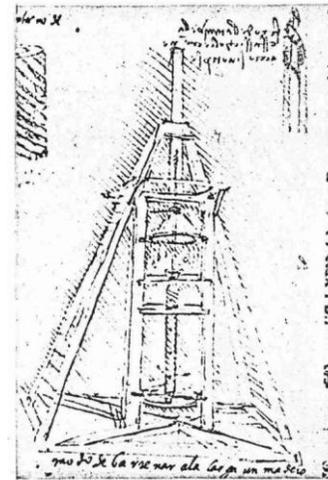
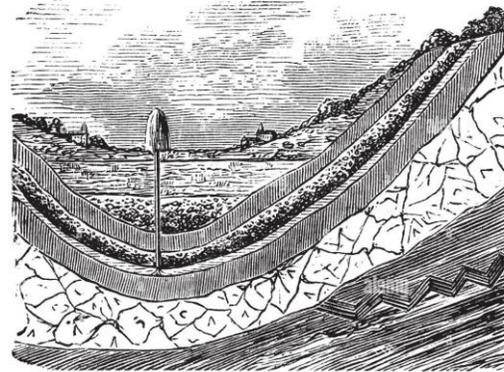
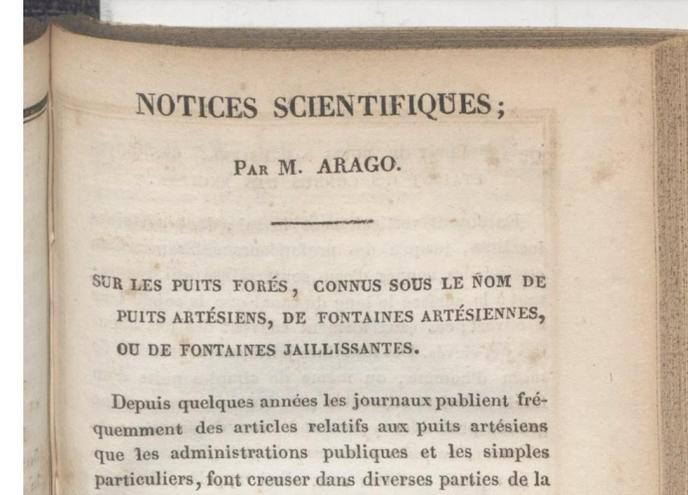


Fig. 3 - Sonde de Léonard de Vinci (1500)
Extrait de "History of Petroleum Engineering"

... et de la technique du forage

(machine à forer de Léonard de Vinci)



La science s'empare du sujet :
Ouvrage de référence d'Arago (1834)
« Les puits forés connus sous le nom de puits artésiens, de fontaines artésiennes ou de fontaines jaillissantes »

La technique progresse

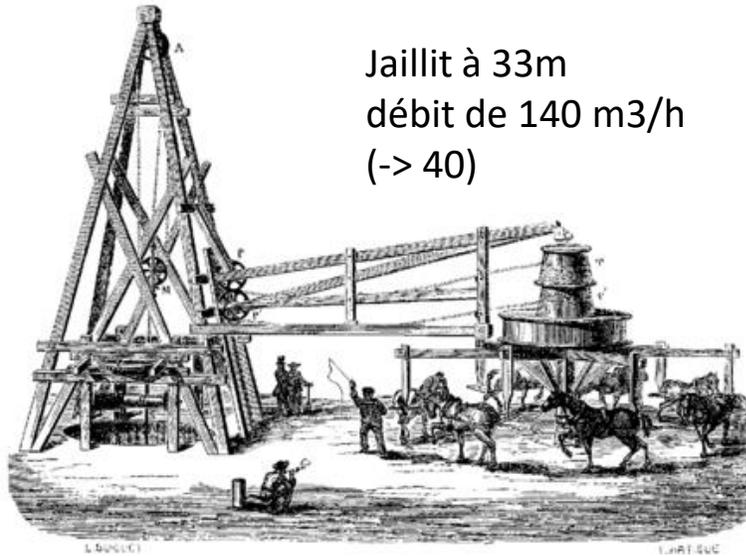
- **1750** – 40m en Artois
- **1827**: 167 m à Paris
- **1831**: 548m à Paris
- **1846** – système Fauvelle – 170m en 14 jours à Perpignan

Un peu d'histoire

L'épopée des forages artésiens à l'Albien

26 février 1841
7 ans de travaux
548 m de profondeur

Jaillit à 33m
débit de 140 m³/h
(-> 40)



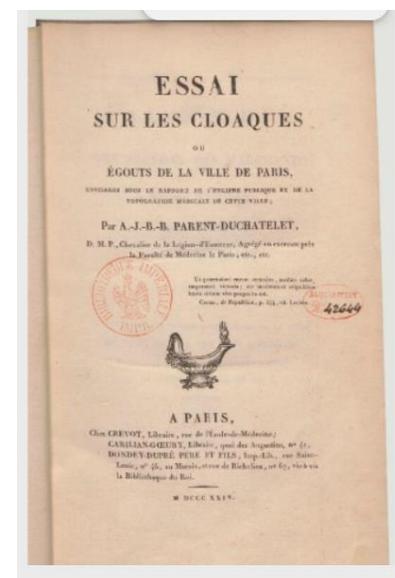
Une eau propre
sans transport
sans pompage
inépuisable



Fig. 6 - La colonne artésienne du Puits de Grenelle Extrait du "Monde Illustré, N° 15 - 25-7-1857



Canal de l'Ourcq
(eau non potable)



Début de la période hygiéniste

- Alimentation eau potable = problématique majeure
- 1826-48: choléra
- 1852: construction des égouts
- 1853-70 : aménagement de Paris par Haussman 1856-1900 : 600 km aqueduc par Belgrand



Pompe de la Samaritaine :
eau de Seine

Un peu d'histoire

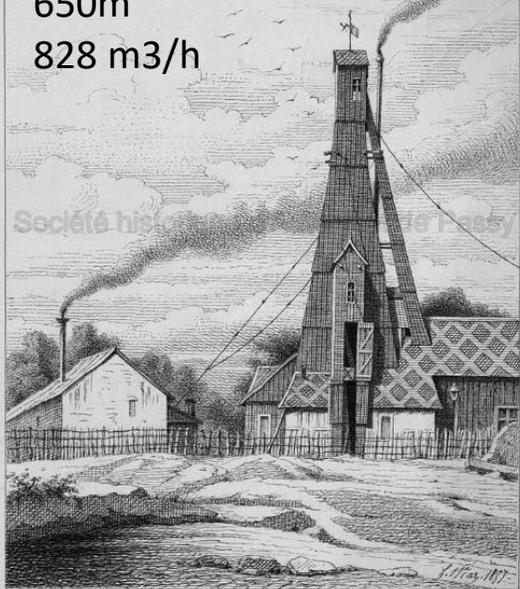
L'épopée des forages artésiens à l'Albien

1855-1861

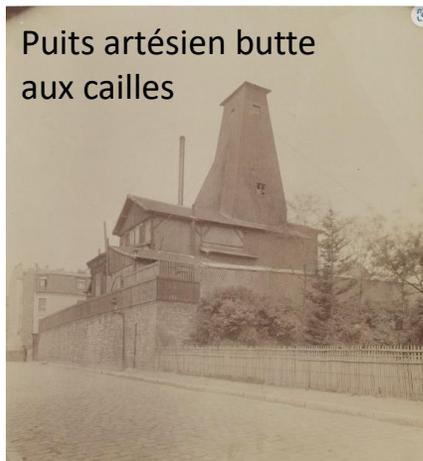
Puits artésien de Passy

650m

828 m³/h



Puits artésien butte
aux cailles

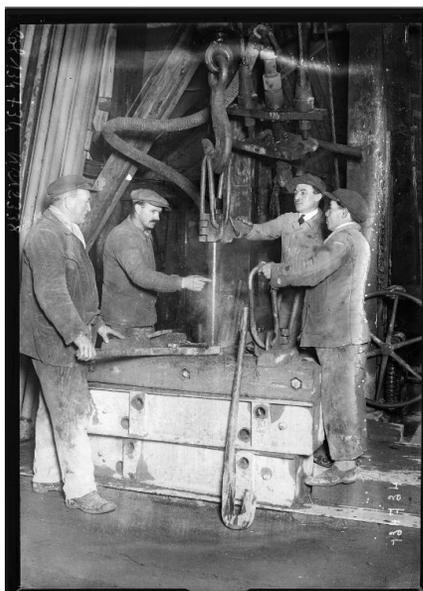


Une nouvelle ressource pour l'alimentation en eau potable

- **Normandie** : Rouen, Elbeuf, 1839, Eu-Mers-Le Tréport 1894; Le Neubourg, 1895 ;Triquerville 1902 ; Pont de l'Arche, 1904
- **Paris** (réseau bornes fontaines 1839, Aulnay sous bois



Photo 4. Grande cascade du Bois de Boulogne.



Aulnay-sous-bois 831 m



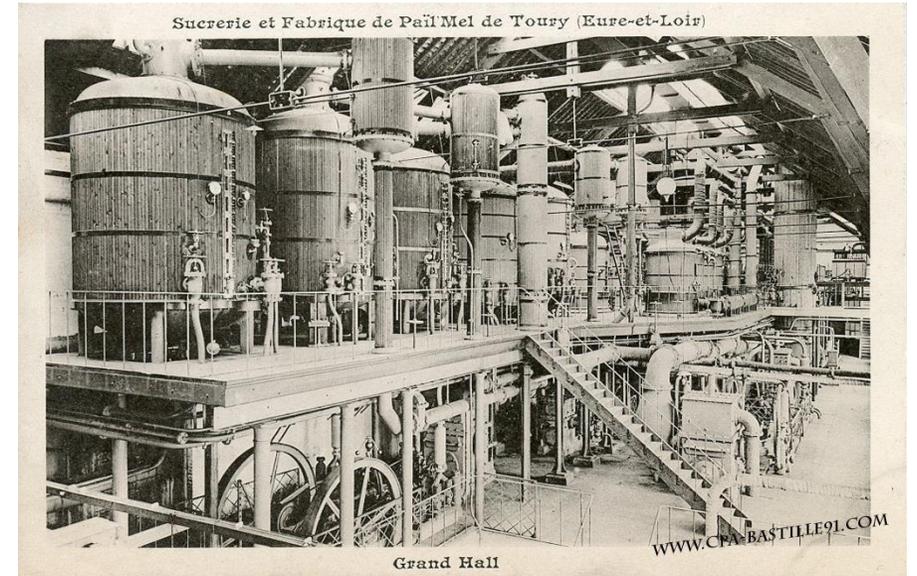
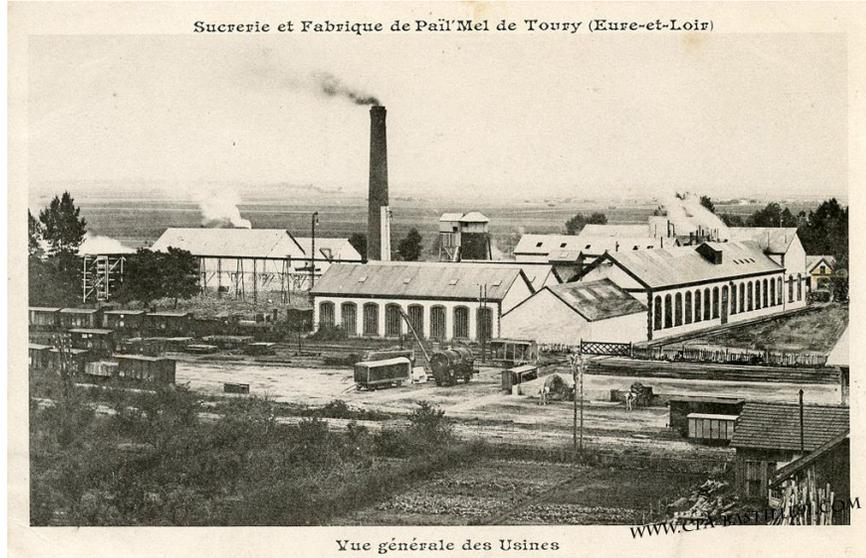
AULNAY-s/-BOIS — Le Puits Artésien

Un peu d'histoire

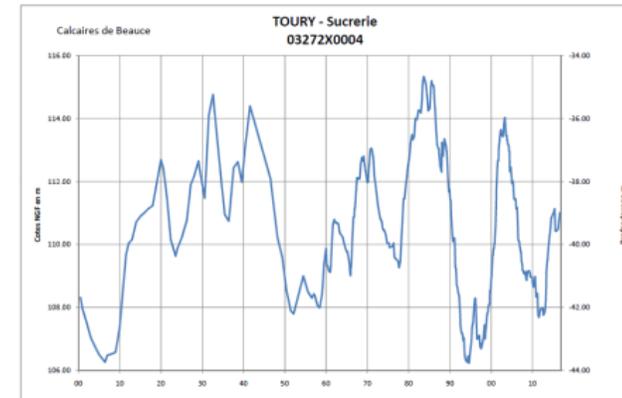
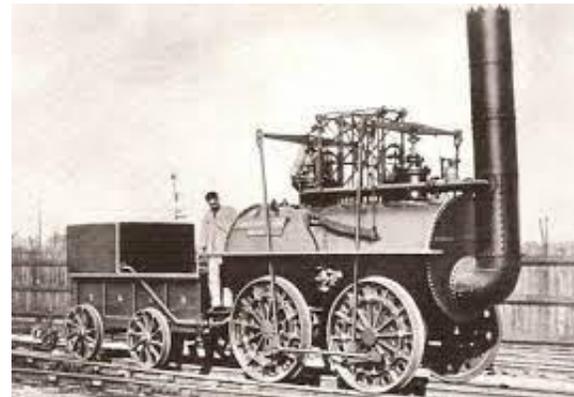
L'usage industriel

Chemins de fer
Papeteries
Sucrieries
Laiteries

1865 – 1869
Raffinerie Say, Paris (13^{ème})
Forage artésien - 580m



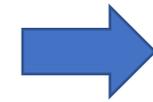
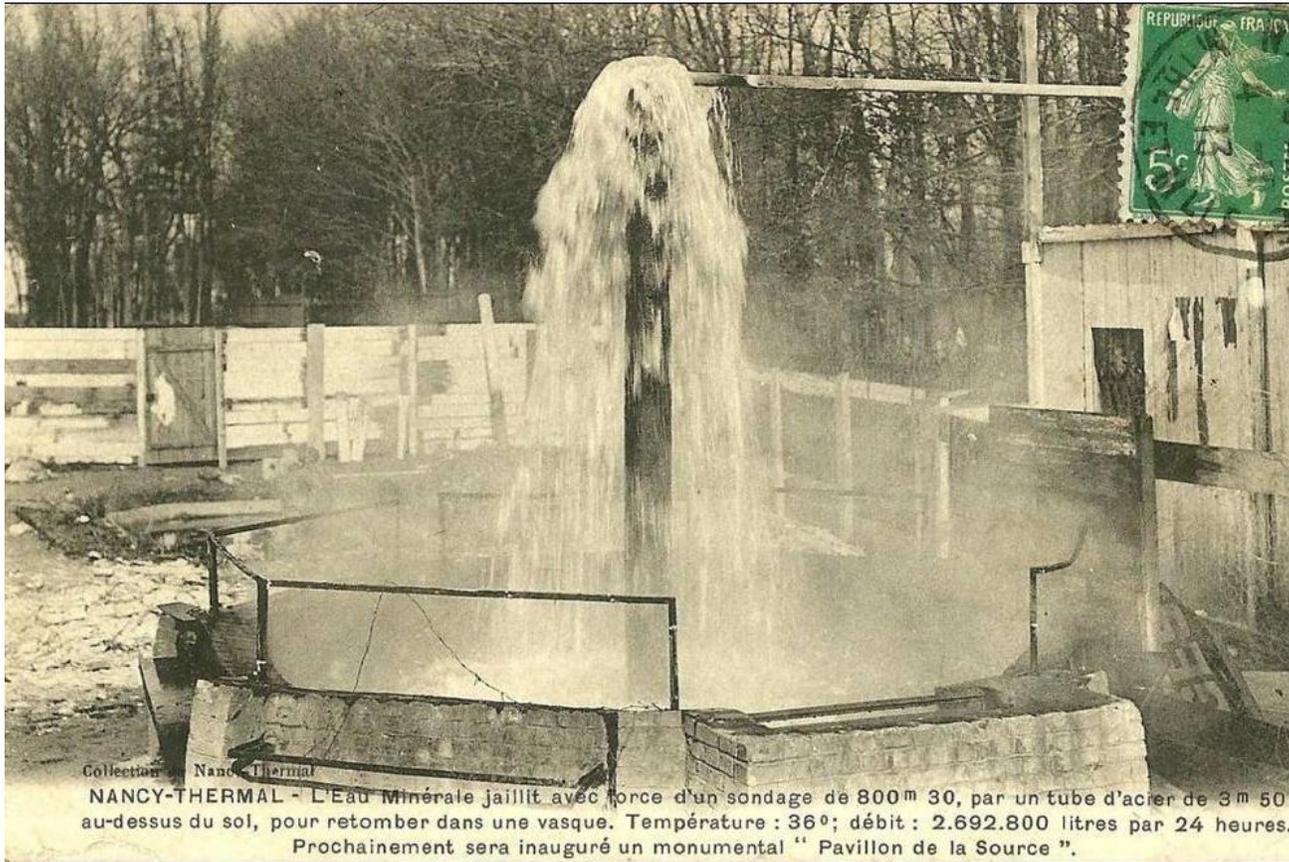
La sucrierie de Toury, Eure et Loir exploite un forage profond dont elle assure le suivi piézométrique depuis 1875



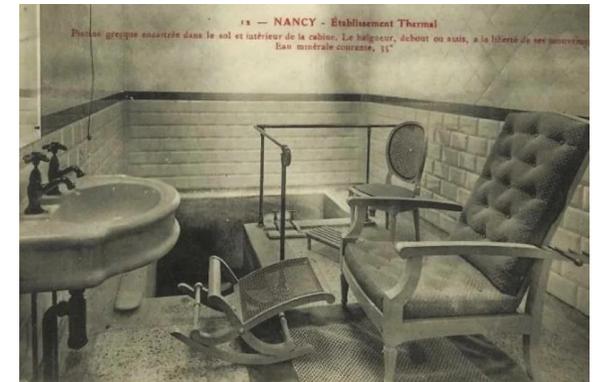
Un peu d'histoire

L'usage thermal

1909 : forage artésien dans la nappe des Grès du Trias inférieur à Nancy: 36°C



Activité économique



Un peu d'histoire

Le grand boom des forages

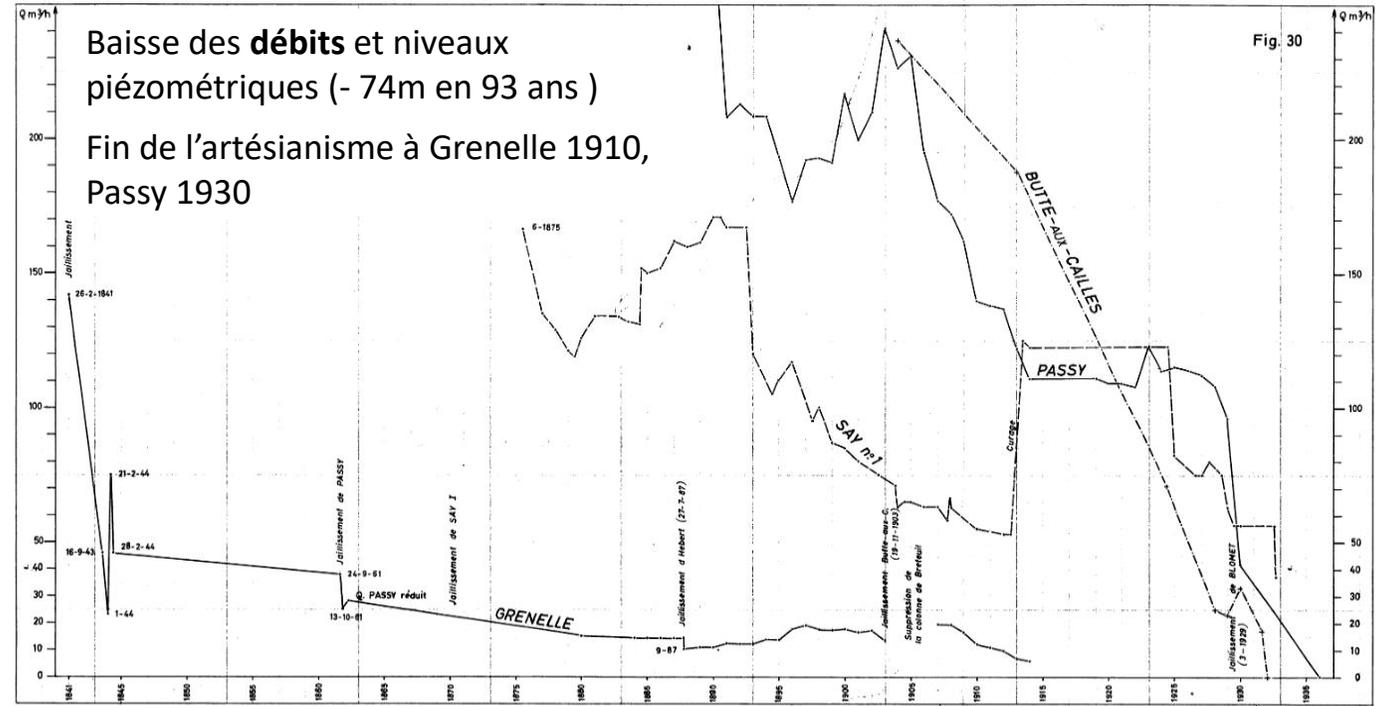
1^{er} puits pétrolier 1859



➔ Progrès des techniques de forage ➔



Multiplication des forages profonds = 21 forages à l'Albien en 5 ans



Grands projets d'exploitation intensive des eaux souterraine par 100 forages à Paris (sécurisation AEP, eau minérale du bassin de Lutèce)



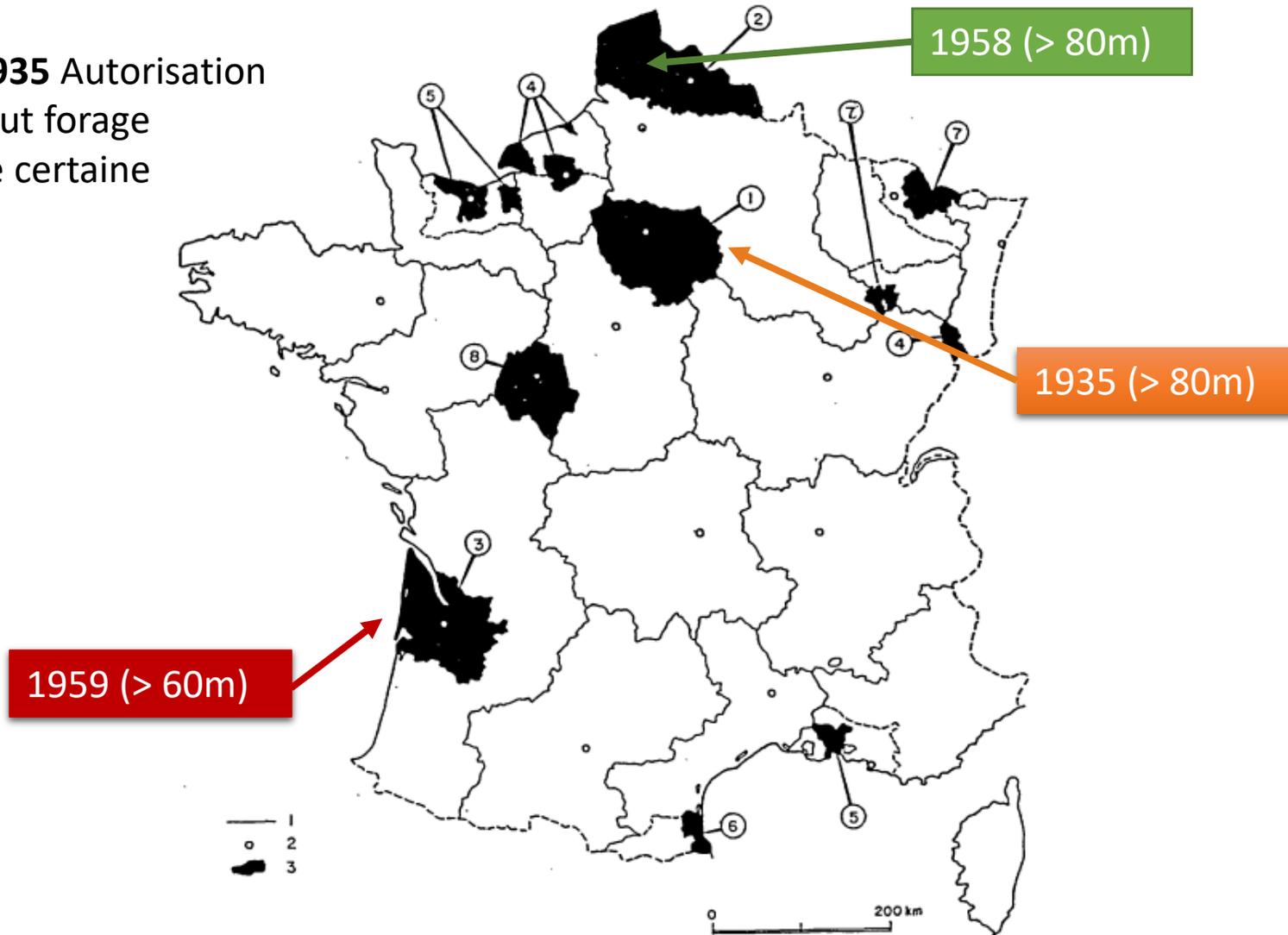
1^{ère} réglementation : le décret loi de 1935



Un peu d'histoire

La première réglementation

Décret loi de 1935 Autorisation
requise pour tout forage
supérieur à une certaine
profondeur





**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

LES SERVICES RENDUS ET VALEUR ÉCONOMIQUE DES NAPPES PROFONDES

Alimentation en eau potable

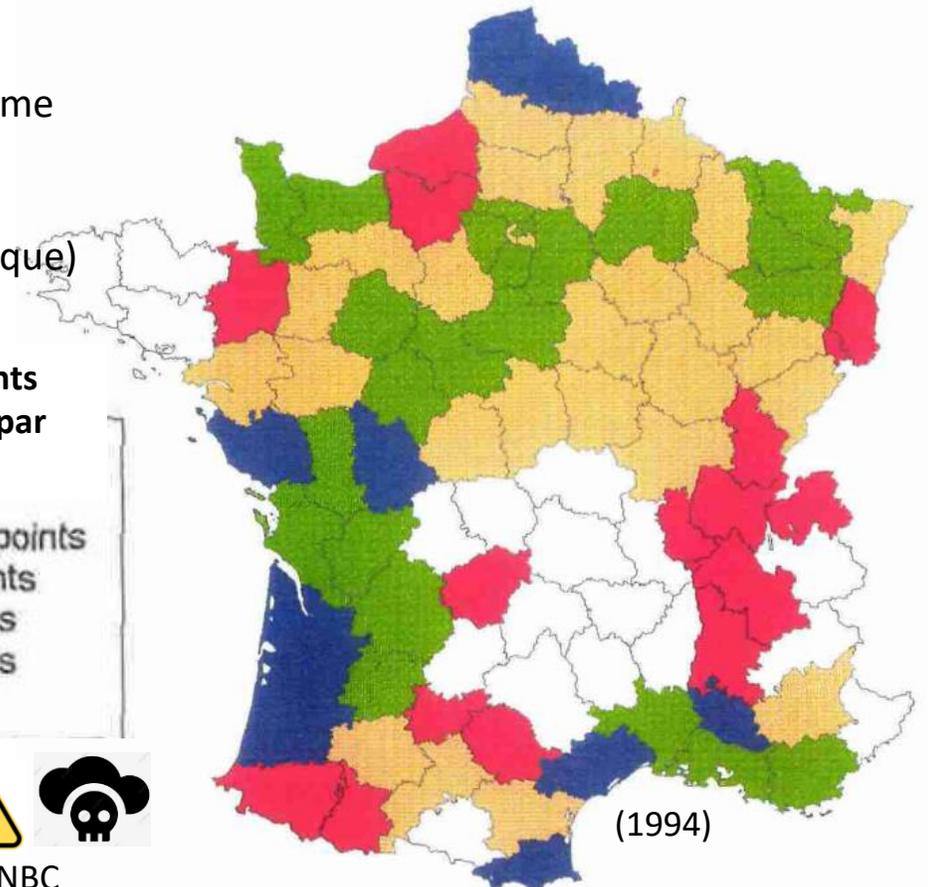
Une infrastructure naturelle

- Filtration naturelle (traitement)
- Protection naturelle (sécurité)
- Stockage naturel (réserve)
- Distribution naturelle (transport)



Une assurance

- **Risque sécheresse** – stock indépendant du climat – inertie – capacité tampon – réserve de secours
- **Risque de pollution majeure** – secours ultime (accident ou conflit nucléaire, bactériologique, chimique)



Valeur économique

Activités exigeant une qualité d'eau spécifique

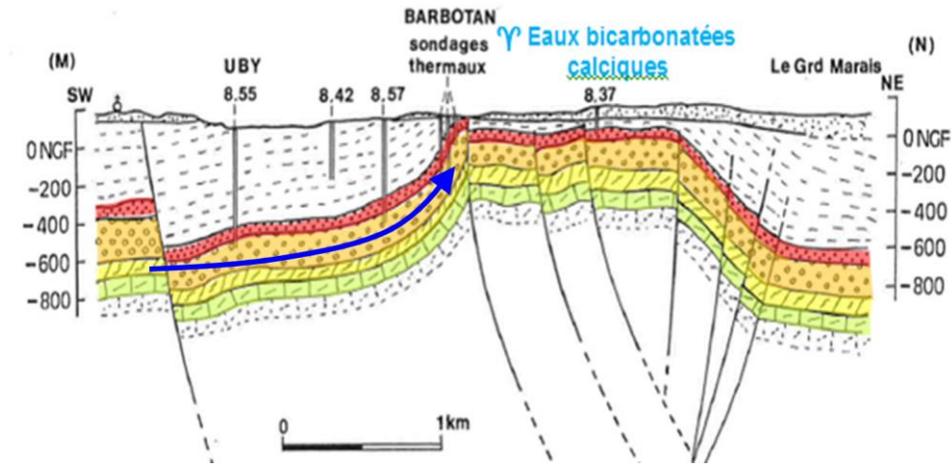
Faible minéralisation :
lavage des puces IBM (Albien)



Embouteillage d'eau



Forte valeur ajoutée par mètre cube utilisé !



Minéralisation et température
(thermalisme)

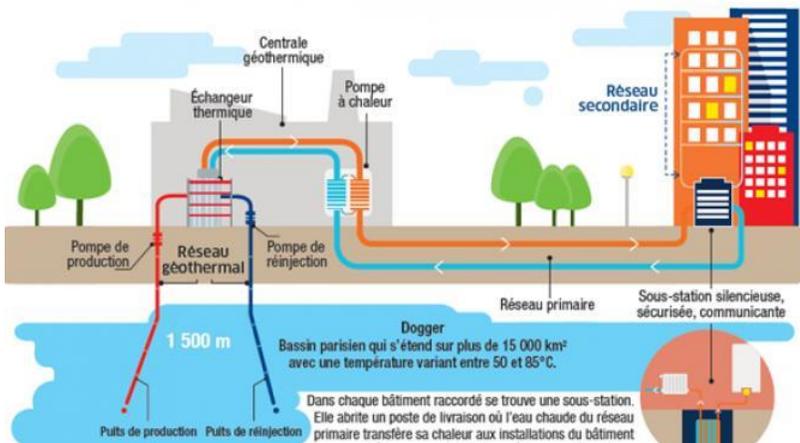


Valeur économique Géothermie

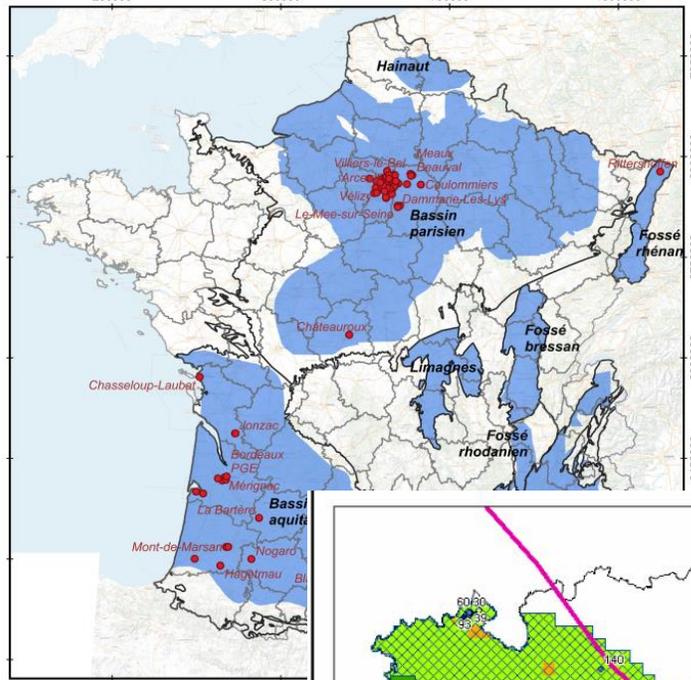
Maison Radio France (1964) chauffée grâce à un puits artésien utilisant eau de l'Albien (27°C) prélevée à 550m



1 million de personnes chauffées en France (réseaux de chaleur urbains). 2 TWh



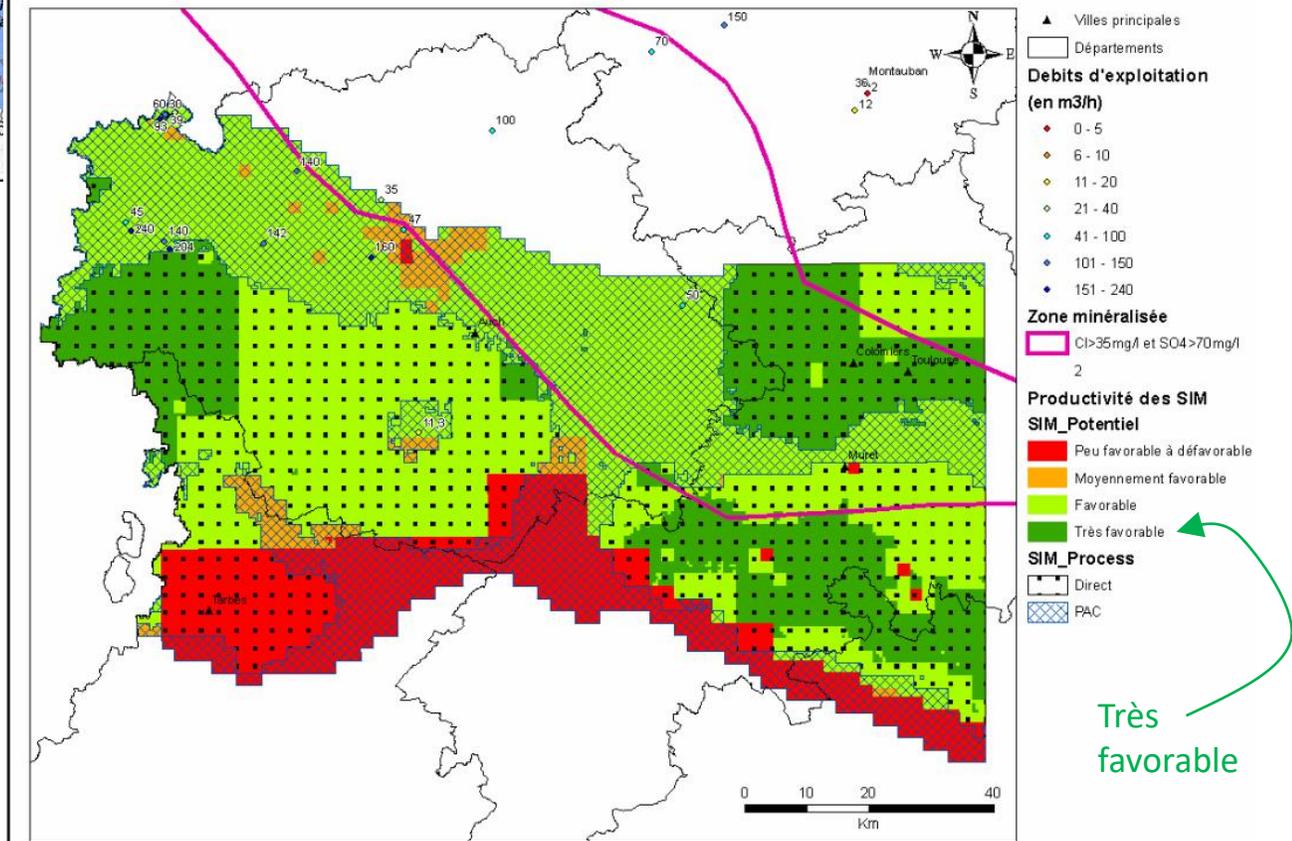
30 à 90°C



Ressources géothermiques en nappes profondes

Potentiel au niveau national

Potentiel au niveau local (nappe des sables Infra-mollassiques)



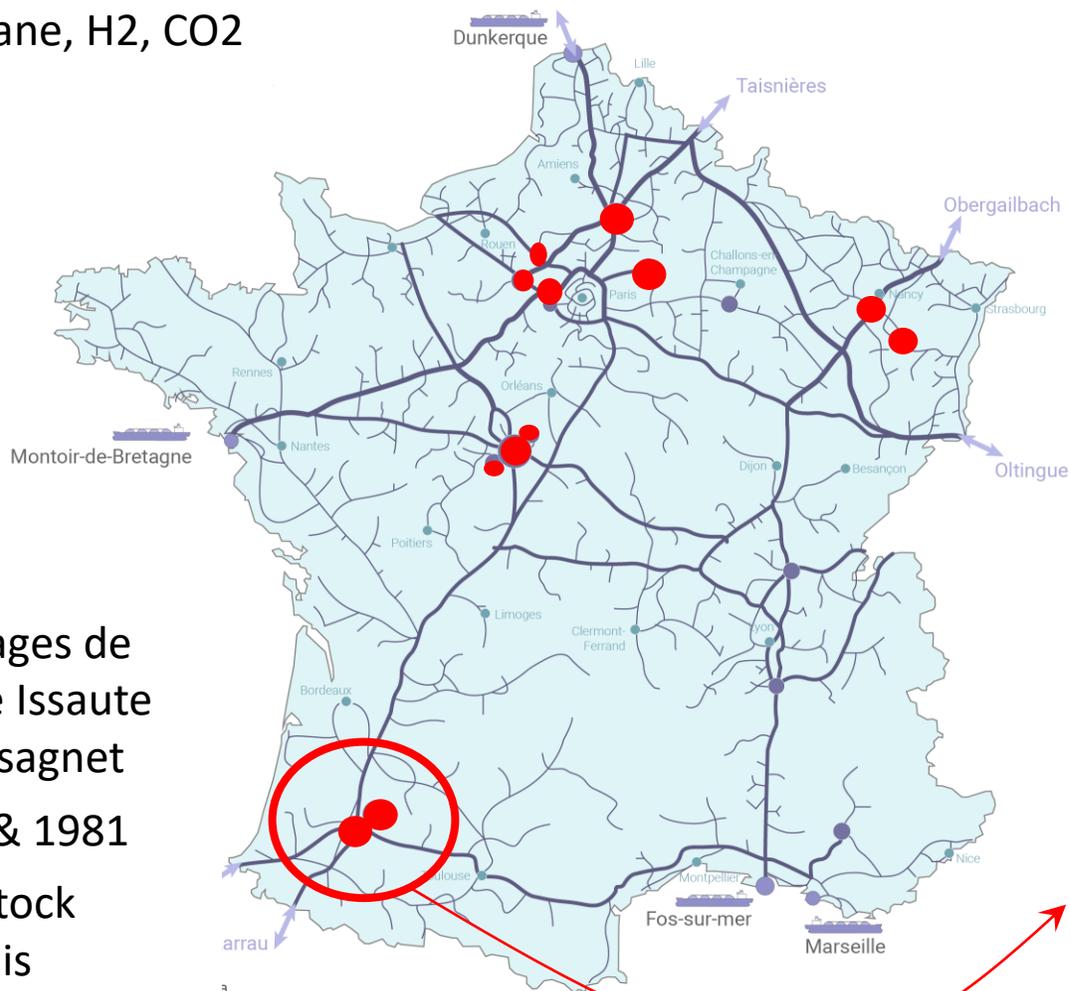
Très favorable

Valeur économique

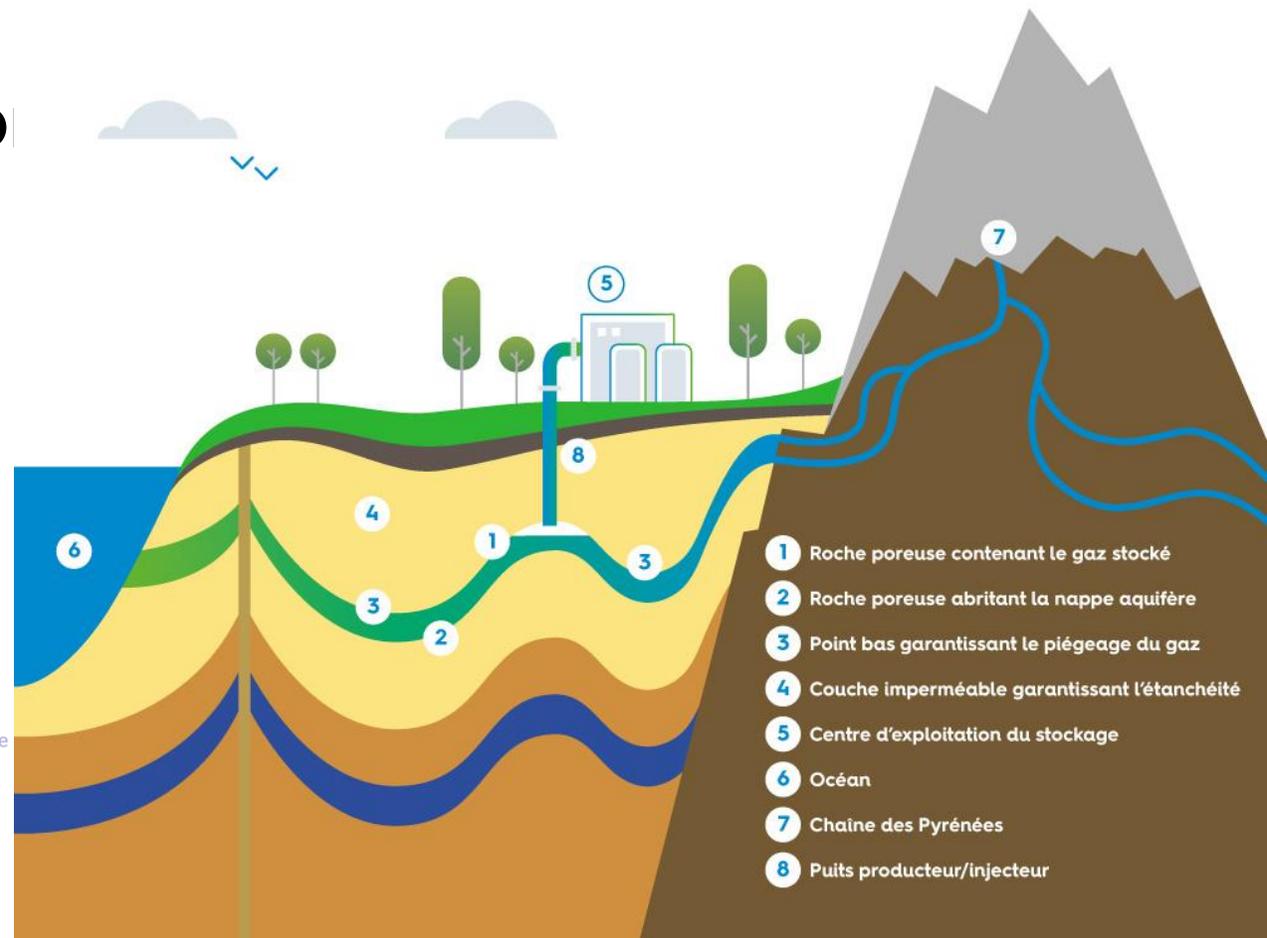
Stockage de gaz en nappes prof

Méthane, H2, CO2

...



