



arverne  
GROUP

Membre d'Arverne Group  
entreprise à mission

2gré





Mise à jour des informations relatives aux Permis Exclusif de  
Recherche de Géothermie de Pau-Tarbes de 2gré  
(Anciennement Georhin)  
**Version allégée**

# 6.

## Notice d'impact

### Rédaction du document

Référence interne	Date	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
6_PER de Pau-Tarbes	06/10/2023	Romain DUHAMEL	Damien BEVILLON	Pierre BROSSOLLET

### Diffusion du document

Date	Destinataire	Organisme	Version numérique	Version papier
07/10/2023		DGEC / BRESS	1	0
07/10/2023		DREAL	1	0

2gré - 49 Route d'Agen 47310 Estillac  
Adresse de correspondance : 2gré chez Arverne Group, 2 avenue Pierre Angot 64000 Pau  
SAS au capital de 3 210 000 € | RCS AGEN 529 770 646 | Siret : 529 770 646 00030 | Code APE 7112B

[www.2gre.fr](http://www.2gre.fr)



# Document Technique : Notice d'impact

## Sommaire

<b>Document Technique : Notice d'impact</b>	<b>0</b>
<b>PARTIE 1 : Analyse de l'état initial du site et de son environnement</b>	<b>4</b>
1. APPROCHE DU CONTEXTE GENERAL.....	4
2. ETUDE DESCRIPTIVE DE LA FAUNE ET LA FLORE ET DES ZONES PROTEGEES .....	24
3. ETUDE DES RISQUES NATURELS .....	34
4. HYDROLOGIE.....	39
5. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET POTENTIEL POUR LA GEOTHERMIE .....	42
6. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE .....	92
<b>Partie 2 : Etude des impacts potentiels d'un projet</b>	<b>106</b>
7. LES ETUDES GEOSCIENCES.....	106
8. LES INVESTIGATIONS GEOPHYSIQUES .....	106
9. ETUDE DES IMPACTS DES OPERATIONS LIEES AU CHANTIER DE FORAGE SUR LE MILIEU PHYSIQUE.....	108
10. ETUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU NATUREL.....	109
11. ETUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN.....	111
12. ETUDES DES IMPACTS SUR LES AUTRES USAGES .....	116
13. ETUDES DES RISQUES VIS-A-VIS DE LA SANTE HUMAINE.....	117
14. REMISE EN ETAT DU SITE.....	119
<b>Partie 3 : Etude des incidences sur la ressource en eau</b>	<b>122</b>
15. INCIDENCES SUR LES EAUX SUPERFICIELLES .....	122
16. INCIDENCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES.....	124

Cette étude, réalisée conformément aux spécifications du Code Minier, présentera successivement :

- une analyse de l'état initial du territoire du permis sollicité et de son environnement,
- une étude de l'impact potentiel des choix du projet,
- une étude des incidences spécifiques sur la ressource en eau.

Il est important de noter que cette notice d'impact sera complétée et précisée lors de la demande d'ouverture de travaux de forage qui sera effectuée avant tous travaux de forage, conformément au Code minier.

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1: LOCALISATION DU PERIMETRE DU PERMIS MINIER .....	8
FIGURE 2: PRECIPITATIONS DANS LE SECTEUR DU PERMIS.....	8
FIGURE 3: OCCUPATION DES SOLS (CORINNE LAND COVER 2012 – SERVEUR SIGES AQUITAINE).....	16
FIGURE 4: NOMBRE D'EXPLOITATIONS AGRICOLES PAR COMMUNE (AGRESTE) .....	22
FIGURE 5: SITUATION DES ZNIEFF1 ET ZNIEFF 2 SUR LE PER DE PAU-TARBES .....	29
FIGURE 6: SITUATION DE LA ZONE ZICO SUR LE PER DE PAU-TARBES .....	30
FIGURE 7: ZONES NATURA 2000 SUR LE TERRITOIRE DU PERMIS (SERVEUR CARMEN).....	31
FIGURE 8: CARTOGRAPHIE DU PARC NATUREL DES PYRENEES (SERVEUR CARMEN).....	32
FIGURE 9: ZONE EN ALEA INONDATION (SOURCE : INFOTERRE) .....	34
FIGURE 10: ZONAGE SISMIQUE DE LA FRANCE (CARTORISQUE) .....	35
FIGURE 11: ZONES DE SISMICITE SUR LE PERIMETRE DU PERMIS (PRIM.NET) .....	36
FIGURE 12: ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES SUR LE TERRITOIRE DU PERMIS (BRGM).....	37
FIGURE 13: CAVITES SOUTERRAINES SUR LE TERRITOIRE DU PERMIS (SOURCE BRGM) .....	38
FIGURE 14: SITUATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE SUR LE PER DE PAU-TARBES .....	40
FIGURE 15: DEBIT MOYEN ANNUEL DES PRINCIPAUX COURS D'EAU DU BASSIN DE L'ADOUR (SOURCE : ATLAS DU BASSIN DE L'ADOUR) .....	41
FIGURE 16: CARTE GEOLOGIQUE BASSIN AQUITAIN (SOURCE BRGM).....	42
FIGURE 17: PRINCIPAUX DOMAINES STRUCTURAUX (BRGM-IFP, 2006) .....	43
FIGURE 18: CARTE STRUCTURALE DES BASSINS SUD-AQUITAINS (BRGM/IFP, 2006) .....	44
FIGURE 19: BLOC DIAGRAMME GENERAL (BRGM/IFP, 2006).....	45
FIGURE 20: LES GRANDES ZONES STRUCTURALES DE LA CHAINE DES PYRENEES (IFP-BRGM, 2006).....	45
FIGURE 21: CARTES PALEOGEODYNAMIQUES (BOURROUILH ET AL., 1995) - (A) HERITAGE STRUCTURAL ANTE-MESOZOÏQUE, (B) BASSINS ALBO-APTIENS, (C) BASSINS FLYSCH DE L'ALBIEN AU SANTONIEN, (D) COMPRESSION EOCENE.....	46
FIGURE 22: CARTE DES PRINCIPAUX DECROCHEMENTS TARDI-HERCYNINIENS RECONNUS OU SUPPOSES EN EUROPE SW (D'APRES ARTHAUD ET MATTE, 1975).....	47
FIGURE 23: DIRECTIONS D'EXTENSION DU STEPHANIEN SUPERIEUR AU PERMIEN INFERIEUR DANS LA CHAINE VARISQUE D'EUROPE OCCIDENTALE. LES PRINCIPAUX BASSINS SONT EN GRIS (D'APRES BURG ET AL., 1994B).....	48
FIGURE 24: COUPE SCHEMATIQUE DU TRIAS ET DU JURASSIQUE SUR LA FAÇADE ATLANTIQUE (BRGM ET AL, 1974). .....	49
FIGURE 25: CARTES SIMPLIFIEES (BRGM/IFP, 2006) DU TRIAS SUPERIEUR A L'APTIEN INFERIEUR. ....	51
FIGURE 26: HYPOTHESES DE RECONSTITUTIONS PALINSPASTIQUES DU DOMAINE PYRENEEN (PEYBERNES ET SOUQUET, 1984). (A) BASSINS RHOMBOEDRIQUES A L'APTIEN INFERIEUR ET (B) BASSINS TRIANGULAIRES A L'ALBIEN SUPERIEUR.....	52
FIGURE 27: ESSAI DE RECONSTITUTION DES CONTRAINTES TECTONIQUES DANS LES PYRENEES DU CRETACE A L'OLIGOCENE (CHOUKROUNE, 1976) .....	53
FIGURE 28: CARTES SIMPLIFIEES DU CRETACE SUPERIEUR A L'OLIGOCENE DU BASSIN D'AQUITAINE (MODIFIE D'APRES BRGM ET AL., 1974) DE L'ALBIEN AU MIOCENE. ....	55
FIGURE 29: (A) : CARTE SCHEMATIQUE DES TRAITS STRUCTURAUX MAJEURS DU BASSIN DE L'ADOUR (COMPILATION DES CARTES DE PLATEL (1990) ET ELF E.P., (1995); (B) "LINE DRAWING" D'UNE LIGNE SISMIQUE NS ET EW MONTRANT LES STRUCTURES ACTUELLES (ANTICLINAL D'AUDIGNON, ANTICLI.....	57
FIGURE 30: PRINCIPALES RIDES ET SYNCLINAUX EN AQUITAINE (BRUNET, 1991). LES ZONES GRISEES CORRESPONDENT AUX ANTICLINAUX.....	58

FIGURE 31: COUPE GEOLOGIQUE D'ECHELLE CRUSTALE ET RECONSTITUTION PALINSPASTIQUE D'APRES LE PROFIL ECORS-ARZACQ (GRANDJEAN, 1994).....	
FIGURE 32.....	
FIGURE 33: : LES GRANDES ZONES STRUCTURALES DE LA CHAINE DES PYRENEES (CHOUKROUNE, 1976). LOCALISATION DES COUPES DE LA FIGURE SUIVANTE.....	
FIGURE 34: COUPES GENERALES MONTRANT L'ALLURE D'ENSEMBLE DU DOMAINE PLISSE (CHOUKROUNE, 1976) .....	61
FIGURE 35: COUPES EQUILIBREES A TRAVERS LES PYRENEES : (A) COUPE ECORS PYRENEES (ROURE ET AL, 1989); (B) COUPE ECORS ARZACQ (TEIXELL, 1998).....	62
FIGURE 36: LES FRONTIERES DE LA PLAQUE IBERIQUE. SITUATION ACTUELLE (OLIVET, 1996B).....	63
FIGURE 37: RECONSTITUTION DES MOUVEMENTS DE L'IBERIE PAR RAPPORT A L'EURASIE DU BARREMIEN AU CAMPANIEN MOYEN (COMPILE D'APRES OLIVET ET AL., 1996B).....	64
FIGURE 38: COUPE SCHEMATIQUE DE LA CHAINE DES PYRENEES LE LONG DU PROFIL ECORS PYRENEES (MODIFIE D'APRES ROURE ET AL., 1989; IN BEAUMONT, 2000).....	65
FIGURE 39: LOG LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES PYRENEES ET DU BASSIN AQUITAIN .....	67
FIGURE 40: COUPE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DU BASSIN AQUITAIN .....	69
FIGURE 41: COUPE EST-OUEST MONTRANT LES FACIES ET LES MILIEUX DE DEPOT DU MALM (OXFORDIEN A TITONIEN) (V. JAMES, 1988 ET B. PEYBERNES, 1976, ADAPTE).....	71
FIGURE 42: COUPE EST-OUEST MONTRANT LES FACIES ET LES MILIEUX DE DEPOT DU DOGGER (BAJOCIEN A CALLOVIEN) (V. JAMES, 1988 ET B. PEYBERNES, 1976, ADAPTE).....	72
FIGURE 43: DIAGRAMME PERMEABILITE/EPAISSEUR AQUIFERE NECESSAIRE AU PROJET.....	74
FIGURE 44: CLICHE D'UN ECHANTILLON DE LA « DOLOMIE DE MANO » (TOTAL ELF).....	74
FIGURE 45: GRAPHE PERMEABILITE/POROSITE DU RESERVOIR JURASSIQUE DE ROUSSE (TOTAL, 2009).....	75
FIGURE 46: DIAGRAMME DE SCHOËLLER ET BERKALOFF DES EAUX PROFONDES DU CRETACE INFERIEUR (SNEA ELF, BRGM , 1977) .....	77
FIGURE 47: DIAGRAMME DE SCHOËLLER ET BERKALOFF DES EAUX PROFONDES DU MALM (SNEA ELF, BRGM , 1977 .....	78
FIGURE 48: CARTE REGIONALE ET DIRECTION DE LA CONTRAINTE TECTONIQUE PRINCIPALE (J. CANEROT, 2008) .....	79
FIGURE 49: PLATE-FORME CARBONATEE AU JURASSIQUE MOYEN, HORST ET GRABEN (J ; CANEROT, 2008).....	81
FIGURE 50: COUPE NORD-SUD DU GISEMENT DE ROUSSE (BRGM/IFP, 2006).....	82
FIGURE 51: CARACTERISTIQUES DES EFFLUENTS GAZEUX (BRGM/IFP, 2006).....	
FIGURE 52: CARACTERISTIQUES DES HUILES (BRGM/IFP, 2006) .....	86
FIGURE 53: COUPES GEOLOGIQUES REGIONALES AVEC ZONE INTERESSEE PAR LE PER PAU-TARBES (BRGM/IFP, 2006) .....	87
FIGURE 54: STRUCTURES DE LACOMMANDE ET DE ROUSSE-MEILLON (BRGM/IFP, 2006).....	88
FIGURE 55: STRUCTURE DE GER (ZONE TYPE CIBLEE) (BRGM/IFP, 2006).....	89
FIGURE 56: GISEMENT DE GAZ DE MEILLON (BRGM/IFP, 2006) .....	
FIGURE 57: GISEMENT D'HUILE DE LACQ SUPERIEUR (BRGM/IFP, 2006) .....	91
FIGURE 58: ZONES VULNERABLES DU BASSIN ADOUR-GARONNE (SOURCE : AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE, 2012).....	95
FIGURE 59: CARTE DES DIFFERENTS SDAGE EN FRANCE METROPOLITAINE (AGENCE ADOUR-GARONNE, 2016).....	97
FIGURE 60: ETAT D'AVANCEMENT DES PGE DU BASSIN ADOUR-GARONNE EN JUILLET 2010 (SOURCE AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE) .....	98
FIGURE 61: ETAT D'AVANCEMENT DES SAGE DU BASSIN ADOUR-GARONNE (SOURCE GEST'EAU) .....	99
FIGURE 62: ETAT D'AVANCEMENT DES CONTRATS DE MILIEU DANS LE BASSIN ADOUR-GARONNE (SOURCE CARMEN AQUITAINE) .....	100
FIGURE 63: ZONES DE REPARTITION DES EAUX DANS LE BASSIN ADOUR-GARONNE (SOURCE : AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE) .....	101
FIGURE 64: ORGANISATION DE LA DISTRIBUTION EN EAU POTABLE DANS LE SUD DU BASSIN DE L'ADOUR (DONNEES 2012, ARS) .....	103
FIGURE 66: STATIONS DE MESURE DE LA QUALITE DES EAUX DE SURFACES. ....	105

## LISTE DES TABLEAUX

---

TABLEAU 1: COORDONNEES DU PERIMETRE DU PERMIS.....	
TABLEAU 2: POPULATION DES COMMUNES CONCERNEES PAR LE PERIMETRE (SOURCE INSEE).....	10
TABLEAU 3: TOTAL DES ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS, COMMERCIAUX ET DE SERVICES SUR LES COMMUNES DU PERMIS AU 31/12/2014 (SOURCE INSEE) .....	13
TABLEAU 4: SITES INSCRITS SUR LE PERIMETRE DU PER DE PAU-TARBES .....	19
TABLEAU 5: SITES INSCRITS SUR LE PERIMETRE DU PER DE PAU-TARBES .....	19
TABLEAU 6: SITES RECENSES BASOL SUR LES COMMUNES DU PERIMETRE SOLLICITE .....	23
TABLEAU 7: ZNIEFF SUR L'EMPRISE DU PER PAU-TARBES.....	28
TABLEAU 8: ZNIEFF DE TYPE 1 SUR L'EMPRISE DU PER PAU-TARBES .....	28
TABLEAU 9: CORRESPONDANCE ENTRE PERMEABILITE EXPRIMEE EN DARCY ET EN M/S POUR UNE EAU A 130°C.....	73
TABLEAU 10: MASSES D'EAU SOUTERRAINES REFERENCEES SUR LE TERRITOIRE DU PERMIS .....	92
TABLEAU 11: CAPTAGES EN ALIMENTATION EN EAU POTABLE SUR LE PER PAU-TARBES.....	104
TABLEAU 13: VALEURS MOYENNES DE BRUITS D'AMBIANCE .....	112
TABLEAU 14: NIVEAUX DE BRUIT MAXIMUM PAR TYPE DE TRAVAUX LORS D'UN FORAGE .....	112
TABLEAU 15: CONFRONTATION DU PROJET AUX DIRECTIVES DU SDAGE ADOUR GARONNE.....	125

# PARTIE 1 : Analyse de l'état initial du site et de son environnement

## 1. APPROCHE DU CONTEXTE GENERAL

### 1.1. Contexte géographique et implantation du projet

Dans le cadre de la présente demande de deuxième prolongation 1<sup>ère</sup> période (2023-2028), Georhin (anciennement Fonroche Géothermie) dépose un nouveau périmètre conservant la partie correspondant au secteur de Pau-Tarbes ainsi que le secteur de Tarbes. Ainsi Georhin s'engage à réduire de 543 km<sup>2</sup> la superficie de son permis initial de Pau Tarbes. Le nouveau permis fait donc 442 km<sup>2</sup>.