Stockages de gaz de Issaute et Lussagnet
1957 & 1981
25% stock français



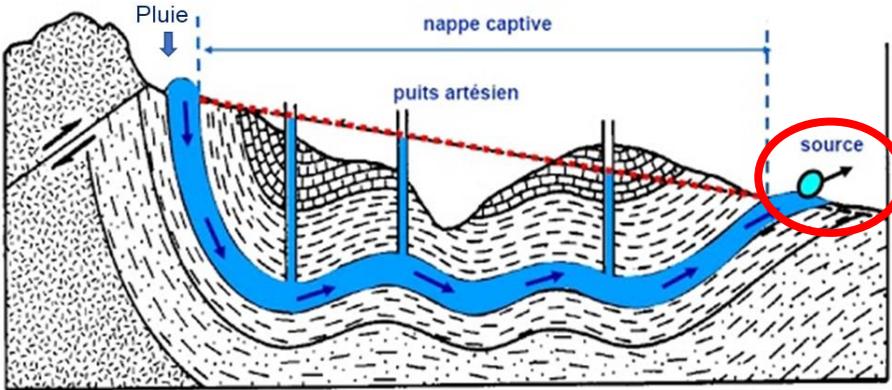
Gaz stocké dans une couche de roche poreuse contenant de l'eau.

Quand il est injecté, il repousse l'eau. Et lorsqu'il est soutiré, l'eau retrouve sa place

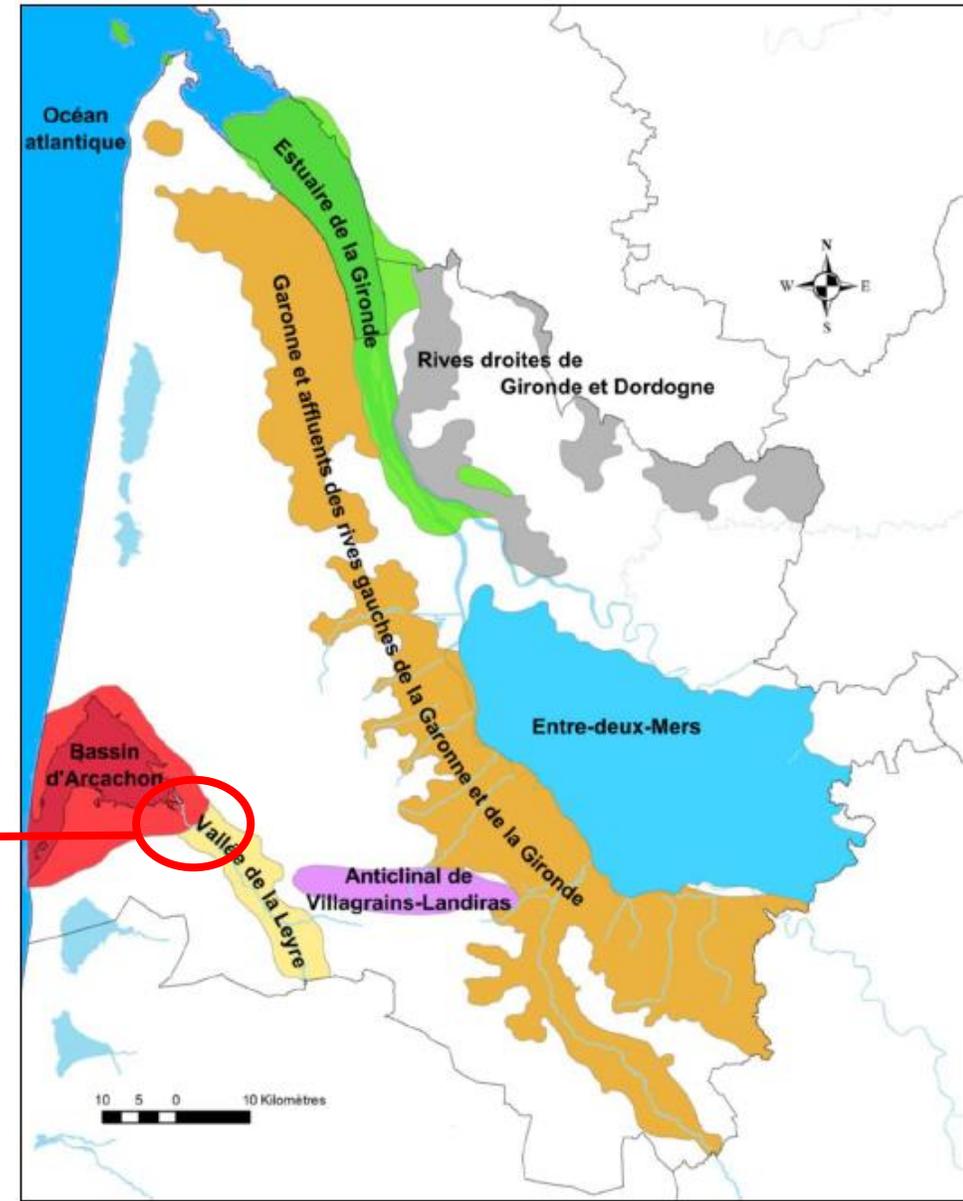
Une couche d'argile de 500 mètres assure l'étanchéité

Valeur économique

Ecosystèmes



Exutoires des nappes profondes



Delta de la Leyre



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

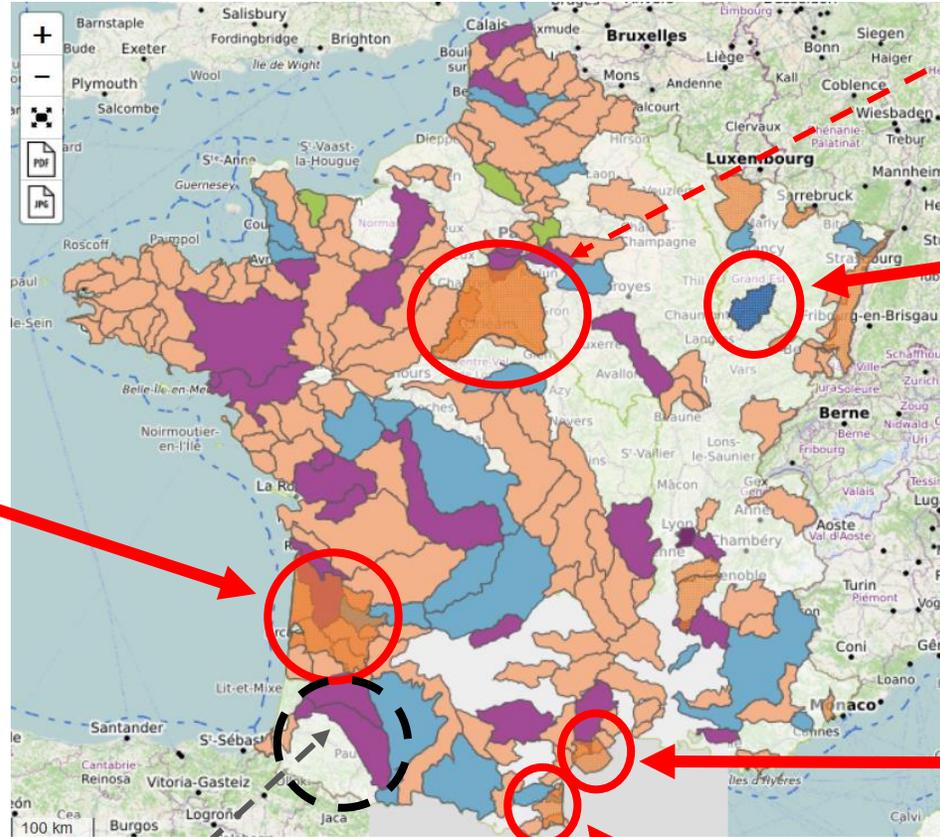


Géosciences pour une Terre durable

brgm

**QUELLES DISPOSITIONS DE GESTION
POUR CES NAPPES PROFONDES ?**

Quelques SAGE



Nappes de la Beauce

Nappes des Grès du Trias Inférieur

Nappes profondes de Gironde



Nappes des sables de l'Astien

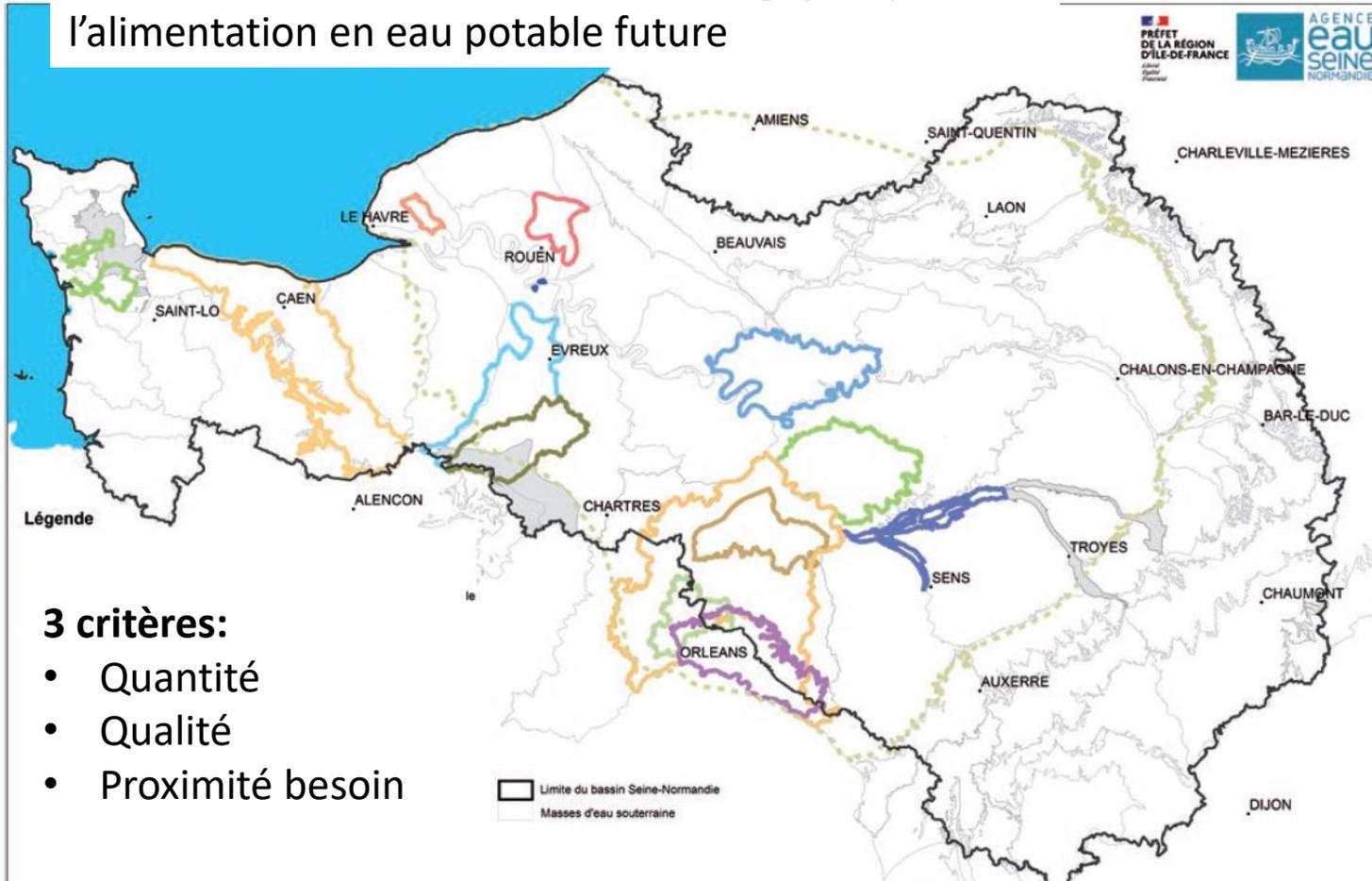


Nappes profondes de l'Adour

Nappes plio-quadernaires du Roussillon

Prise en compte par le SDAGE (Seine Normandie)

Le SDAGE définit des **ressources stratégiques** pour l'alimentation en eau potable future



3 critères:

- Quantité
- Qualité
- Proximité besoin

Le SDAGE réglemente

- les activités utilisant substances dangereuses;
- Les nouvelles autorisations = **réservées** à l'AEP, sécurité civile, usage industriel nécessitant d'utiliser l'eau de qualité non disponible ailleurs

Prise en compte par le SDAGE (Loire Bretagne)

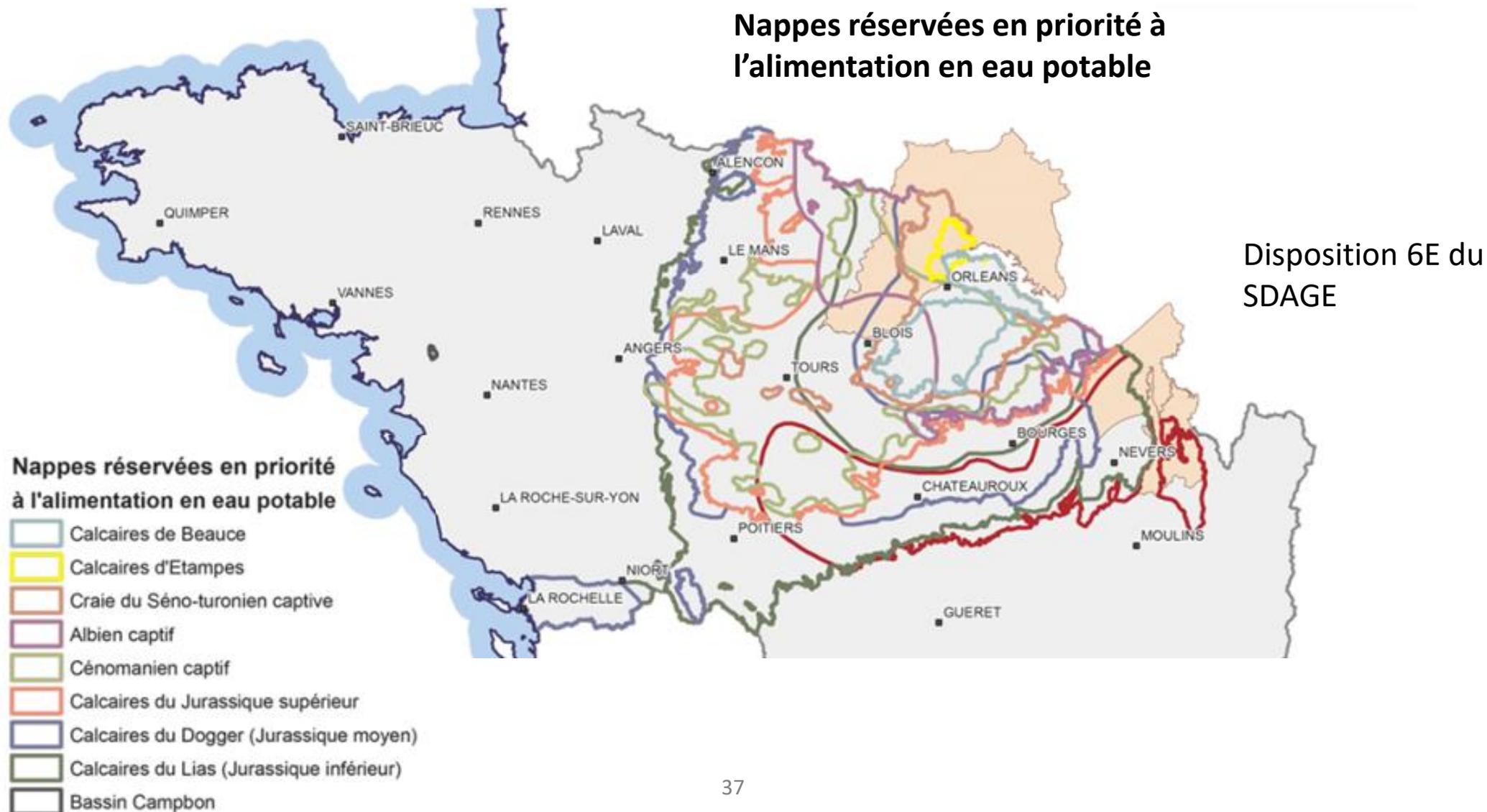


TABLE RONDE 1

ENJEUX ÉCONOMIQUES ET D'AMÉNAGEMENT DES TERRITOIRES :

EN QUOI LES NAPPES PROFONDES FAÇONNENT- ELLES LA VIE DES TERRITOIRES ?

TABLE RONDE 1

- **Jean-Daniel Rinaudo**, Chercheur en socio-économie, BRGM
- **Stéphane Dobbels**, Conseiller départemental de Dordogne et Président délégué de l'agence technique départementale 24
- **Denis Minot**, Directeur Général des services du syndicat Eau 17
- **Bernard Labadie**, Elu référent de l'Institution Adour
- **Marie Bareille**, Institution Adour

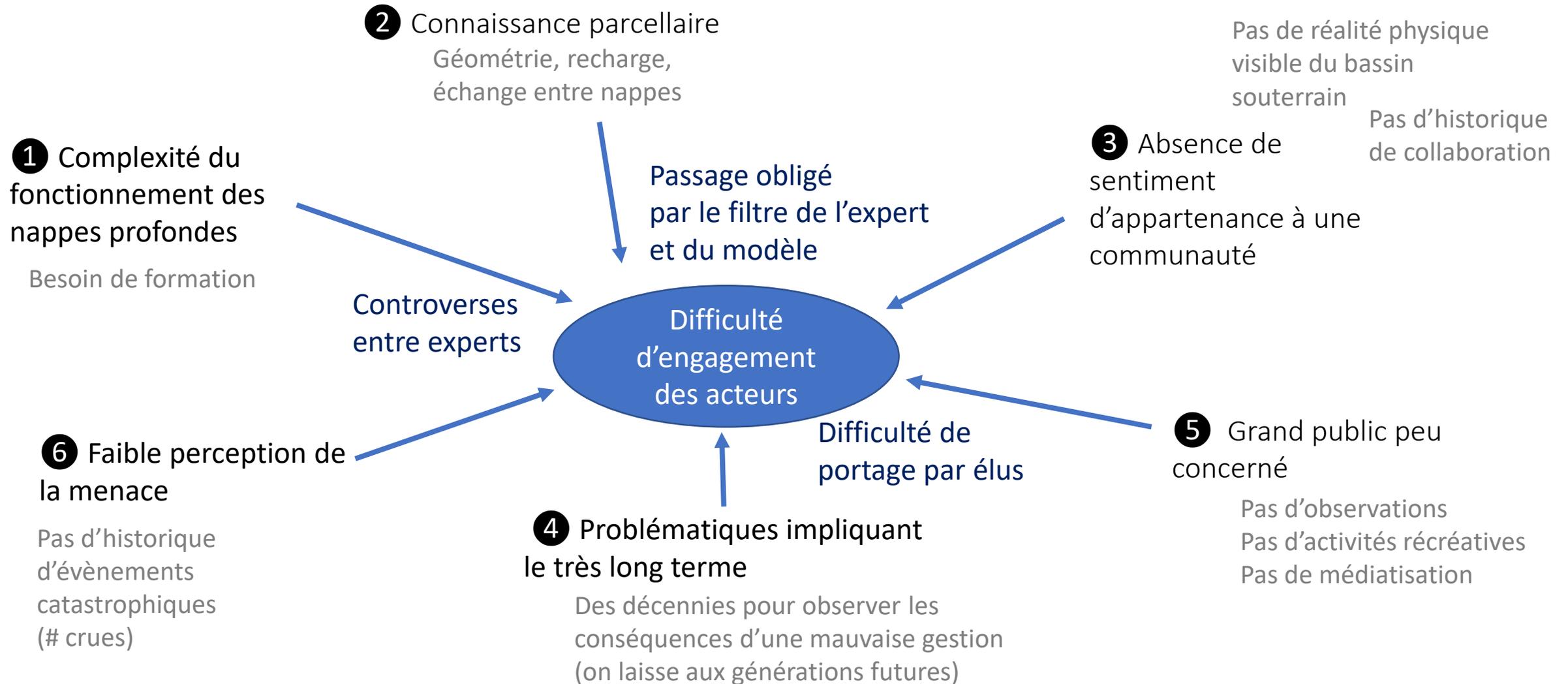


TABLE RONDE 1

ENJEUX ÉCONOMIQUES ET D'AMÉNAGEMENT DES TERRITOIRES :

EN QUOI LES NAPPES PROFONDES FAÇONNENT- ELLES LA VIE DES TERRITOIRES ?

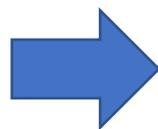
Comprendre la difficulté d'engager les acteurs



Faciliter l'engagement

La vertu du scénario :
le détour par le futur

«l'homme est un animal d'histoires»
C'est en faisant un pas de côté vers la fiction, en s'éloignant un peu de la froide réalité scientifique, qu'on a le plus de chances de l'engager dans une démarche participative.



Aider à comprendre



Risque majeur pour les
génération futures:

« il faut agir »

Compréhension des
leviers d'actions :

« on peut changer les choses »

Processus décisionnel:

« je peux influencer les choix »



Engagement

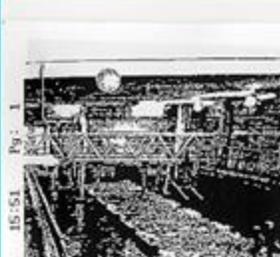
EAU POTABLE

La menace du sel

Selon les associations environnementales, le diagnostic qui vient d'être effectué sur les nappes d'eau profondes confirme les entrées d'eau saumâtre dans la ressource

JEAN-DENIS RENARD

Les mois passent et les craintes enflent. Au printemps dernier, Aquitaine Alternatives et la SEPANSO (1) avaient affirmé que, pour la première fois, la salinisation des nappes d'eau profondes (2) était avérée sous la pointe du Médoc. Très schématiquement, le phénomène serait le suivant. À force de pomper sans compter dans ces réserves souterraines, leur niveau baisserait inexorablement. La nature ayant horreur du vide, cette perte de volume serait compensée par l'entrée dans les nappes des eaux salines de l'estuaire de la Gironde. Or ces nappes (l'éocène en premier lieu) constituent un formidable réservoir d'eau potable à l'usage humain. Selon les deux associations, il faut leur permettre de continuer à fonctionner sans problème. Si les autorités ont passé, montré et donné sur l'état de la ressource, une Alternative Aquitaine a pu confirmer dans le diagnostic les profondeurs de la Gironde.



ENVIRONNEMENT

Du sel dans la carafe

À proximité de l'estuaire de la Gironde, de nouveaux relevés accrédiateraient la contamination de la nappe éocène d'eau souterraine par des infiltrations squamées. L'eau potable est-elle menacée ?

JEAN-DENIS RENARD

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a récemment effectué, dans le cadre de son programme de surveillance de la ressource en eau souterraine, des relevés de la nappe éocène d'eau souterraine par des infiltrations squamées.



PRESQU'ÎLE D'AMBÈS

Sud-Ouest - le 16 janvier 98

L'industrie manque d'eau

Paradoxal mais vrai : les problèmes d'approvisionnement en eau dans ce secteur pourtant baigné de deux fleuves pénalisent l'arrivée de nouvelles industries

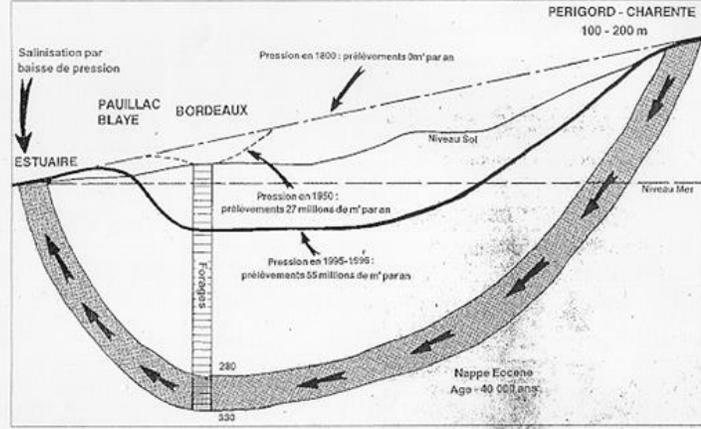
I. - Menace sur la nappe profonde

La nappe éocène, où Bordeaux et la Gironde puisent une bonne partie de leur eau potable (et industrielle), est surexploitée. Sa salinisation par les eaux de l'estuaire — imminente, voire même entamée — exige des mesures urgentes

CHRISTOPHE LUCET

Une bonne partie de l'eau douce qui coule à nos robinets est la même que celle des pluies qui trempent l'homme de Crémant du côté des Pyrénées, à y a 17 000 ans. Fossilisée par une lente circulation à travers les sables et les marnes du sous-sol aquitain, l'eau que nous buvons, dont nous arrosions nos jardins, et même — ô scandale ! — dont nous usons pour nettoyer nos voitures, est précieuse.

Précieuse et menacée. Voilà des années que les hydrogéologues se penchent sur ces nappes profondes où Bordeaux et la Gironde puisent depuis un demi-siècle une bonne part de leur eau potable. Aujourd'hui, la menace d'une invasion rampante de cette formidable ressource souterraine par des eaux salines venues de l'estuaire se précise. Et l'homme est directement responsable : en pompant allégrement dans cet aquifère supposé inépuisable, il a creusé sous ses pieds une invisible mais redoutable dépression qui pourrait tuer la poule aux œufs d'or.



De 1800 à 1980, la nappe profonde était artésienne. De 1980, date des premiers prélèvements massifs, à 1995, sa pression a diminué de 50 mètres : la région bordelaise où les forages ont été les plus nombreux. Conséquence : le « bourrelet » de pression situé à l'estuaire de la nappe sous le Médoc, côté estuaire, est prêt à céder sous l'arrivée d'eaux saumâtres (Plan Getty Dupont)

CREUX SPECTACULAIRE

Impossible pourtant d'invoquer la surprise. « Dès 1909, le décret-loi de 1905 interdisait de forer à plus de 60 mètres de profondeur sans autorisation a été étendu à la Gironde », remarque le directeur régional du BRGM (Bureau des Recherches Géologiques et Minières) à Bordeaux et à Pau.

DU SEL À VALEYRAC

Malgré deux périodes de répit — une entre 1976 et 1984 à la suite de la fermeture des raffineries du bec d'Ambès, grosses consommatrices d'eau, l'autre entre 1990 et

meilleurs équipés de France pour le suivi des nappes. Et alors ?

« Alors, on observe depuis cinquante ans un enfoncement constant du creux piézométrique — de l'ordre de 50 mètres —, relève un rapport sur « la surexploitation de la nappe aquifère de l'éocène », remis au comité de bassin de l'Adour-Garonne et à l'Agence de bassin de la Gironde.

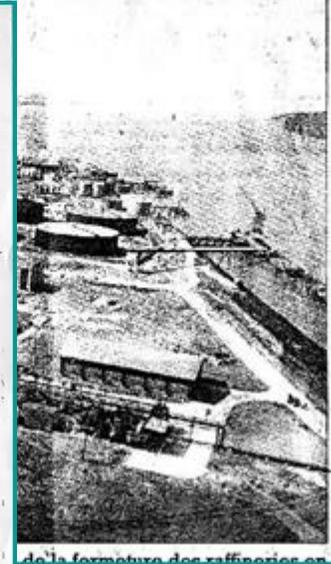
la dépression s'aggrave. Et à l'approche dangereusement de la zone sensible où eaux douces et salées se rencontrent. Une étude financée en 1996 au plan Etat-région a permis de localiser en Médoc trois secteurs vulnérables où pourrait s'émanciper la contamination de l'éocène : Valeyrac (au nord de Saint-Christophe), Saint-Estève-de-Lamarzac, et

l'intrusion de l'eau de l'estuaire », commente le rapporteur à l'Agence de bassin, qui juge cette salinisation « imminente » : il note que « le forage de Valeyrac-Port de Goulade a déjà montré l'existence d'une eau salée à 5 grammes par litre ». Même s'il n'est pas exclu qu'il s'agisse d'une eau fossile piégée dans d'anciennes alluvions, l'écartissement

étant sur le point de céder sous le Médoc, il est devenu urgent de la sauver. L'objectif est de faire remonter la pression de bourrelet piézométrique à plus de 2,3 m (contre environ 1 mètre actuellement) », souligne Bertrand Sourisseau. Comment ? « En économisant 25 % des prélèvements actuels », car « des mesures préliminaires montrent qu'une pression négative va s'installer inéluctablement ».

Baptiste MARTHE, le modèle inventé par le BRGM grâce à l'argent de l'Etat et de l'Agence de l'eau ne fait pas l'unanimité et il va être remis. « Mais l'urgence du problème n'a pas attendu un modèle numérique pour sauter aux yeux des acteurs », souligne le rapport à l'Agence de bassin. Le son olé, Bertrand Sourisseau chiffre à 30 000 m³/jour — soit 15 millions de litres — l'économie à faire pour retrouver « une pression acceptable » dans la nappe éocène.

Une chose est sûre : malgré l'incertitude sur le comportement des nappes profondes, l'action est possible. Les plumes salées qui entourent la Gironde l'an dernier n'ont-elles pas permis de limiter à 25 % la proportion des prélèvements dans l'éocène et à stabiliser la pression de la nappe ? D'où l'idée d'établir un schéma global réunissant tous les acteurs (CUII, département, Agence de bassin Adour-Garonne, Lyonnaise des eaux...) visant à économiser les nappes fossiles et à diversifier la ressource. On en est là.



payé par les industriels : « Le prix de l'eau industrielle est variable mais reste bien inférieur à 1 franc le mètre cube », souligne le rapport remis à l'Agence de bassin, qui évoque même « le prix dérisoire », acquitté par les industriels, une eau « dont 60 % n'est pas facturée ».

SOLUTIONS PALLIATIVES

« Nous sommes prêts à nous adapter », répond le directeur de Michelin, qui pose tout de même une condition : « Les solutions devront toucher tous les industriels. »

Conscients qu'un alourdissement exagéré du poste eau dans les comptes des entreprises ne ferait que décourager d'autres implantations (1), les auteurs du schéma départemental ont d'ailleurs associé les industriels. Et le rapport à l'Agence de bassin met les choses au clair : « Il faudra leur proposer des solutions palliatives pour

50 Jan 25/3/2000

TABLE RONDE 1

ENJEUX ÉCONOMIQUES ET D'AMÉNAGEMENT DES TERRITOIRES :

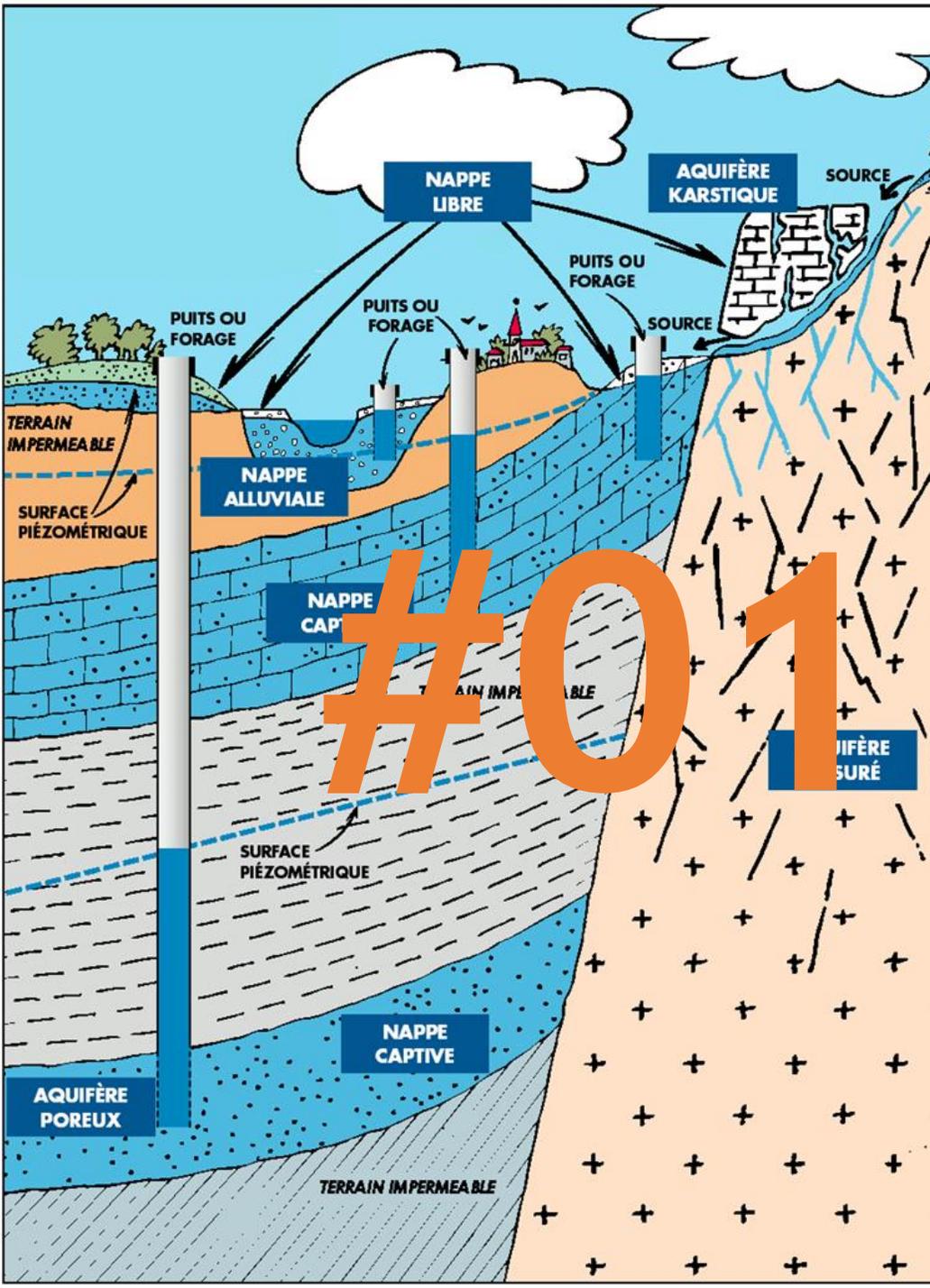
EN QUOI LES NAPPES PROFONDES FAÇONNENT- ELLES LA VIE DES TERRITOIRES ?



MIEUX COMPRENDRE LE FONCTIONNEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

MIEUX COMPRENDRE LE FONCTIONNEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

Nicolas Pédron
4 avril 2023



QUELQUES CONCEPTS

Nappes libres / nappes captives

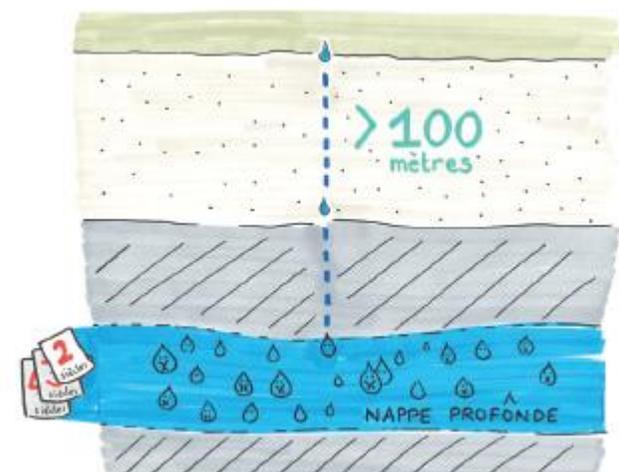
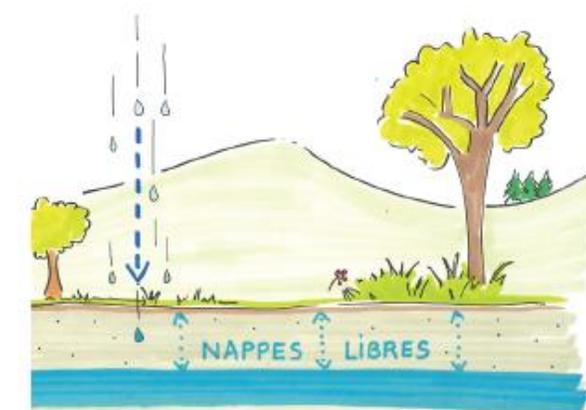
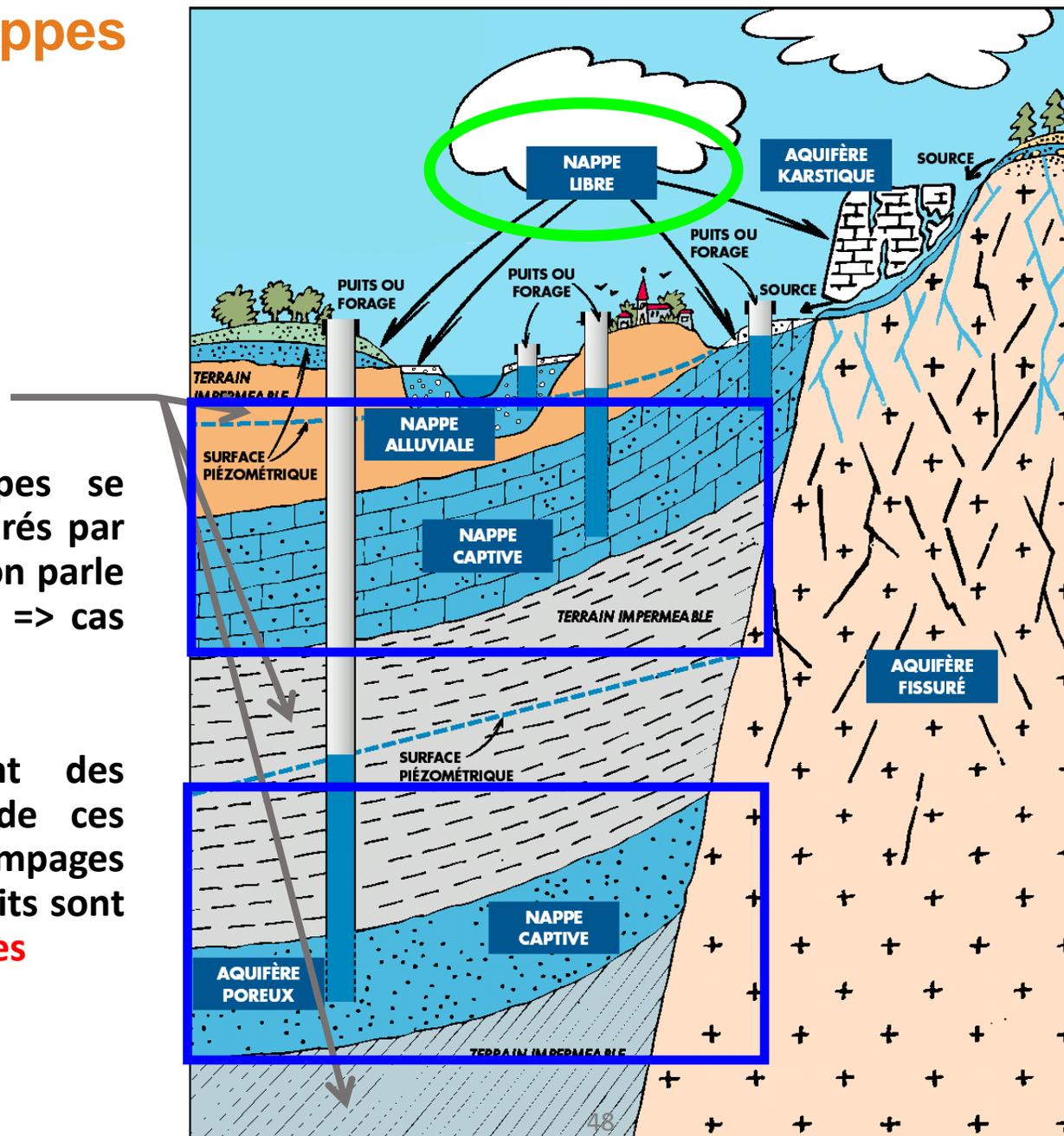
1 – nappes libres

2 – nappes captives / profondes

3 – aquitards / éponges

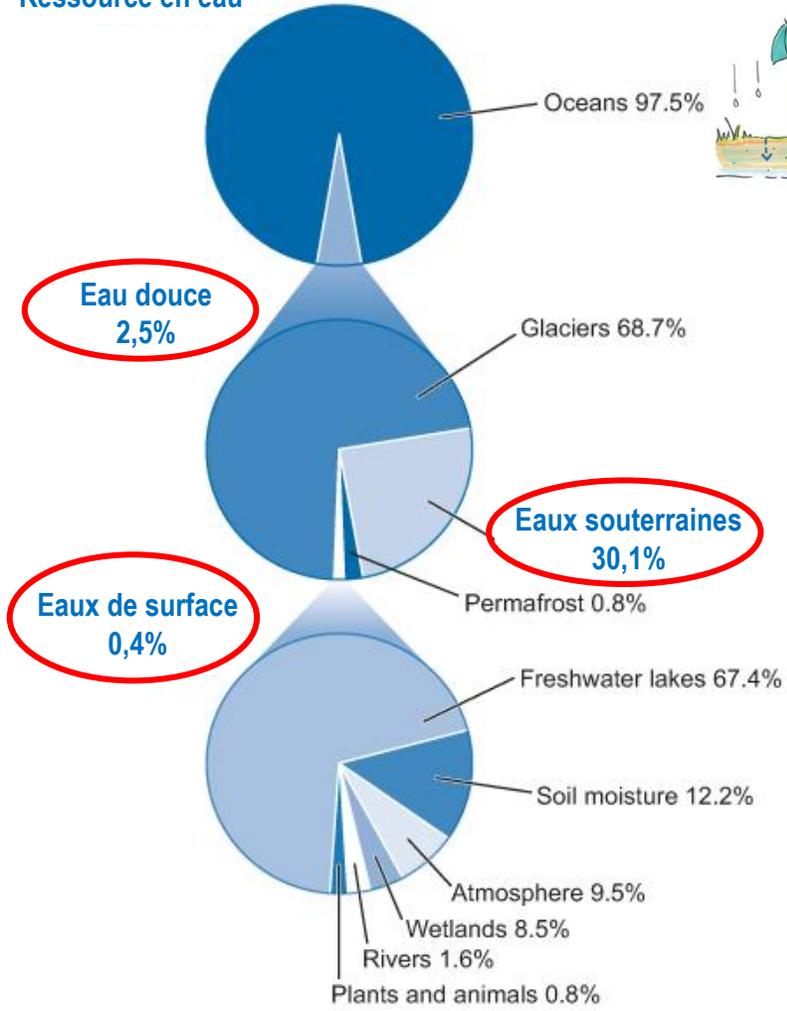
- Quand différentes nappes se superposent et sont séparés par des **aquitards** (éponges), on parle de système multicouches => cas du Bassin aquitain

- Les sources constituent des **émergences naturelles** de ces nappes tandis que les pompages en forages ou dans les puits sont des **émergences artificielles**

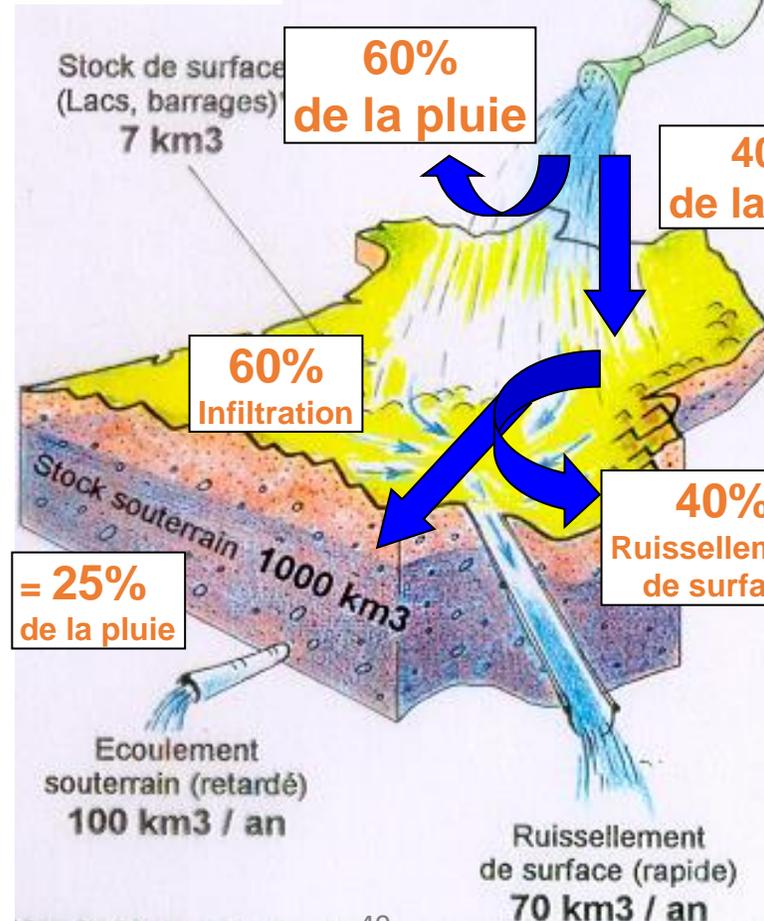


Quelques ordres de grandeur

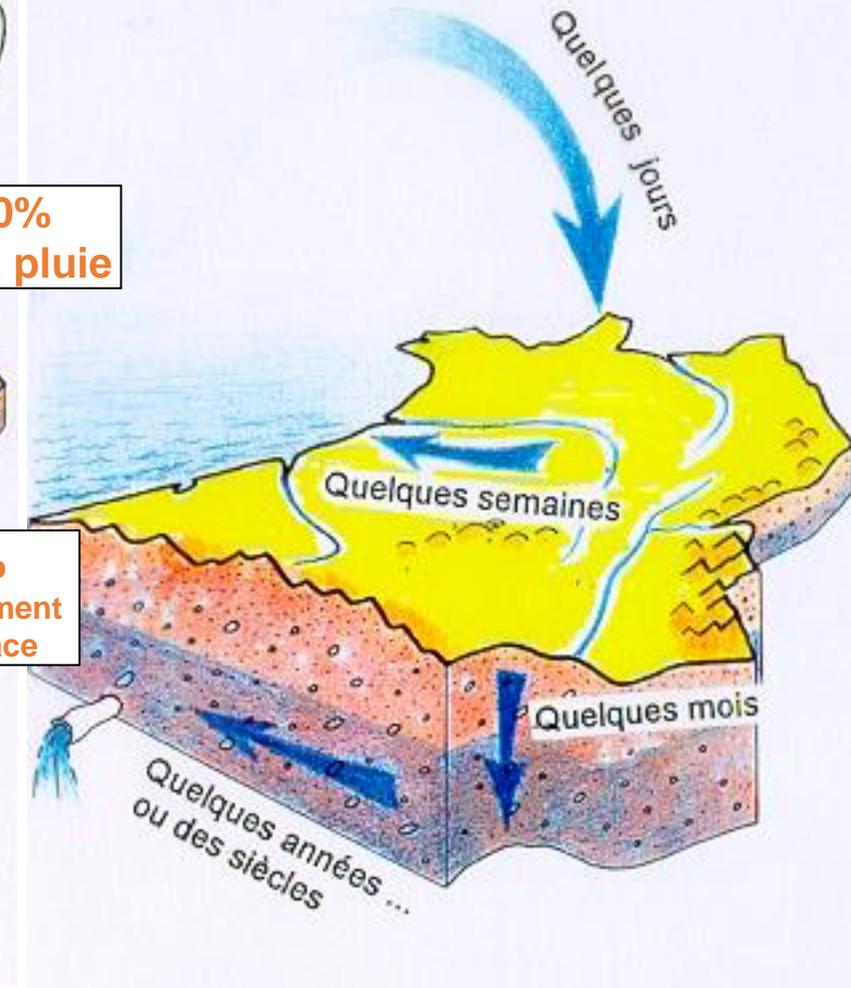
Ressource en eau



170 Km³ / an
Apport pluies efficaces

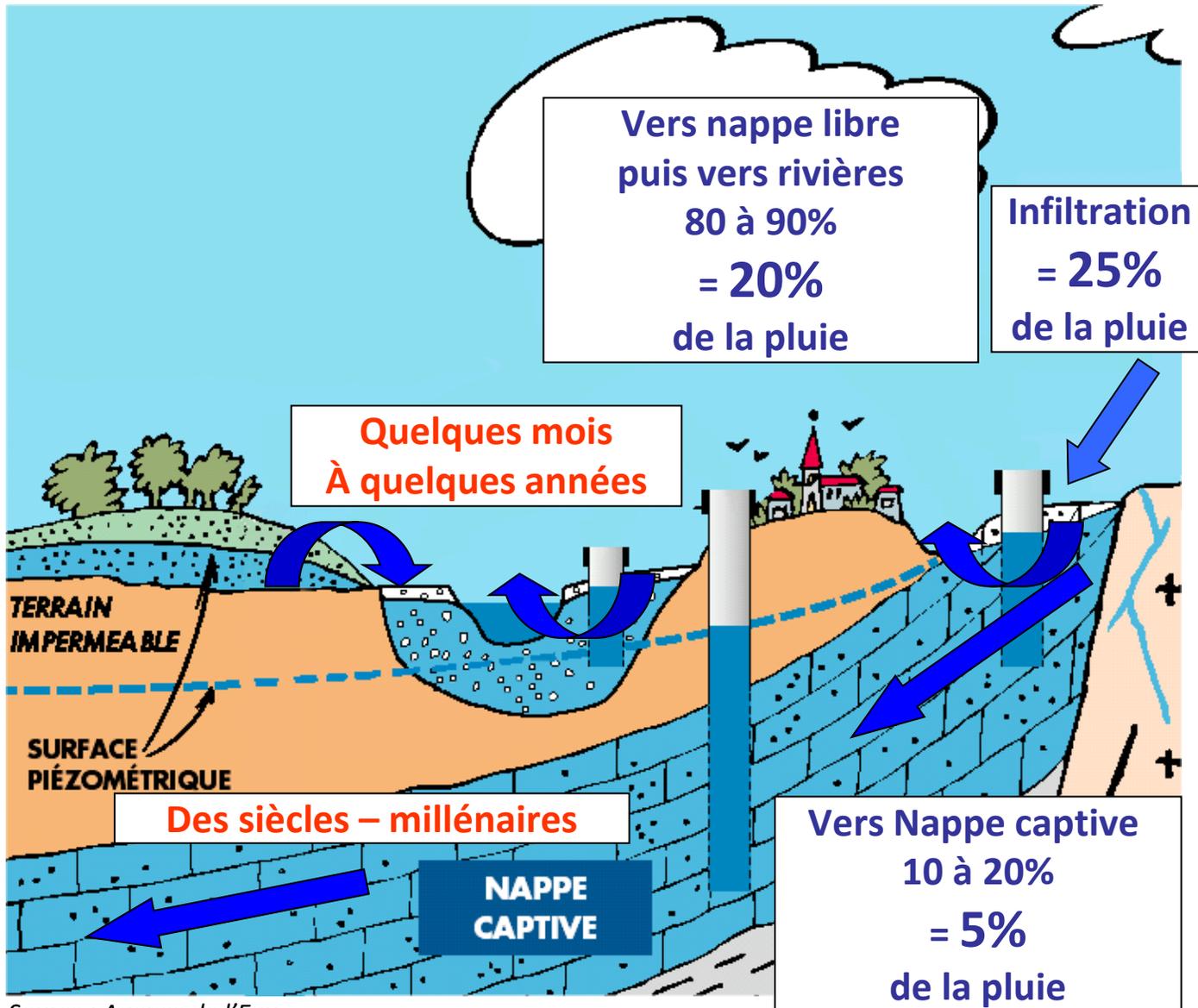


Temps de résidence moyen



Source OFB

Quelques ordres de grandeur



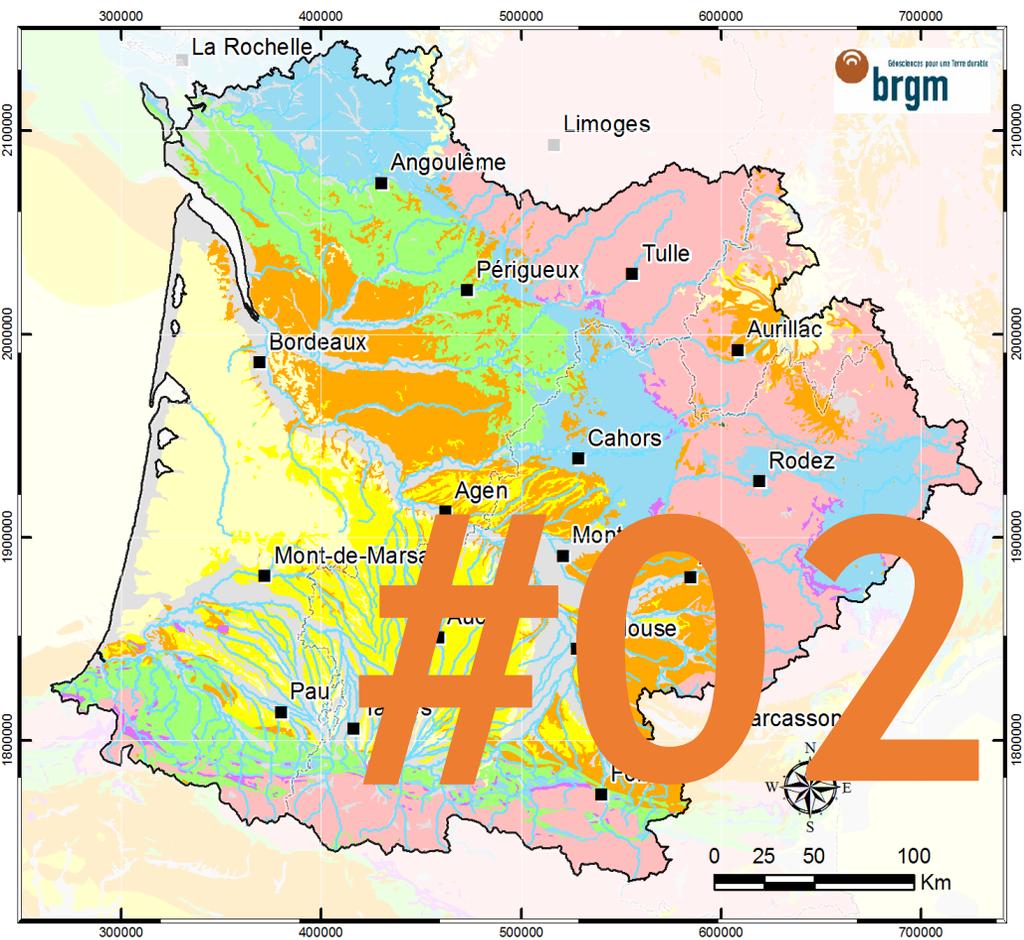
Source : Agence de l'Eau

La part de l'eau de pluie qui gagne les nappes profondes est faible (env. 5 %).

La vitesse de circulation dans les **nappes profondes** n'est que de **quelques m/an...**

Au cœur du Bassin aquitain, l'eau des nappes profondes a entre **10 000 et 50 000 ans**

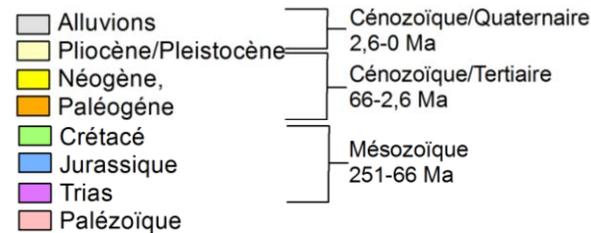
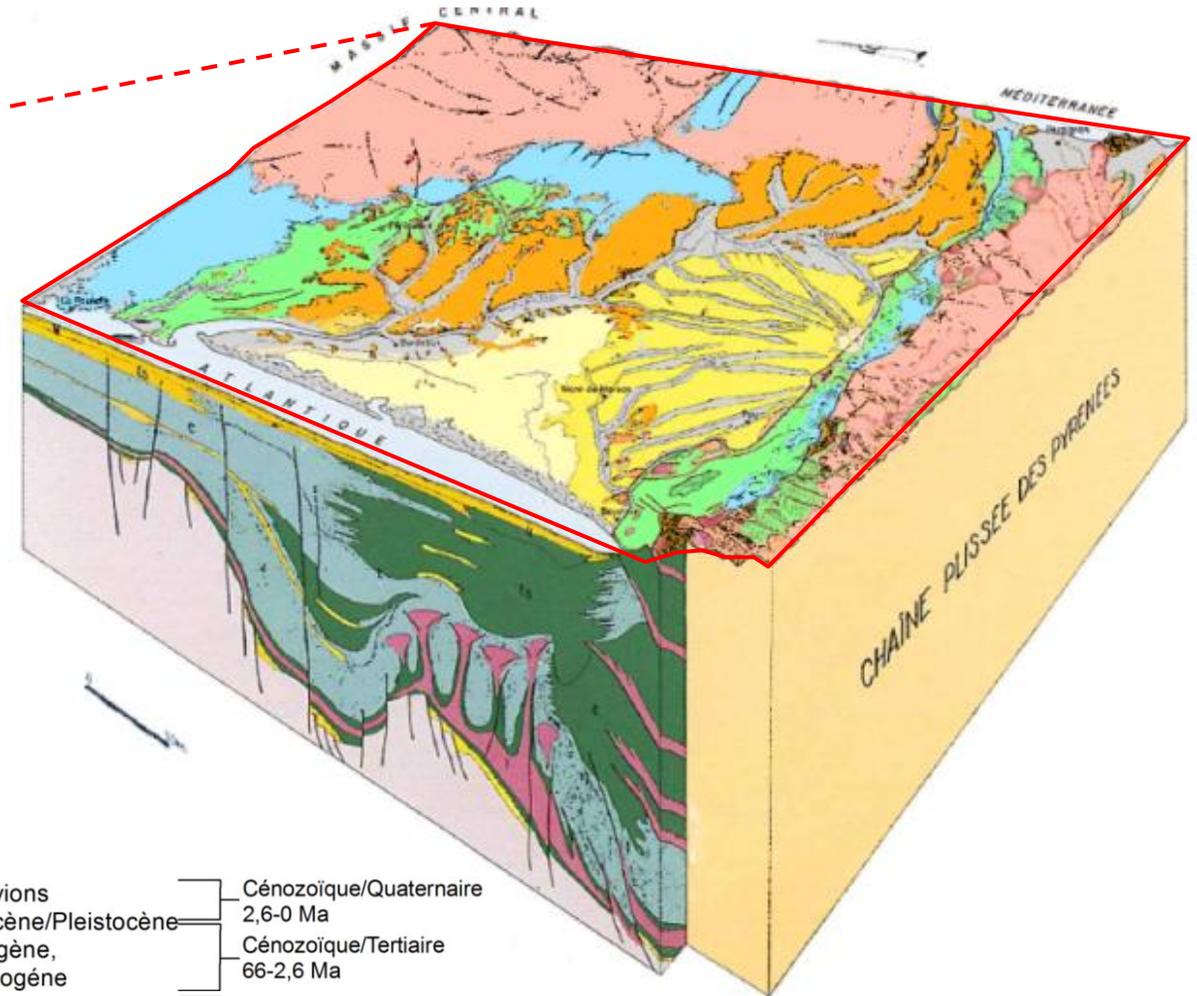
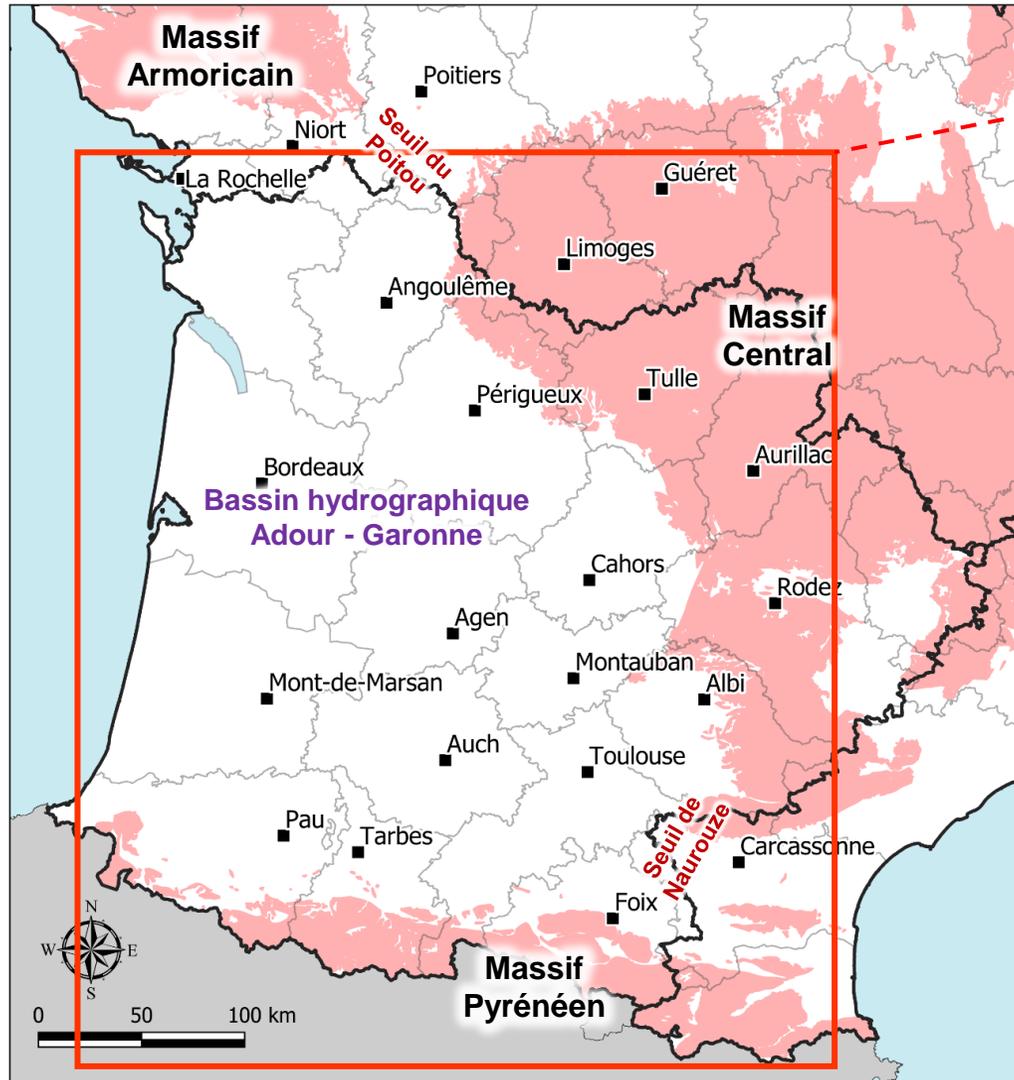
On ne gère donc pas un équilibre sur des cycles hydrologiques annuels comme on le ferait pour une nappe libre => **Nécessite d'avoir une gestion sur le long terme afin d'assurer la pérennité de la ressource**



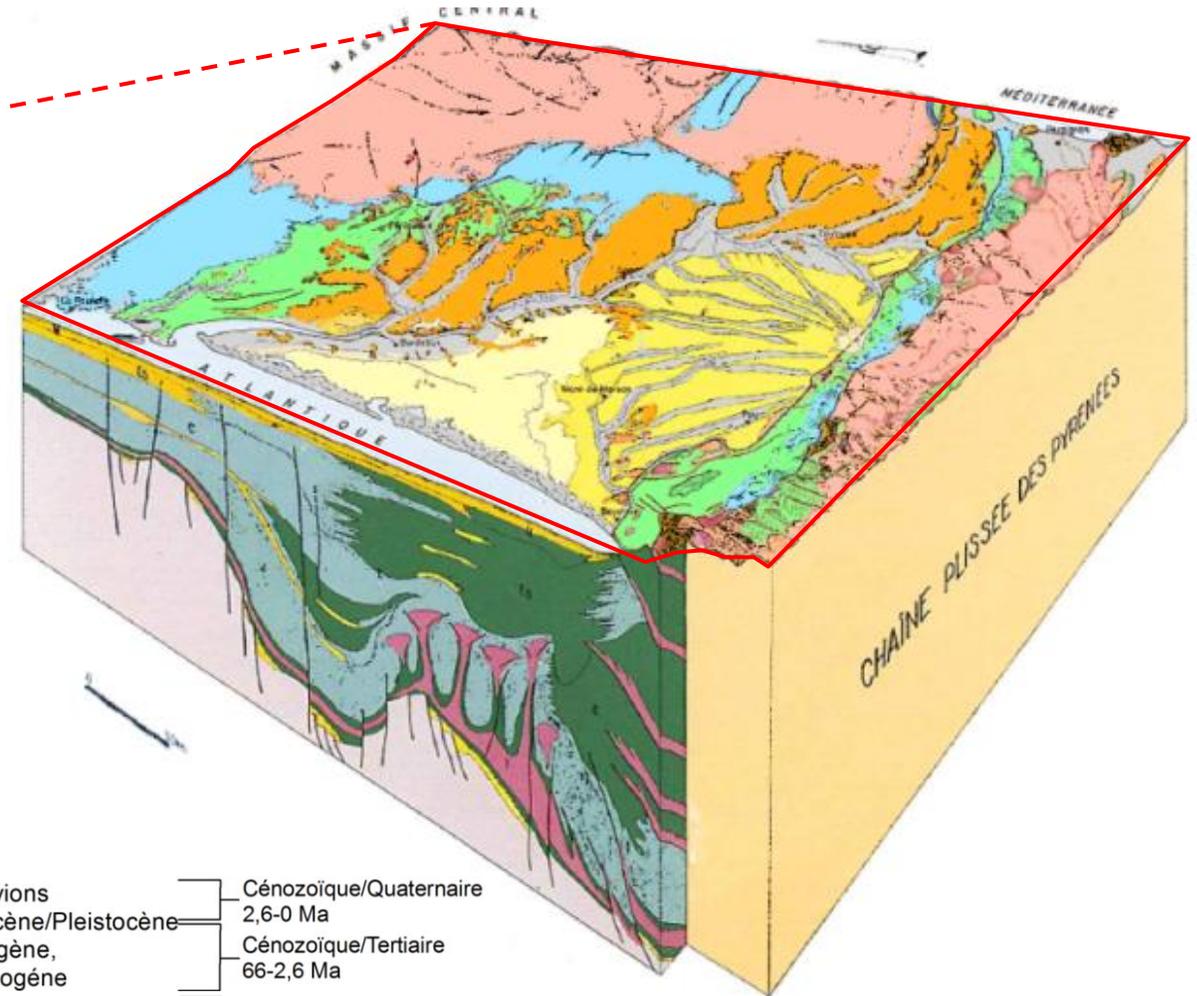
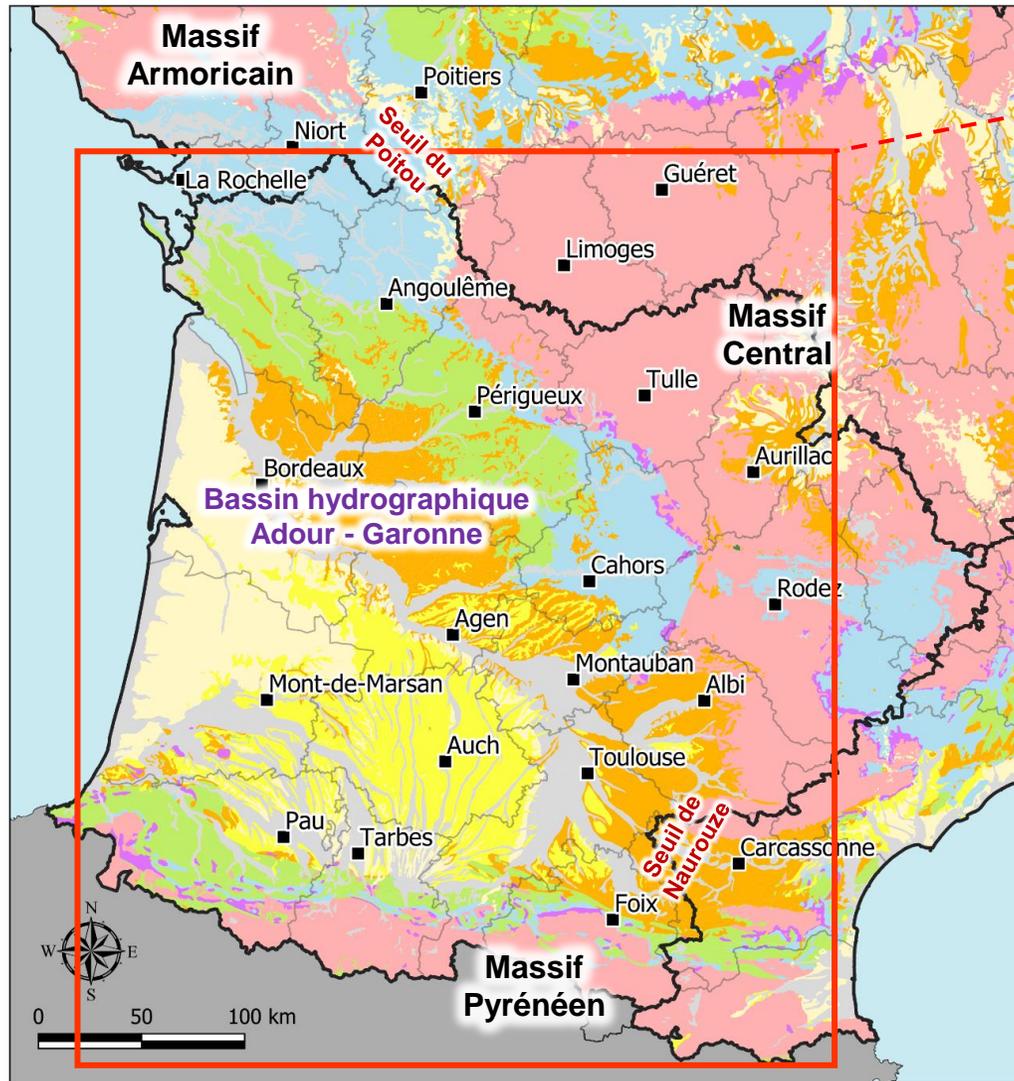
—	Limites régionales	
□	Alluvions	Cénozoïque/Quaternaire 2,6-0 Ma
□	Pliocène/Pleistocène	
□	Néogène,	Cénozoïque/Tertiaire 66-2,6 Ma
□	Paléogène	
□	Crétacé	Mésozoïque 251-66 Ma
□	Jurassique	
□	Trias	
□	Paléozoïque	

AU COMMENCEMENT... LA GÉOLOGIE

L'histoire du Bassin aquitain en bref



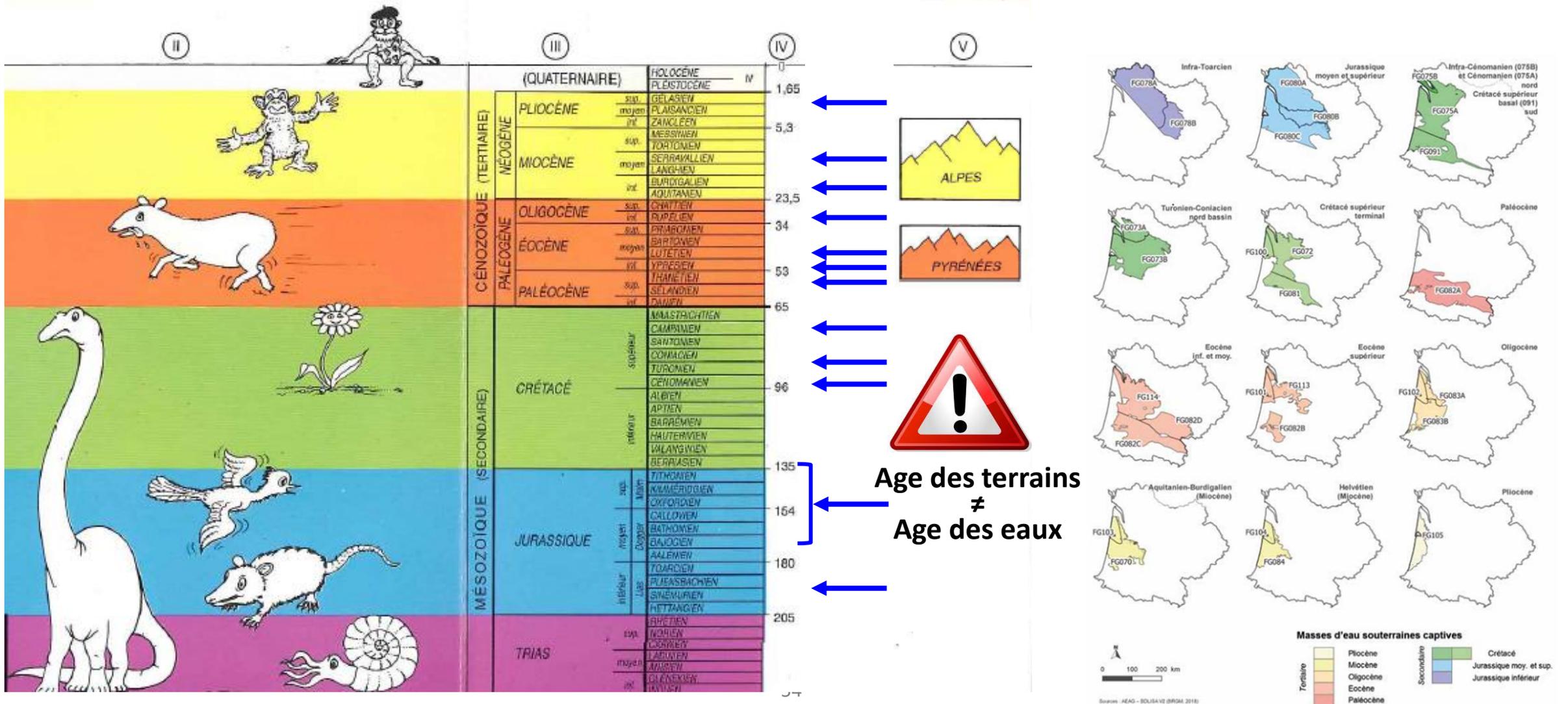
L'histoire du Bassin aquitain en bref

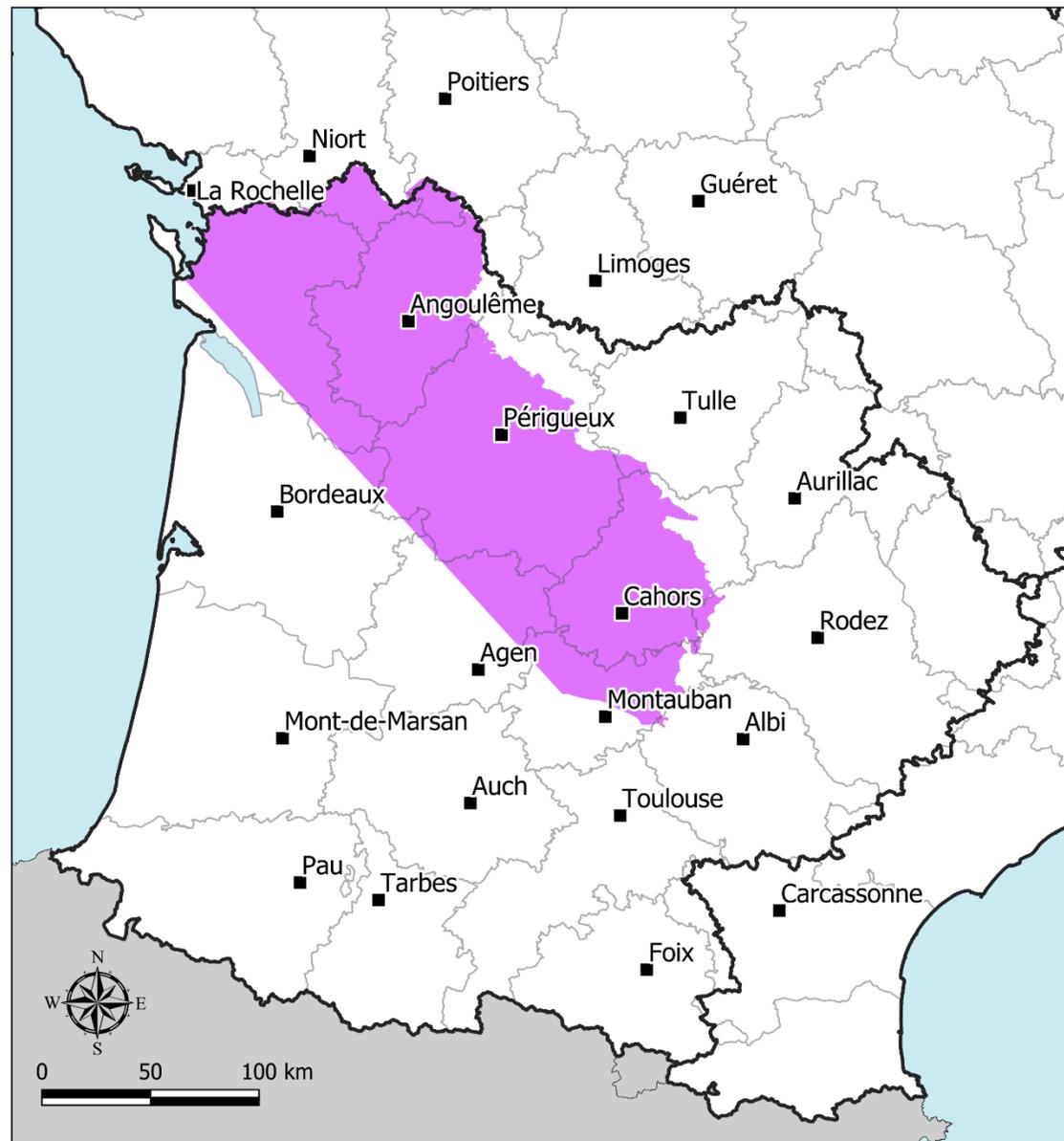


- | | |
|---------------------------|------------------------------------|
| ■ Alluvions | Cénozoïque/Quaternaire
2,6-0 Ma |
| ■ Pliocène/Pleistocène | |
| ■ Néogène,
■ Paléogène | Cénozoïque/Tertiaire
66-2,6 Ma |
| ■ Crétacé | Mésozoïque
251-66 Ma |
| ■ Jurassique | |
| ■ Trias | |
| ■ Paléozoïque | |

Formations rencontrées dans le Bassin aquitain

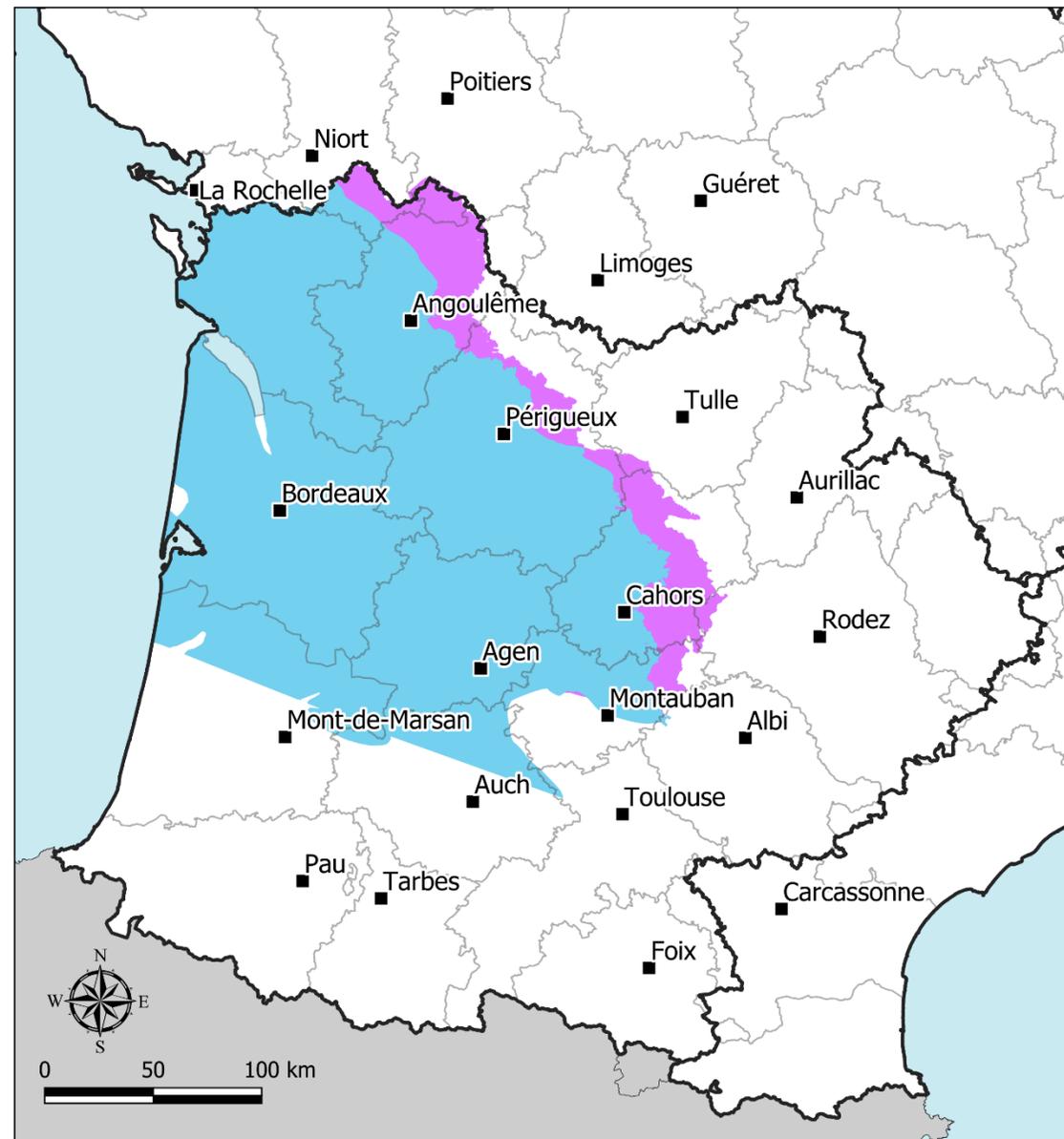
On retrouve dans le Bassin Adour-Garonne 12 grands ensembles de nappes profondes (28 masses d'eau) dont les noms correspondent aux formations géologiques dans lesquelles elles s'écoulent.