La zone du projet est située à cheval sur deux départements appartenant à deux régions différentes : en majeure partie sur les Pyrénées Atlantiques en région Aquitaine à l'ouest et sur les Hautes Pyrénées en région Midi-Pyrénées à l'est. La zone s'étend à l'intérieur d'un périmètre constitué des lignes joignant les points dont les coordonnées géographiques sont les suivantes :

Tableau 1: Coordonnées du périmètre du permis

Points	Coordonnées des points			
	Lambert II		RGF93	
A	373585	1821223	420127	6257004
B	391722	1818444	438220	6254079
C	391676	1810719	438110	6246363
D	416436	1810923	462843	6246363
E	416436	1802678	462775	6238127
F	382428	1802442	428806	6238172
G	382261	1806530	428672	6242257
H	380676	1806803	427091	6242542
I	380676	1810960	427126	6246695
J	376302	1811168	422759	6246938
K	373390	1815655	419887	6251444

Carte du Permis Exclusif de Recherche de Géothermie Haute Température,  
dit de "Pau-Tarbes" proposé - GEORHIN -

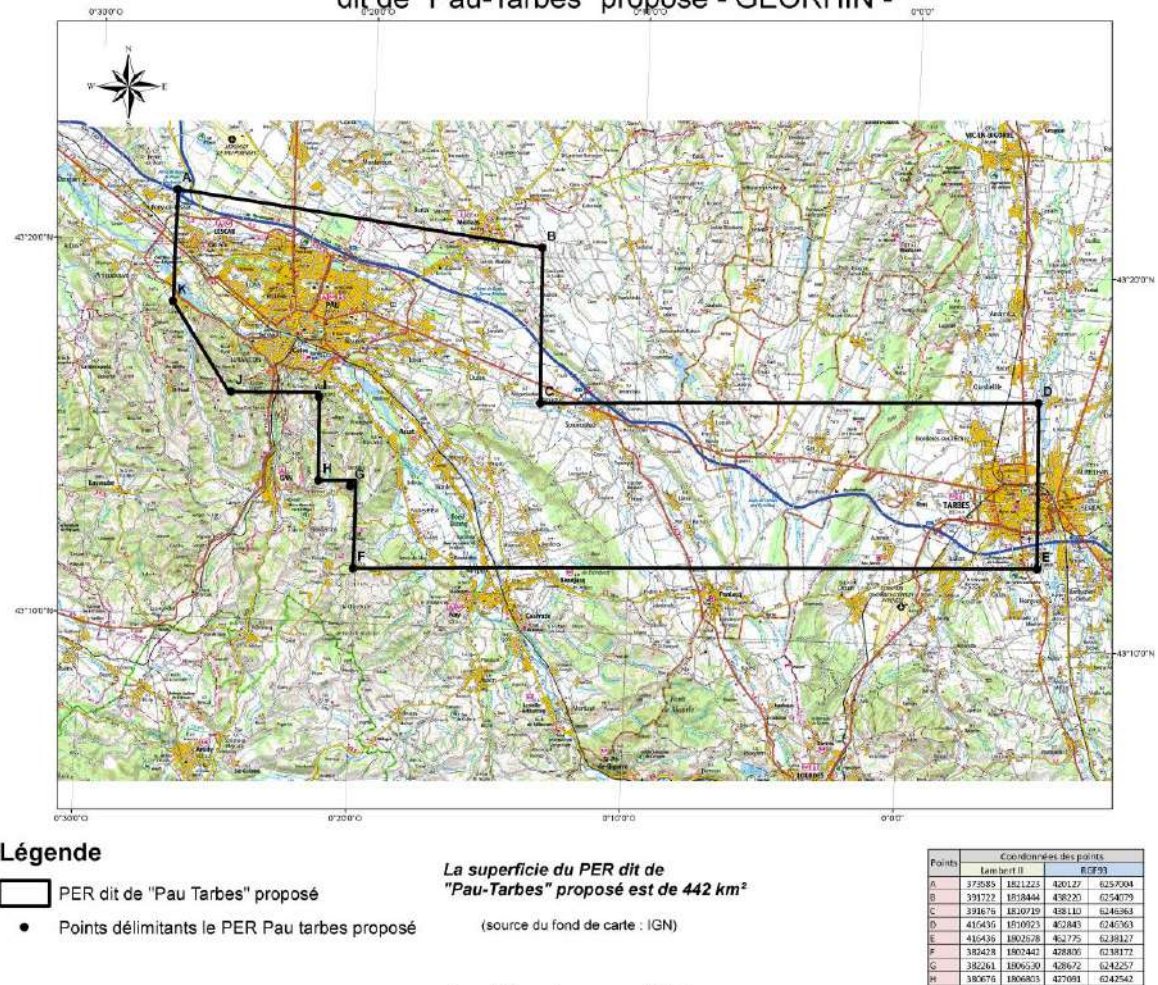


Figure 1: Localisation du périmètre du permis minier

Au total, 70 communes sont concernées partiellement ou en totalité par le projet. Elles sont récapitulées dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable**.tableau suivant :

insee	NOM	Surface (ha)
64266	Hours	578
65108	Bours	469
65440	Tarbes	1534
65331	Odos	881
65100	Bordères-sur-l'échez	1614
65251	Laloubère	405
65226	Ibos	3315
64445	Pau	3148
64129	Billère	442
64439	Ousse	450
64348	Lons	1169
64284	Jurançon	1885
64097	Barzun	822
64344	Livron	758
64269	Idron	776
64329	Lée	301
64132	Bizanos	439
64526	Soumoulou	281
64335	Lescar	2645
64518	Sendets	782
64237	Gelos	1103
64059	Artigueloutan	811
64453	Pontacq	2903
64399	Montardon	834
64101	Baudreix	198
64373	Mazères-Lezons	400
65292	Luquet	819
65185	Gardères	1543
64520	Serres-Morlaas	386
64405	Morlaas	1358
65350	Oursbelille	1151
65057	Azereix	1508
65344	Ossun	2795
64448	Poey-de-Lescar	692
64386	Mirepeix	331
64550	Uzos	353
64376	Meillon	708
64041	Aressy	220
64152	Buros	1395
64413	Narcastet	459
64139	Bosdarros	2465

64467	Rontignon	709
64060	Artiguelouve	1071
64419	Nousty	968
64315	Laroin	696
64358	Lucgarier	570
64067	Assat	948
64257	Haut-de-Bosdarros	1226
64023	Angaïs	599
64138	Bordes	731
64119	Beuste	587
64091	Baliros	371
64292	Labatmale	332
64370	Maucor	497
64054	Arros-de-Nay	1360
64133	Boeil-Bezing	848
64216	Espoey	1350
64109	Bénéjacq	1713
64145	Bourdettes	221
64352	Lourenties	900
64444	Pardies-Piétat	764
64238	Ger	3154
64469	Saint-Abit	420
64246	Gomer	326
64343	Limendous	756
64302	Lagos	438
64137	Bordères	467
64438	Ouillon	641
64021	Andoins	1230
65235	Juillan	825

La surface de l'ensemble de ces communes est de l'ordre de 698 km<sup>2</sup> au total.

## 1.2. Climatologie

Le territoire du Permis, situé en zone de plaine, subit la double influence de l’Océan Atlantique et des Pyrénées. Cette position intermédiaire permet de modérer les chaleurs estivales d’une part et la rigueur hivernale d’autre part. Ainsi, dans son ensemble, le climat est doux avec de faibles écarts de température, peu venté, et les pluies y sont fréquentes, surtout dans la partie ouest.

### 1.2.1. Pluviométrie

Sur le territoire du permis, la pluviométrie suit un gradient sud-ouest nord-est, avec une pluviométrie de l’ordre de 1400 mm par an au sud de Pau à environ 1100 mm par an au nord de Tarbes.

Le printemps et l’automne sont les saisons les plus pluvieuses (près de 120 mm en avril et mai). Juin, juillet, août et septembre reçoivent les précipitations les plus faibles, essentiellement dues aux orages très fréquents dans la région.

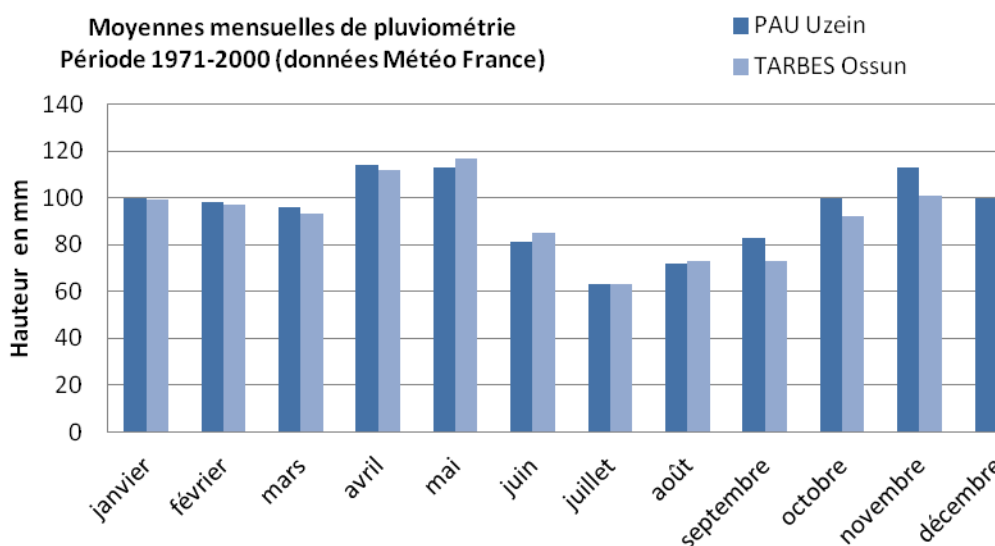


Figure 2: Précipitations dans le secteur du permis

### 1.2.2. Le brouillard

Le nombre de jours de brouillard est plus élevé dans la partie ouest du territoire, plus humide. Il est ainsi de l’ordre de 40 à 50 jours par an dans la région de Pau contre environ 30 jours par an dans la région de Tarbes à l’est.

Plus fréquent au fond des vallées et/ou au bord des gaves, le brouillard se dissipe rapidement, en général vers le milieu de la matinée.

### 1.2.3. Températures

Les températures sont celles d'un climat tempéré. L'hiver est relativement doux, avec pour les mois les plus froids (décembre et janvier) des minima de l'ordre de 2 à 3°C dans la région de Pau et de 1 à 2°C dans la région de Tarbes. Les gelées sont courantes dans la région.

Avec des maxima moyens de l'ordre de 25°C pour les mois les plus chauds de juillet et d'août, les étés sont chauds sans cependant atteindre des chaleurs excessives. L'influence des Pyrénées se traduit ainsi par une humidité importante et des températures plus fraîches.

Enfin, le printemps est pluvieux et frais, l'été tempéré mais orageux, l'automne généralement bien ensoleillé et agréable, et l'hiver relativement doux en plaine mais rigoureux en montagne.

### 1.2.4. Vents

La région est soumise à l'effet de Foehn (phénomène météorologique créé par la rencontre du vent et du relief) du fait de la présence des Pyrénées au Sud. Cet effet se traduit par souvent par un ciel peu nuageux parcouru de nuages élevés, et une hausse de température du côté français des Pyrénées alors que le côté espagnol est sous les nuages et la pluie.

Dans la région, les vents forts sont rares. Le vent est particulièrement faible en Béarn et notamment dans la région de Pau. Certaines zones des coteaux béarnais peuvent être localement bien ventées.

## 1.3. Etude du milieu humain

### 1.3.1. Démographie et emploi

Selon l'Insee, près de 258 000 personnes vivent dans les communes concernées par la présente demande de permis. Sur le territoire sollicité, la population se concentre essentiellement autour des deux agglomérations de Pau et Tarbes. Le reste du territoire, à dominante agricole, présente dans son ensemble un habitat rural et dispersé.

Pau, chef-lieu du département des Pyrénées Atlantiques, est la commune la plus peuplée avec près de 77 070 habitants, et près de 145 000 habitants avec son agglomération.

Tarbes, chef-lieu du département des Hautes Pyrénées, compte quant à elle environ 43 821 habitants.

La croissance de population est plus rapide dans la région de Pau que celle de Tarbes, la première constituant un pôle économique important et dynamique dans la région et faisant état d'une croissance annuelle de l'ordre de 1% par an depuis 1999.

La répartition de la population par communes est précisée dans le tableau ci-dessous (chiffres année 2019, Insee).

Tableau 2: Population des communes concernées par le périmètre (source INSEE)

insee	NOM	Surface (ha)	Population (nombre d'habitants)
64266	Hours	578	252
65108	Bours	469	631
65440	Tarbes	1534	43821
65331	Odos	881	3389
65100	Bordères-sur-l'échez	1614	5340
65251	Laloubère	405	1942
65226	Ibos	3315	3044
64445	Pau	3148	77070
64129	Billère	442	13023
64439	Ousse	450	1720
64348	Lons	1169	13957
64284	Jurançon	1885	7342
64097	Barzun	822	620
64344	Livron	758	397
64269	Idron	776	5064
64329	Lée	301	1260
64132	Bizanos	439	4689
64526	Soumoulou	281	1603
64335	Lescar	2645	10084
64518	Sendets	782	343
64237	Gelos	1103	3784
64059	Artigueloutan	811	1111
64453	Pontacq	2903	2982
64399	Montardon	834	2629
64101	Baudreix	198	699
64373	Mazères-Lezons	400	1866
65292	Luquet	819	404
65185	Gardères	1543	456
64520	Serres-Morlaas	386	862
64405	Morlaas	1358	4616
65350	Oursbelille	1151	1238
65057	Azereix	1508	1001
65344	Ossun	2795	2423
64448	Poey-de-Lescar	692	1822
64386	Mirepeix	331	1284
64550	Uzos	353	797
64376	Meillon	708	955
64041	Aressy	220	774
64152	Buros	1395	1981
64413	Narcastet	459	774
64139	Bosdarros	2465	1011
64467	Rontignon	709	865

64060	Artiguelouve	1071	1903
64419	Nousty	968	1627
64315	Laroin	696	1132
64358	Lucgarier	570	252
64067	Assat	948	1987
64257	Haut-de-Bosdarros	1226	351
64023	Angaïs	599	934
64138	Bordes	731	2939
64119	Beuste	587	694
64091	Baliros	371	501
64292	Labatmale	332	257
64370	Maucor	497	576
64054	Arros-de-Nay	1360	788
64133	Boeil-Bezing	848	1374
64216	Espoeuy	1350	1236
64109	Bénéjacq	1713	1987
64145	Bourdettes	221	521
64352	Lourenties	900	401
64444	Pardies-Piétat	764	473
64238	Ger	3154	815
64469	Saint-Abit	420	319
64246	Gomer	326	310
64343	Limendous	756	742
64302	Lagos	438	480
64137	Bordères	467	630
64438	Ouillon	641	552
64021	Andoins	1230	683
65235	Juillan	825	4140

### 1.3.2. Industries, commerces et services

En 2016, sur les communes concernées par la présente demande, l'Insee recense 36 282 établissements industriels, de la construction, du commerce, des transports et services divers, de l'Administration publique, de l'enseignement, de la santé et d'action sociale.

Naturellement, les villes possédant le plus grand nombre d'établissement sont Pau et Tarbes avec respectivement près de 10000 et près de 5 500 établissements chacune. A l'inverse, près des deux tiers des communes sur ce même territoire possèdent 10 entreprises ou moins, et 9 d'entre elles aucune.

Les chiffres détaillés par commune sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 3: Total des Etablissements industriels, commerciaux et de services sur les communes du permis au 31/12/2014 (source Insee)

INSEE	Commune	Total des éléments actifs au 31/12/2014	INSEE	Commune	Total des éléments actifs au 31/12/2014
64001	Aast	24	64381	Méritein	22
64021	Andoins	69	64386	Mirepeix	71
64023	Angaàs	52	64393	Monein	477
64037	Arbus	83	64399	Montardon	220
64039	Aren	15	64400	Montaut	91
64041	Aressy	69	64405	Morlààs	553
64053	Arrien	18	64413	Narcastet	51
64054	Arros-de-Nay	77	64416	Navarrenx	211
64059	Artigueloutan	88	64417	Nay	436
64060	Artiguelouve	125	64419	Nousty	136
64067	Assat	170	64420	Ogenne-Camptort	35
64068	Asson	187	64422	Doron-Sainte-Marie	1369
64072	Aubertin	60	64438	Ouillon	43
64091	Baliros	31	64439	Ousse	87
64097	Barzun	43	64442	Parbayse	22
64099	Bastanès	18	64444	Pardies-Piétat	29
64101	Baudreix	41	64445	Pau	8937
64109	Bénéjacq	163	64448	Poey-de-Lescar	138
64119	Beuste	44	64449	Poey-d'Oloron	21
64129	Billère	931	64452	Ponson-Dessus	37
64132	Bizanos	403	64453	Pontacq	280
64133	Boeil-Bezing	92	64458	Préchacq-Josbaig	26
64137	Bordères	35	64459	Préchacq-Navarrenx	19
64138	Bordes	181	64467	Rontignon	64
64139	Bosdarros	96	64469	Saint-Abit	28
64145	Bourdettes	37	64478	Saint-Faust	81
64148	Buges-Capbis-Mifag	97	64482	Saint-Jammes	48
64152	Buros	171	64498	Saint-Vincent	52
64165	Cardesse	35	64508	Saucède	20
64191	Coarraze	260	64516	Sedzère	52
64197	Cuqueron	24	64518	Sendets	91
64201	Dognen	31	64519	Serres-Castet	683
64211	Eslourenties-Daban	25	64520	Serres-Morlààs	76
64212	Espéchède	29	64526	Soumoulou	175
64216	Espoey	123	64529	Sus	29
64227	Gabaston	56	64530	Susmiou	53
64237	Gelos	333	64544	Urost	11
64238	Ger	175	64550	Uzos	77
64246	Gomer	18	64556	Viellèségure	33
64253	Gurs	36	65002	Adé	67
64257	Haut-de-Bosdarros	24	65057	Azereix	55
64266	Hours	32	65065	Barlest	23
64269	Idron	357	65070	Bartrès	34
64270	Igon	57	65072	Bazet	133
64281	Jasses	10	65080	Bénac	40
64284	Jurançon	623	65100	Bordères-sur-l'Adèche	369
64292	Labatmale	28	65108	Bours	48
64299	Lacommande	23	65185	Gardères	53
64302	Lagos	35	65220	Hibarette	17
64306	Lahourcade	41	65223	Horgues	89
64315	Laroin	97	65226	Ibos	464
64324	Lasseube	198	65235	Juillan	360
64326	Lay-Lamidou	15	65251	Laloubère	191
64328	Ledeuix	80	65252	Lamarque-Pontacq	59
64329	Lée	80	65257	Lanne	55
64335	Lescar	1062	65284	Louey	84
64339	Lestelle-Bétharram	72	65286	Lourdes	2498
64343	Limendous	39	65292	Luquet	29
64344	Livron	45	65313	Momères	56
64346	Lombia	33	65331	Odos	256
64348	Lons	1426	65341	Oroix	23
64352	Lourenties	29	65344	Ossun	167
64358	Lucgarier	21	65350	Oursbelille	94
64359	Lucq-de-Béarn	128	65364	Pintac	3
64363	Lys	61	65392	Saint-Martin	39
64370	Maucor	51	65395	Saint-Pé-de-Bigorre	99
64373	Mazères-Lezons	117	65440	Tarbes	4981
64376	Meillon	63			

### 1.3.3. Occupation des sols

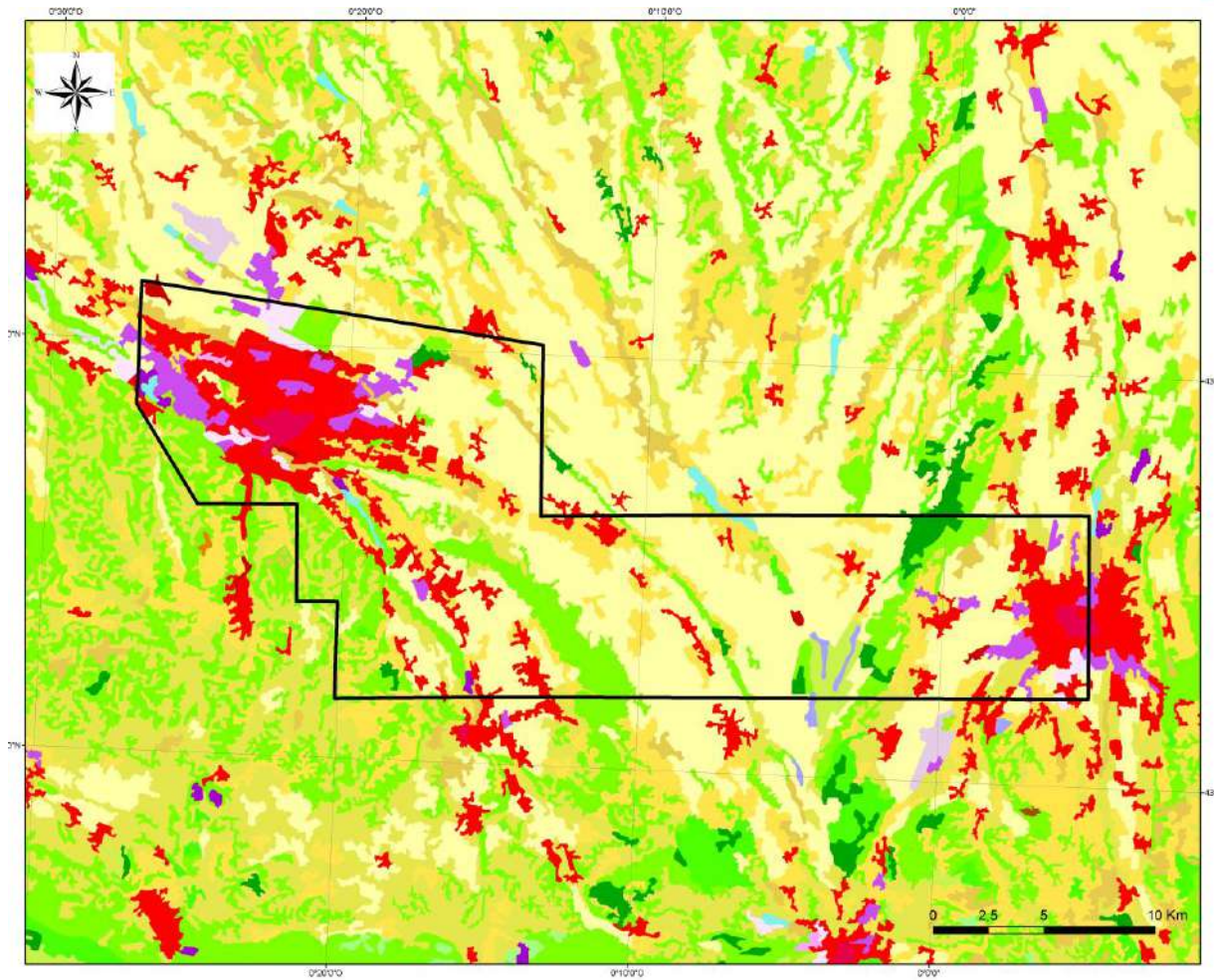
Le permis sollicité se trouve dans le piémont des Pyrénées, dont les sommets s'élèvent à plus de 3000 m à la frontière avec l'Espagne. Du sud-ouest vers le nord-est, le relief s'adoucit progressivement et le territoire du permis, avec des altitudes comprises entre 400 m et 150 m, passe d'un paysage de piémont boisé et de gaves, à un paysage de plaines et de coteaux.

Du point de vue hydrographique, le territoire est délimité à l'est par l'Adour et traversé par le Gave de Pau en partie centrale. Ces cours d'eau délimitent des territoires sur lesquels l'occupation des sols varie.


Ainsi, au sud du Gave de Pau, se développe un territoire de piémont avec des coteaux régulièrement boisés. La proportion de surfaces agricoles reste conséquente avec plus de 50% en moyenne, essentiellement le long des vallées des Gaves. Relativement proche des Pyrénées, cette partie du territoire offre un certain nombre de richesses naturelles, la biodiversité ayant été préservée notamment dans les zones forestières ainsi que le long du Gave.

Au nord-est du Gave de Pau, le paysage est dominé par des plaines et des coteaux dans lesquels la forêt est peu présente et l'agriculture très développée. En effet, dans cette zone, la Surface Agricole Utile (SAU) atteint 70% en moyenne du territoire des communes, l'activité se concentrant essentiellement autour de la culture du maïs qui fait l'objet d'une irrigation très importante. Dans ce secteur où règnent les grandes cultures et où les zones boisées sont rares, le milieu naturel est peu préservé et seuls quelques milieux tourbeux subsistent.

La carte ci-dessous détaille l'occupation des sols sur le territoire du permis selon la classification Corine Land Cover 2016 :



**Légende**

 PER dit de "Pau Tarbes" proposé

**Légende**

PER\_Pau\_Tarbes\_NGF93

**CORINE Land Cover**

**Territoires artificialisés - Zones urbanisées**

- 111 : Tissu urbain continu
- 112 : Tissu urbain discontinu

**Territoires artificialisés - Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication**

- 121 : Zones industrielles et commerciales
- 122 : Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- 123 : Zones portuaires
- 124 : Aéroports

**Territoires artificialisés - Mines, décharges et chantiers**

- 131 : Extraction de matériaux
- 132 : Décharges
- 133 : Chantiers

**Territoires artificialisés - Espaces verts artificialisés, non agricoles**

- 141 : Espaces verts urbains
- 142 : Equipements sportifs et de loisirs

**Territoires agricoles - Terres arables**

- 211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 212 : Périmètres irrigués en permanence
- 213 : Rizières

**Territoires agricoles - Cultures permanentes**

- 221 : Vignobles
- 222 : Vergers et petits fruits
- 223 : Oliveraies

**Territoires agricoles - Prairies**

- 231 : Prairies

**Territoires agricoles - Zones agricoles hétérogènes**

- 241 : Cultures annuelles associées aux cultures permanentes
- 242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants

244 : Territoires agro-forestiers

**Forêts et milieux semi-naturels - Forêts**

- 311 : Forêts de feuillus
- 312 : Forêts de conifères
- 313 : Forêts mélangées

**Forêts et milieux semi-naturels - Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée**

- 321 : Pelouses et pâturages naturels
- 322 : Landes et broussailles
- 323 : Végétation sclérophylle
- 324 : Forêt et végétation arbustive en mutation

**Forêts et milieux semi-naturels - Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation**

- 331 : Plages, dunes et sable
- 332 : Roches nues
- 333 : Végétation clairsemée
- 334 : Zones incendiées
- 335 : Glaciers et neiges éternelles

**Zones humides - Zones humides intérieures**

- 411 : Marais intérieurs
- 412 : Tourbières

**Zones humides - Zones humides maritimes**

- 421 : Marais maritimes
- 422 : Marais salants
- 423 : Zones intertidales

**Surfaces en eau - Eaux continentales**

- 511 : Cours et voies d'eau
- 512 : Plans d'eau

**Surfaces en eau - Eaux maritimes**

- 521 : Lagunes littorales
- 522 : Estuaires
- 523 : Mers et océans

Figure 3: Occupation des sols (Corinne Land Cover 2012 – serveur SIGES Aquitaine)

## 1.4. Richesses et espaces naturels agricoles, biens et patrimoines culturels

### 1.4.1. Histoire et patrimoine architectural

Le territoire du permis est situé à cheval sur le Béarn à l'ouest avec la ville de Pau, et la Bigorre à l'est avec la ville de Tarbes. La limite entre ces deux régions correspond à la frontière entre les départements des Pyrénées Atlantiques et des Hautes Pyrénées.

- **Aperçu historique**

#### Le Béarn

Les premières traces de peuplement de la région sont anciennes et la préhistoire a parsemé le Béarn de tumulus et de sites habités. Après une période d'occupation romaine, la région fût ravagée par les invasions successives, retardant son évangélisation.

La vicomté de Béarn voit le jour au IX<sup>ème</sup> siècle, sous le règne de Louis le Débonnaire, et doit probablement son nom à la ville romaine de Beneharnum (Lescar). La vicomté se caractérise ensuite par une histoire riche en annexions successives et en changements de suzeraineté, passant des mains des ducs de Gascogne, à celles des rois d'Aragon, des ducs d'Aquitaine, rois d'Angleterre avant d'échoir aux comtes de Foix, vassaux du roi de France (XIII<sup>ème</sup> siècle). Au XIV<sup>ème</sup> siècle, Gaston Fébus obtint la souveraineté du Béarn et termina les fortifications comme Orthez, Pau et Sauveterre de Béarn.

Plus tard, le Béarn fut contrôlé successivement par deux familles importantes, les Albret et les Bourbon, les rois de Navarre. Au cours des guerres de religion, le Béarn, où la réforme était favorisée, fut ravagé par les troupes catholiques de Terride et protestantes de Montgomery. C'est en 1589 que l'avènement d'Henri IV au trône de France rapprocha le Béarn au trône de France. C'est Louis XIII qui annexera définitivement le Béarn à la France en 1620, rétablissant le catholicisme.

Le Béarn connut jusqu'à la révolution une période économique brillante, suivie d'un déclin au XIX<sup>ème</sup> siècle. C'est au XX<sup>ème</sup> siècle que le Béarn vit une nouvelle ère de prospérité grâce à la découverte du gisement de Lacq et à l'exploitation agricole et touristique de ses richesses naturelles.

#### La Bigorre

La Bigorre, doit son nom au peuple antique des Bigorrais, l'un des peuples aquitaniques soumis par Crassus, lieutenant de l'empereur romain César. Leur capitale, Bigarra, pourrait être l'actuel village de Cieutat situé à 15 kilomètres de Bagnères-de-Bigorre. Les Romains en explorèrent presque toutes les vallées et tirèrent dès cette époque grand usage des eaux minérales qui s'y trouvent en abondance. Des traces de voies romaines subsistent d'ailleurs, notamment dans la lande de Capvern où un chemin s'appelle encore Césarée, ainsi qu'au nord de la ville de Lourdes, près de la métairie de Strata.

Dans l'Antiquité, après les Romains, ce sont les Wisigoths qui occupèrent la Bigorre, avant qu'elle ne soit prise par les Francs. Le Comté de Bigorre n'est constitué en tant que tel qu'au IX<sup>ème</sup> siècle par Loup Centulle, Duc de Gascogne de l'époque. Il a pour capitale la ville de Tarbes. Après avoir changé de main à maintes reprises et fait l'objet de convoitises pendant plusieurs siècles, la Bigorre passe définitivement au comte de Foix en 1425.

Plus tard, les départements se substituant aux provinces sont créés en 1790 par l'Assemblée constituante. La Bigorre est alors incluse dans le département des Hautes-Pyrénées dont la géographie

particulière, avec deux enclaves dans le département voisin des Pyrénées Atlantiques, est héritée du Moyen Age : à la fin du XIème siècle, le vicomte de Béarn épousa la vicomtesse du Montanerès, petit territoire alors situé entre Béarn et Bigorre. Le Montanerès resta au Béarn à l'exception de cinq paroisses que la vicomtesse tint à conserver. Ce sont précisément ces anciennes paroisses qui constituent encore aujourd'hui les deux enclaves en question.

Enfin, le XIXème siècle voit l'implantation de nombreux établissements d'eaux thermales, qui deviennent pour la région une source de revenus non négligeables toujours d'actualité. Dans les campagnes, l'élevage et l'agriculture restent les activités prépondérantes.

- **Patrimoine architectural**

Ce passé chargé d'histoire a marqué la région de nombreux sites et monuments historiques.

Les sites classés et inscrits ont été recensés sur le territoire du permis (voir détails dans le paragraphe suivant), mais il existe également de nombreux autres sites et monuments remarquables non classés, notamment des églises ainsi que des maisons et fermes typiques sur l'ensemble de la zone sollicitée. Ce patrimoine est recensé dans la Base de données Mérimée<sup>1</sup>, qui sera consultée systématiquement pour les villes et villages concernés avant le début des travaux.

L'habitat traditionnel de la région présente un intérêt certain et est encore bien préservé dans de nombreuses villes et villages. Ainsi, la maison béarnaise traditionnelle est construite avec les galets du gave et son toit recouvert de tuiles plates ou d'ardoise.

La ferme traditionnelle, à cour fermée, comprend quand à elle une maison d'habitation rectangulaire, sur un ou deux niveaux, avec autour les bâtiments d'exploitation (grange, poulailler, porcherie, ...). Les maisons plus riches possèdent des parements de pierre travaillés sur les façades ainsi qu'une toiture imposante en ardoise, percée de lucarnes.

#### 1.4.2. Sites inscrits et classés

Ils peuvent concerner des paysages naturels, de sites pittoresques historiques ou légendaires et d'ensembles urbains de grande qualité architecturale.

Les sites classés ne peuvent ni être détruits ni modifiés, et les travaux d'entretien ne sont autorisés qu'à titre exceptionnel sous réserve qu'ils ne portent pas atteinte à l'intégrité du site.

Dans un site inscrit, pour tout projet de travaux de nature à modifier l'état ou l'intégrité du site, le propriétaire doit informer quatre mois à l'avance le préfet qui consulte l'architecte des bâtiments de France.

De nombreux sites classés et inscrits sont recensés sur le territoire sollicité, un grand nombre d'entre eux étant situé à Pau ou à sa périphérie. Ils sont détaillés ci-dessous par commune :

---

<sup>1</sup> Base de données consultable à partir du site internet du Ministère de la Culture : <http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/patrimoine>  
Les éléments remarquables sont consultables par commune.

- Sites Classés

Tableau 4: Sites Inscrits sur le périmètre du PER de Pau-Tarbes

COMMUNE	CODE	NOM
BIZANOS	SCL0000538	Horizons Palois : Parc du Château de Franqueville
GELOS	SCL0000539	Horizons Palois : Parc du domaine dit « Le Vignal »
GELOS	SCL0000541	Horizons Palois : Parc de la propriété dite « Villa Nirvana »
GELOS	SCL0000578	Horizons Palois : Parc du domaine de Tisnère
GELOS	SCL0000537	Horizons Palois : Parc du domaine de Montfleury
GELOS	SCL0000540	Horizons Palois : Parc de la Villa Estefani
GELOS / JURANCON	SCL0000577	Horizons Palois : Parc du domaine de Gindalos
JURANCON	SCL0000535	Horizons Palois : Parc du domaine clos Henry IV
JURANCON	SCL0000536	Horizons Palois : Parc de la propriété dite « Château Ollé-Laprune »
PAU	SCL0000542	Grand Parc du Château
PAU	SCL0000543	Terrasse Sud (PAU)

- Sites Inscrits

Tableau 5: Sites Inscrits sur le périmètre du PER de Pau-Tarbes

COMMUNE	CODE	NOM	DATE
Billere	SIN0000388	Horizons Palois: terrains dits du Golf	18/04/1944
Jurançon	SIN0000380	Horizons Palois : parc du château de Perpignaa	18/04/1944
Jurançon	SIN0000381	Horizons Palois : parc de la villa Castel-Forgues	18/04/1944
Jurançon	SIN0000382	Horizons Palois : parc du domaine dit "le Tinot"	18/04/1944
Jurançon	SIN0000383	Horizons Palois : parc de la villa Montrose	18/04/1944
Jurançon	SIN0000385	Horizons Palois : parc du domaine de Mont-Riand	18/04/1944
Lescar	SIN0000393	Cité Lascar	14/03/1975
Mazeres Lezons/Gelos	SIN0000392	Horizons Palois: saligues bordant le Gave de Pau	18/04/1944
Pau	SIN0000145	Palais national (abords) constituant l'ensemble de la vieille ville	19/04/1944
Pau	SIN0000146	Immeubles bordant le boulevard des Pyrénées et ses abords immédiats	18/04/1944
Pau	SIN0000183	Jardin du château et de la Basse-Plante	18/04/1944
Pau	SIN0000184	Parc attenant au parc Beaumont, dit "Parc du Lycée"	18/04/1944
Pau	SIN0000185	Zones urbaines à Pau	02/05/1974
Pau	SIN0000193	Place de Gramont et immeubles qui la bordent (PAU)	15/03/1958
Pau	SIN0000194	Parc Beaumont (partie)	18/04/1944
Pau	SIN0000389	Promenade publique, dite "place de Verdun"	16/09/1942
Pau	SIN0000390	Allées de Morlaas (PAU)	12/09/1945
Pau	SIN0000391	Jardins de la gare et belvédère (square d'Aragon)	16/02/1944
Uzos	SIN0000384	Horizons Palois : parc du château de Chazal	18/04/1944

### 1.4.3. Tourisme

Le territoire du permis et surtout son arrière-pays, les Pyrénées, disposent d'un fort potentiel touristique.

Le périmètre sollicité constitue ainsi le point de départ vers le Parc Naturel des Pyrénées, ainsi qu'un axe privilégié pour l'accès aux zones de pratique des sports de montagne comme le ski et la randonnée.

Les villes de Pau et de Tarbes elles-mêmes, fortes d'un important patrimoine architectural, offrent de nombreuses activités culturelles aux touristes qui souhaitent visiter la région, parcourue par les Chemins de Saint Jacques de Compostelle. L'hébergement en chambre d'hôte s'est d'ailleurs considérablement développé ces dernières années.

Le secteur offre également une gamme étendue d'activités aquatiques : canoë-kayak, baignade dans les plans d'eau relativement nombreux, et bien sûr pêche, qui peut être pratiquée dans les rivières et ruisseaux de la région (cours d'eau à salmonidés migrateurs).