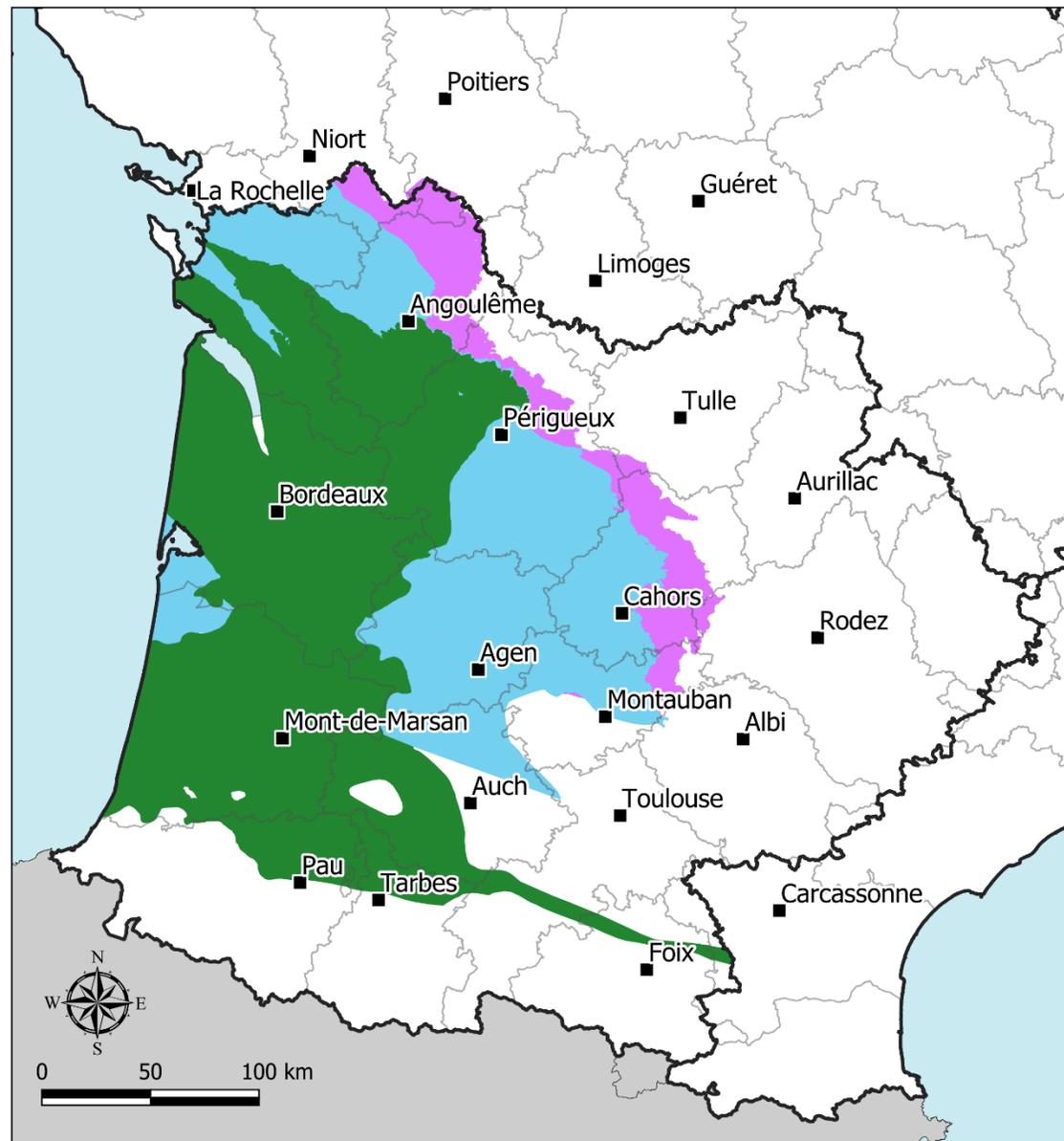
Nappes (MESO) captives

Infra-Toarcien



Nappes (MESO) captives ■ Infra-Toarcien

■ Jurassique moyen et supérieur

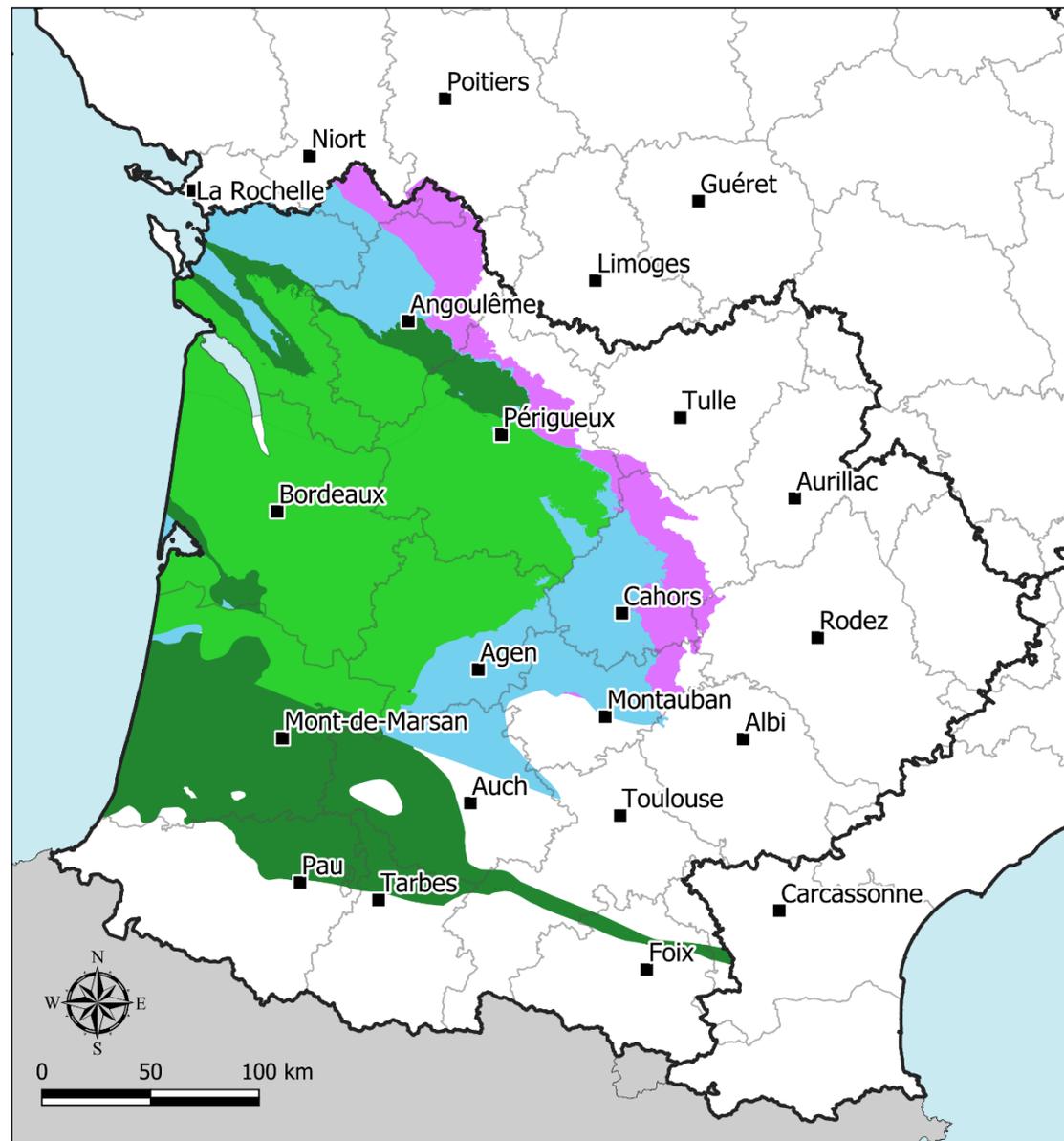


Nappes (MESO) captives

■ Infra-Cénomane

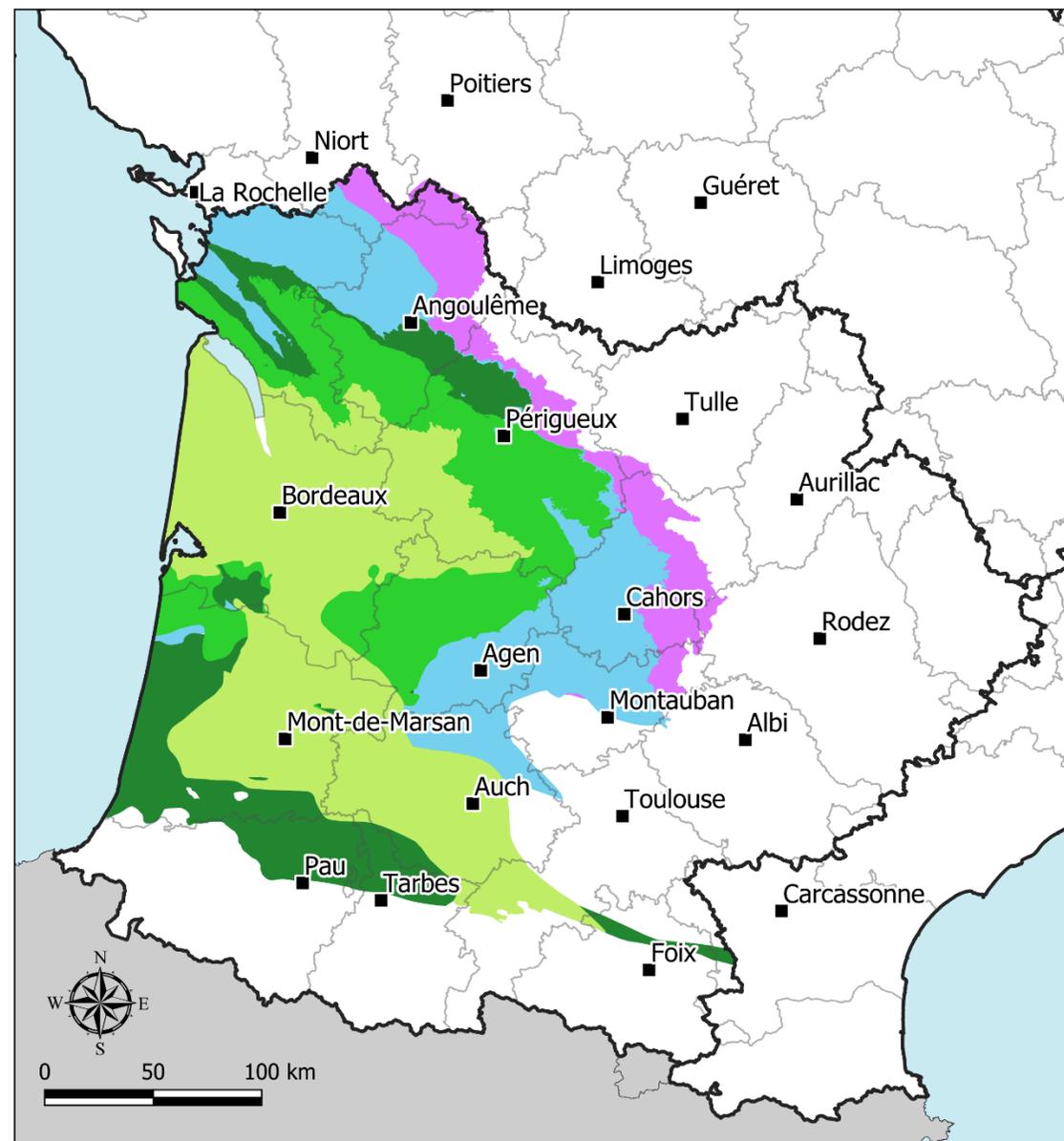
■ Jurassique moyen et supérieur

■ Infra-Toarcien



Nappes (MESO) captives

- Infra-Cénomaniens
 - Turonien-Coniacien nord bassin
- Jurassique moyen et supérieur
 - Infra-Toarciens



Nappes (MESO) captives

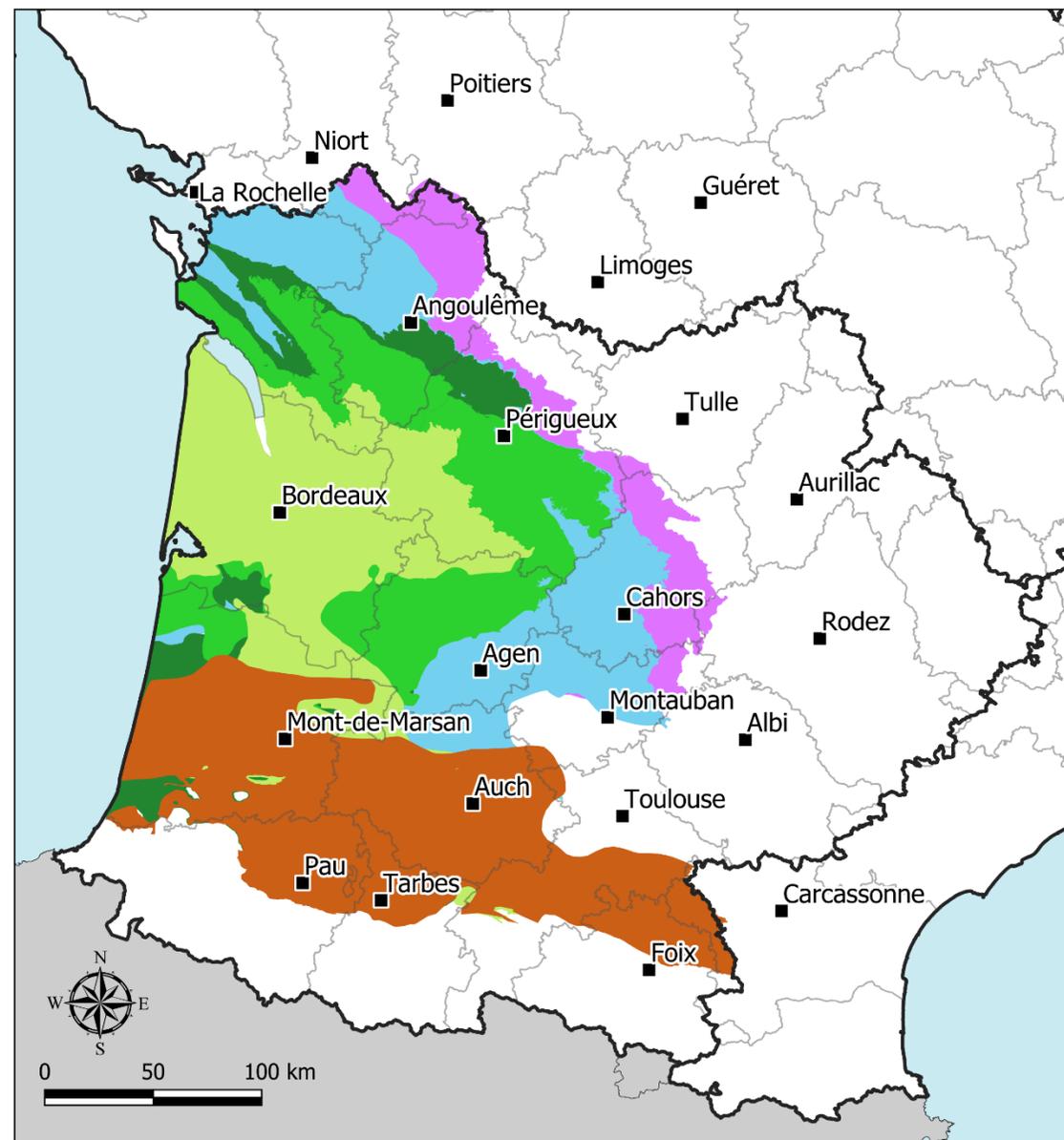
Crétacé supérieur terminal

Turonien-Coniacien nord bassin

Infra-Cénomaniens

Jurassique moyen et supérieur

Infra-Toarcien



Nappes (MESO) captives

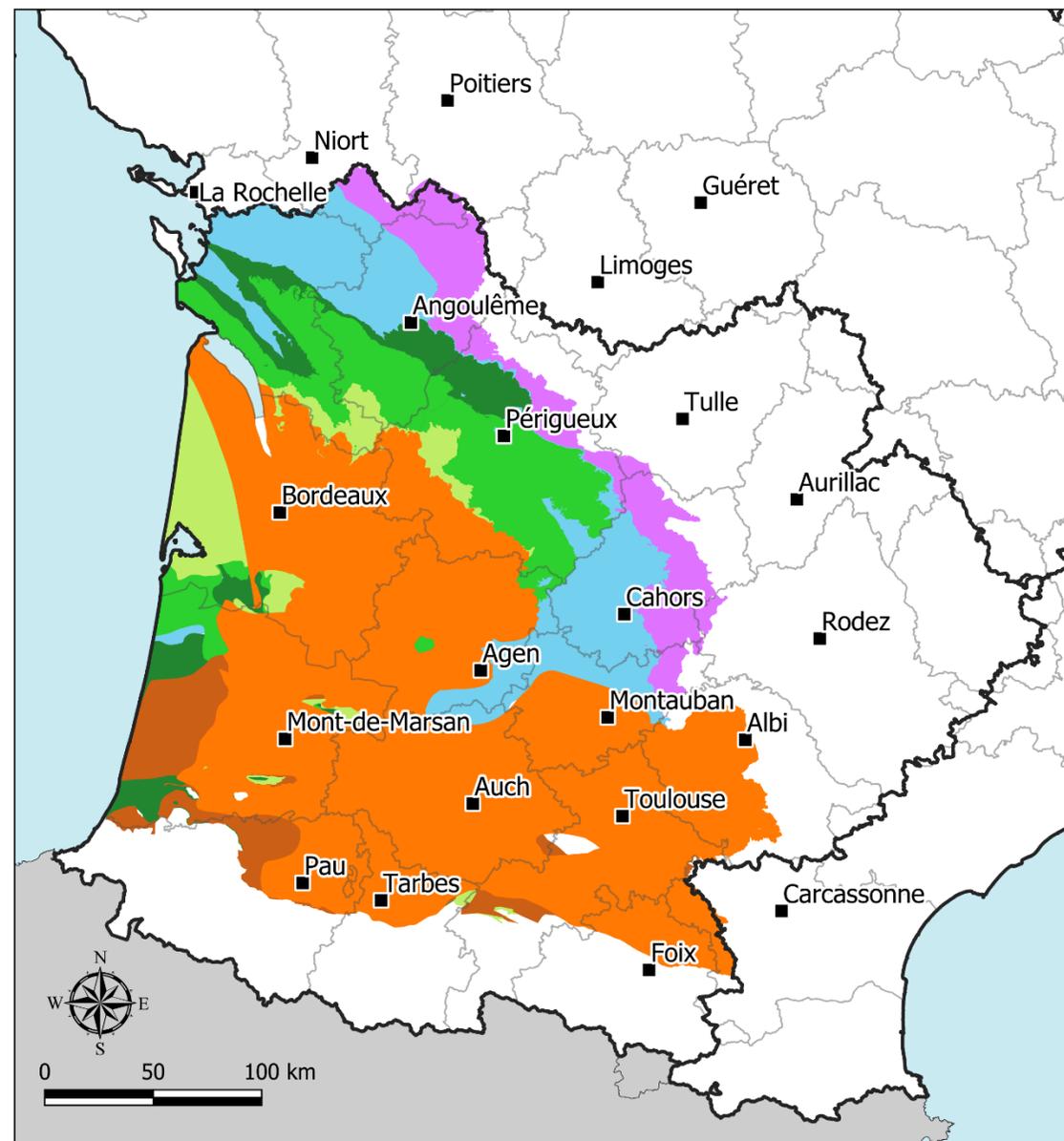
■ Paléocène	■ Turonien-Coniacien nord bassin	■ Infra-Toarcien
■ Crétacé supérieur terminal	■ Infra-Cénomaniens	■ Jurassique moyen et supérieur



Age des terrains
≠
Age des eaux

réservoir Eocène :
40 à 50 millions d'années

Age des eaux :
10 000 à 50 000 ans



Nappes (MESO) captives

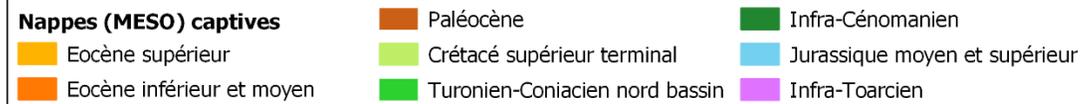
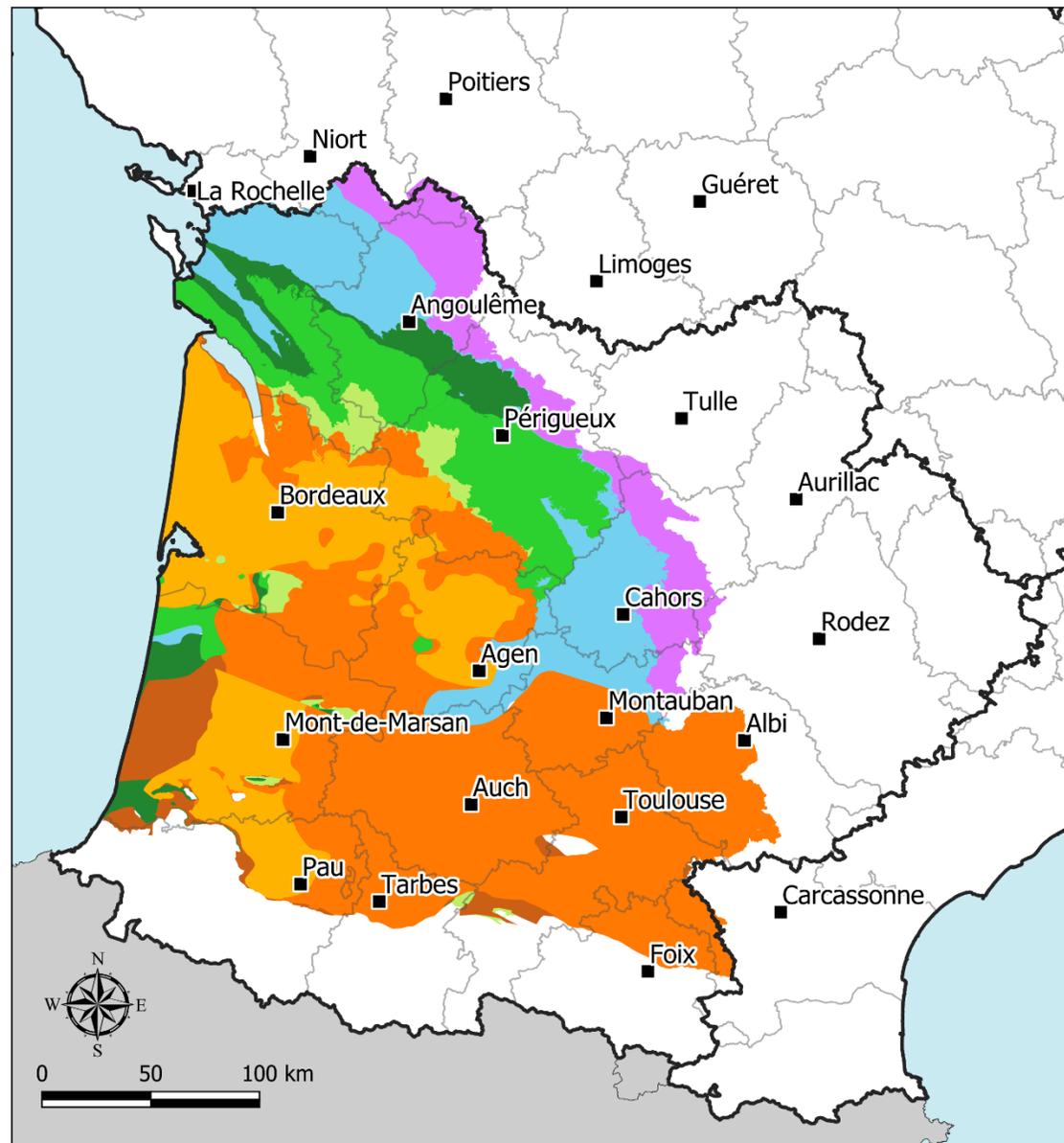
- Eocène inférieur et moyen
- Paléocène

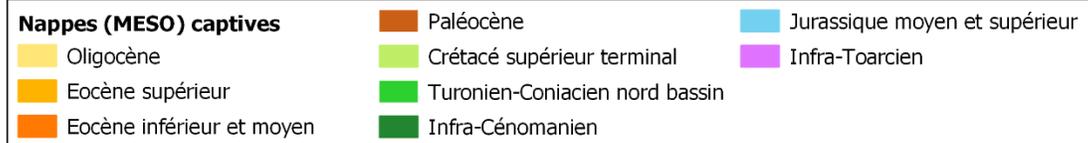
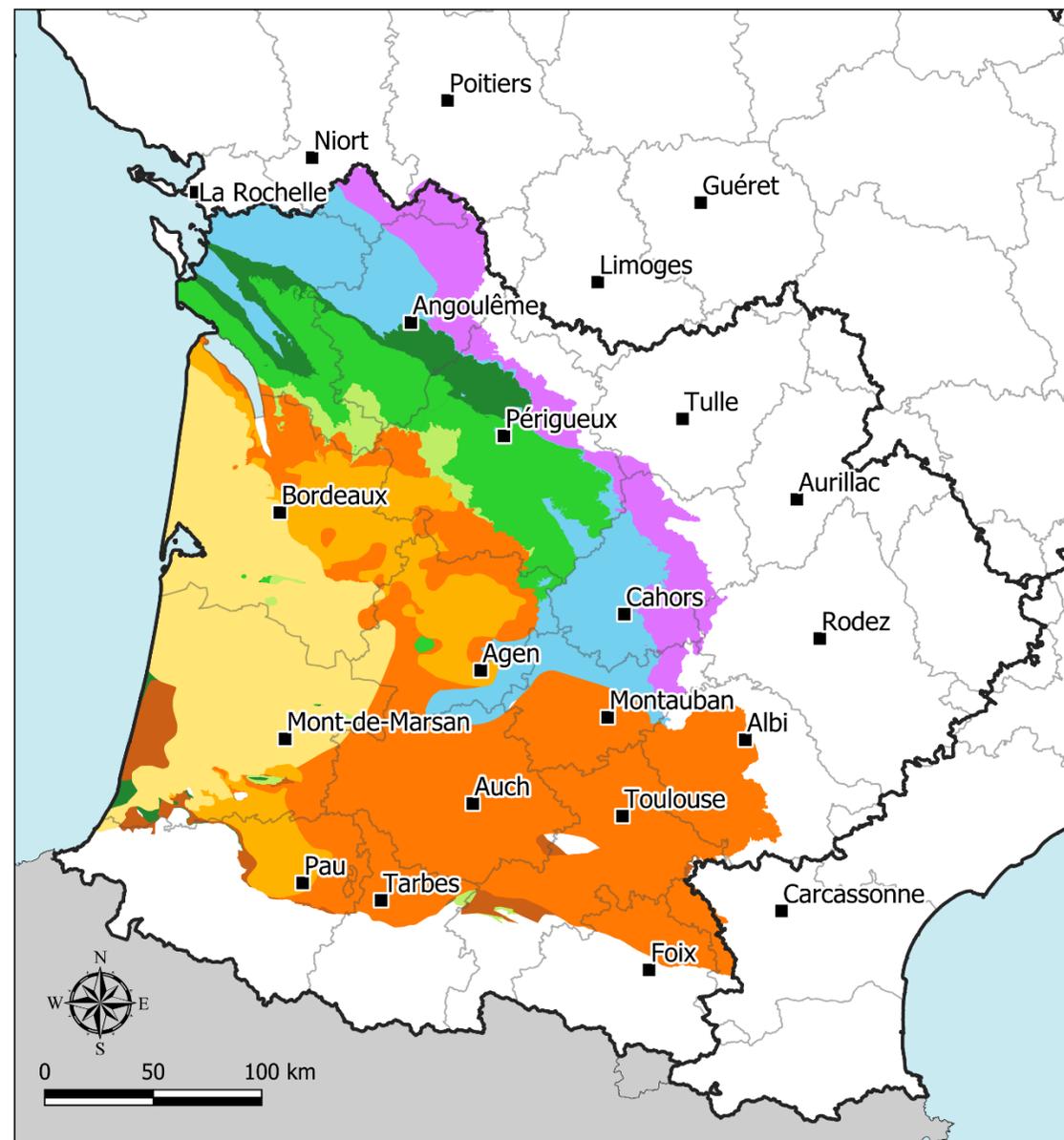
Crétacé supérieur terminal

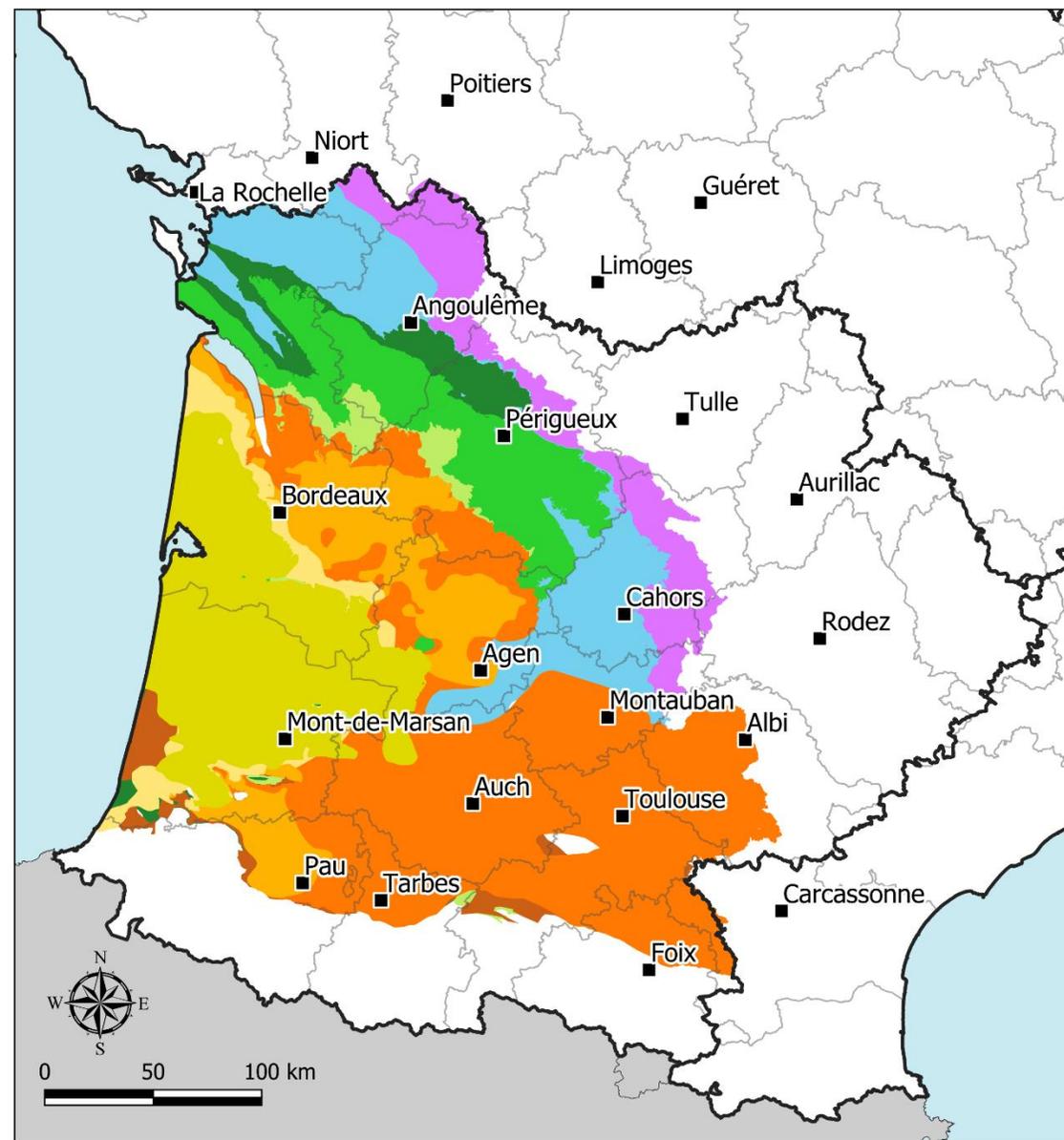
- Turonien-Coniacien nord bassin
- Infra-Cénomanién

Jurassique moyen et supérieur

Infra-Toarcien





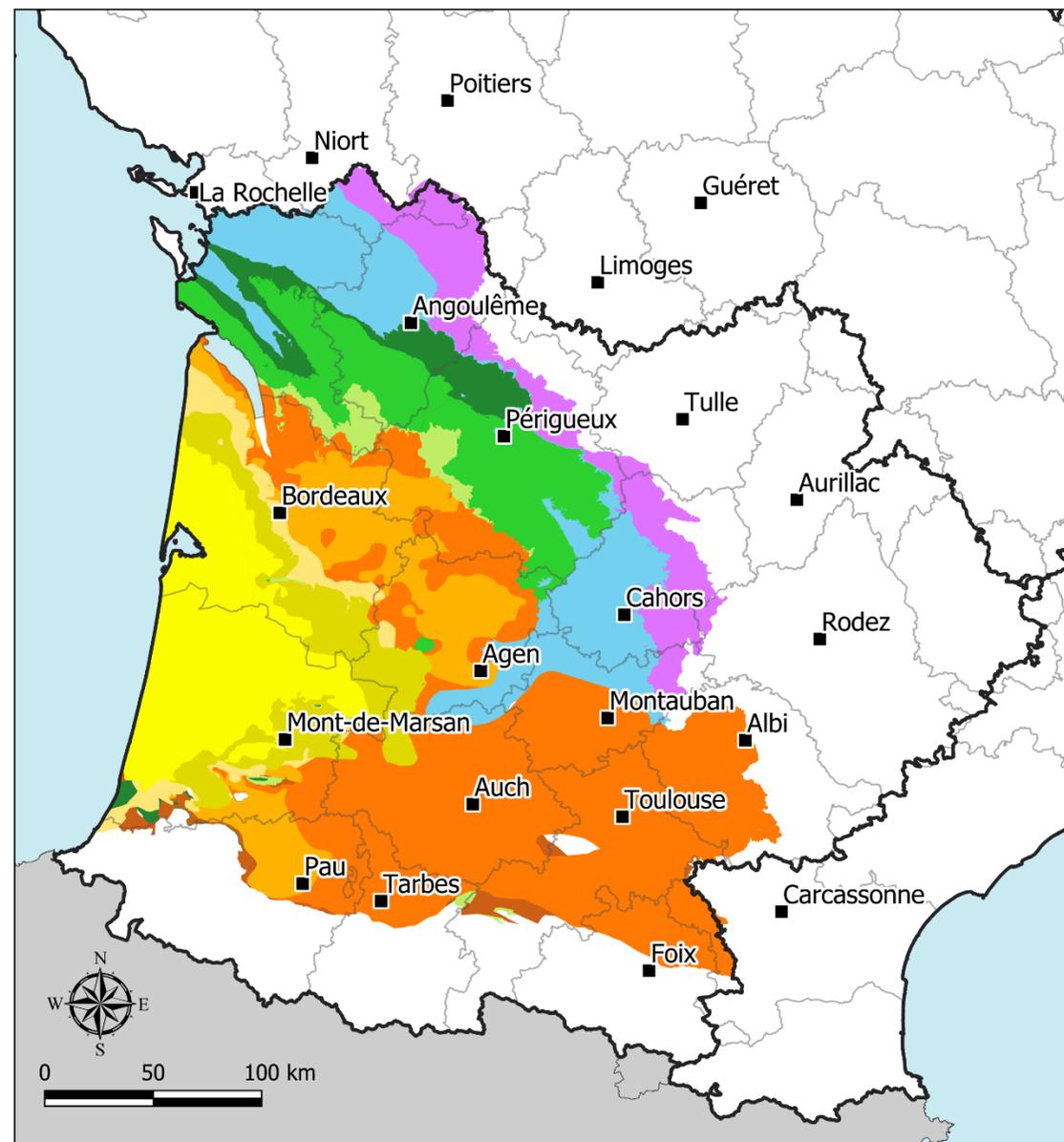


Nappes (MESO) captives

- Miocène - Aquitanién
- Oligocène
- Eocène supérieur

- Eocène inférieur et moyen
- Paléocène
- Crétacé supérieur terminal
- Turonien-Coniacien nord bassin

- Infra-Cénomanién
- Jurassique moyen et supérieur
- Infra-Toarcién

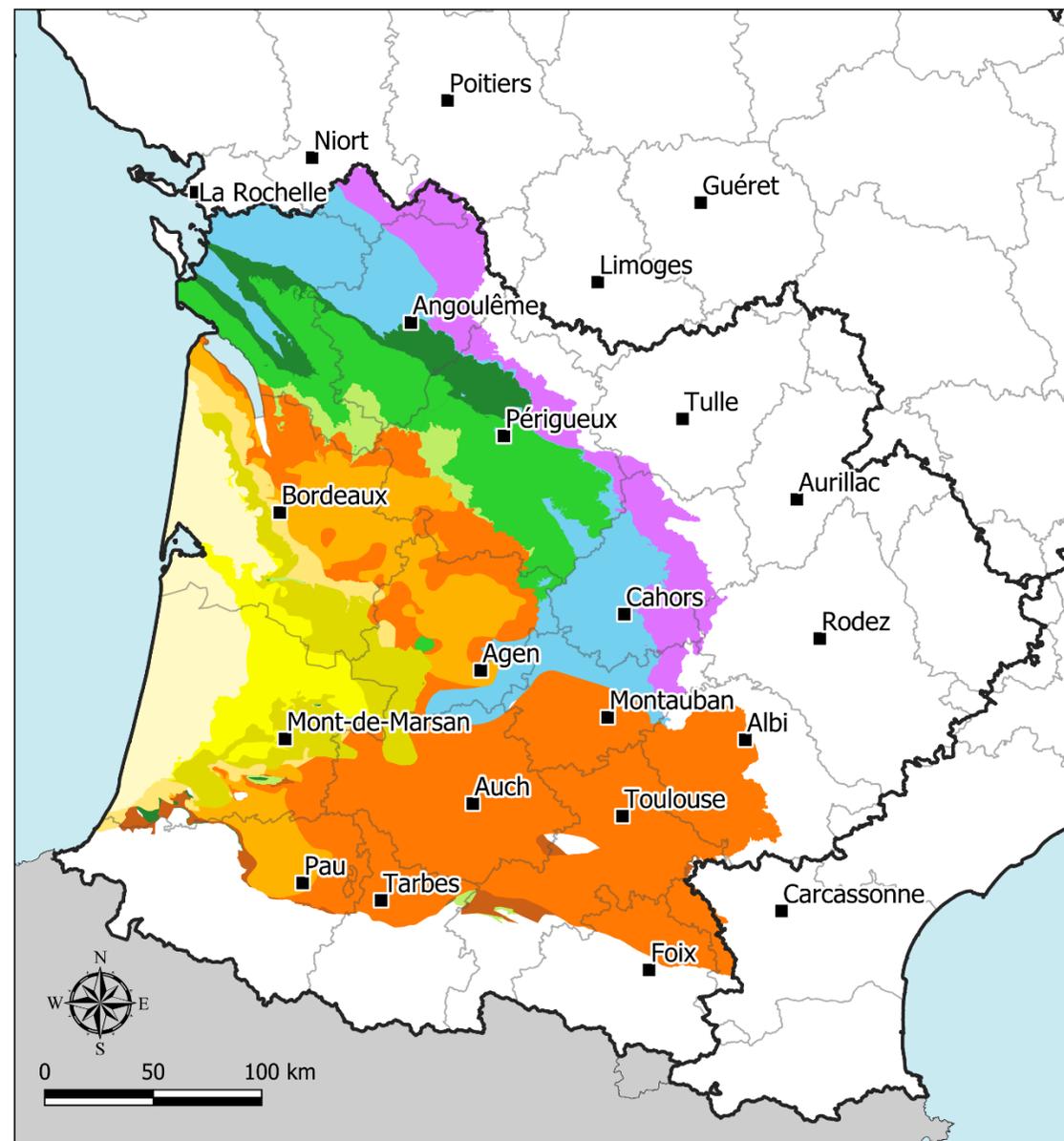


Nappes (MESO) captives

- Miocène - Helvétien
- Miocène - Aquitainien
- Oligocène

- Eocène supérieur
- Eocène inférieur et moyen
- Paléocène
- Crétacé supérieur terminal

- Turonien-Coniacien nord bassin
- Infra-Cénomanién
- Jurassique moyen et supérieur
- Infra-Toarcien



Nappes (MESO) captives

Pliocène

Miocène - Helvétique

Miocène - Aquitainien

Oligocène

Eocène supérieur

Eocène inférieur et moyen

Paléocène

Crétacé supérieur terminal

Turonien-Coniacien nord bassin

Infra-Cénomanién

Jurassique moyen et supérieur

Infra-Toarcien



ADOUR
GARONNE

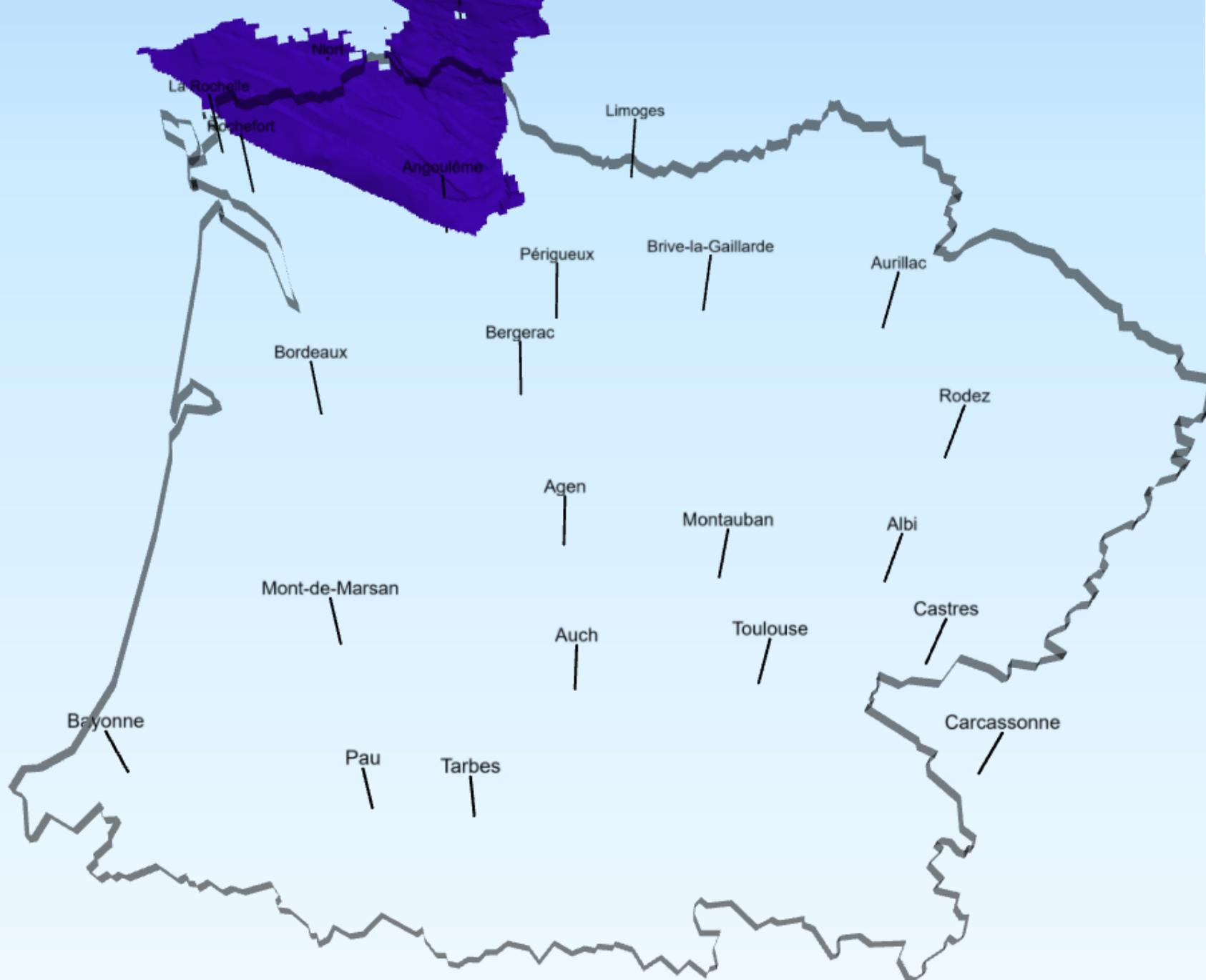
= 73500 Km²

Env. 50% de la surface
du bassin couverte par
des nappes profondes

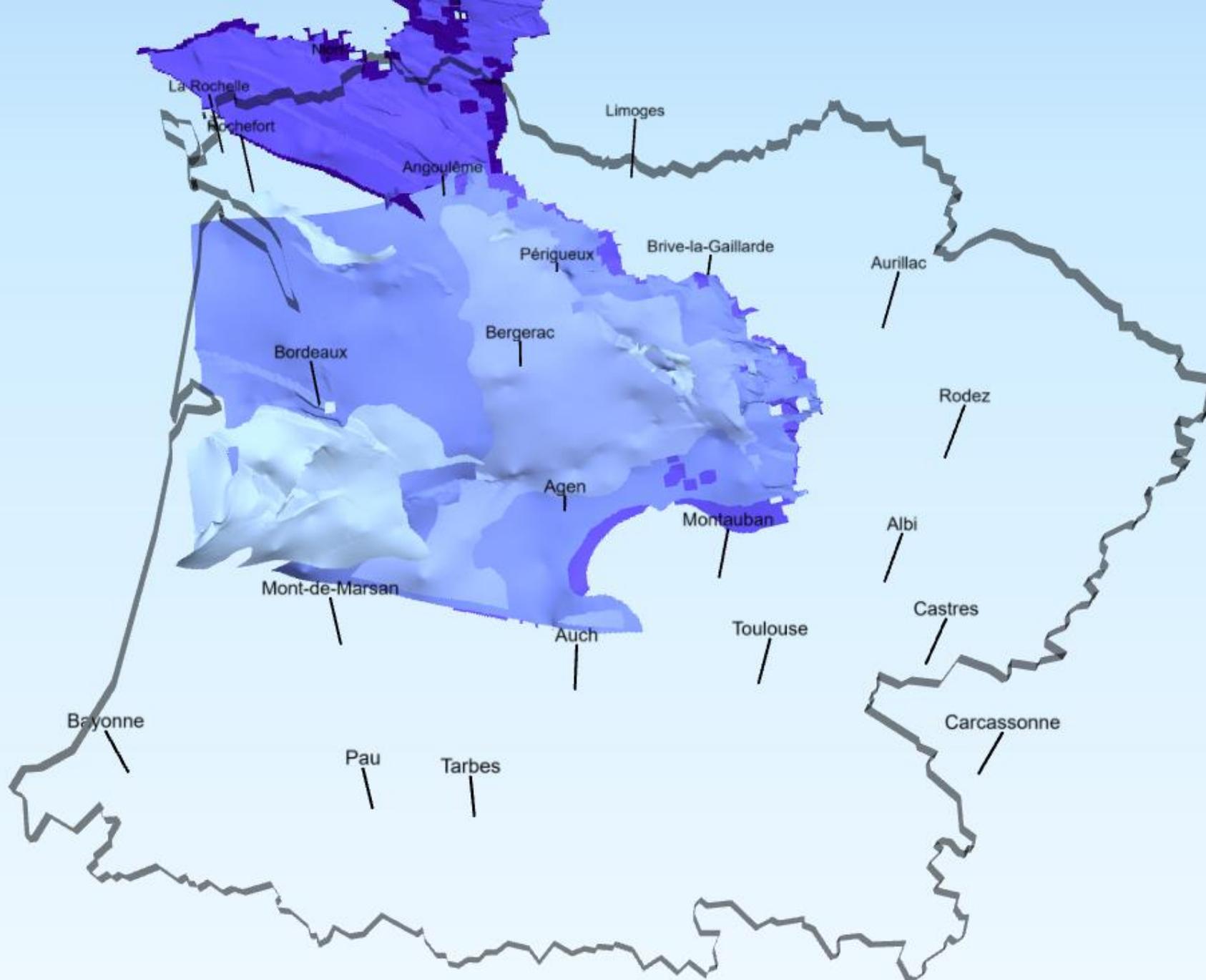




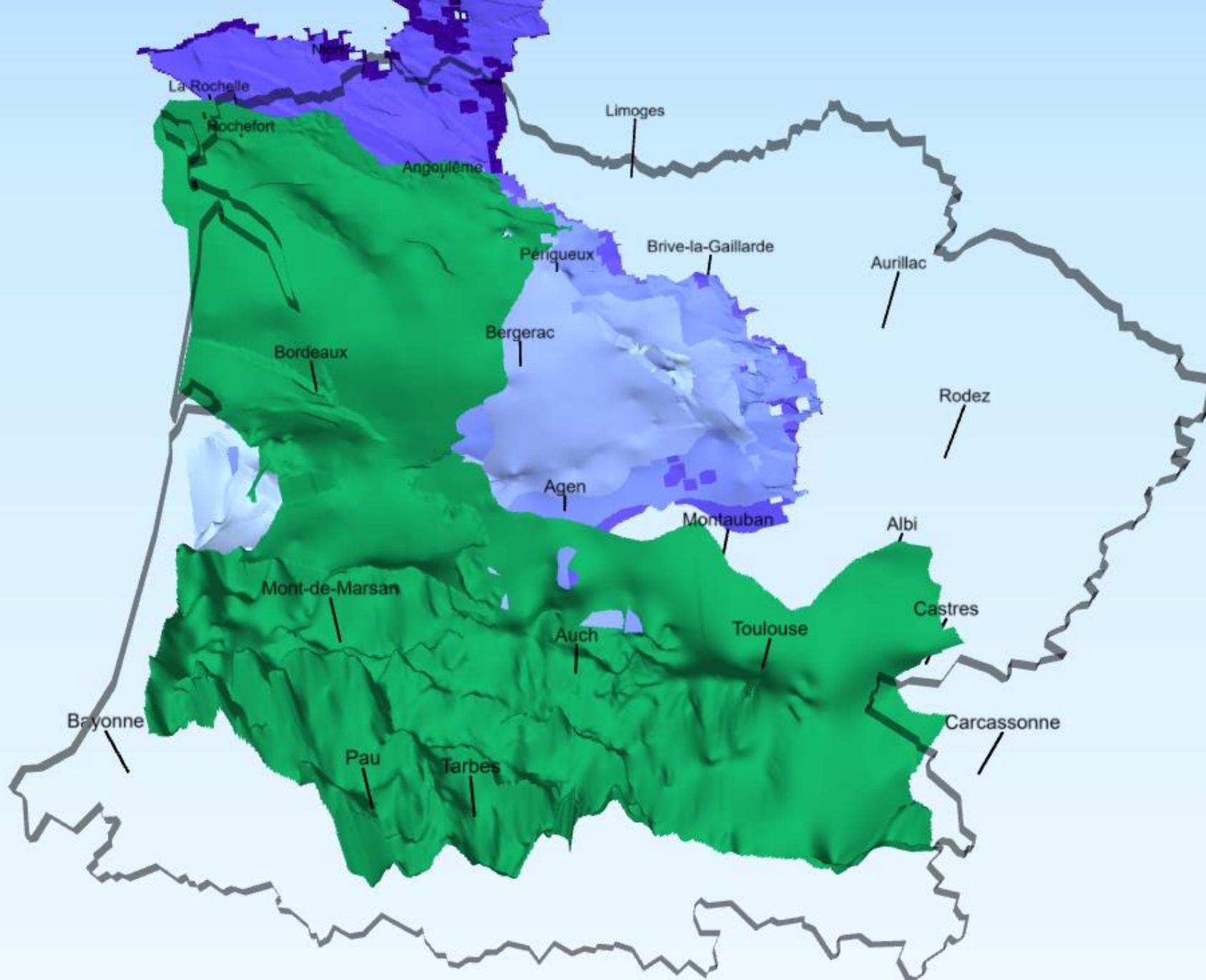
(QUATERNAIRE)	
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE <small>sup. moyen inf.</small>
	MIOCÈNE <small>sup. moyen inf.</small>
	OLIGOCÈNE <small>sup. inf. sup. inf.</small>
PALEOÈNE	ÉOCÈNE <small>sup. inf. sup. inf.</small>
	PALÉOCÈNE <small>sup. inf.</small>
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	CRÉTACÉ <small>supérieur inférieur</small>
	JURASSIQUE <small>sup. moyen inférieur</small>



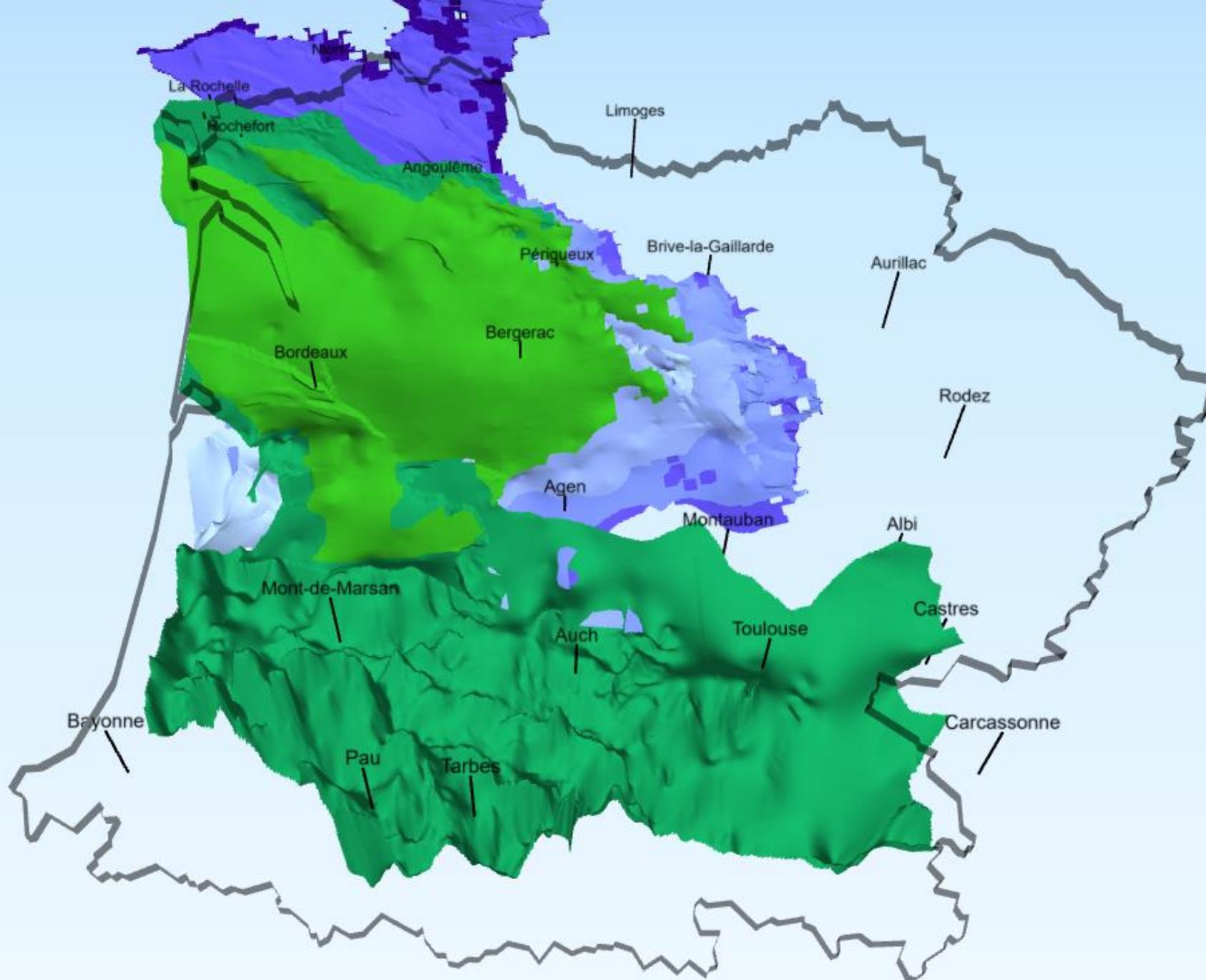
(QUATERNAIRE)	
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE sup. moyen inf.
	MIOCÈNE moyen inf.
	OLIGOCÈNE sup. inf.
PALÉOÈNE	ÉOCÈNE moyen inf.
	PALÉOCÈNE sup. inf.
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	CRÉTACÉ supérieur inférieur
	JURASSIQUE sup. moyen inférieur



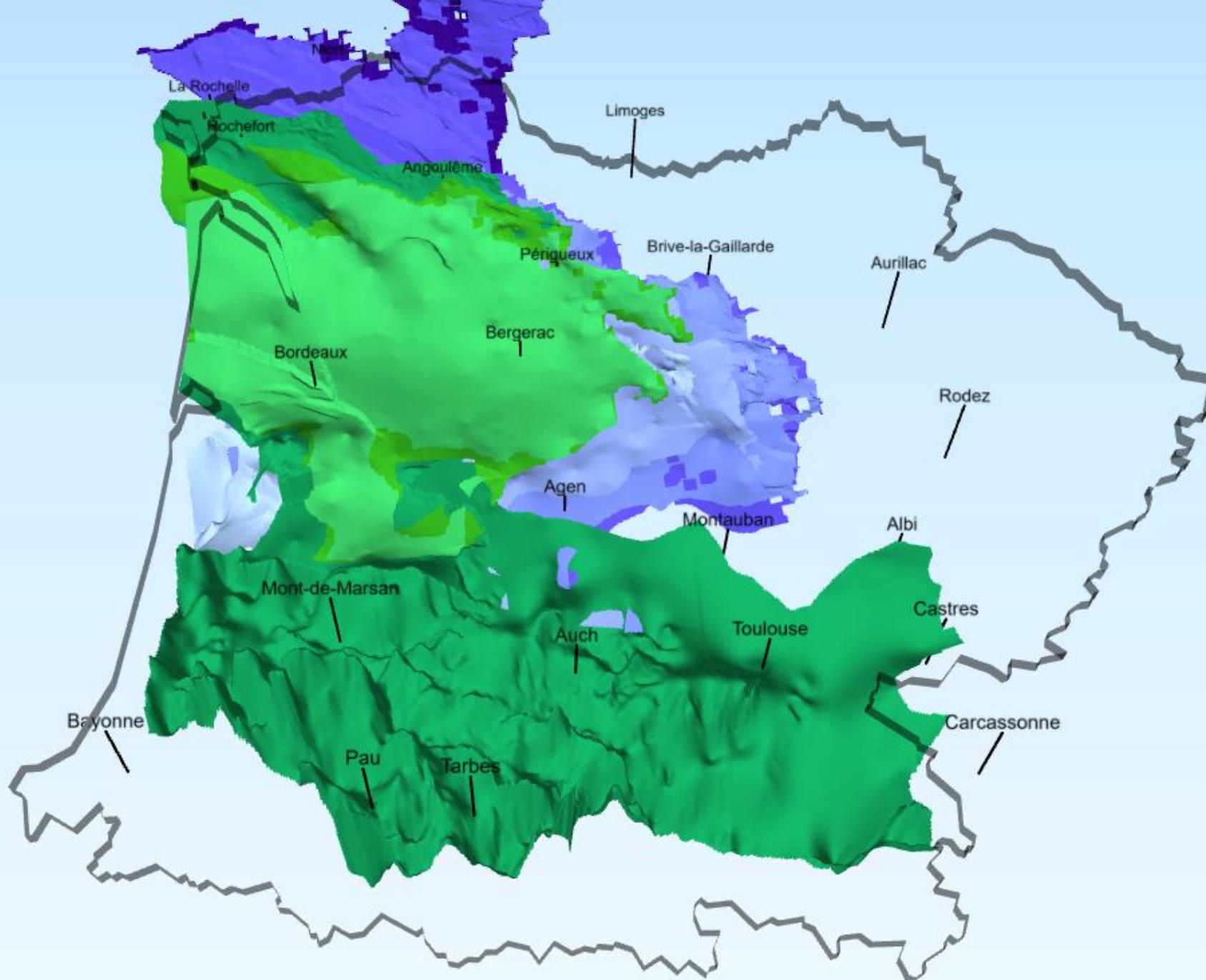
(QUATERNAIRE)	
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE <small>sup. moyen inf.</small>
	MIOCÈNE <small>sup. moyen inf.</small>
	OLIGOCÈNE <small>sup. inf.</small>
PALEOGÈNE	ÉOCÈNE <small>sup. moyen inf.</small>
	PALÉOCÈNE <small>sup. inf.</small>
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	CRÉTACÉ <small>supérieur inférieur</small>
	JURASSIQUE <small>sup. moyen inférieur</small> <small>fin. Oligoc. Maastricht</small>



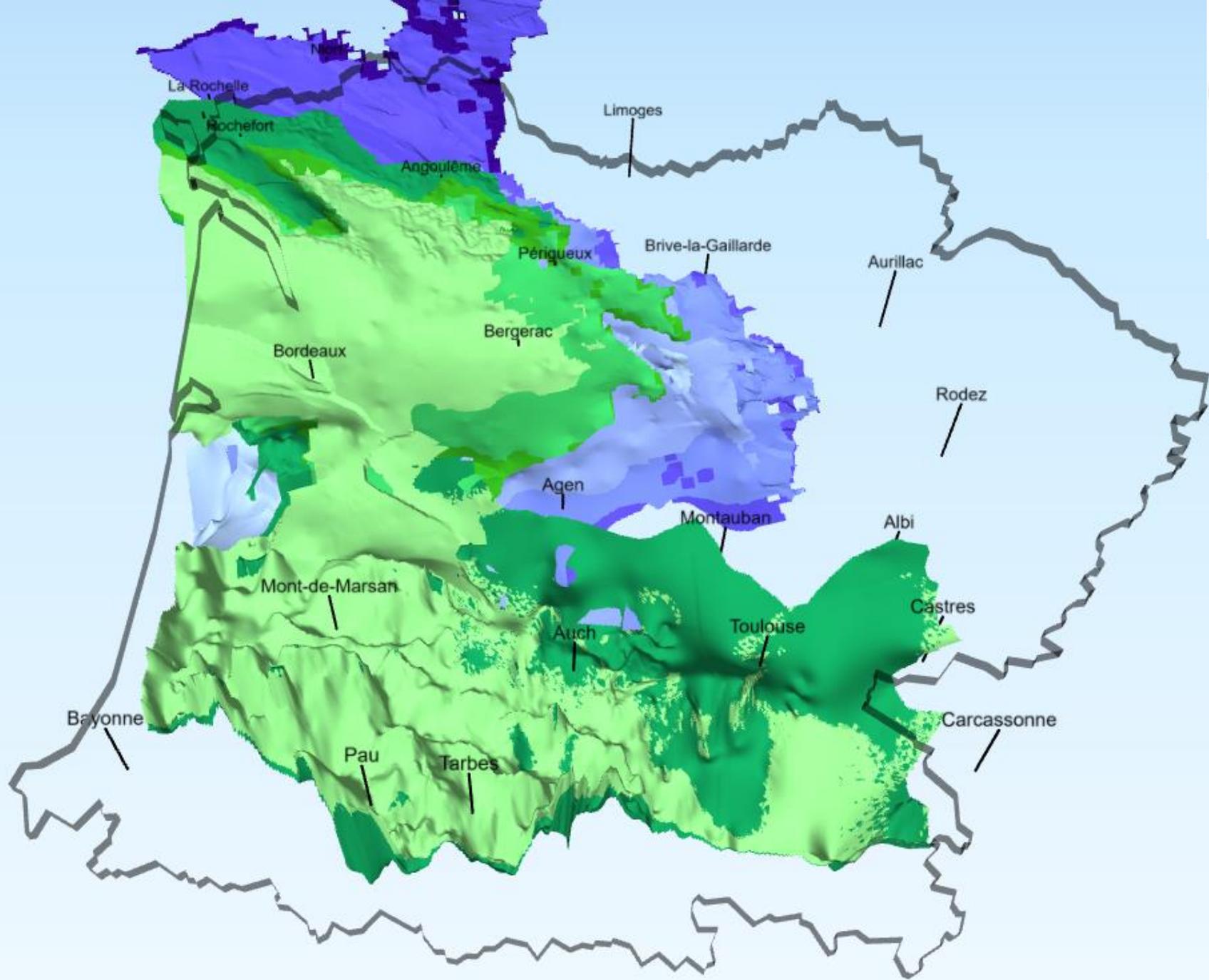
(QUATERNAIRE)	
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE <small>sup. moyen inf.</small>
	MIOCÈNE <small>sup. moyen inf.</small>
PALÉOÈNE	OLIGOCÈNE <small>sup. inf. sup.</small>
	ÉOCÈNE <small>moyen inf. sup.</small>
	PALÉOCÈNE <small>sup. inf.</small>
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	CRÉTACÉ <small>sup. inf. moyen</small>
	JURASSIQUE <small>sup. moyen inf. sup. moyen inf.</small>



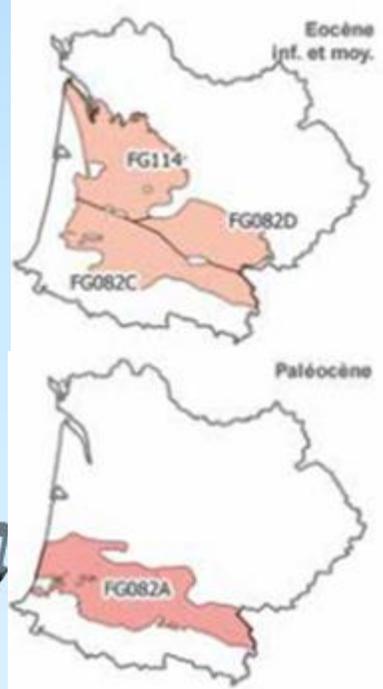
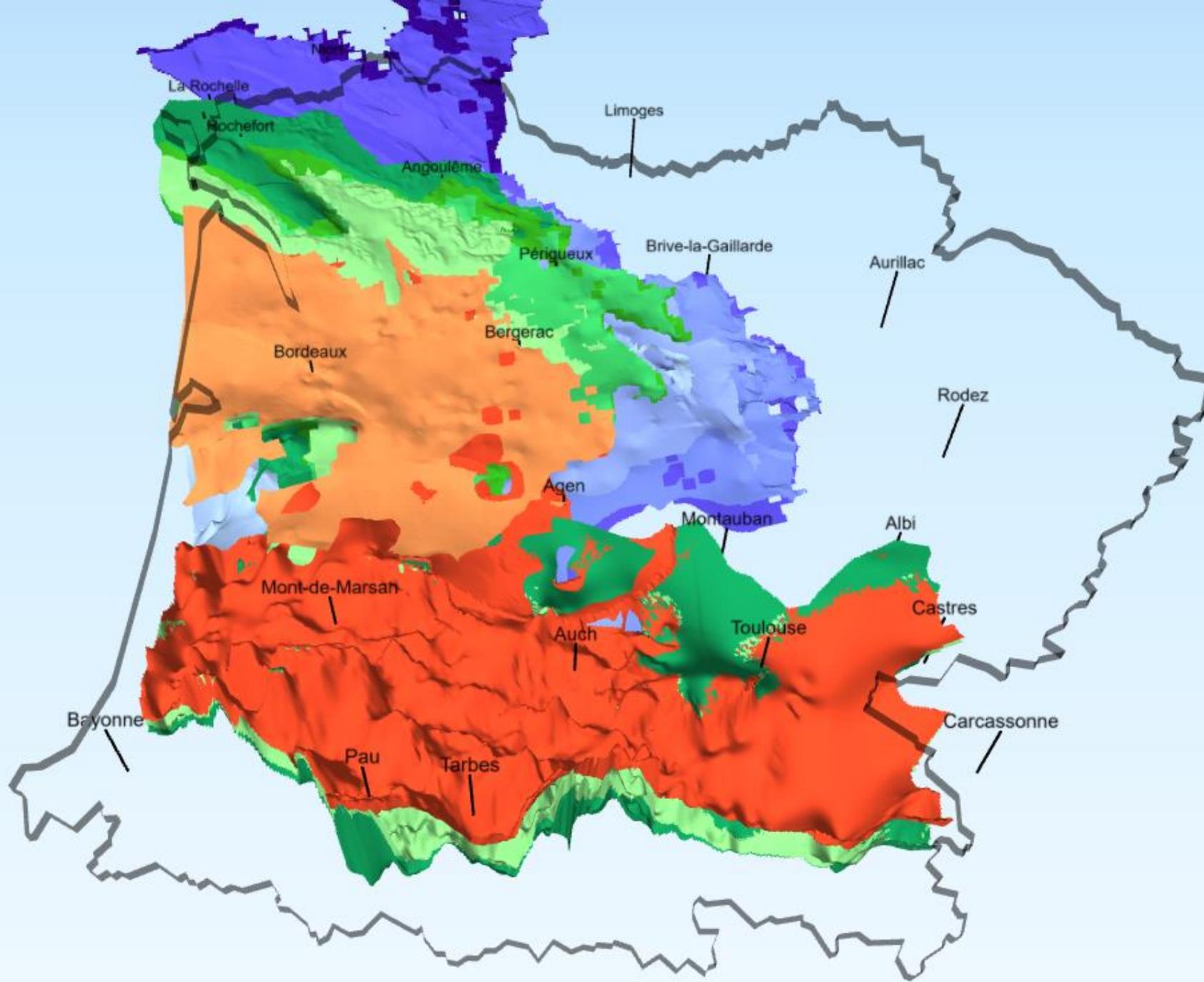
(QUATERNAIRE)	
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE <small>sup. moyen inf.</small>
	MIOCÈNE <small>sup. moyen inf.</small>
PALÉOÈNE	OLIGOCÈNE <small>sup. inf. sup.</small>
	ÉOCÈNE <small>moyen inf. sup.</small>
	PALÉOCÈNE <small>sup. inf.</small>
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	CRÉTACÉ <small>sup. inf. moyen inf. sup.</small>
	JURASSIQUE <small>sup. moyen inf. sup. inf. sup. inf.</small>



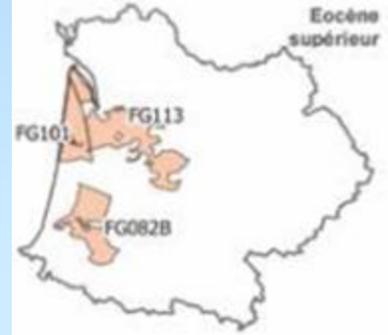
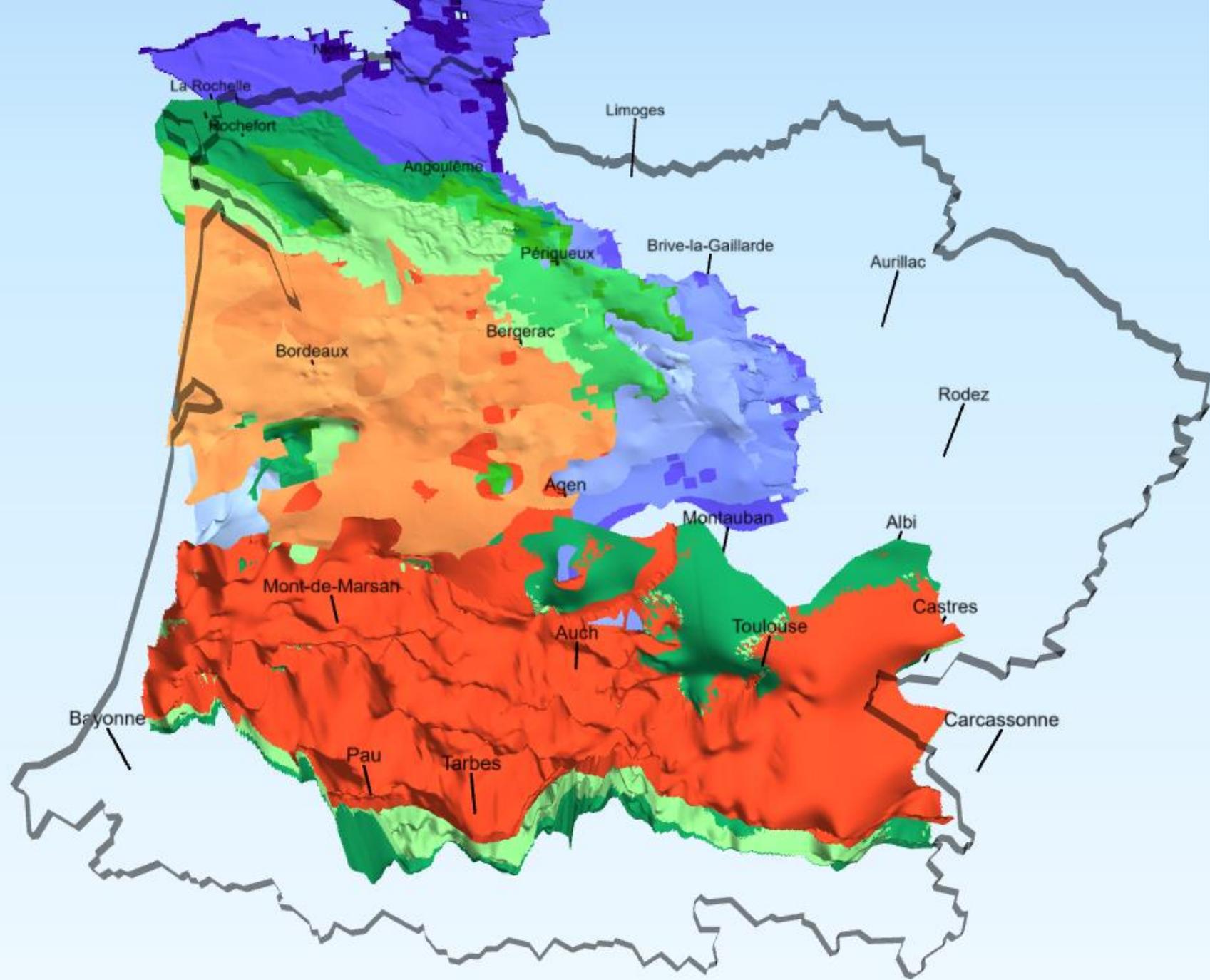
(QUATERNAIRE)	
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE sup. moyen inf.
	MIOCÈNE moyen inf.
	OLIGOCÈNE sup. inf.
PALÉOÈNE	ÉOCÈNE moyen inf.
	PALÉOCÈNE sup. inf.
	CRÉTACÉ supérieur inférieur
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	JURASSIQUE sup. moyen inférieur



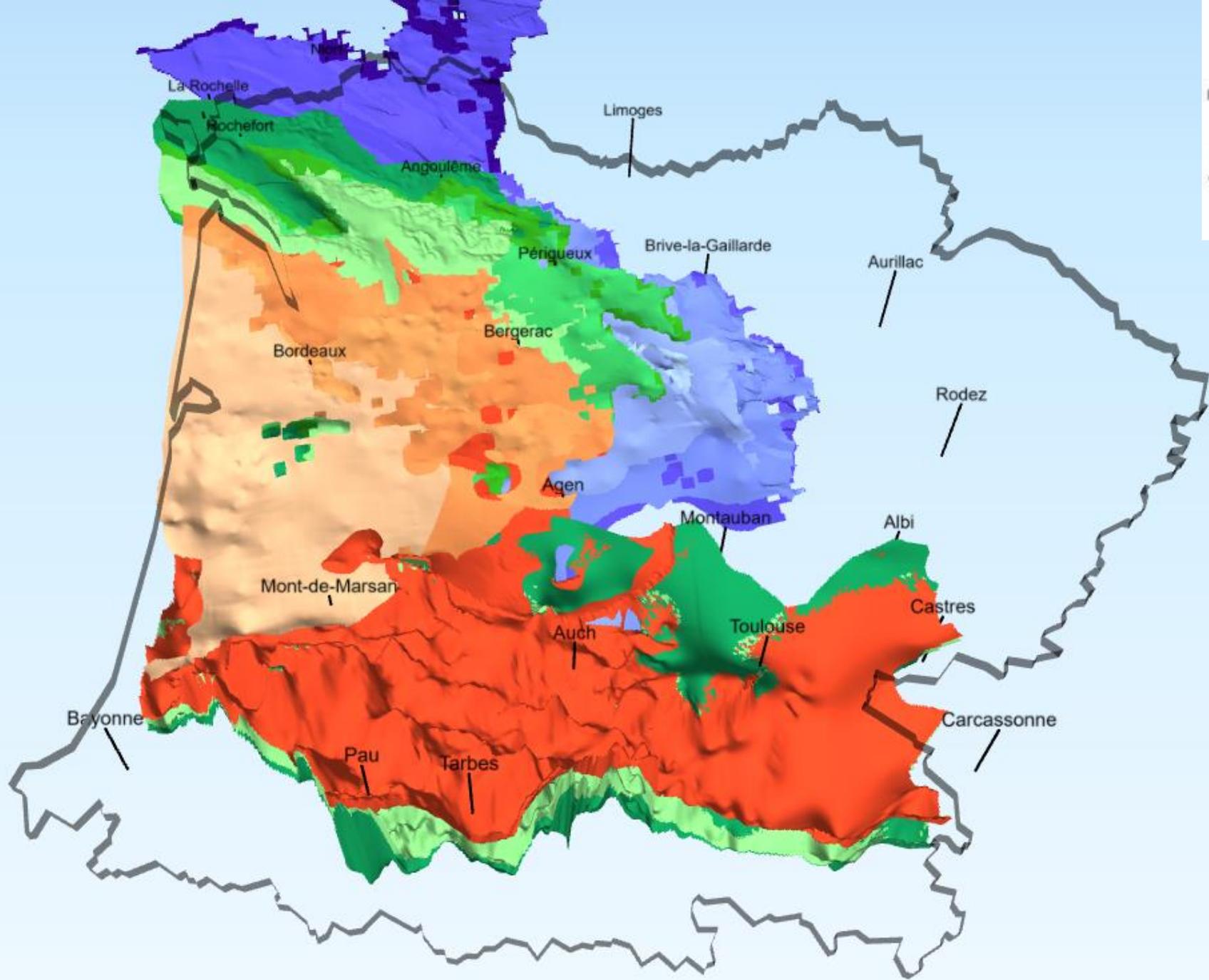
(QUATERNAIRE)	
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE sup. moyen inf.
	MIOCÈNE moyen inf.
	OLIGOCÈNE sup. inf.
PALÉOÈNE	ÉOCÈNE moyen inf.
	PALEOÈNE sup. inf.
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	CRÉTACÉ supérieur inférieur
	JURASSIQUE sup. moyen inférieur Lias Dogger Malm



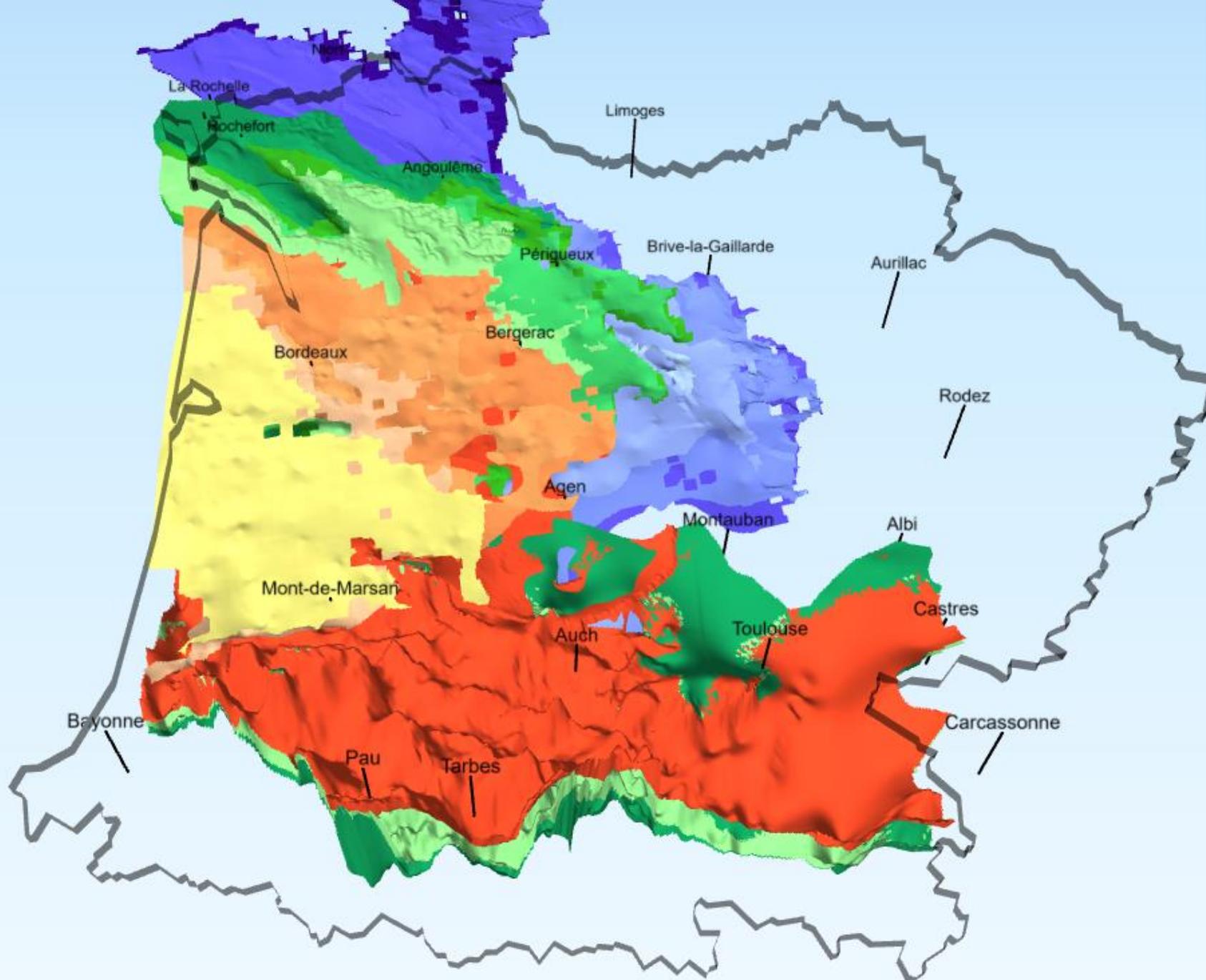
(QUATERNAIRE)	
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE sup. moyen inf.
	MIOCÈNE moyen inf.
PALEOGENE	OLIGOCÈNE sup. moyen inf.
	EOCÈNE moyen inf.
	PALÉOCÈNE sup. inf.
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	CRÉTACÉ supérieur inférieur
	JURASSIQUE sup. moyen inférieur Lias



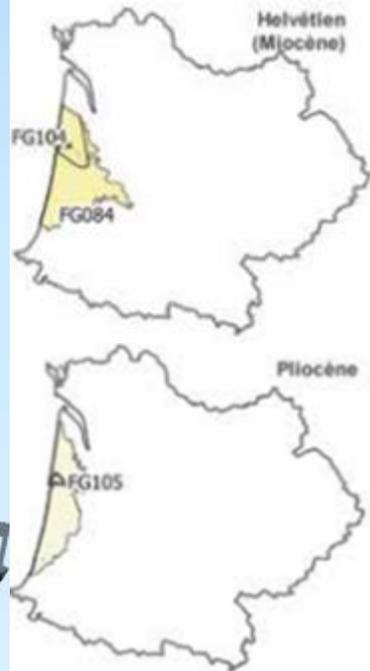
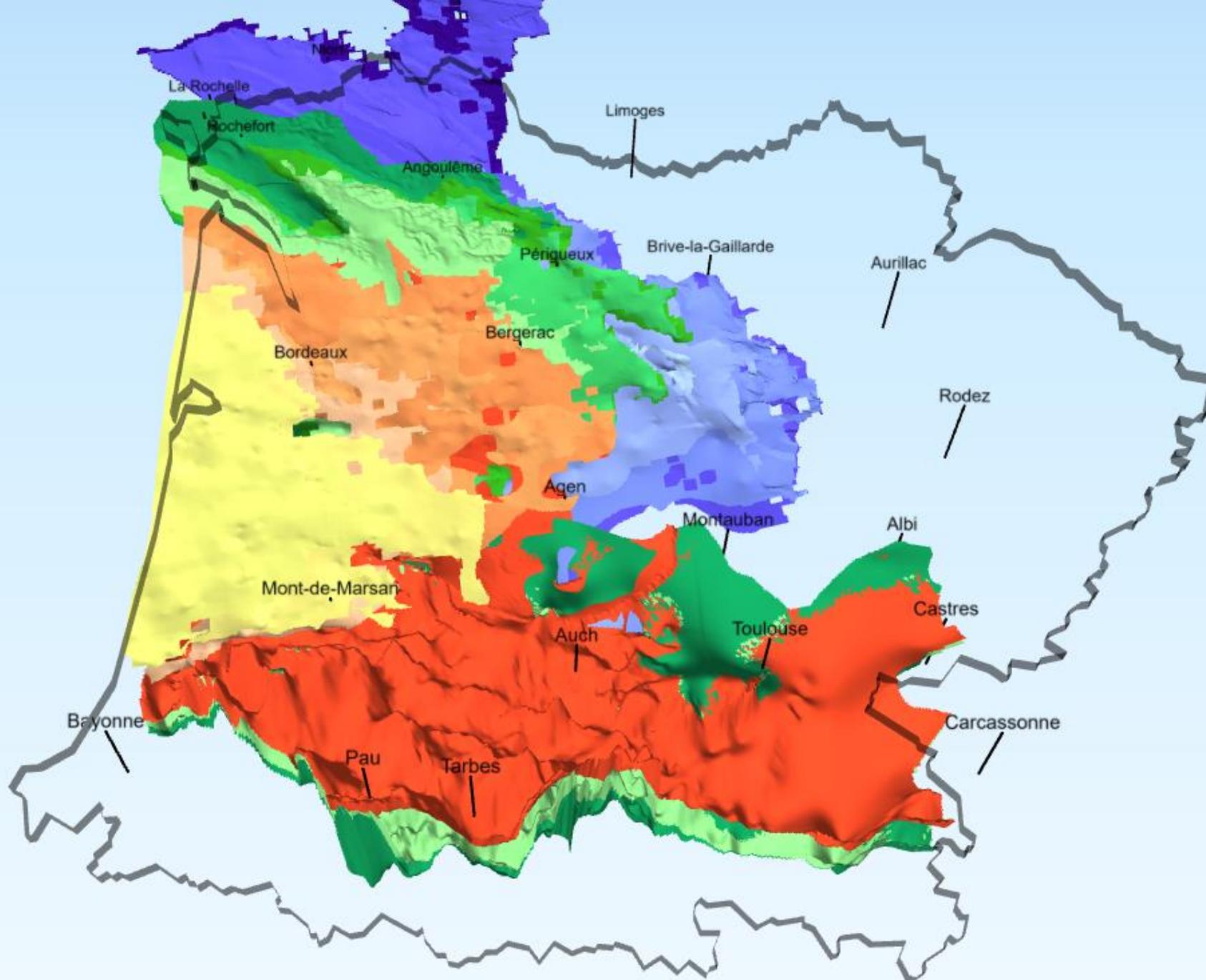
(QUATERNAIRE)				
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE	sup.	miocen	plioc
	MIOCÈNE	sup.	miocen	mioc
	OLIGOCÈNE	sup.	oligocen	olig
PALÉOGENÉ	ÉOCÈNE	sup.	éocen	éoc
	PALÉOCÈNE	sup.	paléocen	paléoc
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	CRÉTACÉ	supérieur		
		inférieur		
JURASSIQUE	sup.	jurass		
	miocen	jurass		
	inférieur	jurass		



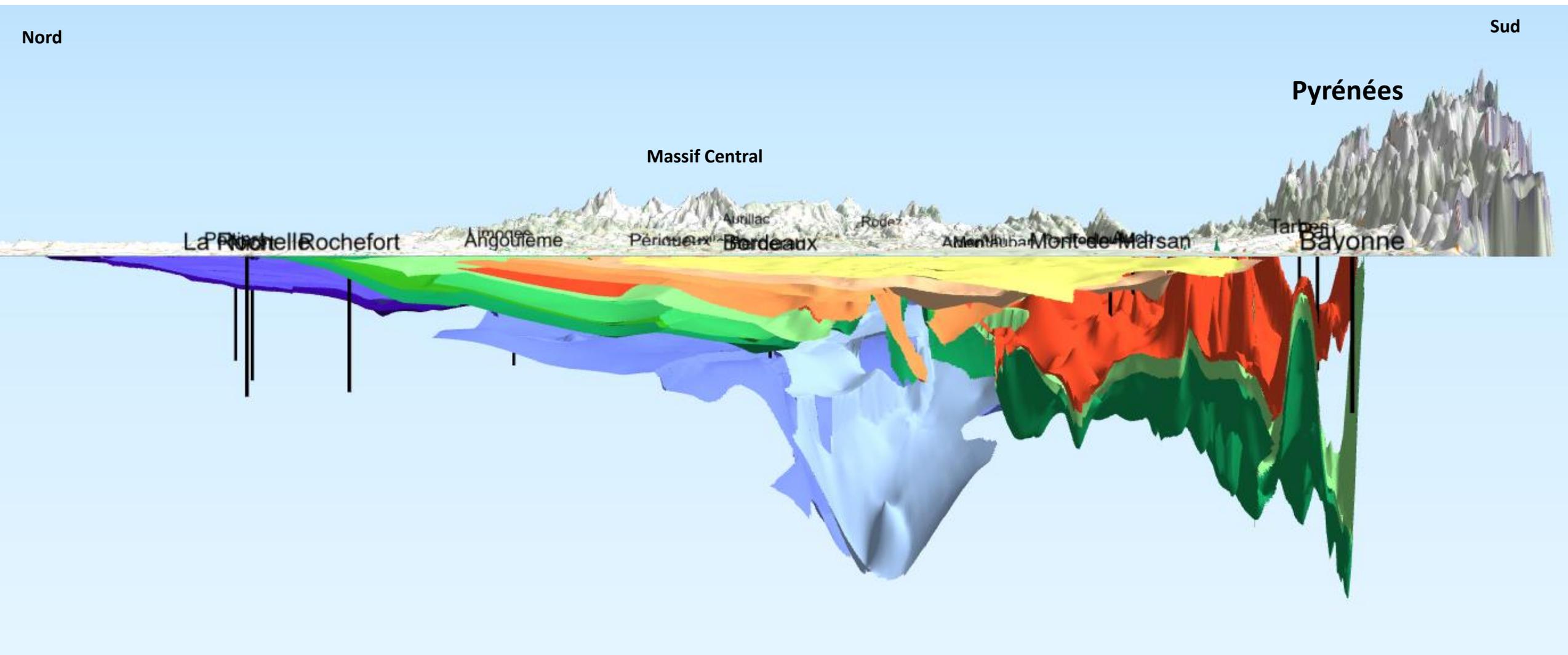
(QUATERNAIRE)	
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE sup. moyen inf.
	MIOCÈNE moyen inf.
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	OLIGOCÈNE sup. inf.
	ÉOCÈNE sup. moyen inf.
	PALÉOCÈNE sup. inf.
	CRÉTACÉ supérieur inférieur
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	JURASSIQUE sup. moyen inférieur



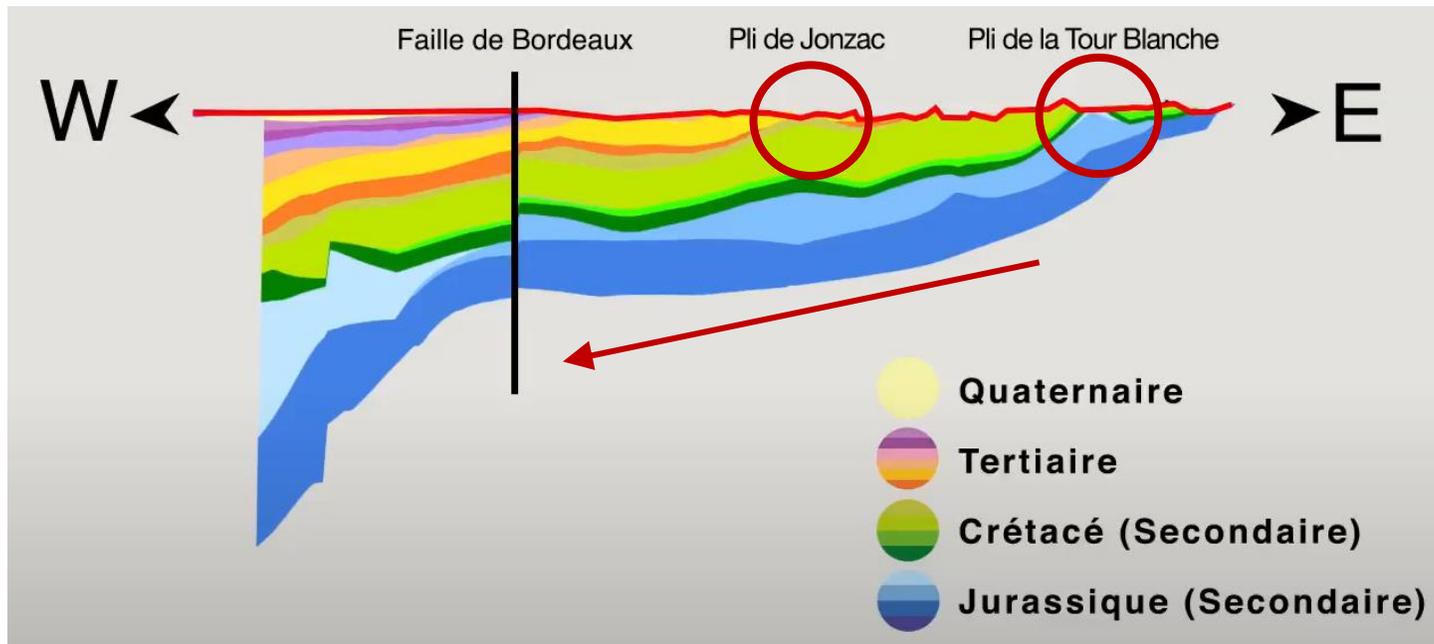
(QUATERNAIRE)	
CÉNOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PLIOCÈNE <small>sup. moyen inf.</small>
	MIOCÈNE <small>moyen inf.</small>
PALÉOÈNE	OLIGOCÈNE <small>sup. inf. sup. inf.</small>
	ÉOCÈNE <small>moyen inf. inf.</small>
	PALÉOCÈNE <small>sup. inf.</small>
	CRÉTACÉ <small>supérieur inférieur</small>
MÉSOZOÏQUE (SECONDAIRE)	JURASSIQUE <small>sup. moyen inf. sup. inf. sup. inf.</small>





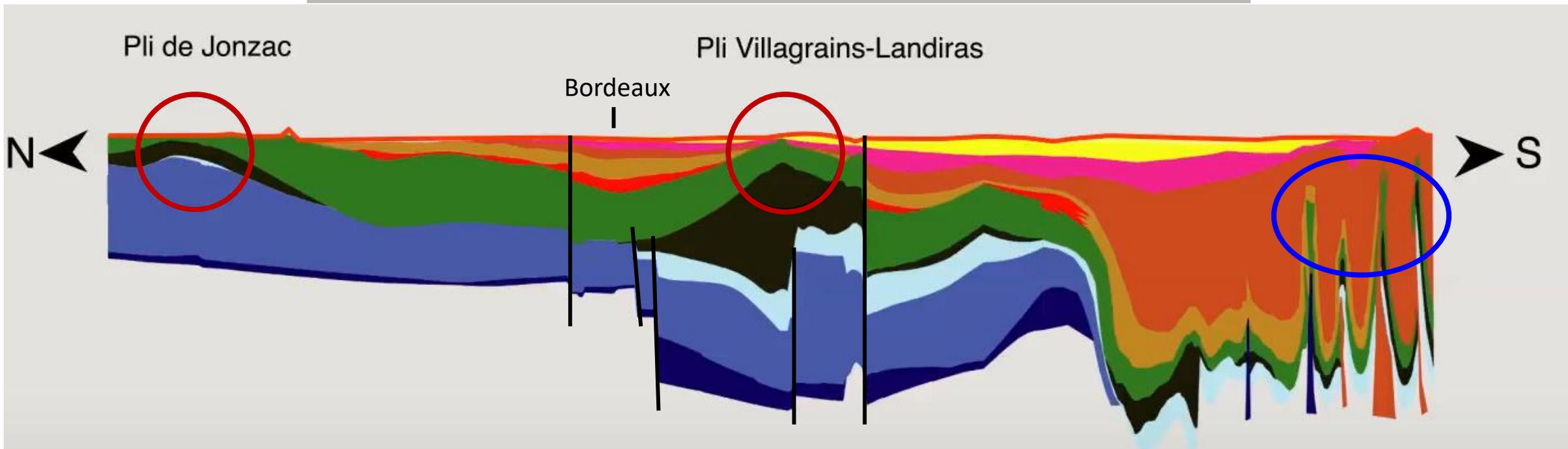


Des nappes « profondes » pas toujours profondes



Les nappes profondes affleurent aussi à la faveur des structures géologiques (plis, failles)

ou remontent à la faveur de diapirs (Dax)





#02

UNE NAPPE PROFONDE COMMENT ÇA MARCHE ?