La chasse est également une activité importante. La migration de la palombe est, à l'automne, très attendue par les chasseurs locaux, au niveau des bosquets et dans les palombières. Les cailles, les bécasses et les tourterelles jouent un rôle plus secondaire.

Enfin, à quelques kilomètres au sud de la limite du territoire sollicité, la ville de Lourdes, plus important lieu de pèlerinage en France, draine chaque année entre cinq et six millions de visiteurs dans la région.

## 1.5. Axes et voies de communication

Avec la présence de deux agglomérations importantes et son potentiel touristique, le territoire sollicité est bien desservi et dispose de multiples moyens d'accès : aéroports, autoroute et gares TGV.

### 1.5.1. Voies routières

Le territoire du permis est traversé par l'autoroute A64, qui relie Toulouse à Bayonne, en passant par Tarbes et Pau. Le trafic y est important, surtout en période estivale avec l'afflux de tourisme vers la côte basque sur l'Océan Atlantique. Cet axe est bordé par la route départementale RD817.

La liaison vers le nord est assurée par l'autoroute A65 mise en service récemment, qui démarre au niveau de Lescar et qui relie Pau à la région bordelaise via Mont de Marsan.

Enfin, à partir de Pau, la route nationale N134 permet, via Oloron-Sainte-Marie, l'accès à l'Espagne via le Tunnel du Somport inauguré en 2003.

### 1.5.2. Voies aériennes

Deux aéroports internationaux sont situés dans le secteur du permis sollicité :

- L'aéroport Tarbes-Lourdes-Pyrénées, sur la commune d'Ossun au sud de Tarbes. Il peut recevoir jusqu'à 1 500 000 passagers par an, et dispose d'une piste de 3000 mètres de long sur 45 de large lui permettant d'accueillir les vols commerciaux de grande capacité. En 2010, le trafic s'est élevé à près de 440 000 passagers, ce qui en fait le deuxième aéroport de Midi-Pyrénées derrière Toulouse et le dix-neuvième aéroport français.

- L'aéroport de Pau-Pyrénées, sur la commune d'Uzein à sept kilomètres au nord de Pau et donc à l'extérieur du territoire du permis. C'est le troisième aéroport d'Aquitaine, après Bordeaux et Biarritz, et il a accueilli près de 674 000 passagers en 2010.

### 1.5.3. Voies ferroviaires

Le réseau ferroviaire suit les principaux axes routiers. Les principales lignes relient ainsi Tarbes à Pau, Pau à Bayonne via Orthez, ainsi que Pau à Oloron, Pau et Tarbes étant des gares TGV.

## 1.6. Activités agricoles

Sur le permis sollicité, l'agriculture occupe un vaste territoire et repose sur plusieurs productions, souvent associées :

- Le maïs, partout présent mais plus particulièrement dans la vallée de l'Adour, et dont la production a augmenté de 25% entre 1979 et 1988 avant de se stabiliser en 2000. Les importants besoins en eau de cette plante nécessitent un recours à l'irrigation.
- Les cultures fourragères et surfaces en herbe qui, bien qu'en diminution sur les vingt dernières années, couvrent toujours une importante proportion de la Surface Agricole Utile (SAU).
- L'élevage, bovin principalement, l'élevage ovin étant plutôt concentré en zone de montagne, plus au sud et l'élevage porcin à l'ouest. De même, l'élevage de volailles et la filière gras se concentrent plutôt dans les Landes, au nord.
- La viticulture. La zone du permis est également une terre viticole avec plusieurs vignobles de grande renommée et notamment le Jurançon (vin préféré d'Henri IV).

L'activité agricole se répartit selon plusieurs agrosystèmes :

- Les coteaux béarnais, qui constituent la plus grande partie du territoire du permis, et sur lesquels se concentrent la production de maïs et l'élevage. A côté des 53% de la SAU occupée par le maïs, prennent place des cultures complémentaires, et notamment des cultures fourragères (23% de la SAU). Les élevages bovin et porcin sont importants, souvent pratiqués en hors sol.
- La plaine de l'Adour, en partie est du territoire du permis, siège d'une culture intensive du maïs. C'est un secteur avec une surface agricole très développée (60% de la surface totale), occupée principalement par le maïs (62% de la SAU), alors que les cultures fourragères atteignent à peine 11% de cette même SAU. L'élevage y est par contre peu développé.
- Le piémont, au sud-ouest, où se développent les élevages intensifs. Avec une SAU composée à près de 30% par des cultures fourragères, le piémont est voué à l'élevage avec prédominance de l'élevage bovin et plus ponctuellement de l'élevage ovin.



Figure 4: Nombre d'exploitations agricoles par commune (Agreste).

## 1.7. Activités industrielles

### 1.7.1. Vue d'ensemble

L'activité industrielle se concentre autour des grandes agglomérations présentes sur le territoire : Pau et Tarbes, ainsi que dans le bassin de Lacq, au nord de la limite du permis.

Ainsi, l'industrie du pétrole demeure assurément l'un des deux plus grands pourvoyeurs d'emploi dans le secteur considéré.

L'industrie métallurgique et électrique est également largement développée. Orientée vers l'armement et l'aéronautique, elle s'organise autour de grosses unités dont notamment Turboméca à Bordes au sud-est de Pau et EADS ainsi que GIAT Industries dans l'agglomération Tarbaise.

Ces deux grands pôles industriels alimentent un important réseau de petites entreprises sous-traitantes.

L'industrie agro-alimentaire est également bien développée, en particulier dans la région de Pau. Elle s'organise autour de la valorisation des productions agricoles locales.

Enfin, la présence des deux agglomérations favorise le développement d'un grand nombre d'entreprises de services et du commerce, tels que les banques, les assurances, l'immobilier, le bâtiment, les transports, etc.

### 1.7.2. Installations industrielles classées SEVESO II

Comme évoqué ci-dessus, il existe un certain nombre d'importants sites industriels dans la zone du permis ou à proximité, concentrées sur le Grand Pau ainsi qu'autour de la ville de Tarbes. Ces pôles sont en effet le siège d'activités industrielles à risques et plusieurs sites sont classés SEVESO, Avec Servitudes (AS) pour certains.

A Tarbes, l'usine NEXTER Munitions, filiale de GIAT, est concernée également en raison de son activité pyrotechnique.

Les opérations menées pendant la phase d'exploration du permis sollicité éviteront les zones de servitudes de ces sites, et respecteront les prescriptions relatives à la sécurité industrielle.

### 1.7.3. Sites recensés dans la base de données BASOL

Cette base de données recense les sites pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif. On en recense 16 au total dans le périmètre du permis.

Tableau 6: Sites recensés BASOL sur les communes du périmètre sollicité

Commune	Basol	Adresse
Billère	Station Service Total	Relais du Moheran 90 Bd Charles de Gaulle
Bizanos	Barbe	Rue du Maréchal Foch
Bizanos	Ancienne usine à gaz de Pau Bizanos	2 rue Georges Clémenceau
Bordes	Turbomeca	avenue Joseph Szynlowski
Lescar	Decharge de Lescar	
Lescar	uriom de lescar	Zi d'induspal rue d'Arsonval
Pardies	Rhodia ancienne décharge Rhone Poulenc	
Pardies	ACETEX	routes des usines
Pardies	Yara France	route des usines
Pau	AEROPROTEC	6 rue Vincent auriol
Pau	AIROX	11 rue Maréchal foch
Pau	FREINRAIL	Avenue Gaston Iacoste
Pau	Halliburton	144 avenue Alfred Nobel
Pau	Helioparc	2 Avenue du président Pierre Angot
Serres Castet	AS24	Route de Bordeaux
Tarbes	Giatt Industries	12 Boulevard Renaudet

## **2. ETUDE DESCRIPTIVE DE LA FAUNE ET LA FLORE ET DES ZONES PROTEGEES**

La notice d'impact a pour objet de présenter le contexte dans lequel auront lieu les travaux de forage, dont on rappellera qu'au stade de la demande de PER, le ou les emplacements définitifs ne sont pas encore déterminés précisément.

Lorsqu'un emplacement de forage a été choisi, un dossier de demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers a été déposé en préfecture, dans lequel les caractéristiques de la zone sélectionnée seront examinées dans le détail. Ce n'est qu'après acceptation de cette demande que les travaux d'exploration proprement dits ont débuté.

Dans le cadre de la demande de PER, l'objectif de la notice d'impact est de présenter le milieu naturel, humain et physique sur l'ensemble du territoire sollicité et de lister les enjeux que le soumissionnaire devra prendre en compte avant de déterminer l'emplacement et la nature des futurs travaux.

Dans le cas présent, au vu de sa surface, le territoire comporte de nombreuses zones qui font l'objet de mesures de protection du point de vue écologique. Conscient de l'importance qu'elles représentent, Georhin s'engage à n'entreprendre aucune opération de recherche ni aucuns travaux à l'intérieur ou à proximité de ces zones particulières qui pourrait affecter les principaux enjeux ci-dessous :

- La Vallée de l'Adour classée en Zone Natura 2000 relevant de la Directive Habitats et portant le code FR300889, définie comme un grand fleuve de plaine dont le lit est encore modifié par des crues importantes (dynamique fluviale toujours active), d'où le renouvellement dans le temps et l'espace des différents habitats liés au cours d'eau et la présence d'assez nombreux bras morts. Les Saligues, formations à dominance de boisements hygrophiles, sont caractéristiques des bords de l'Adour, notamment de son cours moyen. Des forêts de bois dur (Chênaies de l'Adour) sont également intéressantes pour la région. Les habitats terrestres et aquatiques abritent une flore et une faune remarquable et diversifiée. On y recense la présence de la Loutre, de la Cistude d'Europe et d'une des trois stations connues en Midi-Pyrénées de *Margaritifera margaritifera*. Les poissons migrateurs réapparaissent suite à un équipement récent des principaux obstacles sur le cours Aquitain de l'Adour (programme de restauration se poursuivant en Midi-Pyrénées avec le classement du fleuve en Axe Bleu). Le Fluteau nageant (*Lurionium natans*) est également présent.
- Le site du Lac d'Artix et les saligues du Gave de Pau, classé en ZNIEFF de type 1 (code 720008868), en ZICO (code ZO0000617) et également en Zone Natura 2000 relevant de la Directive Oiseaux (code FR7212010). Les critères d'intérêts sont nombreux et d'ordre Ecologique, Oiseaux, Mammifères, Floristique avec comme milieu déterminant les eaux douces stagnantes. De nombreuses espèces d'oiseaux dont certains migrateurs sont présentes, avec notamment le Cincle plongeur classé sur la Liste Rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine depuis 2008 et sur la Liste Rouge mondiale de l'UICN depuis Novembre 2011.
- Le Gave de Pau classé en Zone Natura 2000 relevant de la Directive Habitats et portant le code FR7200781, qui constitue un Vaste réseau hydrographique avec un système de saligues encore vivace. Il est également classé en Axe Bleu. Les espèces d'intérêt sont

la Lamproie de Planer, le Chabot commun et le Saumon Atlantique pour les poissons ainsi que la Moule perlière, la Cordulie à corps fin, le Gomphe à cercoïdes fourchus et l'Écrevisse à pieds blancs pour les invertébrés.

- Le Parc Boisé du Château de Pau classé en Zone Natura 2000 relevant de la Directive Habitats et portant le code FR7200770 qui constitue le seul site d'*Osmoderma eremita* (scarabée) connu en Pyrénées Atlantiques, inscrit sur la Liste Rouge de France métropolitaine et de l'UICN. On y recense également le Grand Capricorne et le Lucane Cerf-Volant.
- La zone d'Aire d'Optimale d'Adhésion du Parc Naturel des Pyrénées, qui porte le code AOAPNP. Seule la commune de Lys en limite sud est concernée. Le Parc en lui-même abrite de nombreuses espèces protégées et les 15 communes de la Zone Cœur, située à la frontière avec l'Espagne, font l'objet d'une protection renforcée. Sur les communes de l'Aire Optimale, les populations locales sont encouragées dans le développement de leur territoire et dans la mise en valeur de leur patrimoine naturel et culturel.
- L'Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope « Gave de Pau » portant le n° FR3800364 et qui concerne le lit de la rivière. Sont présentes plusieurs espèces protégées de poissons : Saumon atlantique (Liste Rouge), Truite de rivière et Truite de mer ainsi que le Frelon à pattes jaunes ou frelon asiatique.
- L'Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope « Adour et affluents » portant le code n°FR3800445. Il concerne le lit des rivières, dans lesquels on rencontre la Truite de rivière ainsi que le Desman des Pyrénées, inscrit sur la Liste Rouge des mammifères continentaux de France métropolitaine depuis 2009 et sur la Liste Rouge mondiale de l'UICN depuis Novembre 2011.

## 2.1. Faune et flore

Ce chapitre présente les caractéristiques de la faune et de la flore pour l'ensemble du territoire sollicité. Dans le cadre des futures demandes de travaux de forages, une étude présentant la faune et la flore présente sur le périmètre du site envisagé pour les travaux sera établie par un bureau d'études spécialisé.

### 2.1.1. Flore

Les plaines et coteaux qui composent le territoire du permis ainsi que les vallées élargies des gaves ont permis le développement des grandes cultures sur d'importantes surfaces, en particulier de maïs dans la zone nord-est. Par ailleurs, au sud de Pau se développe le domaine des vignes du Jurançon sur une surface de 1000 hectares environ. Les vignes s'étalent sur de petites parcelles sur les versants ensoleillés des coteaux.

Toutefois, bien que le territoire du permis comporte une importante proportion de terres cultivées, il abrite une flore variée dans les zones préservées.

En effet, les coteaux, les talwegs et les secteurs boisés ainsi que des étangs, marais et tourbières présents localement, constituent des secteurs particulièrement riches biologiquement.

De même, le long des vallées qui recoupent les coteaux, les ripisylves, surfaces boisées et prairies humides engendrent des milieux riches et remarquables par leur diversité faunistique et floristique. On notera en particulier la présence des « saligues » le long de l'Adour et du Gave de Pau, constituées de galets régulièrement mis en mouvement par le cours d'eau et siège d'une végétation typique de zones marécageuse (herbiers immergées, chênaies).

Le territoire du permis abrite ainsi de nombreuses espèces protégées, les milieux sensibles se concentrant principalement dans sa partie sud, plus boisée et plus proche des Pyrénées ainsi que le long des cours d'eau.

Les caractéristiques principales de végétation varient sur le territoire du permis car la partie sud est située en zone de basse-montagne alors que la partie nord est en zone de plaine et coteaux.

Dans le sud, les principales essences présentes sont des espèces de feuillus tel le chêne pédonculé et le hêtre, largement dominants, ainsi que le châtaignier, le frêne, l'aulne, le peuplier et enfin quelques espèces plus rares : robiniers et tulipiers de Virginie.

Vers le nord, dans la zone de plaine où le taux de boisement est plus faible et de l'ordre de 15 à 20% contre environ 30% sur la zone précédente, les espèces dominantes sont également le chêne et le hêtre.

### 2.1.2. Faune

- **La faune terrestre et aviaire**

La faune de la région est riche et diversifiée compte tenu de la situation de carrefour bio-géographique de la région (influences atlantiques, montagnardes et continentales).

Les espèces les plus courantes de gibier sont présentes : chevreuils, sangliers, palombes, etc., ainsi que de nombreuses espèces protégées.

La mise en œuvre de protections réglementaires (réserves naturelles nationales ou régionales, arrêtés de protection de biotope) ou de plans nationaux de restauration d'espèces (Gypaète barbu, Vautour percnoptère, Milan royal, Vison d'Europe, chauve-souris) permet la préservation de ce patrimoine.

Les espèces les plus sensibles bénéficient de mesures spécifiques que ce soit au niveau national, ou européen (Directives Oiseaux et Habitats) et peuvent figurer dans le Livre Rouge de la faune menacée en France.

Sur le territoire du permis, de nombreuses zones de conservation et de protection sont présentes. On citera de nouveau le Bois de Bordes, classé spécifiquement en raison de la densité de nidification de rapaces forestiers dont certains sont rares à l'échelle du territoire national : buse, busard, aigle botté, milan noir et milan royal.

- **La faune piscicole**

Les principaux cours d'eau présents sur le territoire du permis : Adour, Gave de Pau sont classés en « axes bleus », c'est à dire en axes prioritaires définis dans le SDAGE pour la mise en œuvre des programmes de restauration des poissons migrateurs. Les principales espèces migratrices concernées par ce dispositif sont le saumon, la truite, la lamproie, l'aloise et l'anguille.

Ces espèces ayant connu un fort déclin résultant de la dégradation du milieu naturel, les programmes de restauration ont été mis en place afin de rétablir leur libre circulation dans les cours d'eau : aménagement des obstacles, amélioration de l'accès aux zones de frayères, amélioration de la qualité des eaux, etc.

Les cours d'eau secondaires font également l'objet d'un classement. Ils sont ainsi pour la plupart sur le territoire du permis de première catégorie piscicole. Seuls le Gabas et le Luy de Béarn sont classés en deuxième catégorie. La première catégorie concerne les cours d'eau à dominante salmonicole, pour lesquels l'espèce indicatrice est la truite fario. La seconde catégorie couvre des cours d'eau à dominante cyprinicole, dont les espèces indicatrices sont le brochet ou des cyprinidés rhéophiles (barbeau, goujon, ...).

## **2.2. Zones classées en ZNIEFF**

Les Zones Naturelles d'Intérêts Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) délimitent des secteurs particulièrement intéressants sur le plan écologique, qui participent au maintien de grands équilibres naturels ou qui constituent le milieu de vie d'espèces animales et végétales rares, caractéristiques du patrimoine naturel régional. Elles font l'objet d'un inventaire national sous l'autorité du Muséum National d'Histoire Naturelle pour le compte du Ministère de l'Environnement.

On distingue deux types de ZNIEFF :

- Les ZNIEFF de type 1, qui couvrent un territoire correspondant à une ou plusieurs unités écologiques homogènes, de superficie en général limitée, caractérisées par leur intérêt biologique remarquable ;
- Les ZNIEFF de type 2, qui contiennent des milieux naturels formant un ou plusieurs ensembles naturels possédant une cohésion élevée et entretenant de fortes relations entre eux. Elles se distinguent de la moyenne du territoire régional environnant par leur contenu patrimonial plus riche, leur degré d'artificialisation plus faible et offrent des potentialités biologiques importantes.