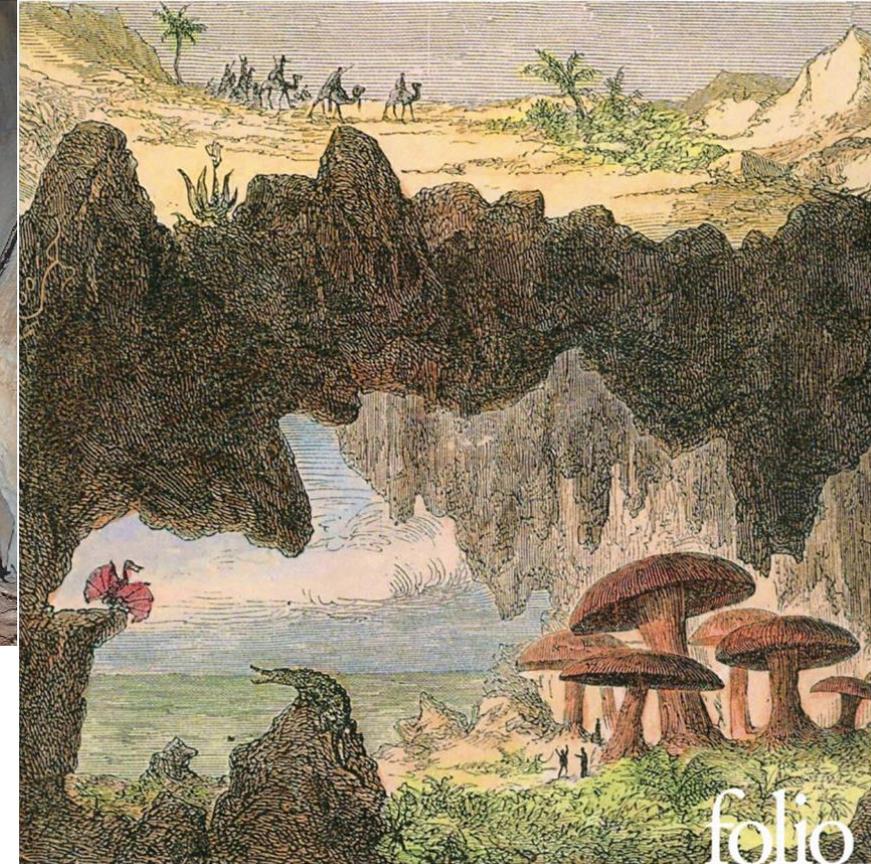
Une représentation du milieu souterrain (et des nappes profondes) souvent fantasmée



Gouffre de Padirac (Lot) – Crédit photo P. Crochet



Grotte de Viazac (Lot) – Crédit photo G. Maistre



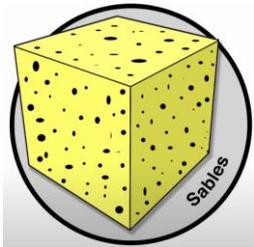
Voyage au centre de la terre, Jules Verne – Ill. Riou

Représentation
traditionnelle des puits
artésiens dans un ouvrage
du milieu du 19^e s.

Margat, 2013

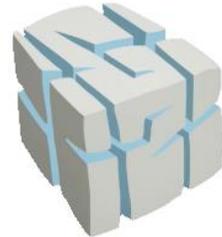
En fait une nappe profonde c'est la plupart du temps beaucoup moins sexy

L'eau circule la plupart du temps dans les interstices des roches (millimétriques à décimétriques)



vides entre les grains

POREUX



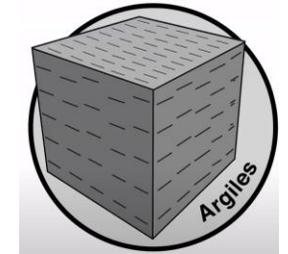
Fissures / fractures

FISSURÉ



fissures élargies par la dissolution, ET vides organisés en réseau de drainage souterrain hiérarchisé

KARSTIQUE



argiles et marnes



Faluns miocènes de Moulin Pochas à Amberre (86), 2020.



Petit homme moustachu aux Falaises de Rochereuil à Grand-Brassac (24), Mars 2012.



Grès du Cénomaniien (Chapdeuil 24).



Conduit Karstique – diagraphie vidéo – Forage de Vergt (24)



Marnes du kimmeridgien (Fumel 47)

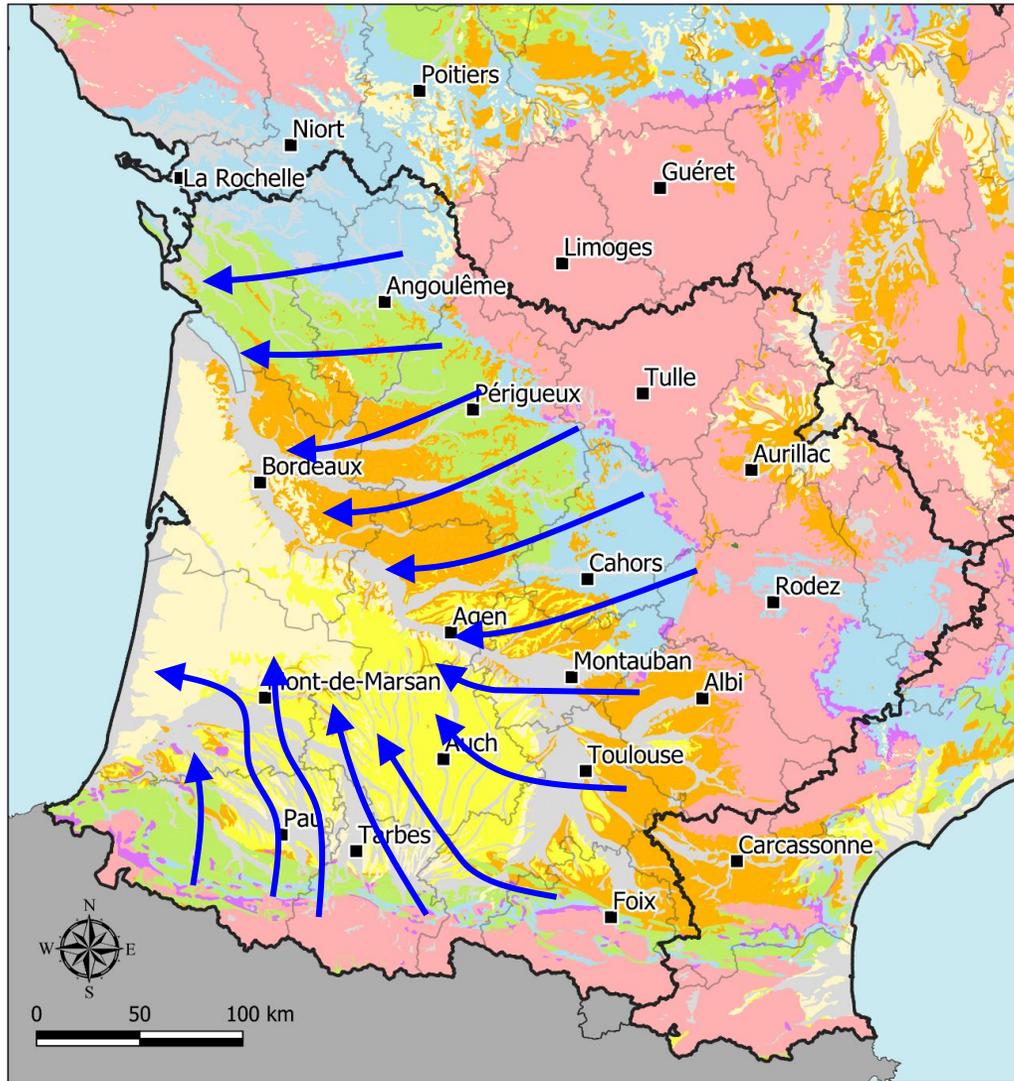


Marno-calcaire du Campanien (Tercis – 40)

Calcaires à Astéries – Rupélien (Bourg 33).



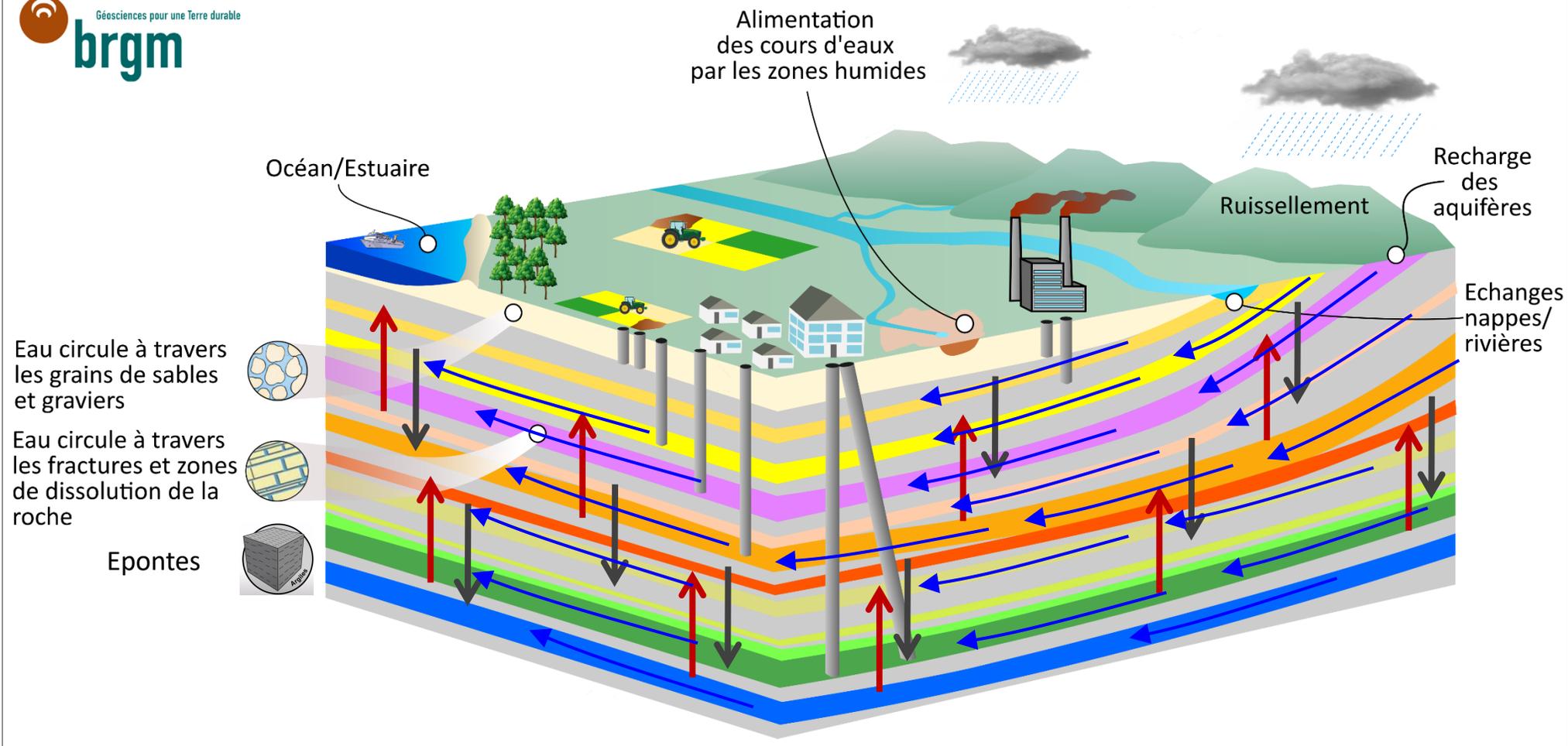
Circulation des eaux souterraines dans le Bassin aquitain



Une circulation régionale qui s'effectue depuis les bordures du Bassin aquitain (contreforts du Massif Central et des Pyrénées) vers le cœur du Bassin en direction de l'océan.

Depuis la proche surface vers les zones les plus profondes

L'eau circule à faible vitesse de l'ordre de quelques m/an



Des échanges verticaux (drainance) ont également lieu à la faveur de contacts, de failles ou à travers les épontes

Les pompages vont modifier les vitesses de circulations voire modifier les sens d'écoulement localement ou régionalement

Légende :

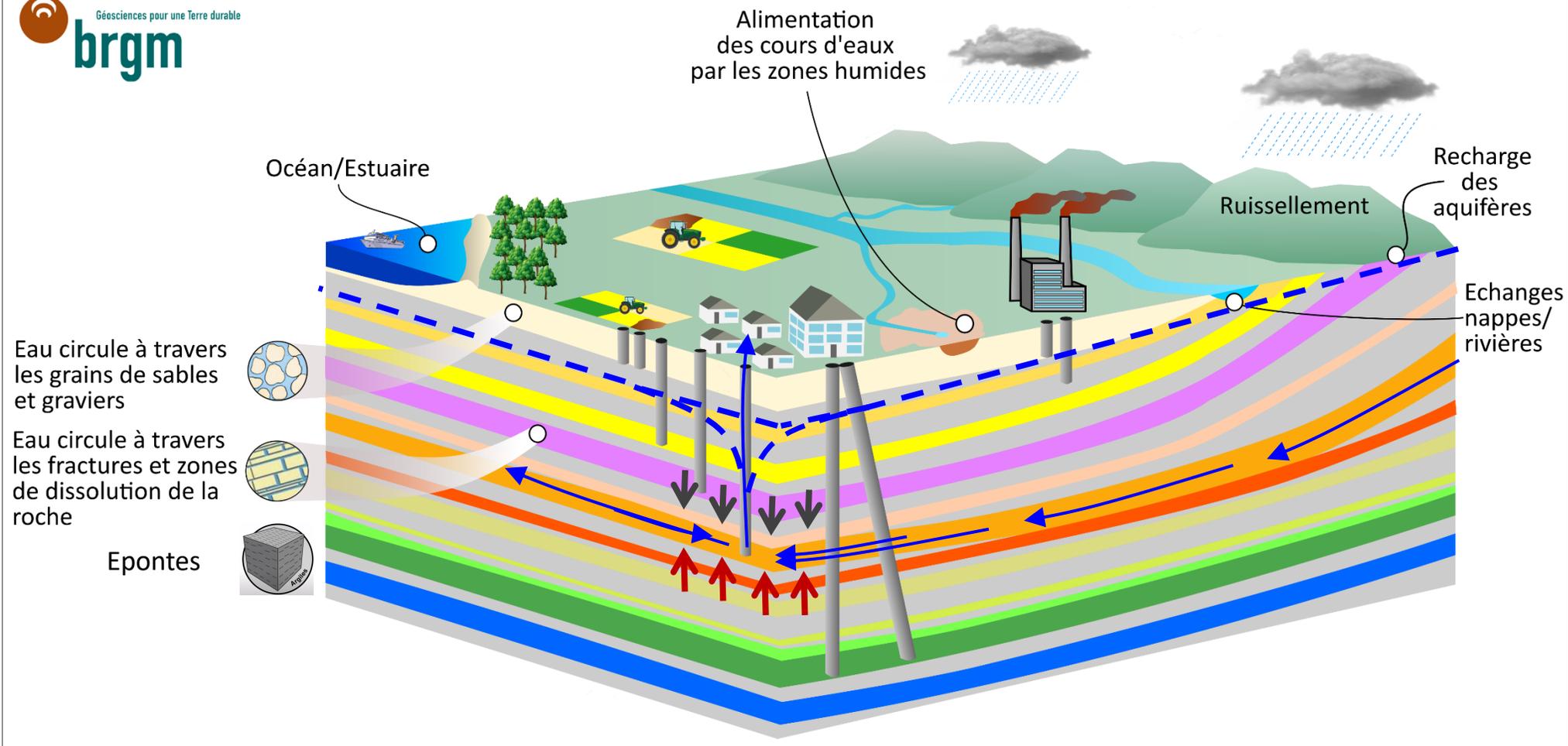
Formations aquifères :

- Plio-Quaternaire Sables, graviers et sables argileux
- Miocène moy. – grès calcaires
- Miocène inf. – grès calcaires
- Oligocène inf. – calcaires, calcaires gréseux
- Eocène supérieur – calcaires, calcaires gréseux +/- argileux
- Eocène moyen – calcaires, grès et sables
- Eocène inférieur – calcaires, grès et sables

- Campanien – calcaires et calcaires gréseux
- Coniacien-Santonien – calcaires gréseux
- Turonien – calcaires, grès et sables
- Cénomaniens – calcaires
- Jurassique

Formations imperméables à peu perméables :

- Epontes



Des échanges verticaux (drainance) ont également lieu à la faveur de contacts, de failles ou à travers les épontes

Les pompages vont modifier les vitesses de circulations voire modifier les sens d'écoulement localement ou régionalement

Légende :

Formations aquifères :		Formations imperméables à peu perméables :	
	Plio-Quaternaire Sables, graviers et sables argileux		Campanien – calcaires et calcaires gréseux
	Miocène moy. – grès calcaires		Coniacien-Santonien – calcaires gréseux
	Miocène inf. – grès calcaires		Turonien – calcaires, grès et sables
	Oligocène inf. – calcaires, calcaires gréseux		Cénomaniens – calcaires
	Eocène supérieur – calcaires, calcaires gréseux +/- argileux		Jurassique
	Eocène moyen – calcaires, grès et sables		
	Eocène inférieur – calcaires, grès et sables		
			Epontes



#03

QUELS USAGES DES NAPPES PROFONDES ?

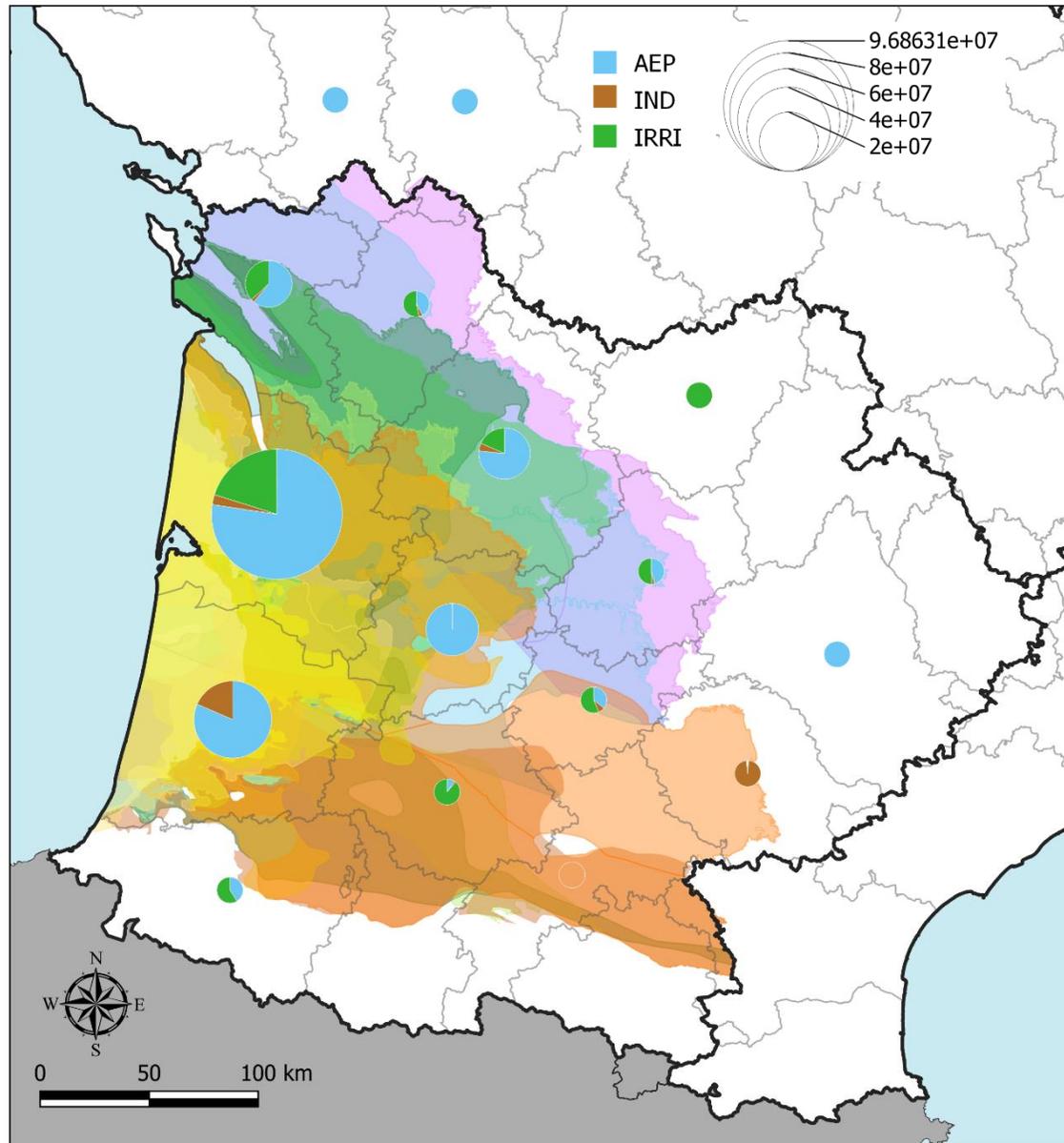




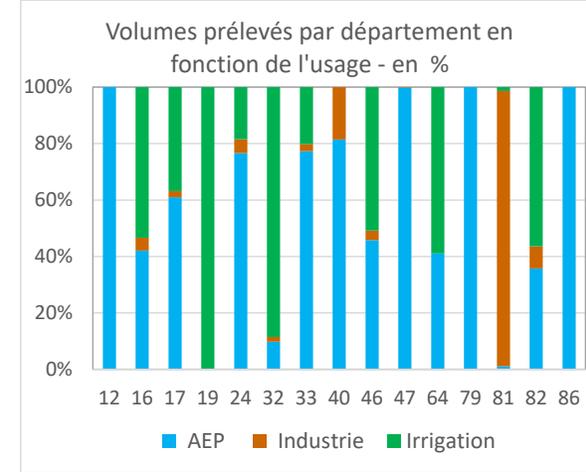
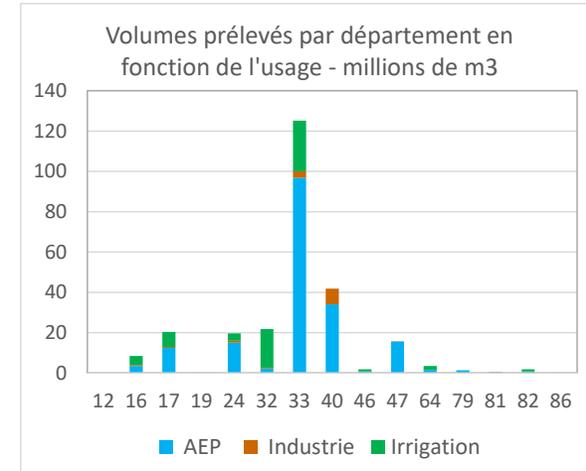
Les prélèvements constituent le principal facteur de perturbation de ces nappes

La Gironde et les Landes, dans lesquels on retrouve une grande variété de nappes profondes représentent près des 2/3 des prélèvements

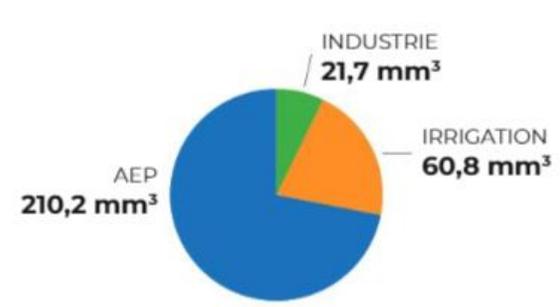
L'usage eau potable représente 70% des prélèvements dans les nappes profondes



Nappes (MESO) captives		
Pliocène	Eocène supérieur	Infra-Cénomaniens
Miocène - Helvétien	Eocène inférieur et moyen	Jurassique moyen et supérieur
Miocène - Aquitaniens	Paléocène	Infra-Toarciens
Oligocène	Crétacé supérieur terminal	
	Turonien-Coniacien nord bassin	



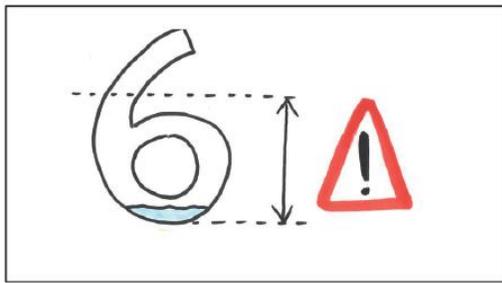
Répartition par usage des volumes prélevés





#04

QUELLES PROBLEMATIQUES ? QUANTITE ET QUALITE



6 masses d'eau profondes en mauvais état quantitatif

Comment cela se traduit ?

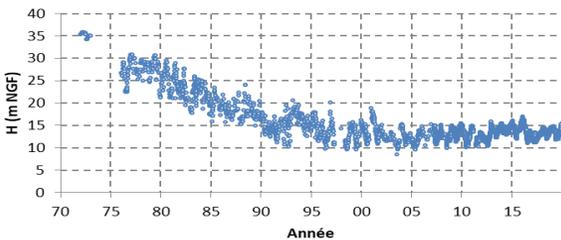
Par une baisse des niveaux piézométriques dont on estime qu'elle peut mettre en péril la ressource sur le long terme.

Oligocène



08271X0106 - Oligocène - CANEJAN

[OBS]

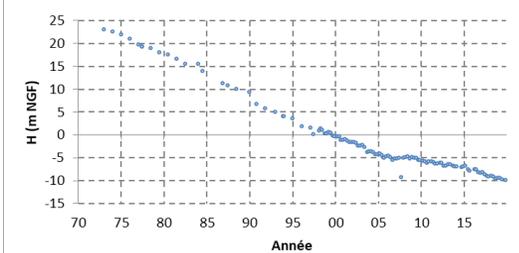


Eocène inférieur et moyen



08526X0003 - Éocène moy - AUROS

[OBS]



Crétacé supérieur terminal

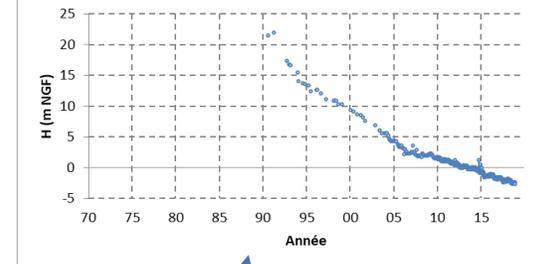


Jurassique moyen et supérieur



09023X0016 - BACK - ROUQUET 1

[OBS]





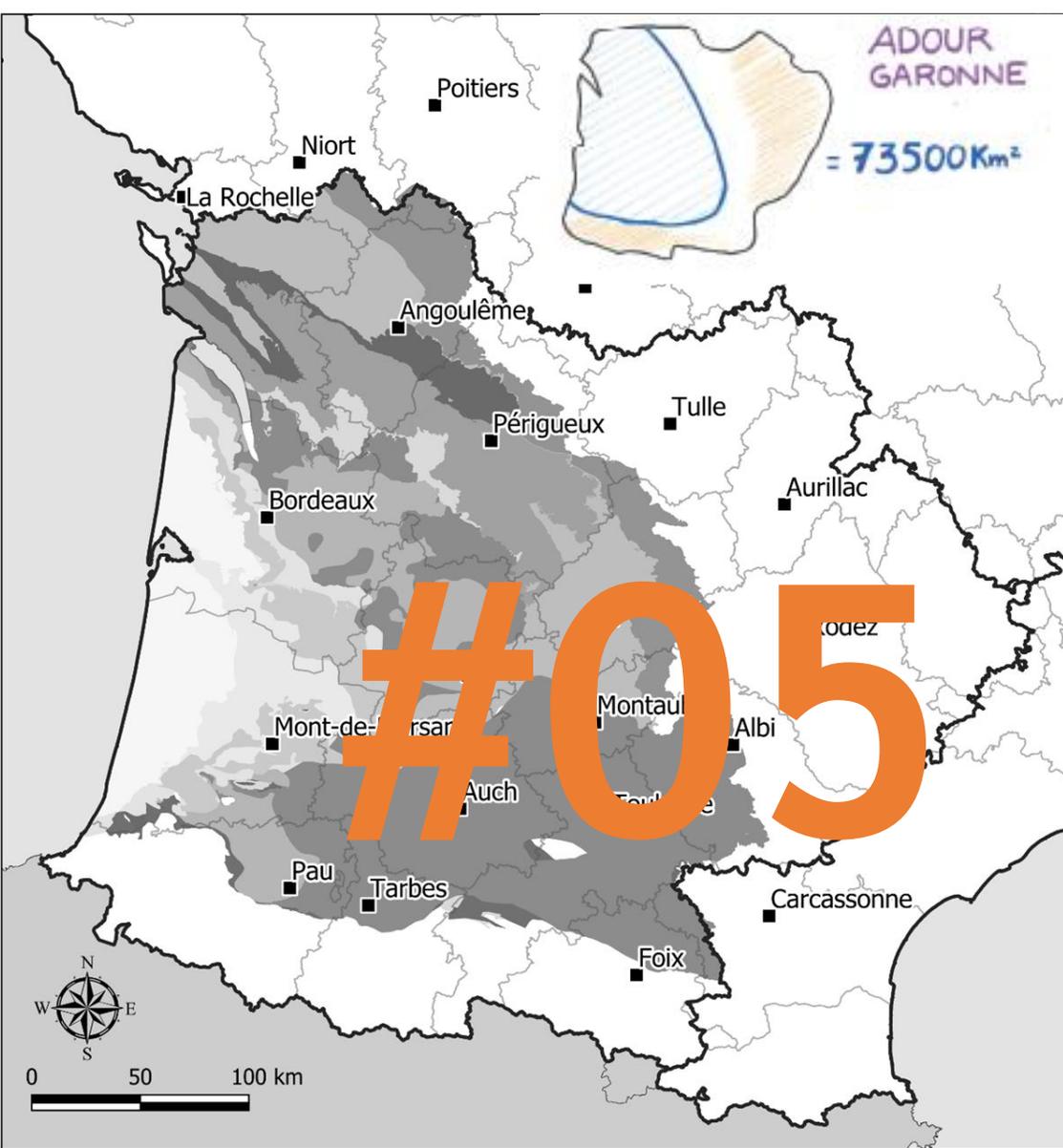
Des nappes profondes d'excellente qualité

Les 28 nappes profondes (Masses d'eau) du Bassin Adour Garonne sont en **BON ETAT**

Des nappes profondes protégées des pollutions de surface d'origine anthropique

Une qualité chimique stable dans le temps !

Un fond géochimique qui peut induire une minéralisation importante (Sulfates, Fluor....)



**UNE VALEUR REFUGE
PRENONS EN SOIN !**

Nappes (MESO) captives

- | | | |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Pliocène | Eocène supérieur | Infra-Cénomanién |
| Miocène - Helvétien | Eocène inférieur et moyen | Jurassique moyen et supérieur |
| Miocène - Aquitanién | Paléocène | Infra-Toarcién |
| Oligocène | Crétacé supérieur terminal | |
| | Turonien-Coniacien nord bassin | |

- Des eaux globalement d'excellente qualité et naturellement préservées des pollutions anthropiques de surface => **priorisation des usages**,
- Elles couvrent des superficies importantes (10 000 à 20 000 km² pour les plus étendues) ce qui en fait des **ressources disponibles à l'aplomb des besoins**,
- des temps de résidence importants (25 000 à 50 000 ans au cœur du bassin) => Une **gestion qui ne peut s'opérer que sur un temps long** et non pas sur quelques cycles hydrologiques,
- Peu influencées par les variations climatiques saisonnières => possibilités de **modulation inter-annuelles** => permettant de passer les périodes de crise => sera primordial dans le contexte du changement climatique
- Des aquifères complexes avec un fonctionnement qui n'est **pas toujours bien connu** mais qui **ne doit pas empêcher la mise en place de règles de gestion**.

LES NAPPES PROFONDES

SONT UNE VALEUR REFUGE. PRENONS-EN SOIN!



MIEUX COMPRENDRE LE FONCTIONNEMENT DES EAUX SOUTERRAINES



EAUX
SOUTERRAINES
ENJEUX STRATÉGIQUES
POUR LES ÉLUS



LES GRANDS ENJEUX DE LA GESTION DES NAPPES PROFONDES DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT GLOBAL

EAUX SOUTERRAINES

ENJEUX STRATÉGIQUES POUR LES ÉLUS

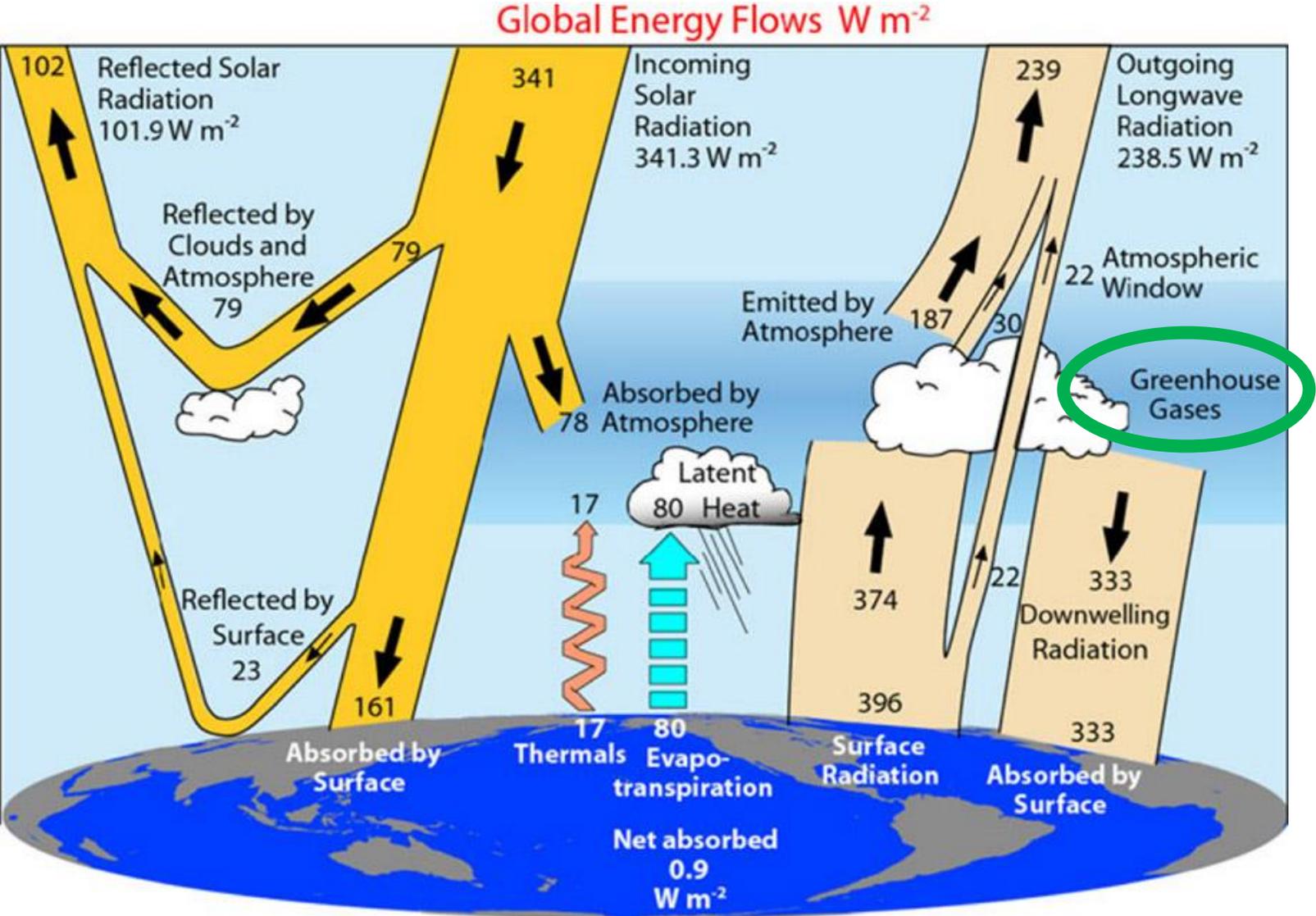
**Les grands enjeux de la gestion des nappes profondes dans
le contexte de changement global**



Professeur Alain Dupuy

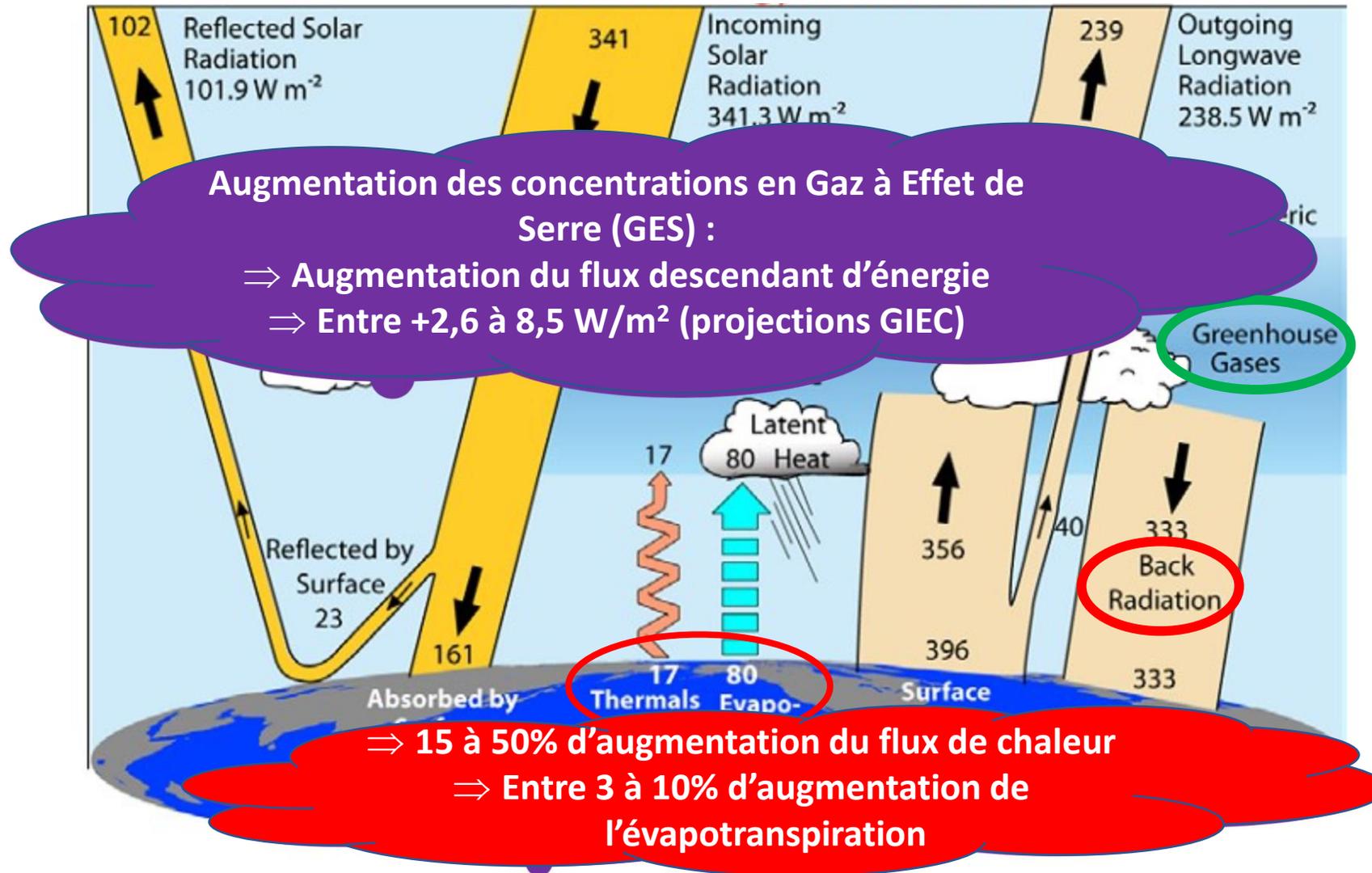
Membre du conseil scientifique du Comité de bassin Adour-Garonne
Directeur Réseau Régional de Recherche sur l'Eau en Nouvelle-Aquitaine
Membre d'AcclimaTerra

Fonctionnement climatique/énergétique atmosphérique planétaire...