Il n'y a pas de protection réglementaire relative aux zones classées en ZNIEFF. Cependant, les enjeux environnementaux de ces zones naturelles doivent être pris en compte lors des aménagements ou travaux qui ont lieu dans leur périmètre.

Sur le territoire du permis, on recense les 5 ZNIEFF de type 1 et 3 ZNIEFF de type 2 suivantes :

- **ZNIEFF type 1**

Tableau 7: ZNIEFF sur l'emprise du PER Pau-Tarbes

<b>CODE</b>	<b>NOM</b>
720008868	Lac d'Artix et les saligues aval du Gave de Pau
720010807	Saligues Amont du Gave de Pau
720009379	Bois de Bénéjac, Bordères, Boeil et Bordes
720008866	Landes humides du plateau de Ger
730011475	Bois de Brouhena d'Oroix

Tableau 8: ZNIEFF de type 1 sur l'emprise du PER Pau-Tarbes

- **ZNIEFF type 2**

<b>CODE</b>	<b>NOM</b>
720010812	Bocage du Jurançonnais
720012970	Réseau hydrographique du cours intérieur du Gave de Pau
730002959	Lande du plateau de Ger

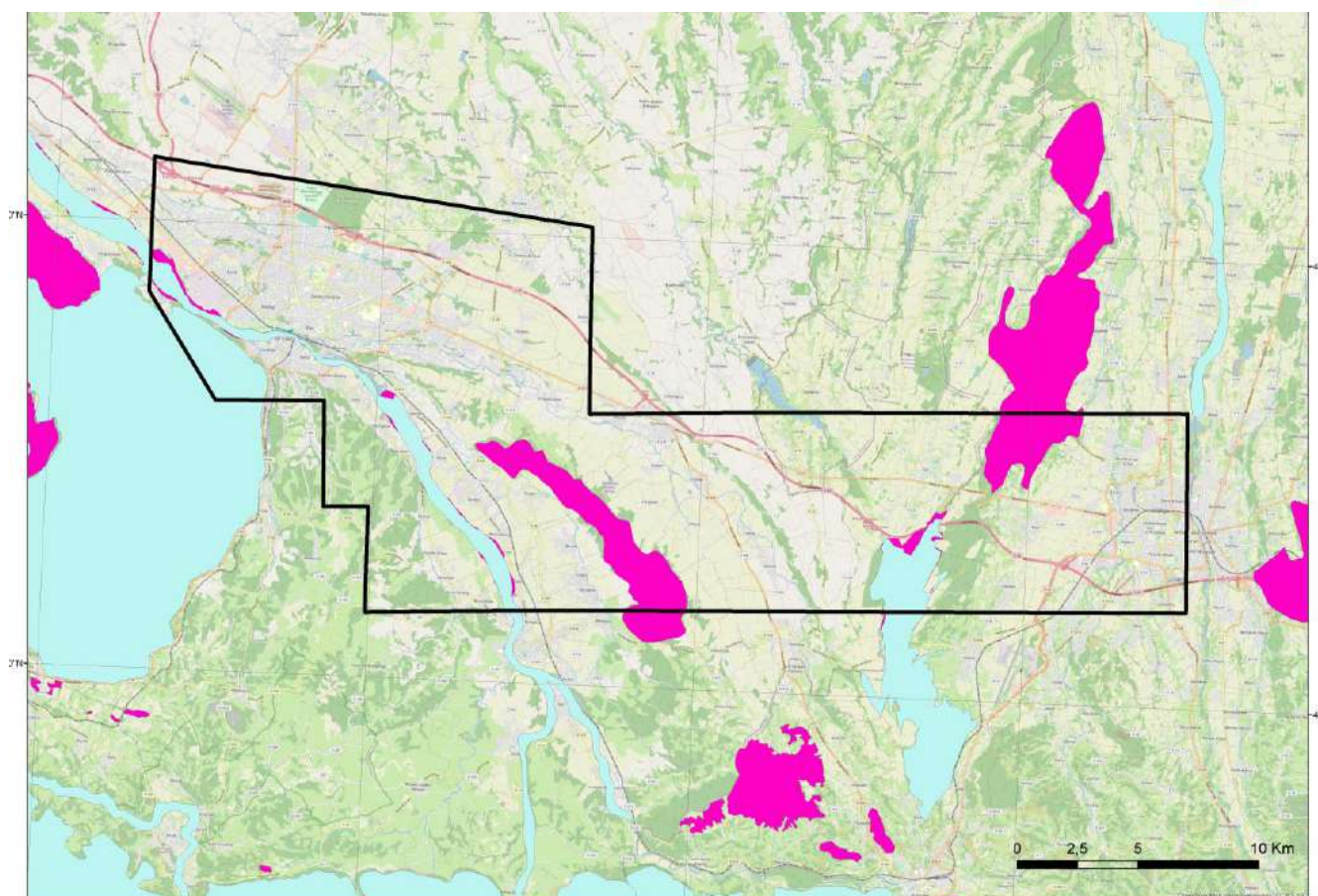


Figure 5: Situation des ZNIEFF1 et ZNIEFF 2 sur le PER de Pau-Tarbes

### 2.3. Zones Z.I.C.O.

En 1979, les pays membres de l'Union Européenne se sont dotés d'une directive portant spécifiquement sur la conservation des oiseaux sauvages. Cette directive prévoit la protection des habitats permettant d'assurer la survie et la reproduction des oiseaux sauvages rares ou menacés, ainsi que la préservation des aires de reproduction, d'hivernage, de mue ou de migration : ce sont les Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (Z.I.C.O). Le besoin d'un inventaire des sites comportant des enjeux majeurs pour la conservation des espèces d'oiseaux est donc apparu comme indispensable.

Il existe une zone classée en Z.I.C.O. sur le territoire du permis, au nord de la ville de Pau : il s'agit du « Lac d'Artix et saligues du Gave de Pau », portant le code ZO0000617. Cette zone fait également l'objet d'un classement au titre de la Directive Oiseaux du réseau Natura 2000 (voir ci-dessous).

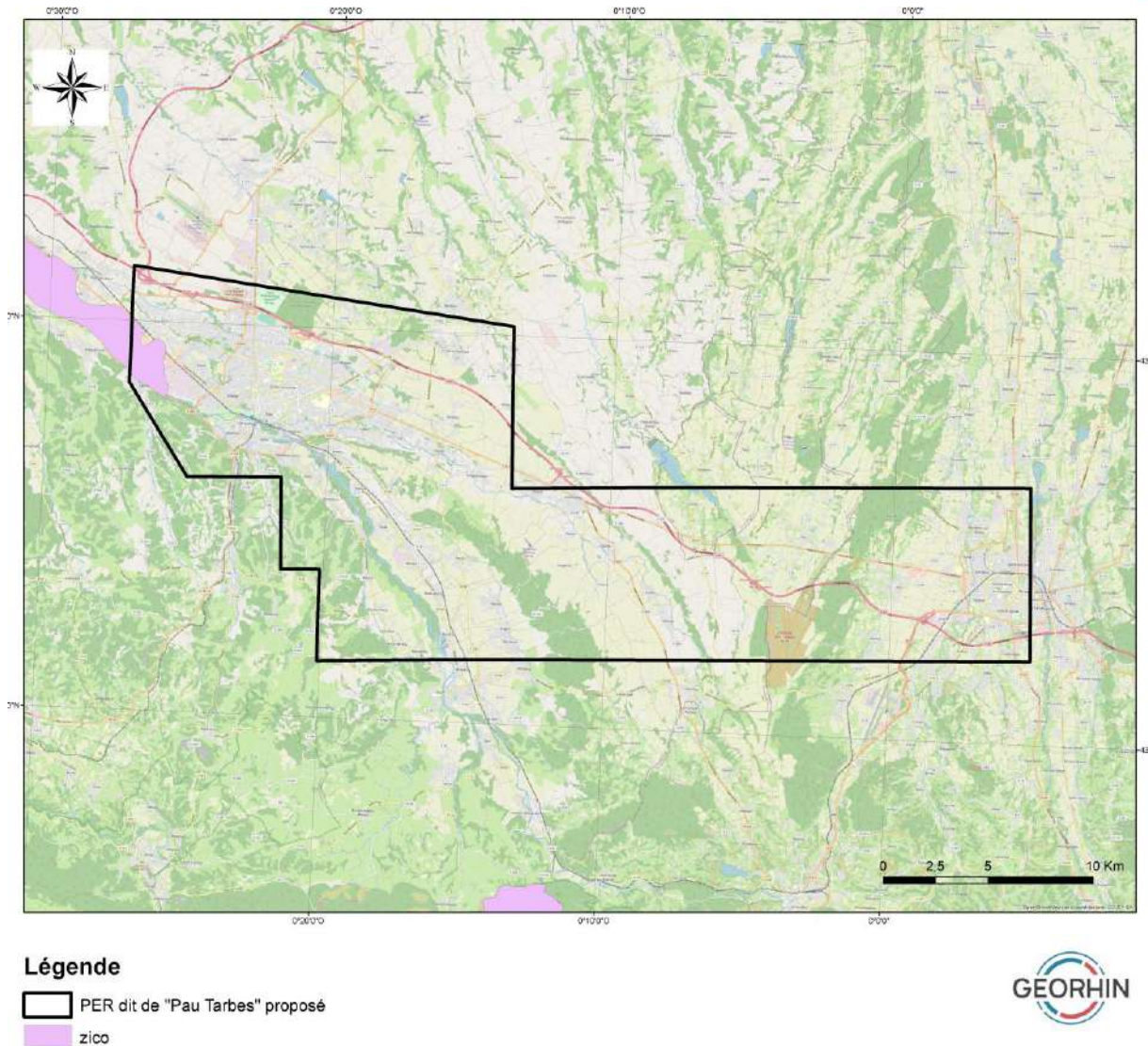


Figure 6: Situation de la zone zico sur le PER de Pau-Tarbes

## 2.4. Zones Natura 2000 :

Le réseau Natura 2000 vise à préserver la biodiversité du territoire de l'Union Européenne. Il assure le maintien ou le rétablissement dans un état de conservation favorable des habitats naturels d'espèces floristiques et faunistiques d'intérêt communautaire. Les sites sont désignés par les Etats membres en application des directives européennes dites "Oiseaux" et "Habitats" de 1979 et 1992.

Sur le secteur du permis, on recense quatre sites Natura 2000 relevant de la Directive Habitats et un site relevant de la Directive Oiseaux :

- Directive Habitats

<b>CODE</b>	<b>NOM</b>
FR7200781	Gave de Pau
FR7200770	Parc Boisé du Château de Pau
FR300889	Vallée de l'Adour

- Directive Oiseaux

<b>CODE</b>	<b>NOM</b>
FR7212010	Barrage d'Artix et Saligues du Gave de Pau

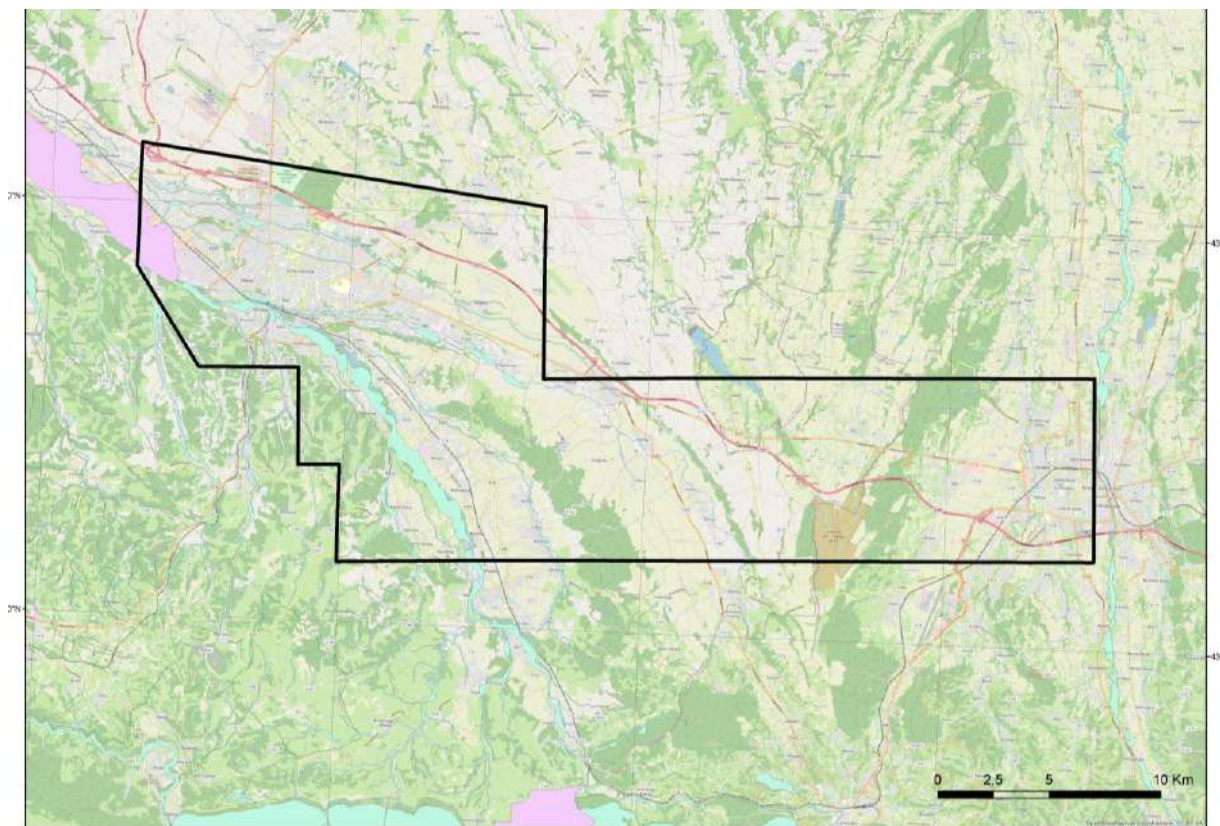


Figure 7: Zones Natura 2000 sur le territoire du permis (serveur CARMEN)

## 2.5. Réserves naturelles nationales

Il s'agit d'une partie du territoire où la conservation de la faune, de la flore, des eaux des gisements de minéraux et de fossiles et d'une manière générale du milieu naturel présente une importance particulière ou qu'il convient de soustraire à toute intervention artificielle susceptible de la dégrader.

. Il n'y a pas de réserve naturelle sur le territoire sollicité.

## 2.6. Parcs nationaux

Le permis sollicité intersectait auparavant une petite partie de l'Aire Optimale d'Adhésion du Parc Naturel des Pyrénées, qui porte le code AOAPNP.

Le Parc est en effet composé de deux zones :

- Une zone « cœur », qui fait l'objet d'une protection renforcée. Elle intéresse 15 communes au total et s'étend le long de la frontière avec l'Espagne.
- Une « Aire Optimale d'Adhésion », dans laquelle le Parc accompagne les populations locales dans le développement de leur territoire et la mise en valeur de leurs patrimoines naturel et culturel.

Il n'y a pas de réserve naturelle sur le territoire sollicité.

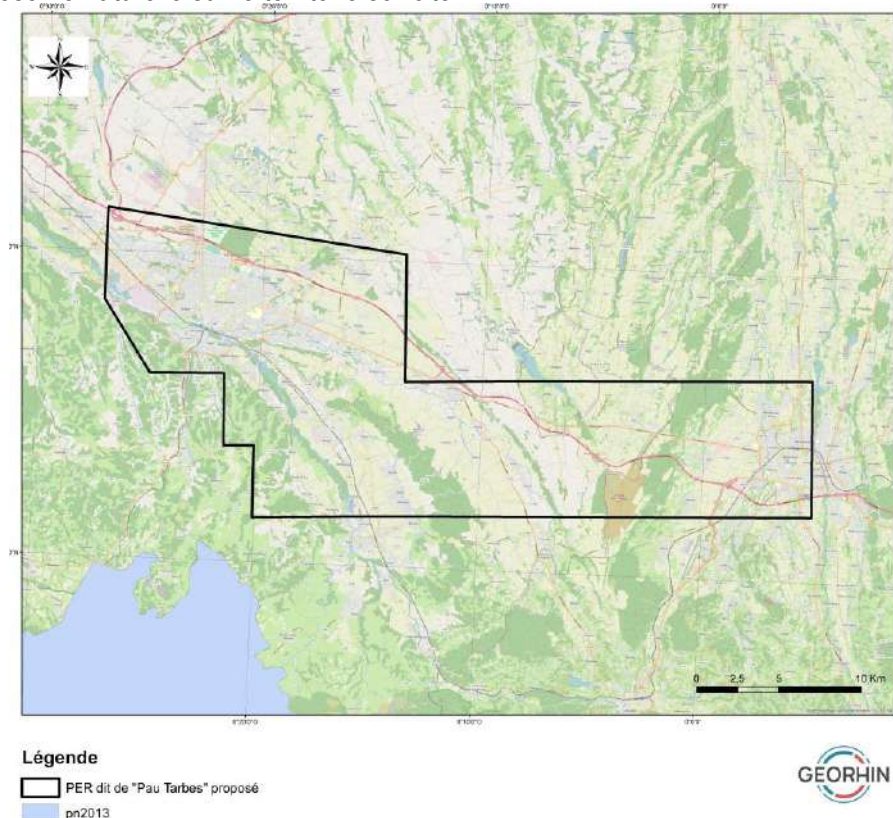


Figure 8: Cartographie du Parc Naturel des Pyrénées (serveur CARMEN)

## 2.7. Les arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope

Ces arrêtés protègent des milieux peu utilisés par l'homme, en général sur une partie limitée d'un département. L'arrêté fixe les mesures permettant la conservation des biotopes.

Il n'existe aucun arrêté biotope sur le territoire du PER proposé.

## 2.8. Zones humides

Les zones humides sont des écosystèmes très variés se formant en frange des rivières, des étangs, des lacs, des estuaires, des deltas ou encore des sources.

La convention de Ramsar du 2 février 1971, adoptée par la France en 1986, porte sur les zones humides d'intérêt international. Elles sont définies ainsi : « étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eau naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur n'excède pas six mètres ».

Il n'y a pas de zone Ramsar sur le périmètre sollicité ni à proximité.

### 3. ETUDE DES RISQUES NATURELS

#### 3.1. Inondations

La région du permis est concernée par le risque d'inondation. Ce risque est concentré dans la vallée de l'Adour, à l'aval de Tarbes en particulier, ainsi que le long du Gave de Pau et de ses affluents en partie amont.

Les crues sont principalement des crues de plaine, à lente montée des eaux, causées par des épisodes pluvieux longs et intenses qui affectent une grande partie du bassin versant. Elles se caractérisent par des zones inondées très vastes, des hauteurs d'eau importantes et par leur longue durée.

Les zones en aléa inondation sont localisées sur la carte ci-dessous :

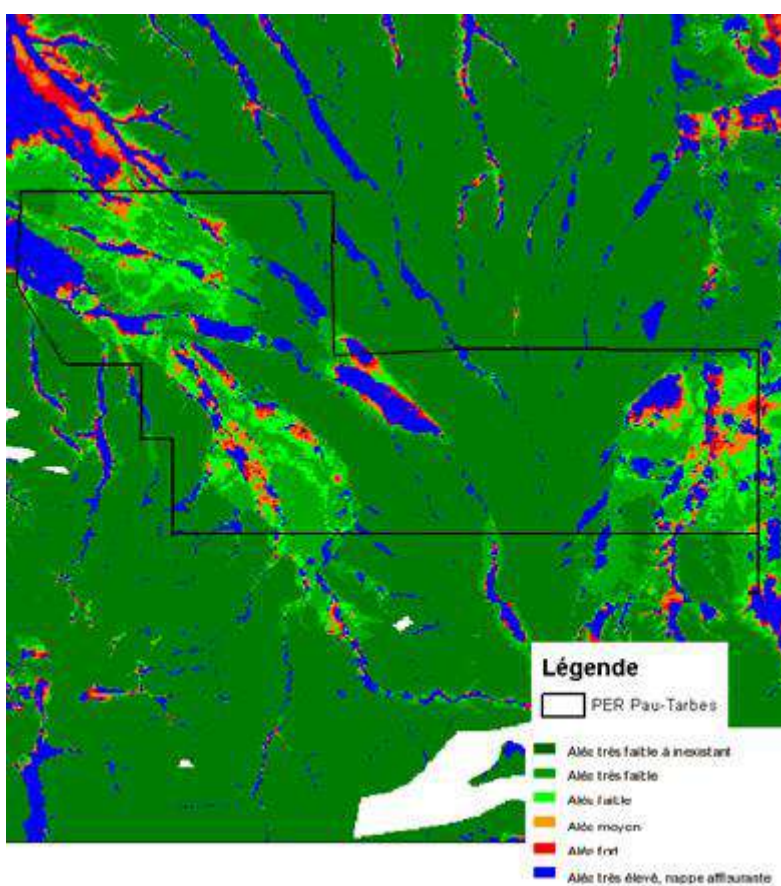


Figure 9: Zone en aléa inondation (source : Infoterre)

### 3.2. Risque sismique et mouvements de terrain

Le nouveau zonage sismique de la France est entré en vigueur depuis le 1er mai 2011. Il est défini dans les décrets n° 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010, codifiés dans les articles R.563-1 à 8 et D.563-8-1 du Code de l'Environnement. Le précédent zonage avait été établi en 1991, mais il a dû être révisé en raison des avancées scientifiques et du nouveau code européen de construction parasismique (Eurocode 8 ou EC8).

Ainsi, depuis mai 2011, le zonage sismique de la France n'est plus déduit par une approche déterministe mais établi par un calcul probabiliste, qui se fonde sur l'ensemble de la sismicité connue, le nombre de séismes par an et la délimitation de zones au sein desquelles la sismicité est homogène.

Ce zonage divise la France en 5 zones de sismicité :

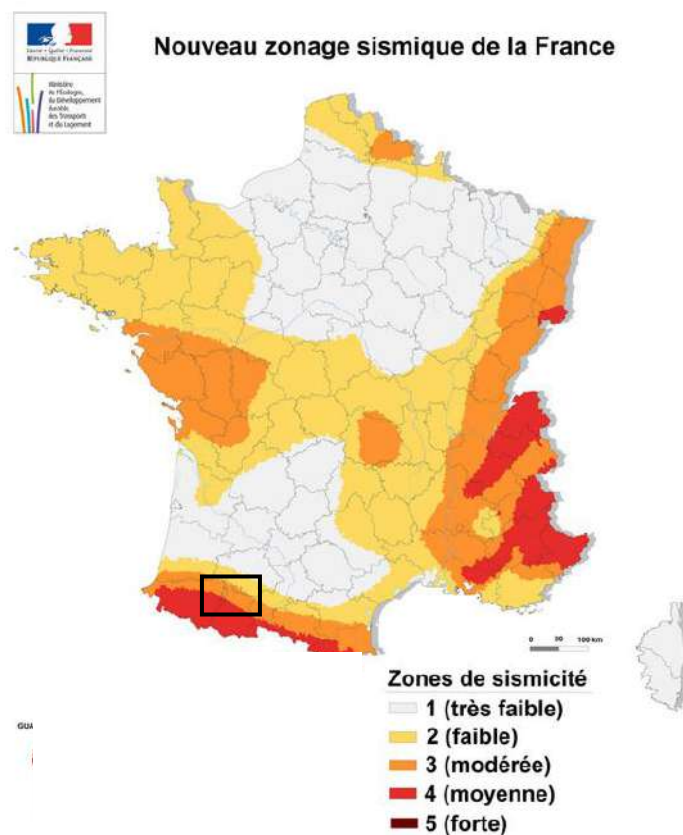


Figure 10: Zonage sismique de la France (Cartorisque)

Le territoire du permis se trouve en zone de sismicité moyenne sur la quasi-totalité des communes du territoire à l'exception des quelques communes situées les plus au nord qui se trouvent en zone de sismicité modérée. La carte suivante présente le détail du zonage au droit du périmètre sollicité.

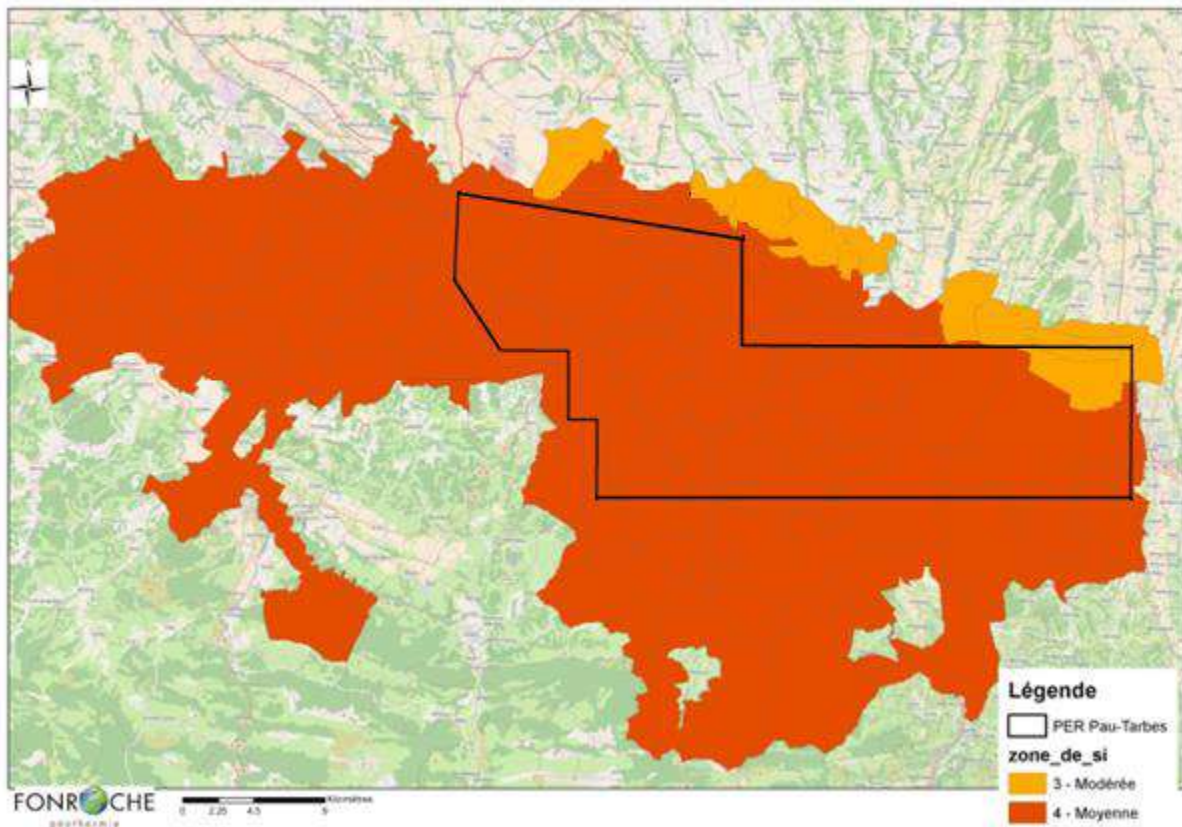


Figure 11: Zones de sismicité sur le périmètre du permis (Prim.net)

### 3.3. Retrait-gonflement des argiles

Le territoire du permis est concerné par le risque de retrait-gonflement des argiles. Ce phénomène est lié à la rétractation des argiles sous l'effet de la sécheresse et à leur gonflement lors de leur réhydratation, ce qui entraîne des mouvements de terrain non uniformes. Il se traduit par des dégâts causés aux constructions individuelles en particulier, avec parfois la fissuration des murs lorsque les fondations sont peu profondes.

La carte suivante présente cet aléa sur la zone sollicitée.

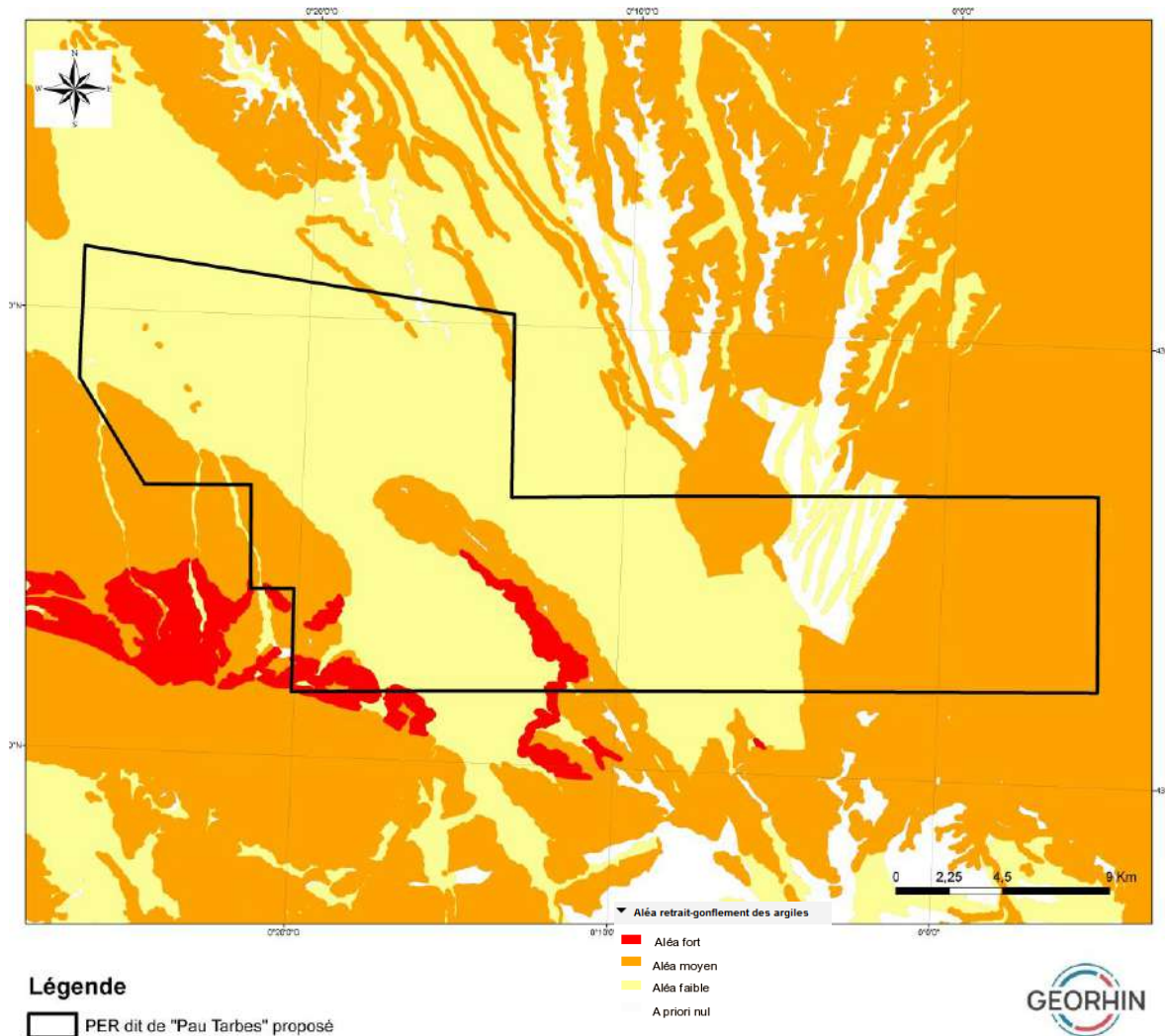
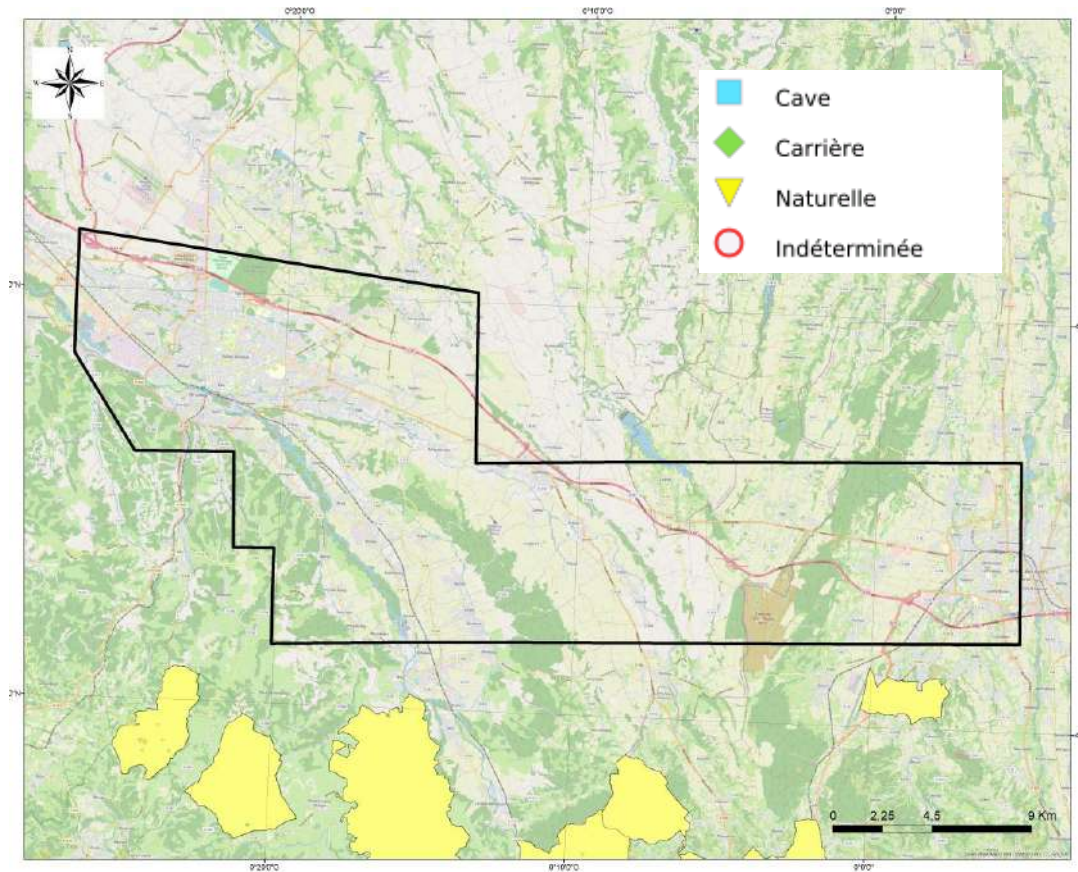


Figure 12: Aléa retrait-gonflement des argiles sur le territoire du permis (BRGM)

### 3.4. Cavités souterraines

La présence de cavités souterraine présente un risque lié à l'instabilité du sol au-dessus de celles-ci. Elles peuvent être naturelles dans les terrains calcaires notamment, ou anthropiques et liées par exemple à d'anciennes exploitations minières ou à la présence d'ouvrages de génie civil.

La carte ci-dessous présente la répartition des cavités souterraines recensées sur le territoire du permis. La plupart d'entre elles sont naturelles et sont situées au sud de la ville de Pau, au nord-ouest de la ville de Tarbes.



**Légende**


 PER dit de "Pau Tarbes" proposé

Figure 13: Cavités souterraines sur le territoire du permis (source BRGM)

## 4. HYDROLOGIE

### 4.1. Présentation du réseau hydrographique

Le territoire du permis fait partie du bassin versant de l'Adour, dont le lit en constitue globalement la limite à l'Est. Il est traversé par le Gave de Pau, qui s'écoule du sud-ouest vers le nord-est en partie centrale du territoire, et est limité par le Gave d'Oloron qui passe en limite sud-ouest. Ces trois principaux cours d'eau dessinent de larges vallées alluviales qui abritent des aquifères dont la bonne transmissivité s'atténue progressivement de l'amont vers l'aval. Ces vallées à fond relativement plat sont le siège de champs de cultures agricoles ainsi que des deux principales agglomérations du territoire : Tarbes sur l'Adour et Pau sur le Gave de Pau.