© IRM, www.meteo.be

Fonctionnement énergétique atmosphérique... avec Chgt. Climatique



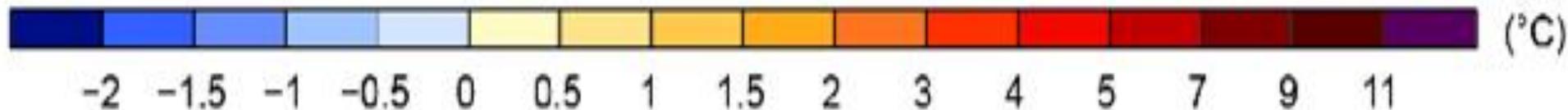
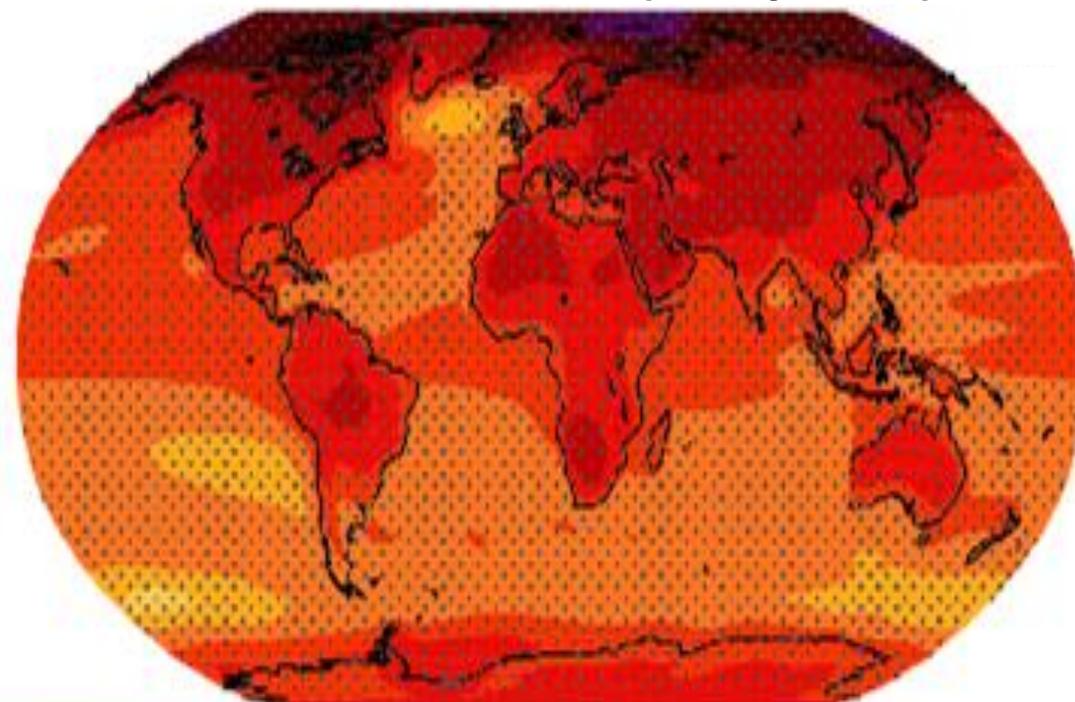
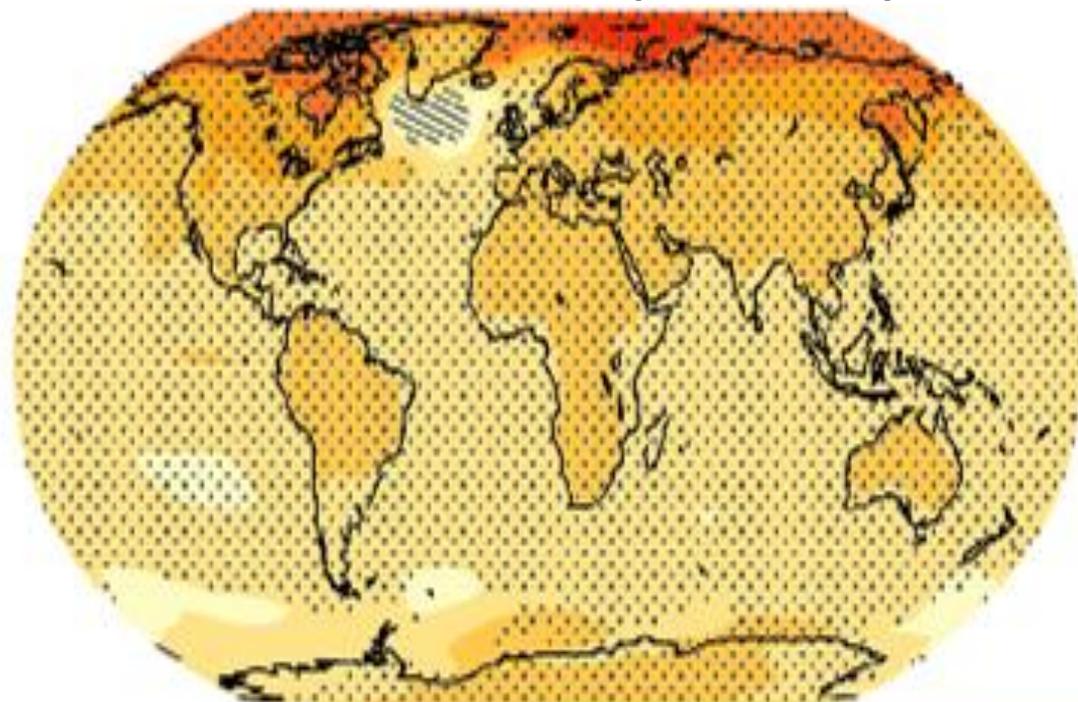
Prévisions du GIEC

Températures à l'échelle planétaire

Température moyenne annuelle de surface
de la période 1986/2005 à la période 2081/2100

Modèle RCP 2.6 (vertueux)

Modèle RCP 8.5 (« le pire »)

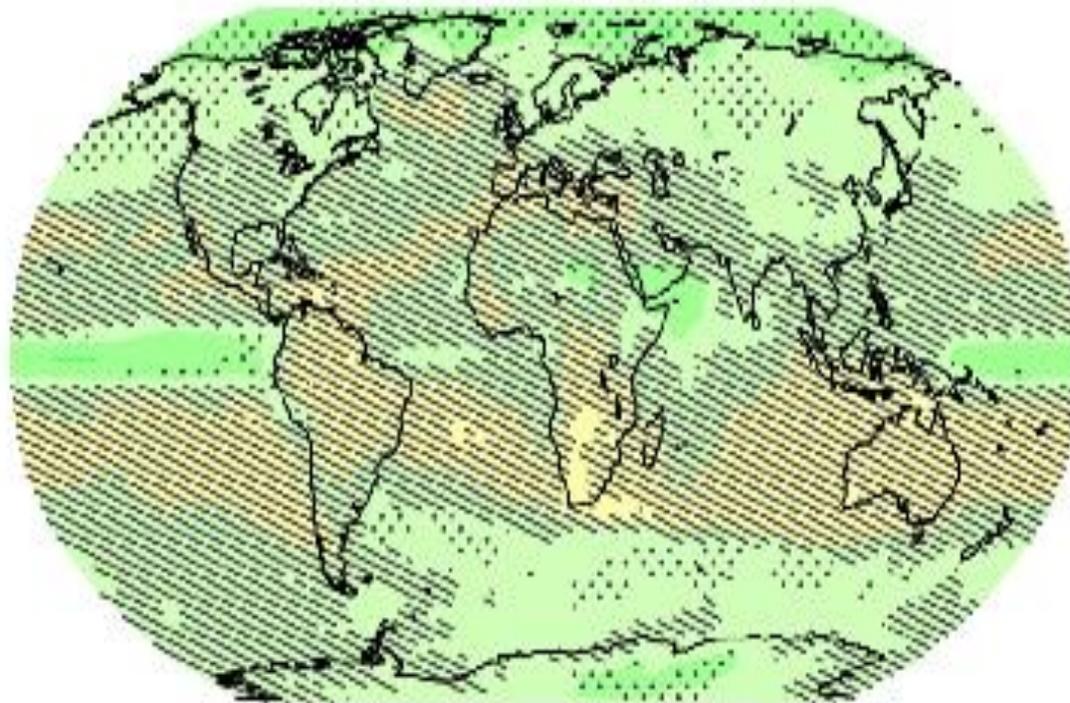


Le Changement climatique à l'échelle mondiale ...

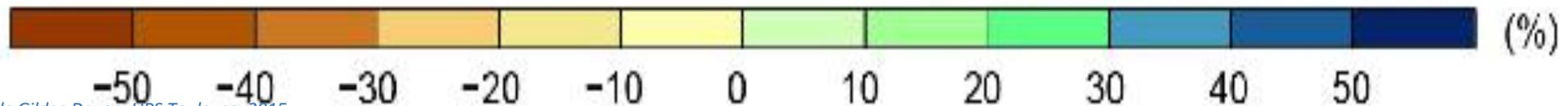
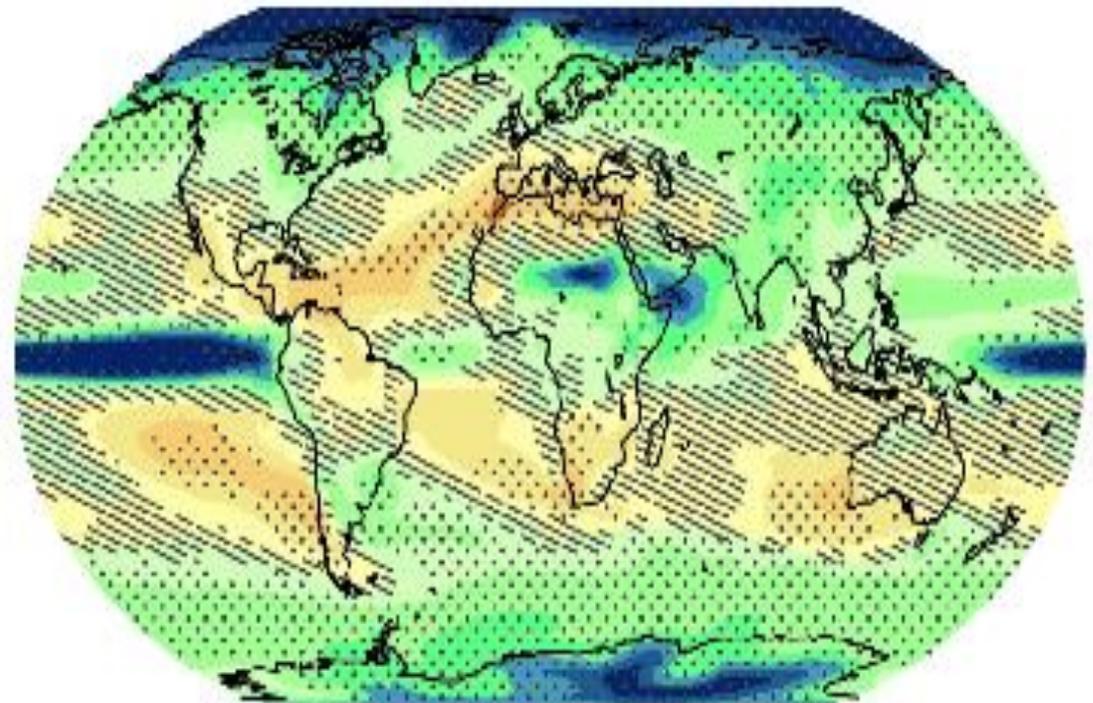
Précipitations P_T

Pluviométrie moyenne annuelle de la période 1986/2005 à la période 2081/2100

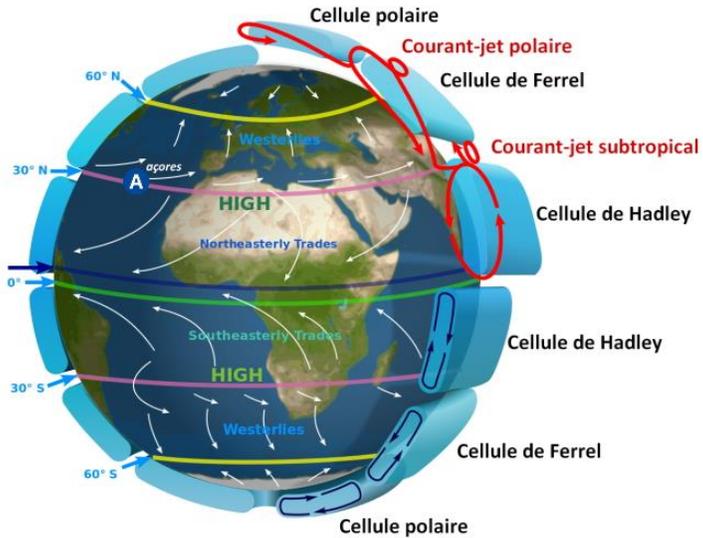
Scénario RCP 2.6



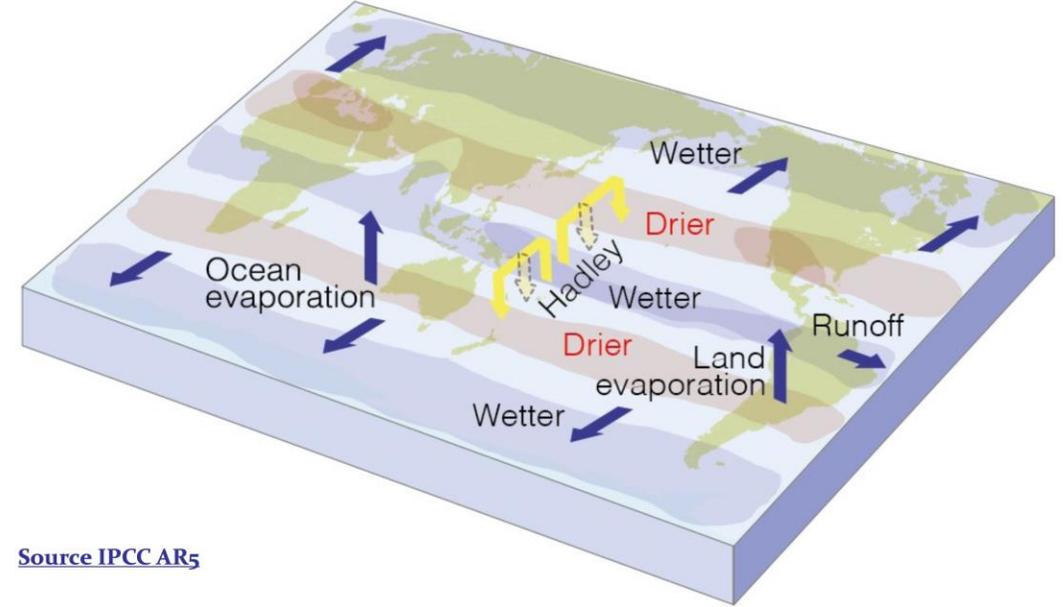
Scénario RCP 8.5



Les effets du CC sur le grand cycle de l'eau ... Hydroclimatologie



1) Modification de la distribution spatiale des précipitations.

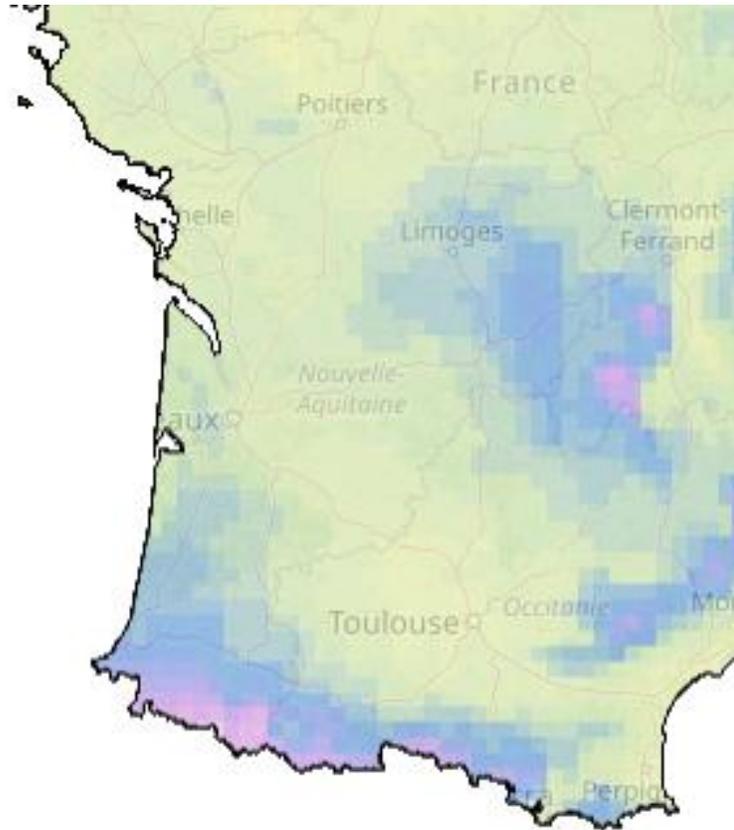


Source IPCC AR5

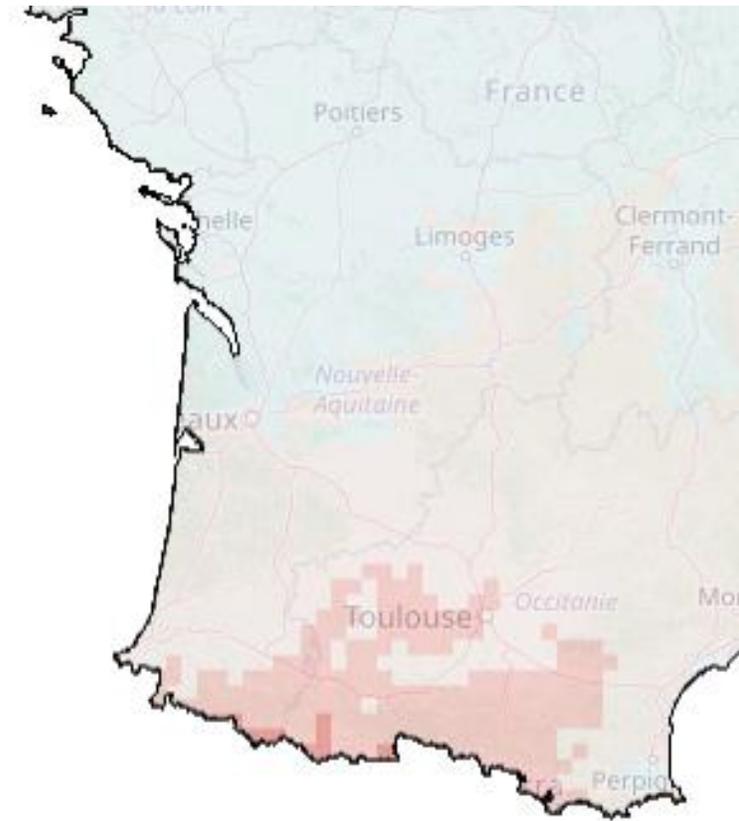
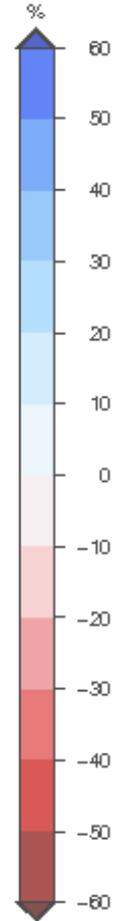
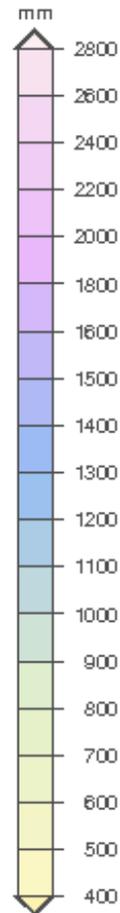
CC & Problématique Hydroclimatique...

Évolution des précipitations !

Changement Climatique dans le Sud-Ouest de la France : évolution simulée des précipitations

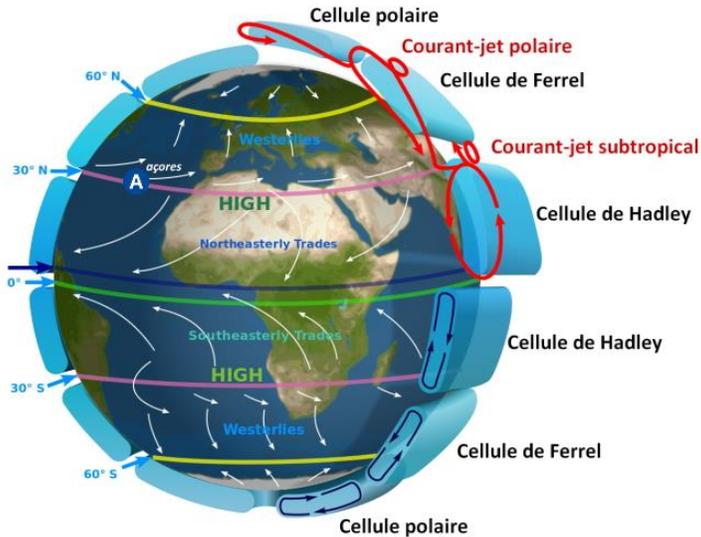


Cumul de précipitations [mm]
Jeu de données de référence
Période de Référence (1976-2005) - Moyenne annuelle
Produit multi-modèles de DRIAS-2020 : médiane de l'ensemble

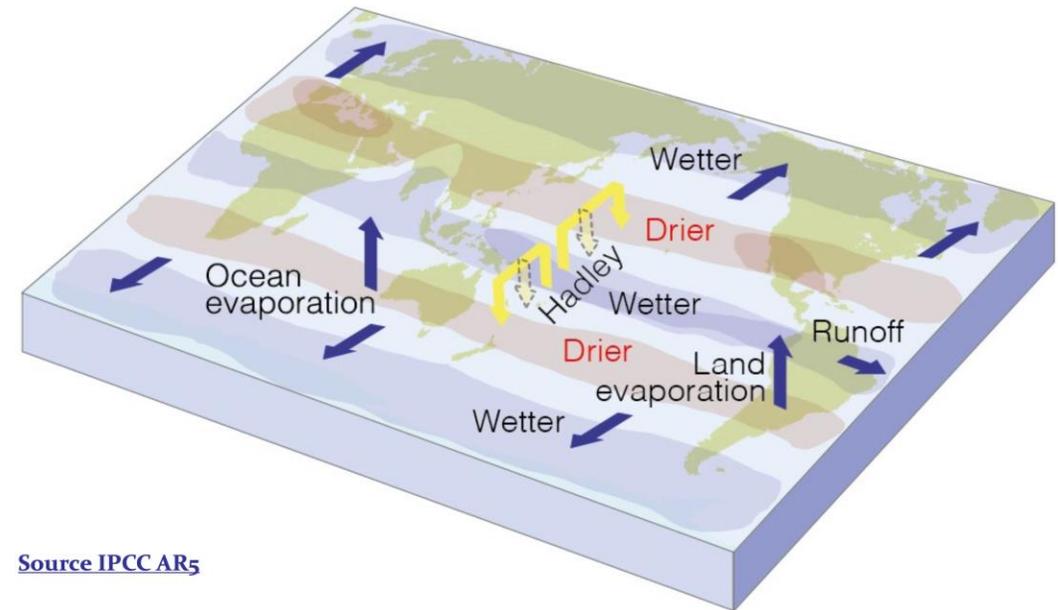


Ecart relatif du cumul de précipitations : différence entre la période considérée et la période de référence
RCP8.5 : Scénario sans politique climatique
Horizon lointain (2071-2100) - Moyenne annuelle
Produit multi-modèles de DRIAS-2020 : médiane de l'ensemble

Les effets du CC sur le grand cycle de l'eau... Hydroclimatologie

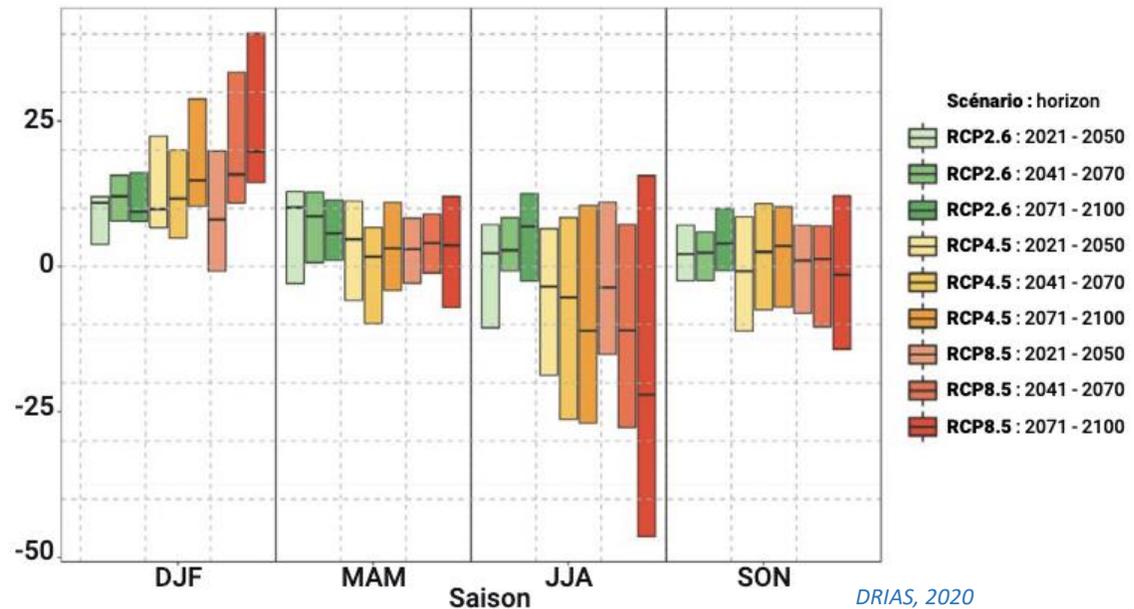


1) Modification de la distribution spatiale des précipitations.



Source IPCC AR5

2) Modification de la distribution temporelle des précipitations : concentration des précipitations en hiver

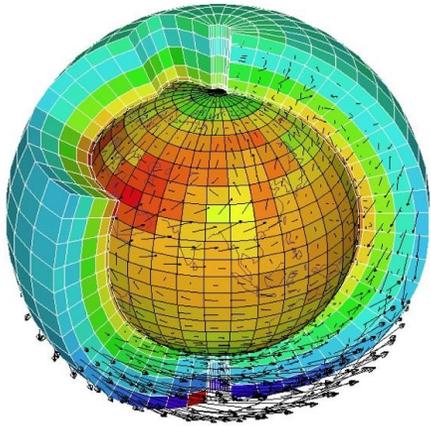


DRIAS, 2020

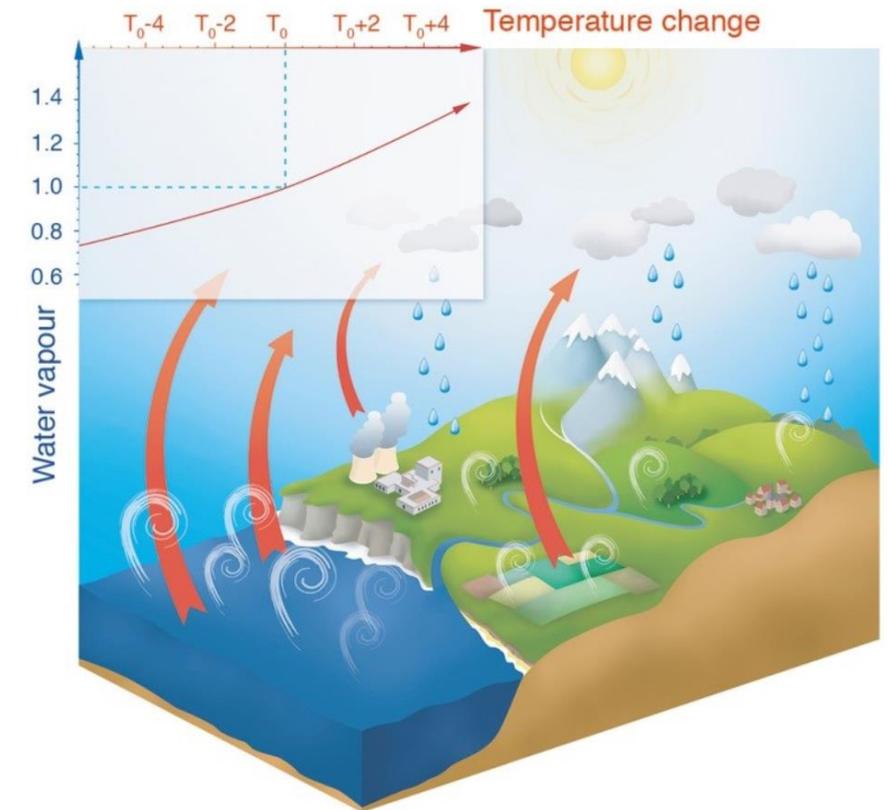
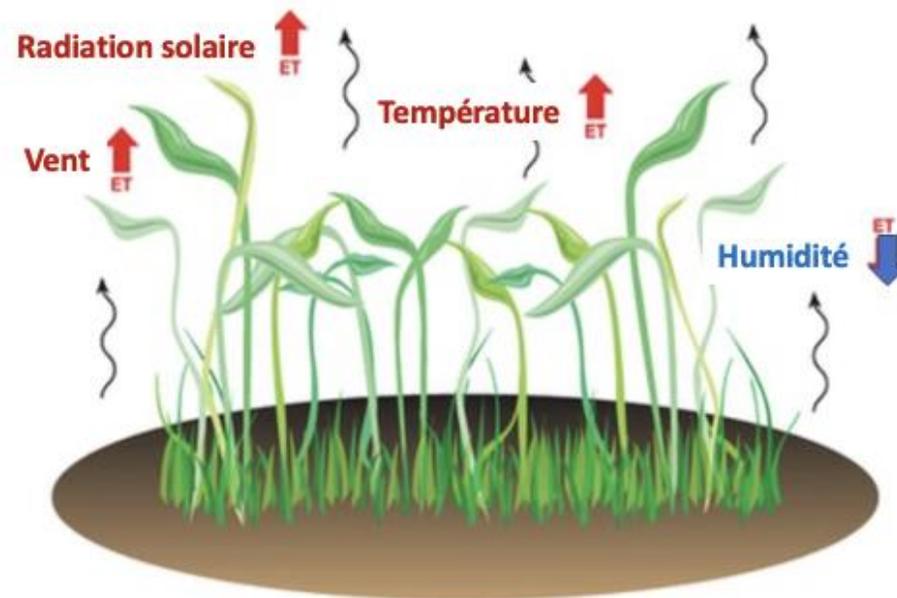
Les effets du CC sur le grand cycle de l'eau... Hydroclimatologie

Le réchauffement climatique augmente la capacité de l'atmosphère à transporter de l'eau.

Augmentation de la quantité d'eau pouvant être précipitée : risques d'évènements extrêmes.

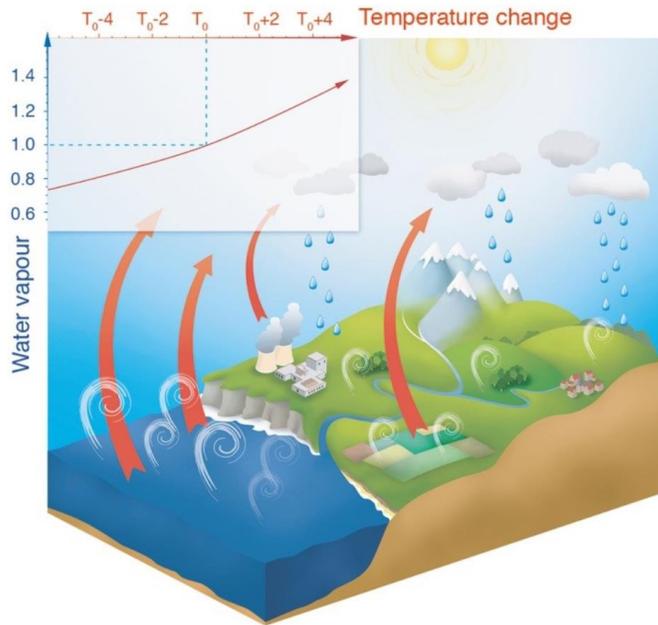


© www.encyclopedie-environnement.org

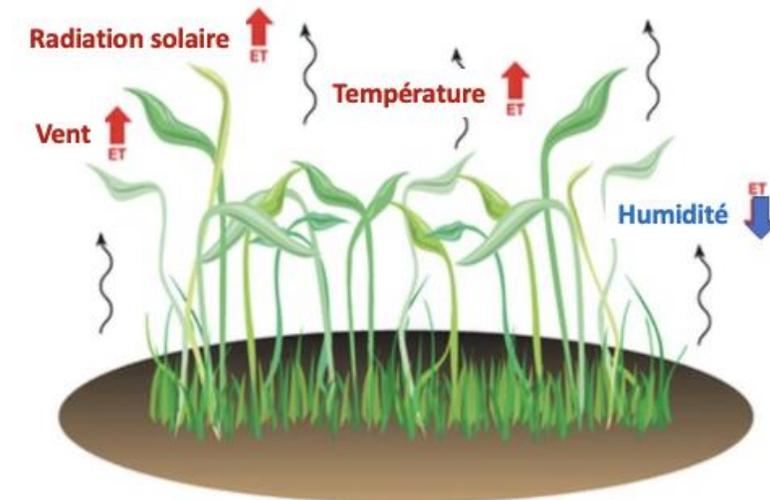
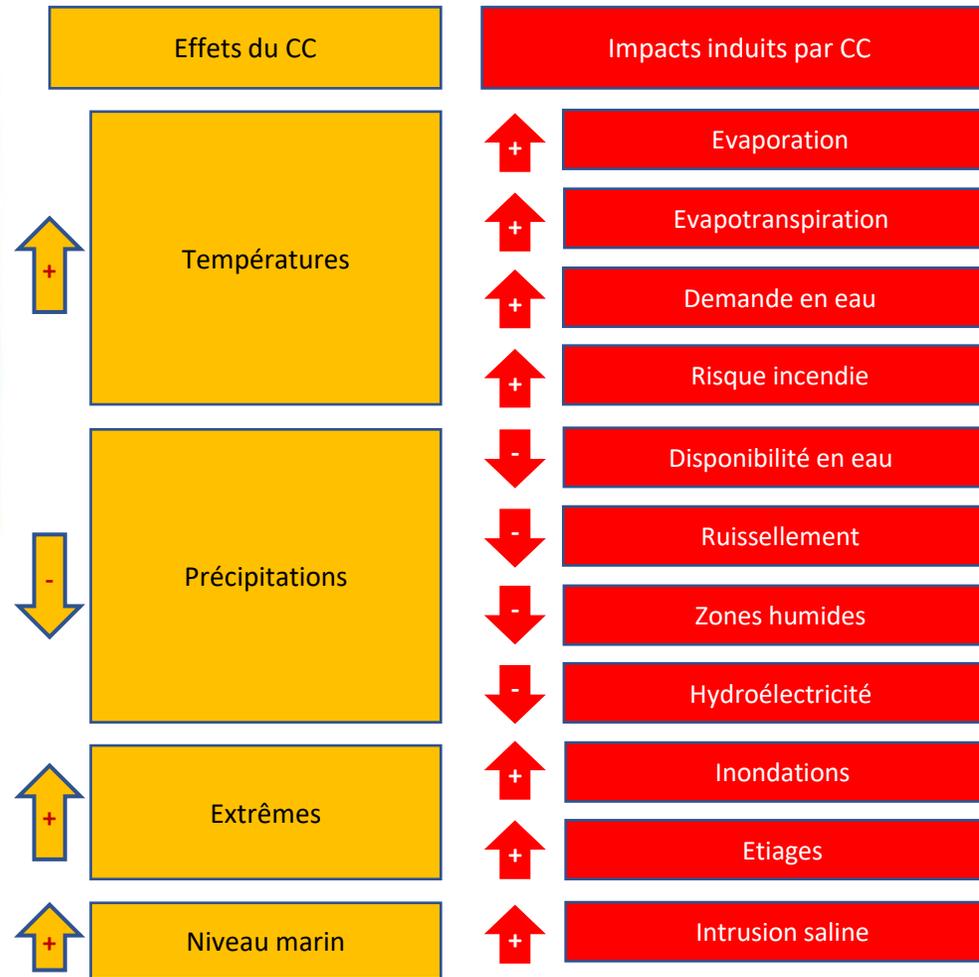


Principaux drivers de l'évapotranspiration et effets associés

Les effets du CC sur le grand cycle de l'eau... Hydroclimatologie



Le réchauffement climatique augmente la capacité de l'atmosphère à transporter de l'eau.

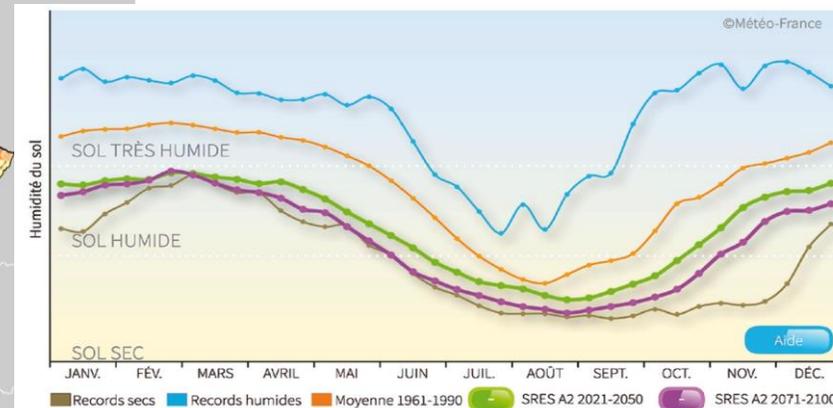
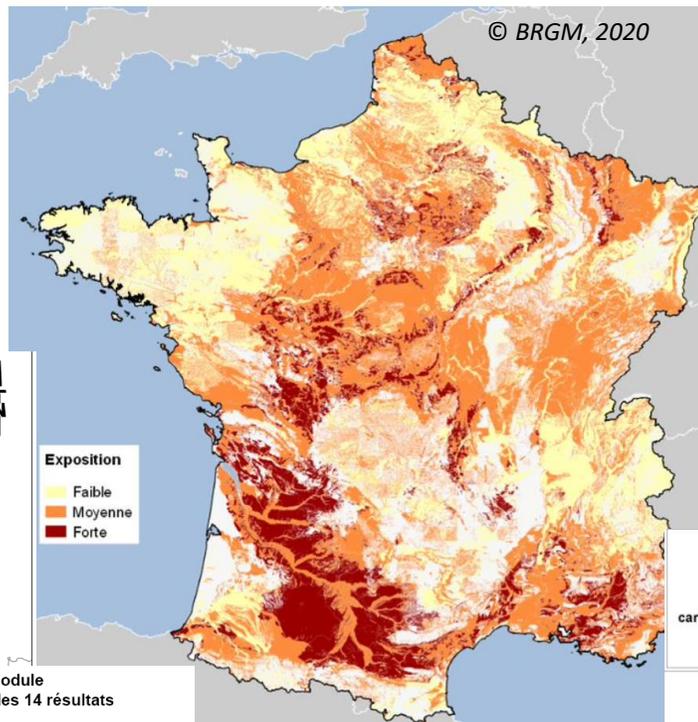


Augmentation de la quantité d'eau pouvant être précipitée : risques d'évènements extrêmes.

Évènements extrêmes => sécheresses, feux, étiages...