Entre ces vallées, sur les coteaux de molasse imperméables, le réseau hydrographique est dense et constitué par des cours d'eaux d'importance secondaires affluents des précédents. Ainsi, en rive gauche de l'Adour et de l'est vers l'ouest, le territoire du permis est traversé par la portion amont de l'Echez, du Louet, du Gabas, du Luy de France et du Luy de Béarn, ainsi que par la Bayse, affluent en rive gauche du Gave de Pau.

Enfin, ces cours d'eau secondaires sont eux même alimentés par un dense réseau de petits cours d'eau qui entaillent les coteaux.

Le territoire du permis comporte également un certain nombre de stockages d'eaux superficielles, destinés soit au soutien d'étiage soit à l'irrigation collective ainsi que de nombreuses retenues individuelles. On citera ici le plus important d'entre eux avec une capacité de 20 millions de m<sup>3</sup> : le réservoir de stockage du Gabas, situé entre Pau et Tarbes et destiné à la fois au soutien d'étiage de l'Adour et à l'irrigation.

Il existe sur le territoire du permis de nombreuses dispositions de protection et de préservation des milieux aquatiques. Ainsi, les mesures du SDAGE Adour-Garonne (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) permettent d'agir sur l'ensemble du réseau hydrographique couvert par le territoire sollicité. Ces dispositions sont présentées en détail dans le chapitre 6.4.1.

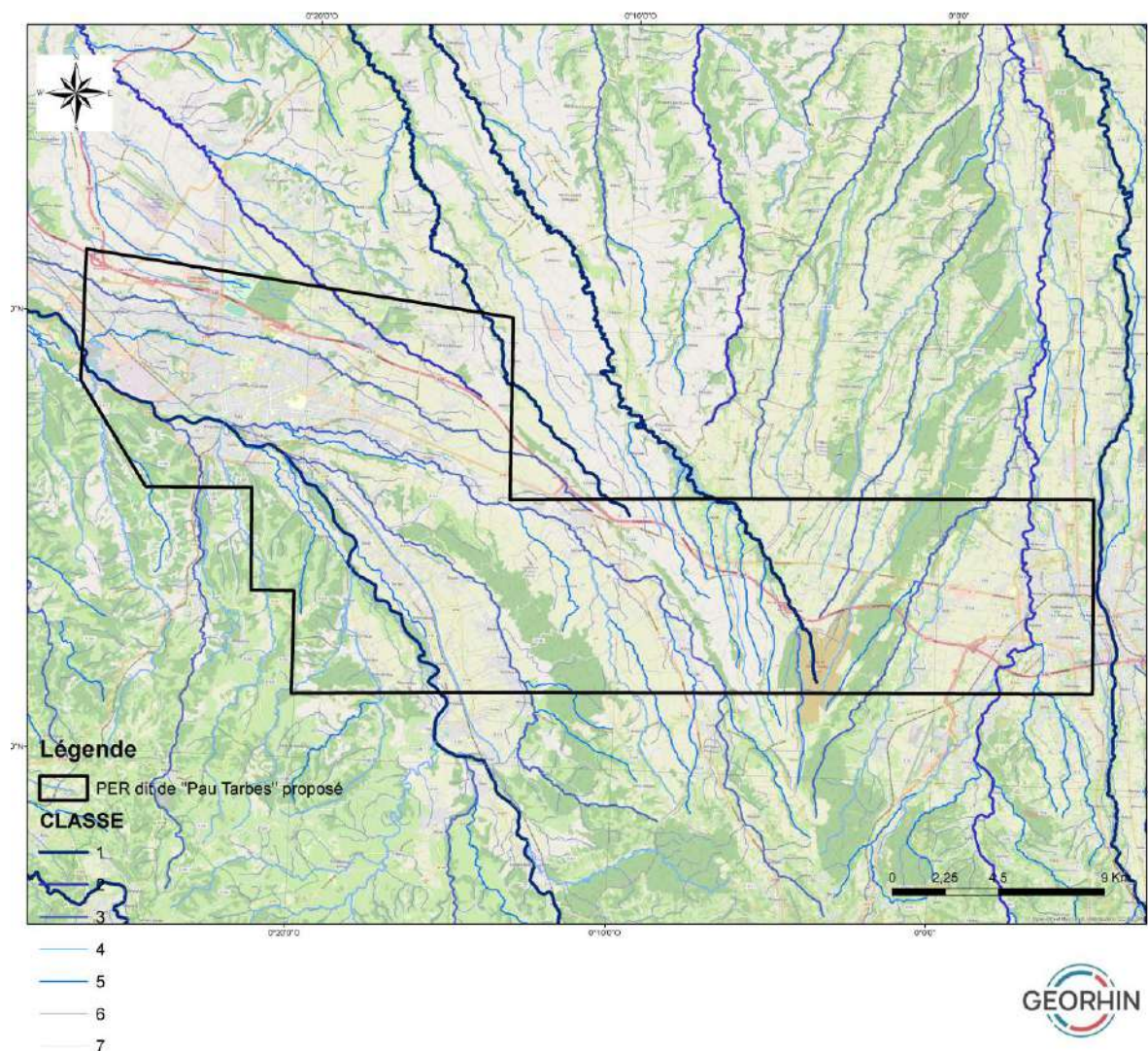


Figure 14: Situation du réseau hydrographique sur le PER de Pau-Tarbes

## 4.2. Hydraulicité des cours d'eau

Les débits des cours d'eau varient en fonction du climat et des précipitations, mais également en fonction de la position géographique de leur bassin versant. Ainsi, les cours d'eaux principaux, dont la partie amont du bassin versant est située en zone de montagne où les précipitations sont importantes, ont des débits spécifiques encore relativement élevés dans la zone de piémont sur le territoire du permis, compris entre 20 et 40 l/s/km<sup>2</sup>.

Les débits moyens annuels<sup>2</sup> s'établissent ainsi autour de 8,3 m<sup>3</sup>/s pour l'Adour à Tarbes, 41,5 m<sup>3</sup>/s pour le Gave de Pau en limite amont du territoire sollicité.

La période des basses eaux intervient en été, de fin juillet à courant août et se poursuit jusqu'au début du printemps. En été et début d'automne, la diminution des débits s'explique par la faiblesse des précipitations, mais ils restent toutefois assez importants car soutenus par les nappes alluviales. Les hautes eaux interviennent à la fin du printemps, car les précipitations hivernales en amont tombent généralement sous forme de neige et restent stockées tant que les températures sont basses.

<sup>2</sup> Débit moyen annuel sur la période 1992-2002, source : Atlas du Bassin de l'Adour, juin 2008



## 5. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET POTENTIEL POUR LA GEOTHERMIE

### 5.1. Géologie régionale<sup>3</sup>

#### 5.1.1. Présentation générale

Le Bassin Aquitain est situé au sud-ouest de la France et constitue l'un des plus grands bassins sédimentaires français (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Figure 16: Carte géologique Bassin Aquitain (Source BRGM)

Il peut être divisé en deux grands sous-bassins :

- le Parentis (avec le Bassin d'Arcachon) ;
- l'Adour, à son tour divisée en quatre sous-bassins (Arzacq, Tarbes, Comminges et Mirande)

Ce bassin (de la croûte continentale) s'est développé entre deux domaines océaniques : la Téthys et l'Océan Atlantique, à partir du Trias jusqu'au Quaternaire. Il constitue « l'avant-pays » Nord de la chaîne des Pyrénées.

Le Bassin Aquitain s'est formé par le mouvement des plaques Ibérique et Eurasienne. Dans un premier temps, du Trias au Crétacé Inférieur, il y a eu un développement extensif, suivi du Crétacé supérieur au Tertiaire par un mouvement compressif.

<sup>3</sup> Le chapitre suivant, concernant la géologie du Bassin Aquitain, a été rédigé sur la base de la synthèse du 2006 du BRGM/IFP (*Le Bassin Aquitain : valorisation des données sismiques, cartographie structurale et potentiel pétrolier*).

L'évolution du bassin est fortement contrôlée par les structures héritées de l'histoire hercynienne des Pyrénées.

Ainsi, la limite nord-est du Bassin Aquitain est une « limite d'érosion » tandis que les limites ouest et sud sont néoformées (Crétacé inférieur pour le Golfe de Gascogne, Tertiaire pour la chaîne des Pyrénées) (IFP-BRGM, 2006).

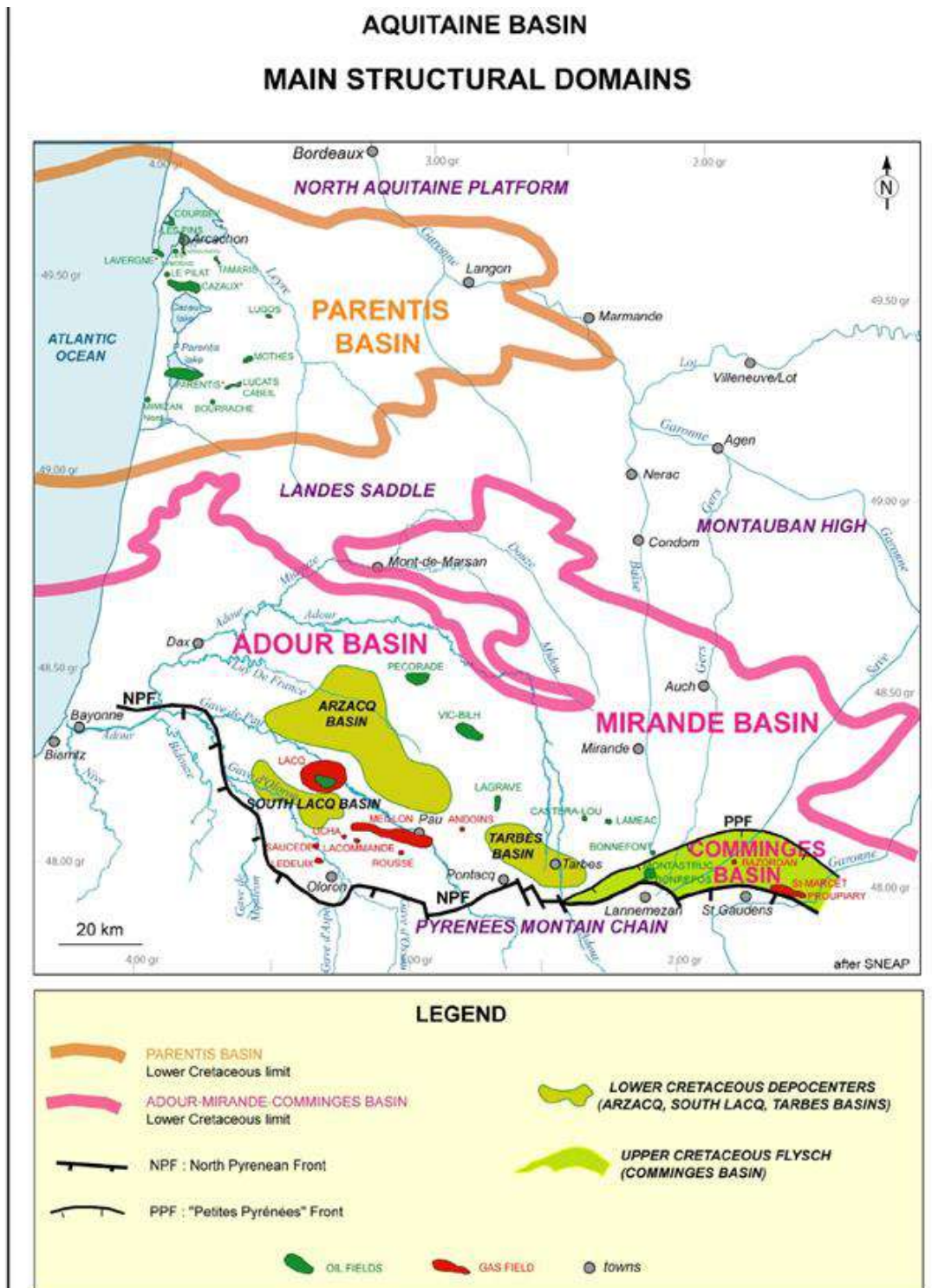


Figure 17: Principaux domaines structuraux (BRGM-IFP, 2006)

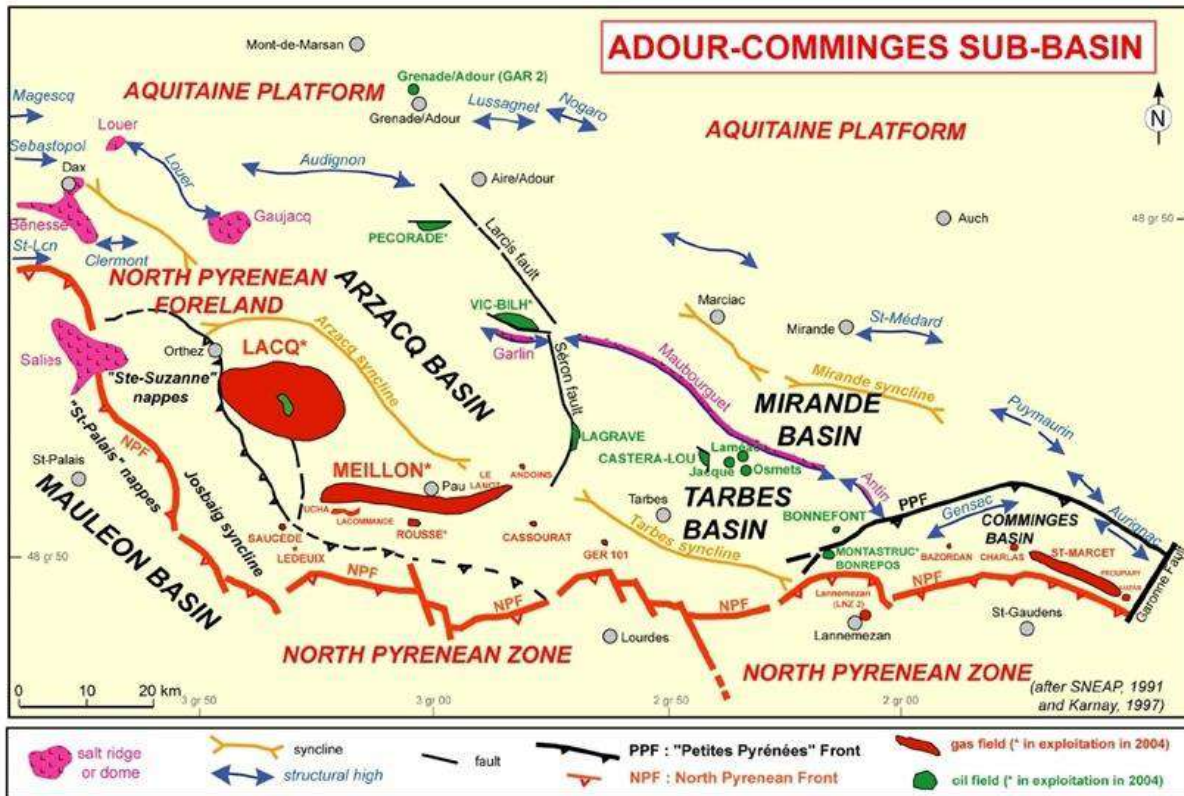


Figure 18: Carte structurale des bassins sud-aquitains (BRGM/IFP, 2006)

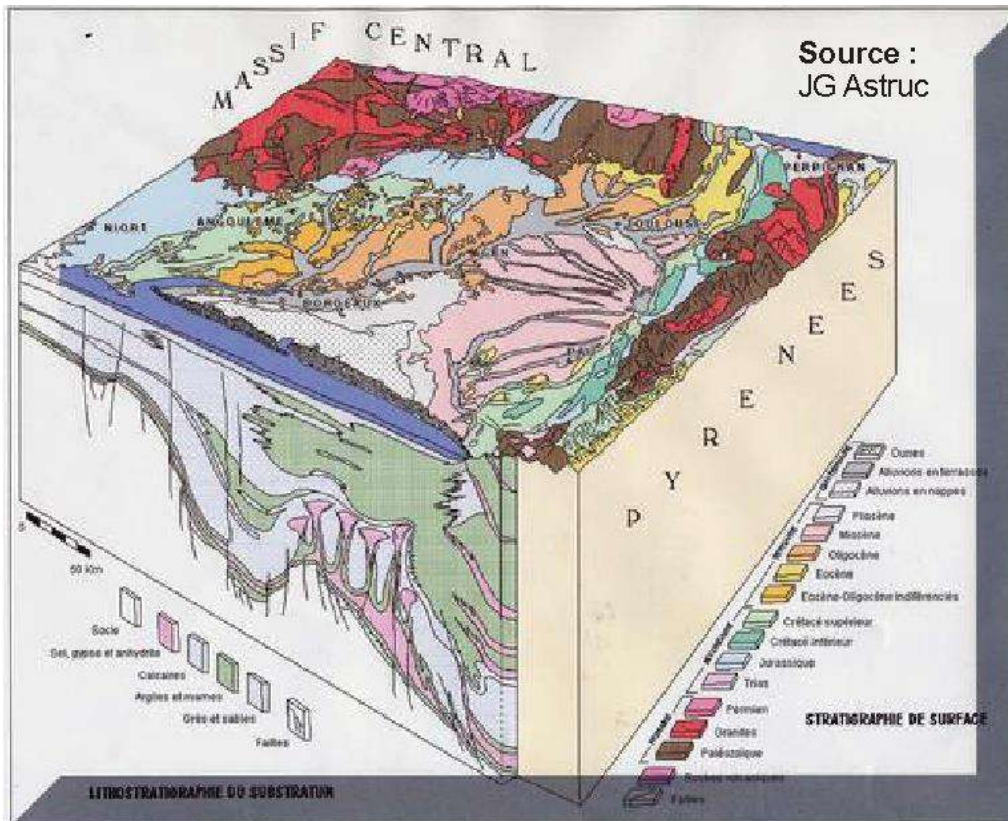


Figure 19: Bloc diagramme général (BRGM/IFP, 2006)

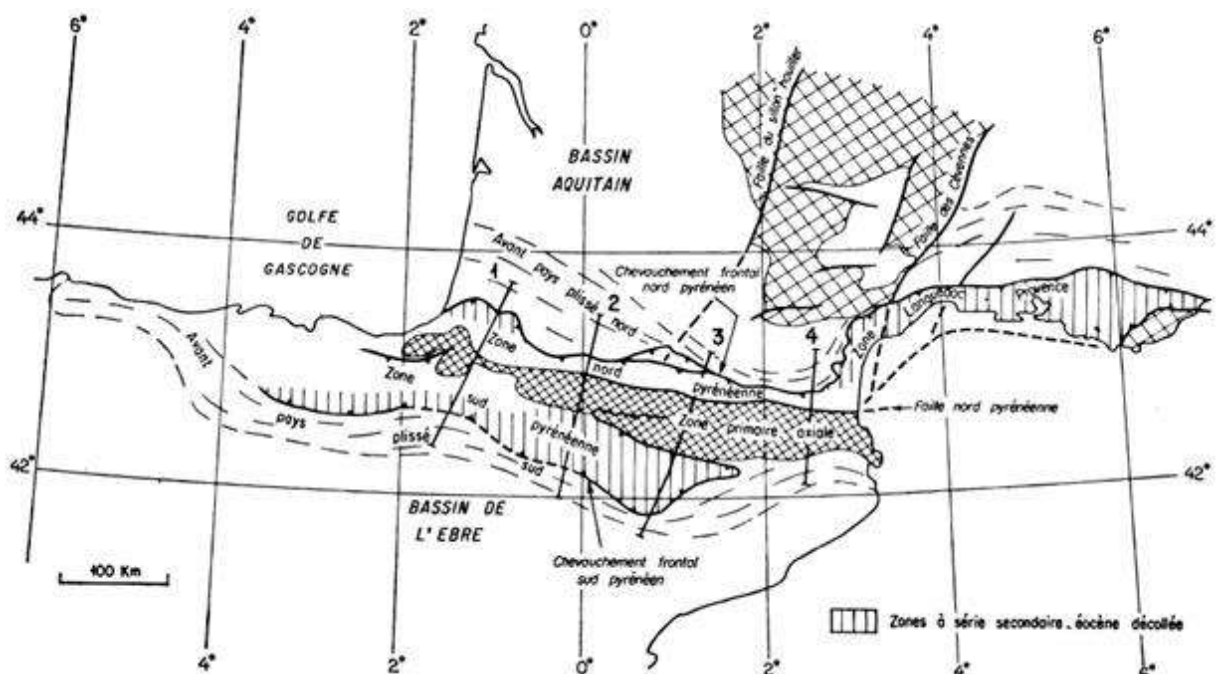


Figure 20: Les grandes zones structurales de la chaîne des Pyrénées (IFP-BRGM, 2006)

Cinq stades principaux sont observés :

- stade de "rifting" intracontinental (Trias à Hettangien),
- stade bassin intracratonique (Lias moyen au Tithonien),
- stade transtensif (Néocomien à Aptien terminal/Intra Albien ?),
- stade transpressif (Cénomaniens au Maastrichtien ?),
- stade compressif (Paléocène à actuel).