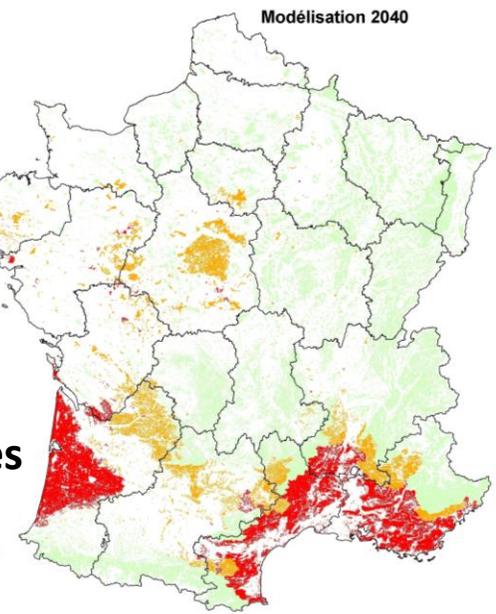
Evolution possible
du débit moyen annuel des cours d'eau
entre 1961-1990
et 2046-2065

Sécheresse des sols



cycle annuel de l'humidité du (source Météo-France, ClimatHD)

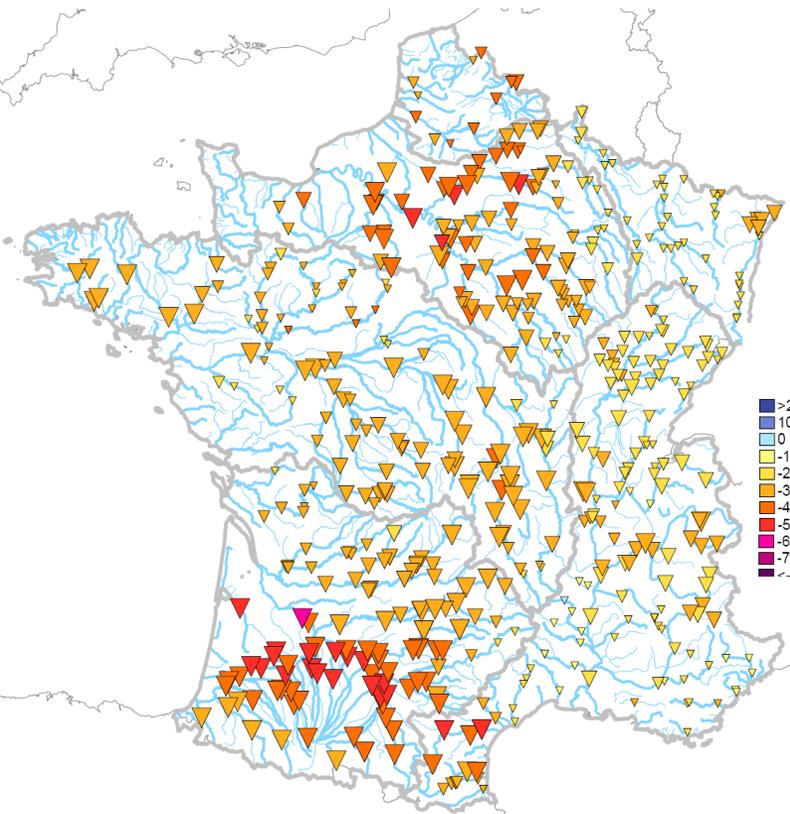
cartographie nationale des zones potentiellement sensibles aux incendies de forêts



réalisation mai 2010 :
INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL
Office National des Forêts
MÉTÉO FRANCE

cartographie produite dans le cadre de la mission d'inspection conjointe sur l'évaluation future des zones à risque élevé d'incendie de forêt par intervention conjointe des services de Météo-France, de l'IFN et de l'ONF

Exposition aux incendies



Module
Moyenne des 14 résultats

Indice de significativité :
taille inversement proportionnelle à l'écart-type des 14 résultats (moyenne/écart-type)

-0.37 0.37 0.45 0.53 >0.53

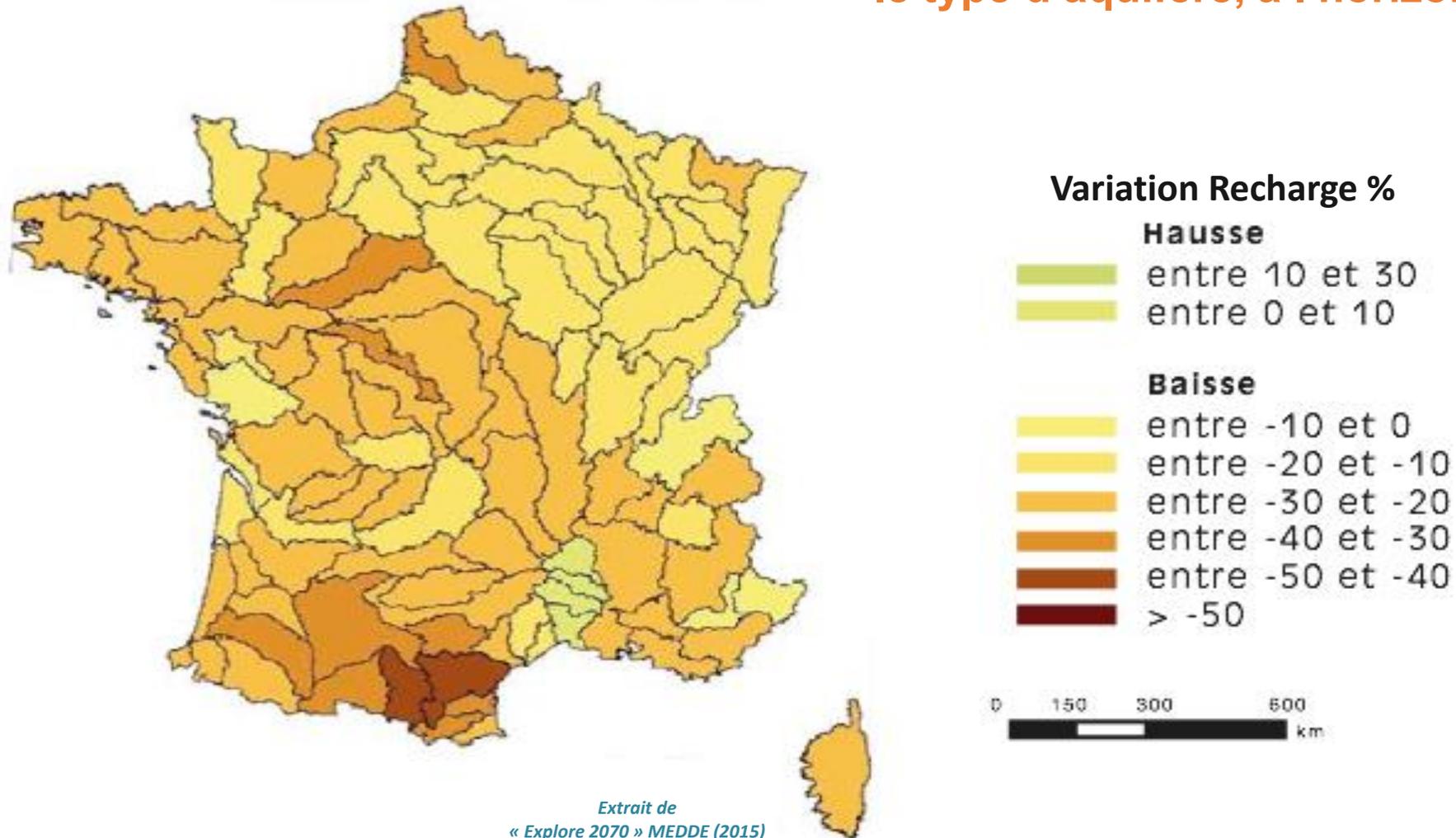
Exposition au RGA

Extrait de
« Explore 2070 » MEDDE (2015)

source des données : Inventaire Forestier National, Institut Géographique National, Agence Européenne de l'Environnement, Météo-France

Les effets du CC sur le grand cycle de l'eau... Hydrogéologie/Recharge

La recharge en eau des nappes pourrait baisser de **30 à 55%**, selon le type d'aquifère, à l'horizon 2050.



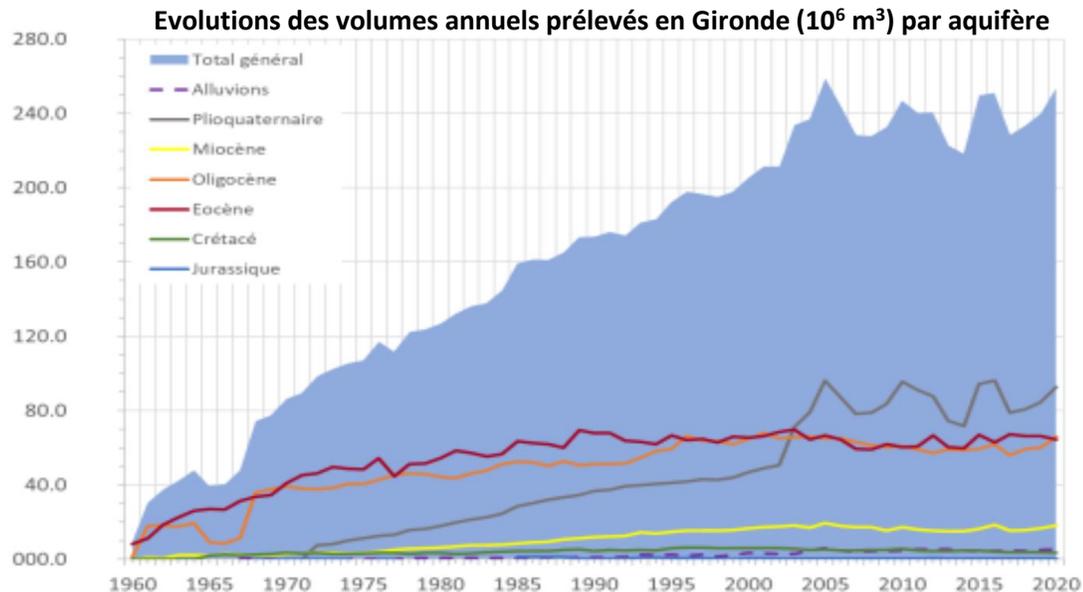
Extrait de
« Explore 2070 » MEDDE (2015)

Les effets du CC sur le grand cycle de l'eau... Prélèvements

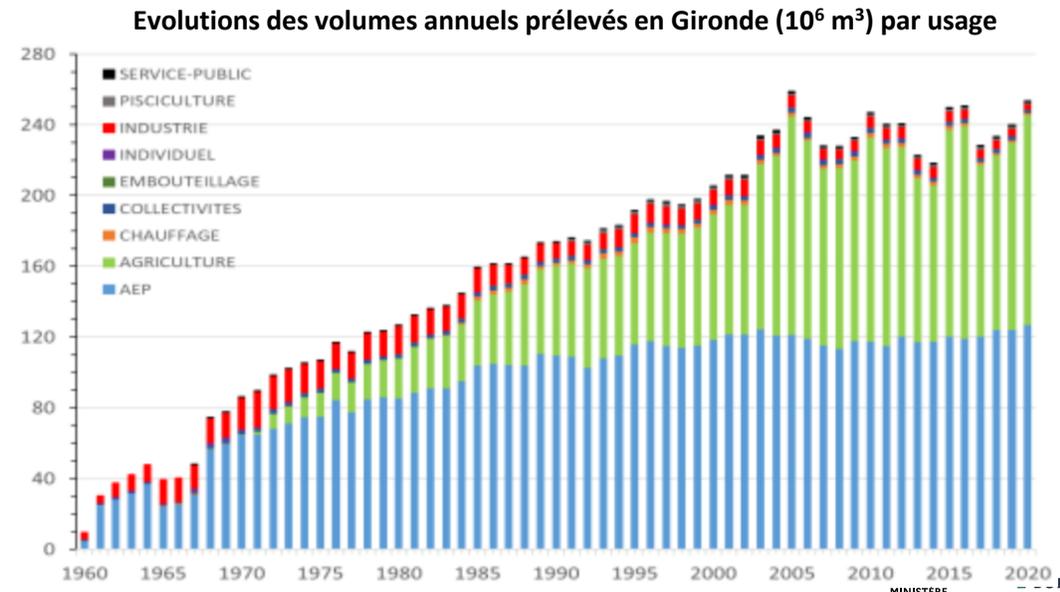
⇒ Une température climatique plus élevée induit une augmentation des prélèvements :

« ... une augmentation de la température de 1°C crée une augmentation de la consommation d'eau de 1,6% » SMEGREG, 20..

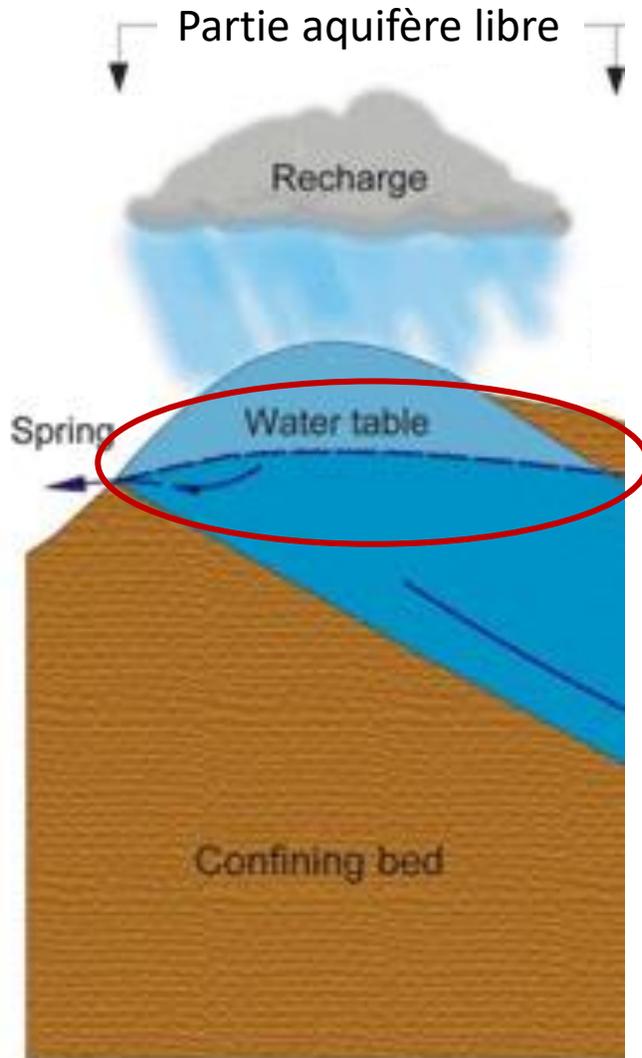
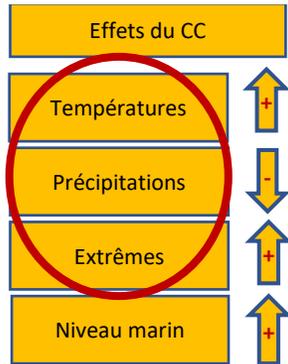
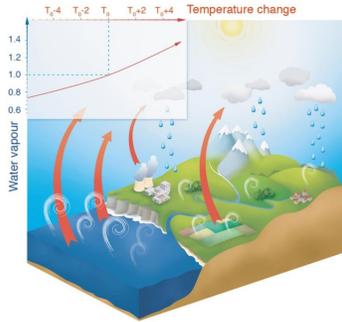
⇒ Baisse de la disponibilité des ressources en eau de surface : report potentiel d'une partie des prélèvements de surface vers les nappes souterraines.



© BRGM, CD33



Les effets primaires du CC sur l'hydrogéologie...

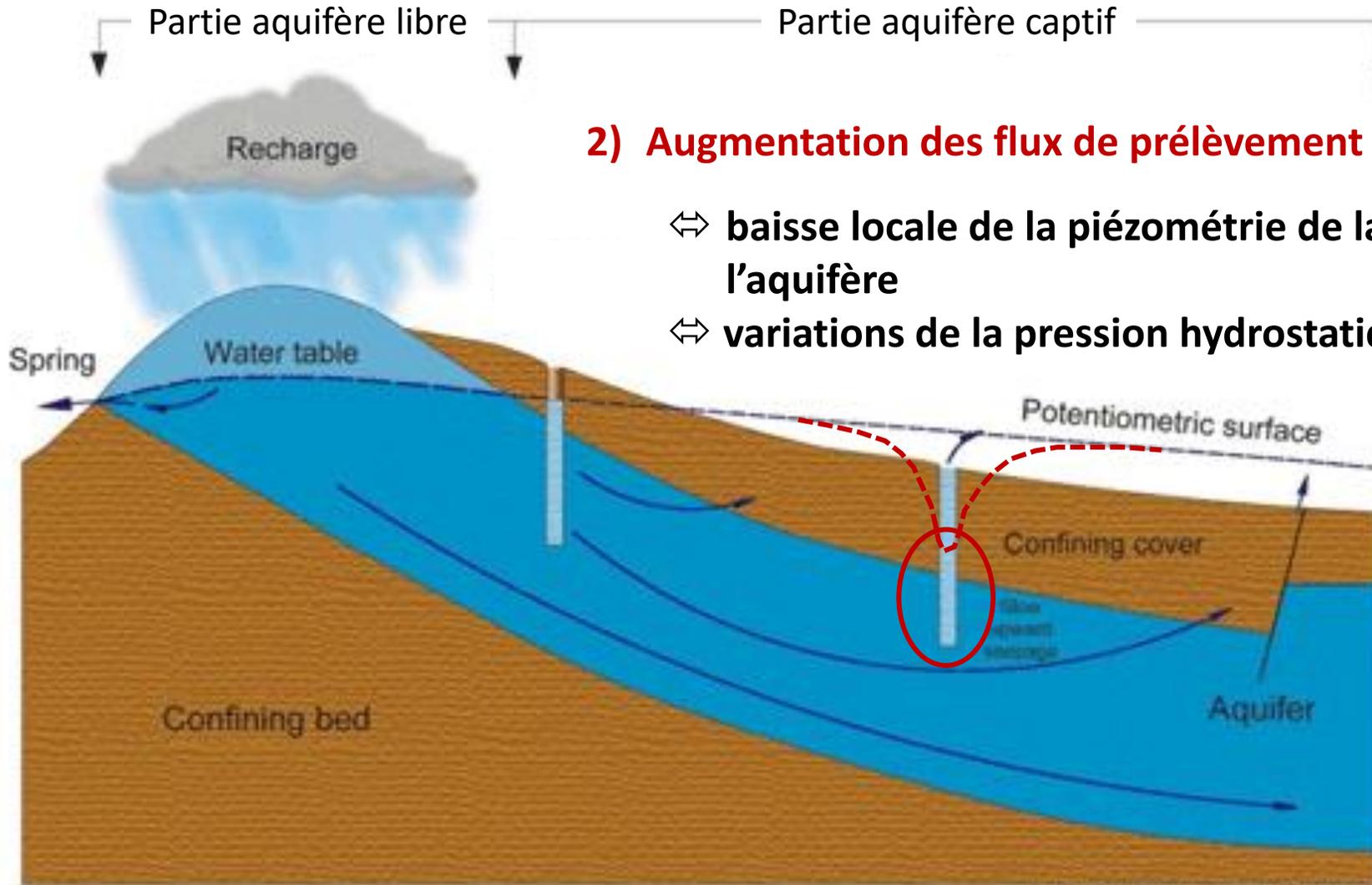
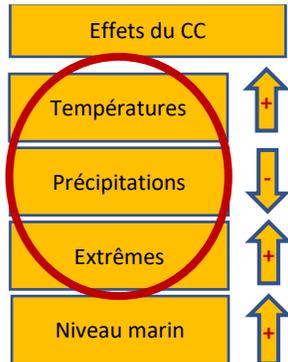
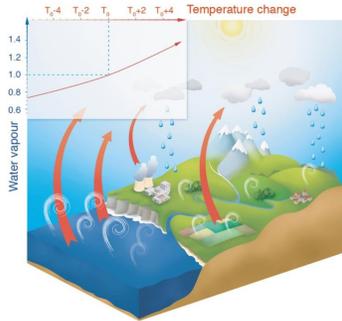


1) Baisse du flux de recharge

↔ variation de la piézométrie ΔH des zones de recharge (partie libre des aquifères)

↔ variation de la pression hydrostatique ΔP

Les effets induits du CC sur l'hydrogéologie...



2) Augmentation des flux de prélèvement

- ↔ baisse locale de la piézométrie de la partie captive de l'aquifère
- ↔ variations de la pression hydrostatique ΔP

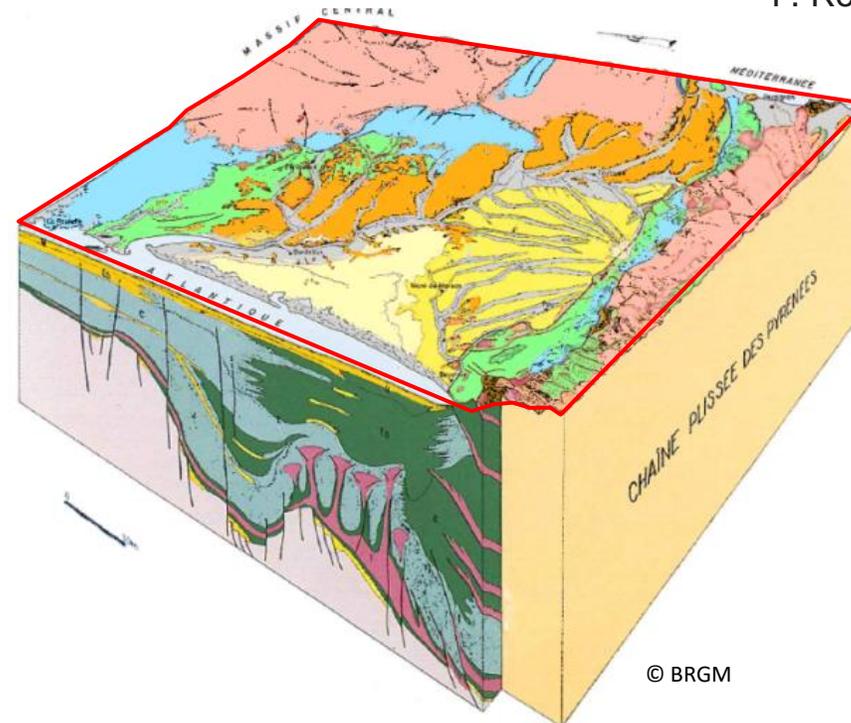
UK Groundwater Forum

Nappes captives « inertielles »... les enjeux d'une gestion durable

Pour les aquifères à grande inertie, les piézométries actuelles sont en partie dépendantes des conditions hydrologiques résultant de plusieurs cycles climatiques passés.

**Bassin Aquitain => temps de retour à un pseudo régime permanent (95%)
~ 8 900 ans < > 1 300 000 ans**

P. Rousseau-Gueutin et al. 2013



© BRGM

Nappes captives « inertielles »... les enjeux d'une gestion durable

Pour les aquifères à grande inertie, les piézométries actuelles sont en partie dépendantes des conditions hydrologiques résultant de plusieurs cycles climatiques passés.

Bassin Aquitain => temps de retour à un pseudo régime permanent (95%) ~ 8 900 ans < > 1 300 000 ans R Rousseau-Gueutin et al. 2013

=> Les grands systèmes aquifères captifs peuvent présenter des régimes transitoires longs, alors qu'ils sont souvent rapidement réactifs aux perturbations hydrauliques (pompages)!

=> Temporalité différente entre transfert de pression et transfert de masse !

Nappes captives « inertielles »... les enjeux d'une gestion durable

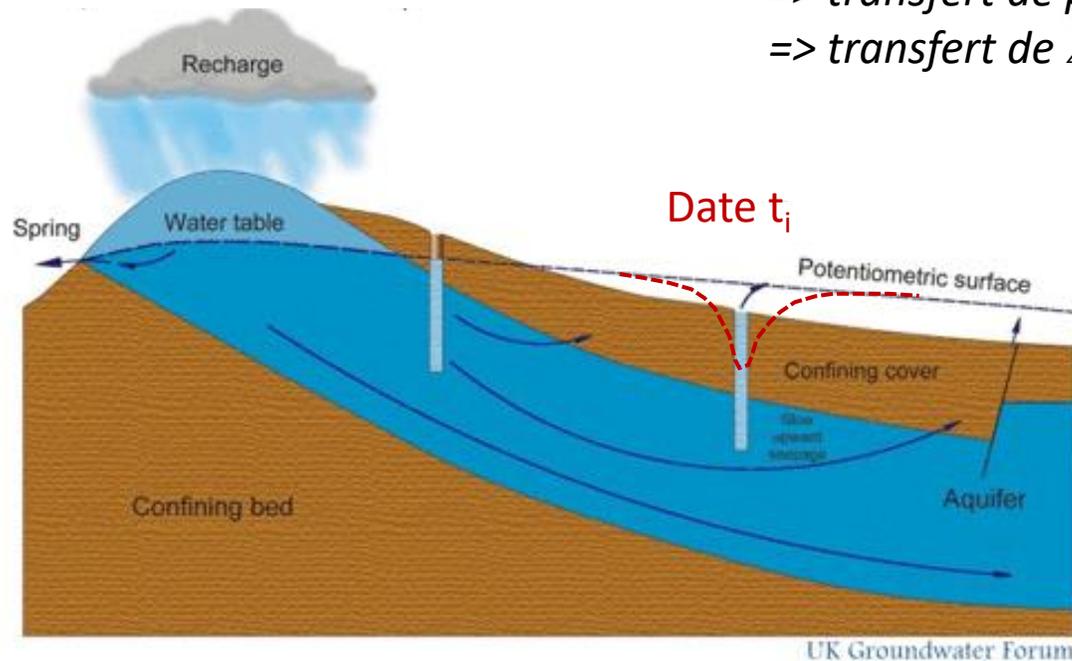
=> Temporalité différenciée entre transfert de pression et transfert de masse !

Augmentation probable des prélèvements dans la partie captive des systèmes profonds => impacts piézométriques instantanés et durables !

=> Piézométrie H fortement modifiée (\sim rabattement)

=> transfert de pression (phénomène dynamique avec influences rapides)

=> transfert de ΔP dans tout l'aquifère jusqu'aux limites : impact long



Nappes captives « inertielles »... les enjeux d'une gestion durable

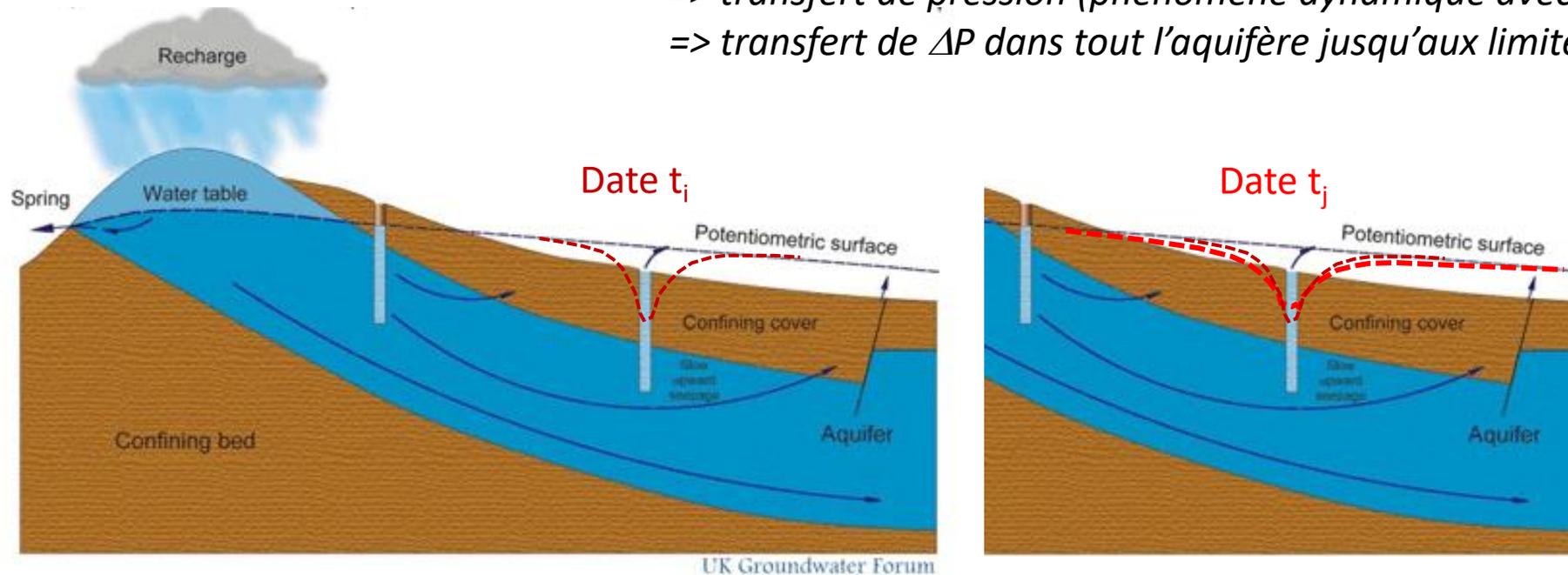
=> Temporalité différenciée entre transfert de pression et transfert de masse !

Augmentation probable des prélèvements dans la partie captive des systèmes profonds => impacts piézométriques instantanés et durables !

=> Piézométrie H fortement modifiée (\sim rabattement)

=> transfert de pression (phénomène dynamique avec influences rapides)

=> transfert de ΔP dans tout l'aquifère jusqu'aux limites : impact long



Nappes captives « inertielles »... les enjeux d'une gestion durable

=> Temporalité différenciée entre transfert de pression et transfert de masse !

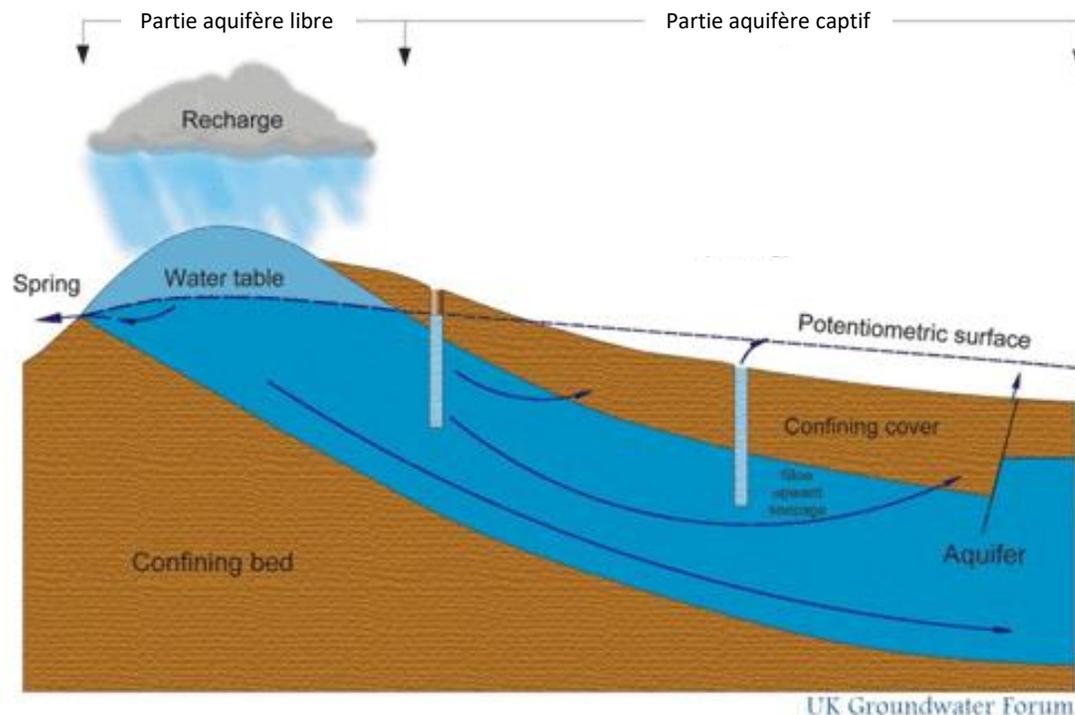
Illustration : Dans l'aquifère éocène sous la métropole bordelaise, les prélèvements ont été réduits depuis 10-20 ans (la dépression piézométrique sous Bordeaux ne se creuse plus – voire remonte), alors que le cône de dépression continue à s'étendre et se propager vers les limites du système (engendrant des baisses piézométriques) !

Illustration du cône de dépression de l'Eocène ?

Nappes captives « inertielles »... les enjeux d'une gestion durable

=> Temporalité différenciée entre transfert de pression et transfert de masse !

Baisse potentielle de la recharge aux zones d'affleurement des aquifères captifs induites par CC => faible variation piézométrique de la partie libre de l'aquifère !



=> transfert de masse (phénomène à dynamique lente)

=> faible impact sur la partie captive (partie du volet inertiel de l'aquifère)

Nappes captives « inertielles »... les enjeux d'une gestion durable

Gestion durable \Leftrightarrow Compromis / conciliation entre :

\Rightarrow Effets directs et indirects du CC

- Baisse de la recharge
- Augmentation des prélèvements

\Rightarrow Comportement intrinsèque des nappes captives inertielles

- Temporalité différenciée entre transferts de pression et de masse (effets parfois déconnectés mais pouvant s'ajouter).

Merci de votre attention

alain.dupuy@ensegid.fr


MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION
Liberté
Égalité
Fraternité

BORDEAUX
INP Ensegid



LES GRANDS ENJEUX DE LA GESTION DES NAPPES PROFONDES DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT GLOBAL



TABLE RONDE 2

LES ENJEUX DE LA GESTION : QUELLES STRATÉGIES POUR NOS TERRITOIRES ?

TABLE RONDE 2

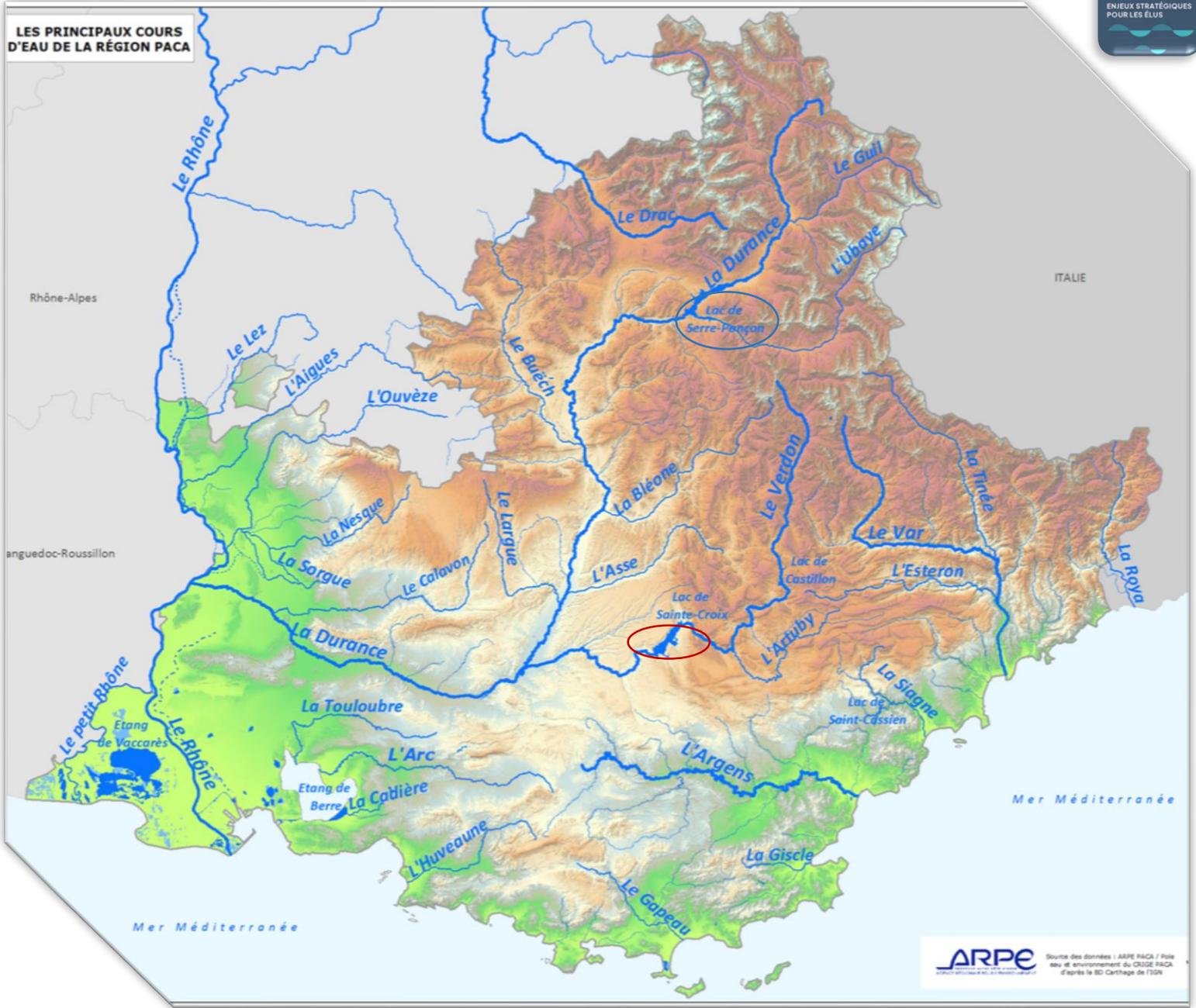
- **Cécile Pittet**, service eau et risques naturels, région Sud-PACA
- **Célia Monseigne**, Présidente du SMEGREG
- **Geneviève Le Lannic**, Présidente du syndicat Eau 47
- **Nicolas Ilbert**, Directeur territorial Atlantique Dordogne de l'agence de l'eau Adour-Garonne





TABLE RONDE 2

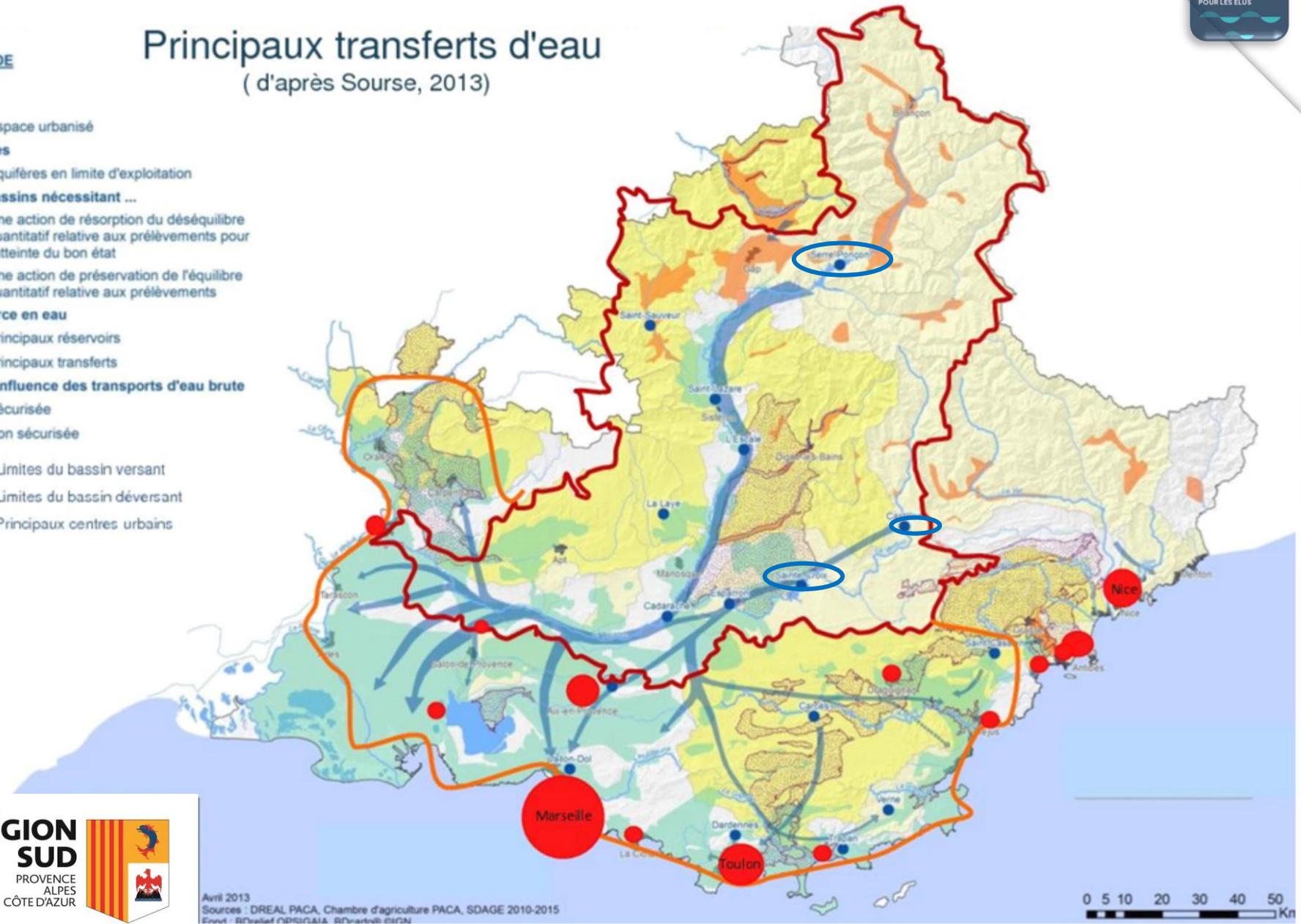
LES ENJEUX DE LA GESTION : QUELLES STRATÉGIES POUR NOS TERRITOIRES ?



Principaux transferts d'eau (d'après Source, 2013)

LEGENDE

-  Espace urbanisé
- Aquifères**
-  Aquifères en limite d'exploitation
- Sous-bassins nécessitant ...**
-  Une action de résorption du déséquilibre quantitatif relative aux prélèvements pour l'atteinte du bon état
-  Une action de préservation de l'équilibre quantitatif relative aux prélèvements
- Ressource en eau**
-  Principaux réservoirs
-  Principaux transferts
- Zone d'influence des transports d'eau brute**
-  Sécurisée
-  Non sécurisée
-  Limites du bassin versant
-  Limites du bassin déversant
-  Principaux centres urbains



-  Aquifère karstique
-  Nappe alluviale
-  Aquifère sédimentaire
-  Aquifère sédimentaire peu perméable
-  Aquifère de socle

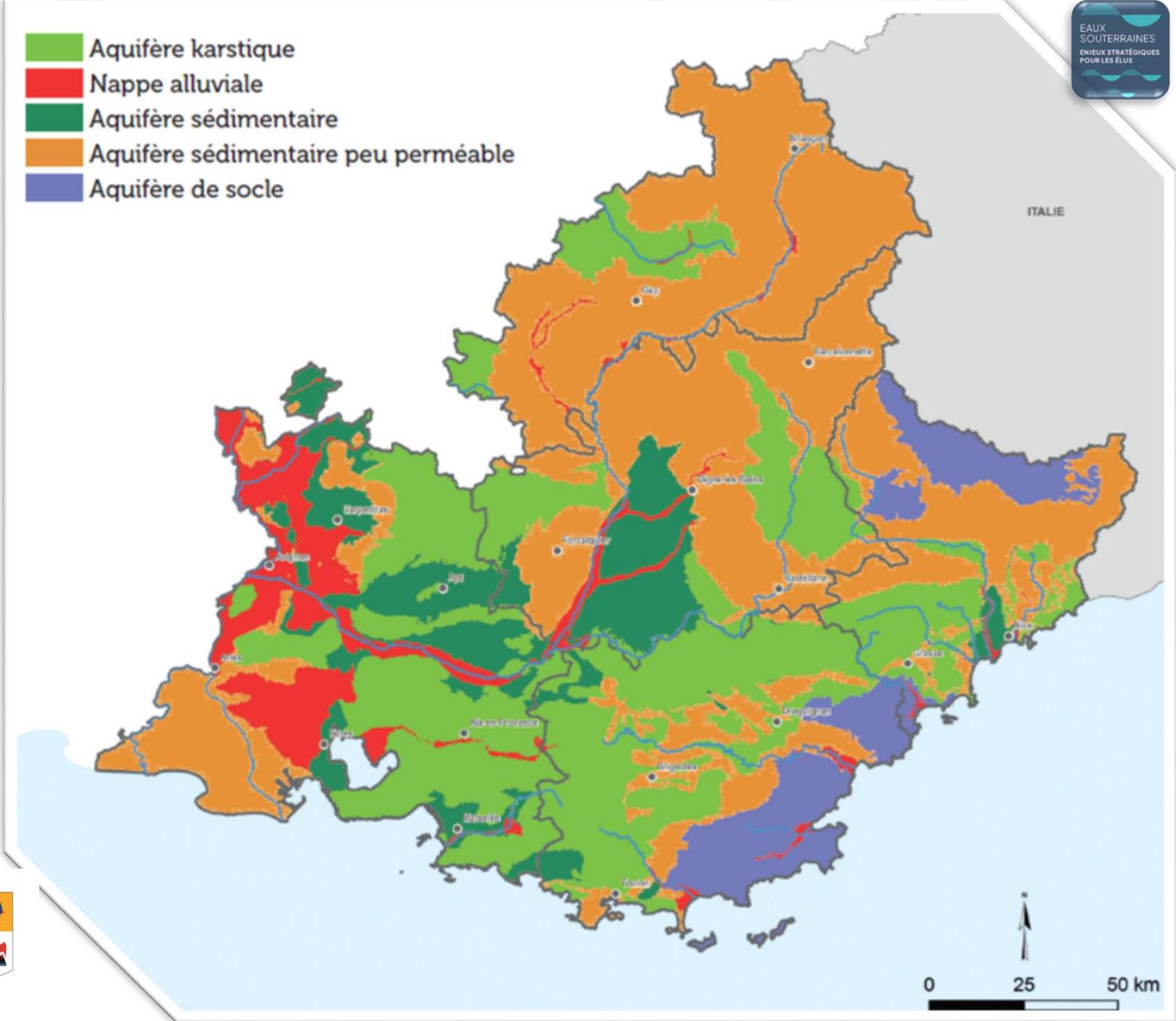




TABLE RONDE 2

LES ENJEUX DE LA GESTION : QUELLES STRATÉGIES POUR NOS TERRITOIRES ?



LA STRATÉGIE TERRITORIALE NAPPES PROFONDES ET LE RÔLE DE LA COMMISSION TERRITORIALE

CONCLUSION

- **Etienne Guyot**, préfet de région Nouvelle-Aquitaine



EAUX
SOUTERRAINES
ENJEUX STRATÉGIQUES
POUR LES ÉLUS