Ces mouvements ont ensuite abouti à la formation du Golfe de Gascogne du Bassin d'Aquitain et des Pyrénées. Ils sont la conséquence de l'évolution de la chaîne Hercynienne, étant donné que les caractéristiques de la faille nord-pyrénéenne (développée lors de ces mouvements) sont les mêmes que celles des failles développées lors de l'épisode hercynien.

- **L'héritage anté-mésozoïque**

La superposition de la phase alpine sur la phase hercynienne a rendu la compression de cette zone très compliquée et mal connue.

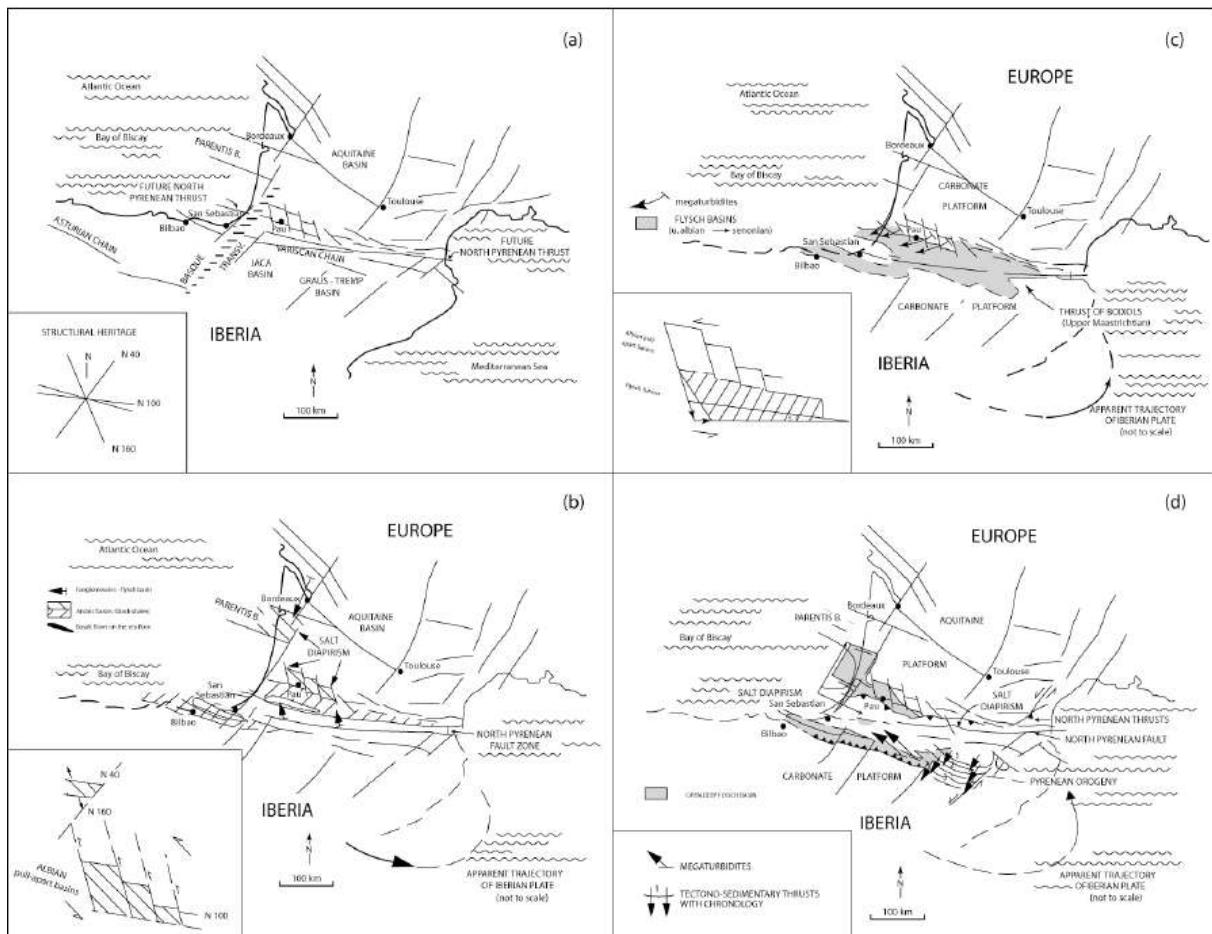


Figure 21: Cartes paléogéodynamiques (Bourrouilh et al., 1995) - (a) Héritage structural anté-mésozoïque, (b) Bassins albo-aptiens, (c) Bassins flysch de l'Albien au Santonien, (d) Compression éocène.

Au cours du Silurien-Dévonien, le continent de la Laurentia au Nord et celui du Gondwana au Sud ont commencé à se rapprocher et à entrer en collision, provoquant la fermeture progressive de l'océan existant. Cette collision a abouti à l'évolution orogénique hercynienne (Carbonifère) avec l'élévation des

Pyrénées et la formation d'un bassin d'avant-pays rempli par des flyschs et de la molasse. Ensuite, une dernière période de compression a provoqué la fracturation de l'ensemble, constituée par les décrochements tardi-hercyniens (Arthaud et Matte, 1975).

Pendant cette phase, le Bassin Aquitain s'est développé sur les anciens bassins permien, qui correspondraient à des demi-grabens séparés par des failles de direction N40° à N50° (Curnelle, 1983).

L'évolution tardi-hercynienne a deux explications possibles qui sont développées ci-dessous.

La première théorie (Arthaud et Matte, 1975) suppose un épisode de fracturation antétriasique (suivante). Il s'agit d'une phase de compression située entre la fin du plissement et du métamorphisme varisque et la distension permienne. Cet évènement aurait eu une grande influence sur les phases post-hercyniennes suivantes. Les failles de formation tardo-hercynienne seraient donc la base sur laquelle se formeront les bassins et les zones de haut-fond pendant la période méso-cénozoïque.

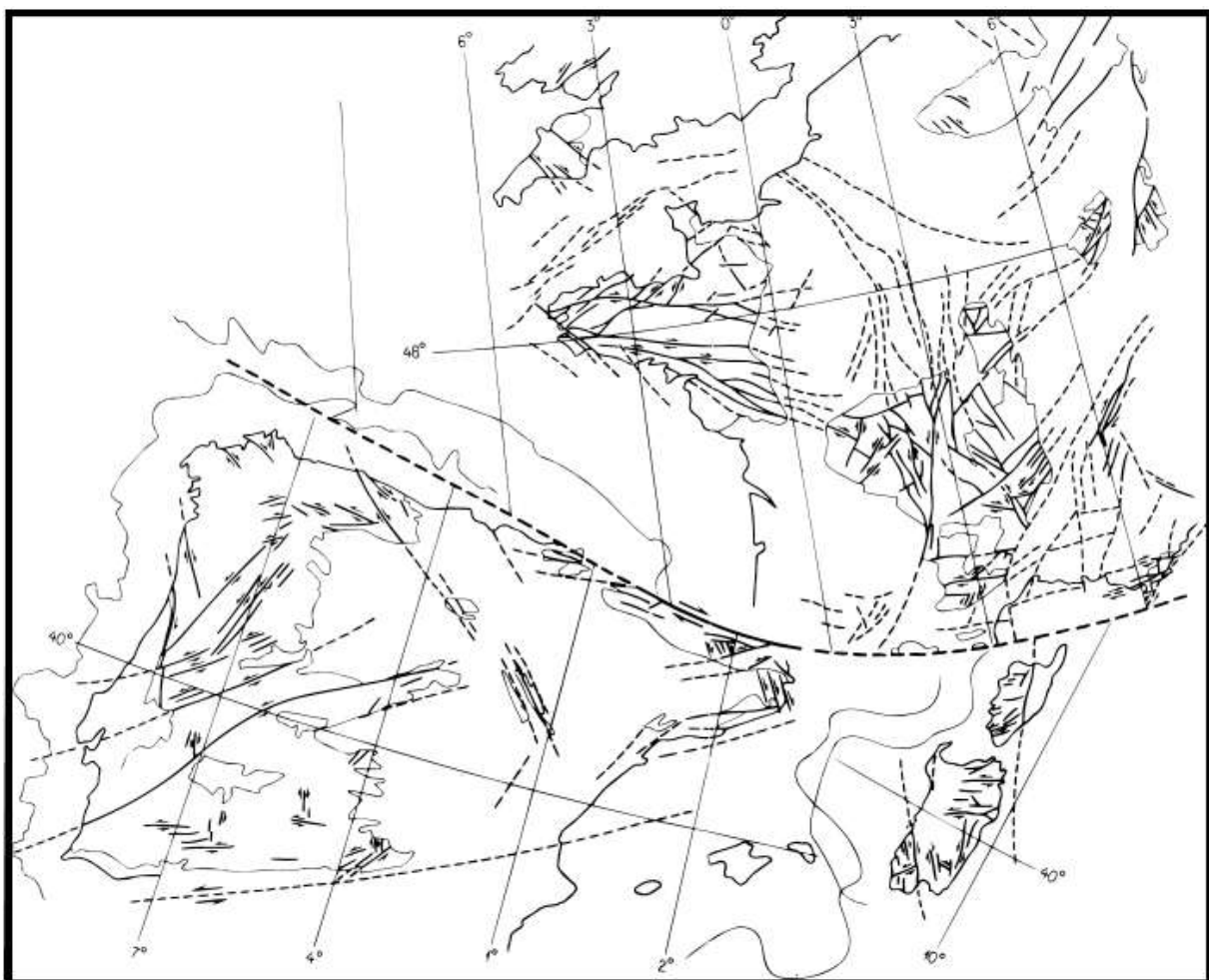


Figure 22: Carte des principaux décrochements tardi-hercyniens reconnus ou supposés en Europe SW (d'après Arthaud et Matte, 1975).

Dans la deuxième théorie (Burg et al., 1994a; Burg et al., 1994b), il est supposé une double phase d'extension syn- à post-épaississement, contemporaine aux effondrements gravitaires de la chaîne hercynienne pendant la période Viséenne-permienne.

Pour être plus précis, entre le Viséen et le Westphalien, la première phase extensive de cette évolution tardi-hercynienne se déroule à la fin de la convergence continentale avec le réajustement décrochant de

failles héritées. De cette façon, un échappement latéral des blocs continentaux est mis en place ainsi qu'une subséquente période d'érosion orogénétique et de dépôt fluvio-deltaïque. Elle s'accompagne également d'un volcanisme acide explosif.

La deuxième phase extensive se déroule entre le Stéphanien supérieur et le Permien inférieur. Elle se développe surtout transversalement à la chaîne et traduit un effondrement radial. Dans ce cas aussi, une forte activité volcanique et de caldera se déroule en même temps que l'extension et provoque un phénomène érosif/sédimentaire avec une phase de dépôts sédimentaires dans le bassin.

Durant cette période, pendant le Stéphanien-Autunien, on observe un accommodement de la zone par des failles de transfert d'échelle crustale. La faille nord-pyrénéenne et le sillon houiller feraient partie de ce grand système de failles qui ont comme origine la période tardo-hercynien et qui sont encore actives durant le Méso-Cénozoïque (figure suivante).

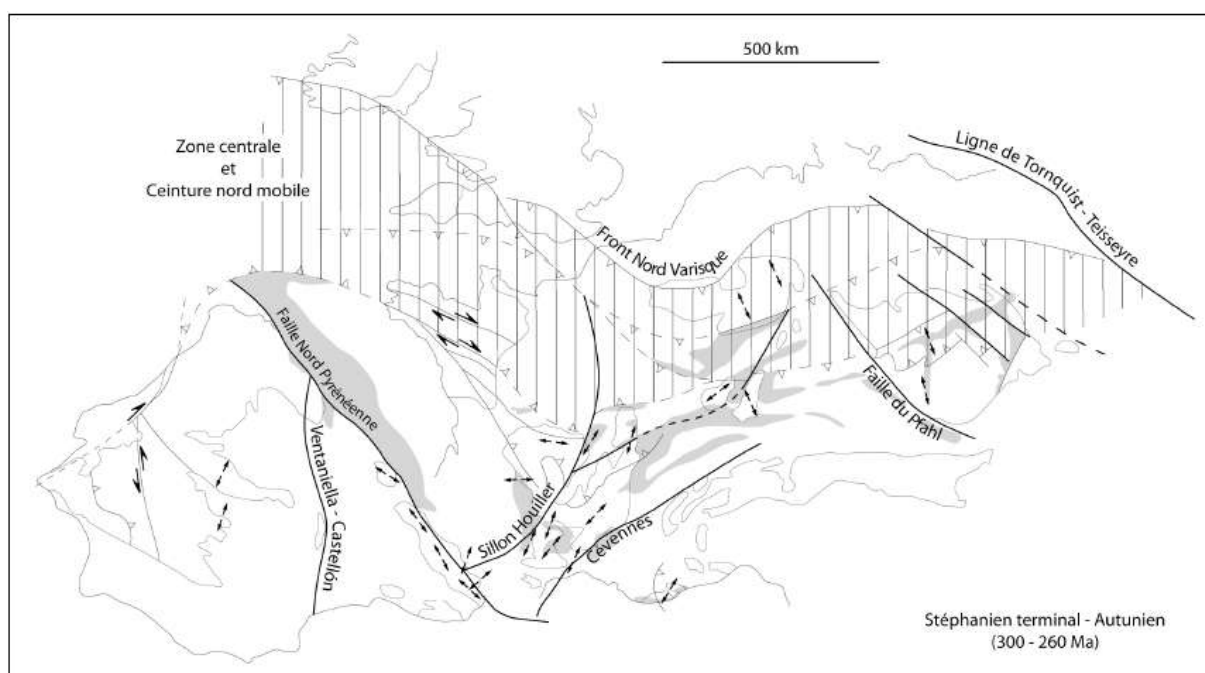


Figure 23: Directions d'extension du Stéphanien supérieur au Permien inférieur dans la chaîne varisque d'Europe occidentale. Les principaux bassins sont en grisé (d'après Burg et al., 1994b).

Dans les deux cas précédents, il est évident que les phénomènes tardi-hercyniens ont intensément marqué la lithosphère européenne. Ainsi, la faille nord-pyrénéenne (décrochement dextre), le sillon houiller (décrochement senestre), la "suture de collision nord-aquitaine" et encore la flexure Celtaquitaine, sont fondamentaux dans la formation du Bassin Aquitain et de toute la région environnante.

- **Le Mésozoïque**

Pendant le Mésozoïque se produisent la suite des phénomènes démarrés au Paléozoïque : l'expansion de la Téthys Ligurienne, de l'Atlantique Nord et du Golfe de Gascogne, ainsi que la rotation antihoraire de la plaque ibérienne.

### Le Trias : "rifting"

Au Trias, l'extension s'intensifie. Une deuxième phase de rifting se produit, avec élargissement de la zone de sédimentation (Curnelle, 1983; Curnelle et Dubois, 1986). Plus précisément, cette période voit le dépôt

de sédiments siliciclastiques, de carbonates et d'évaporites (suivante) ainsi que la mise en place de plusieurs massifs ophitiques.

L'ouverture de l'Océan Atlantique provoque un grand étirement crustal et une subsidence dans la partie sud de l'Aquitaine et dans la région pyrénéenne. L'ensemble est composé par deux domaines séparés par la "Flexure Celtaquitaine (BRGM et al., 1974) et rapprochés par la Faille Nord-Pyrénéenne (FNP) de direction WNW/ESE. Au Nord, on trouve un secteur de plateforme avec sédimentation détritique tandis qu'au Sud, on est en présence d'un profond bassin de subsidence avec une sédimentation évaporitique.

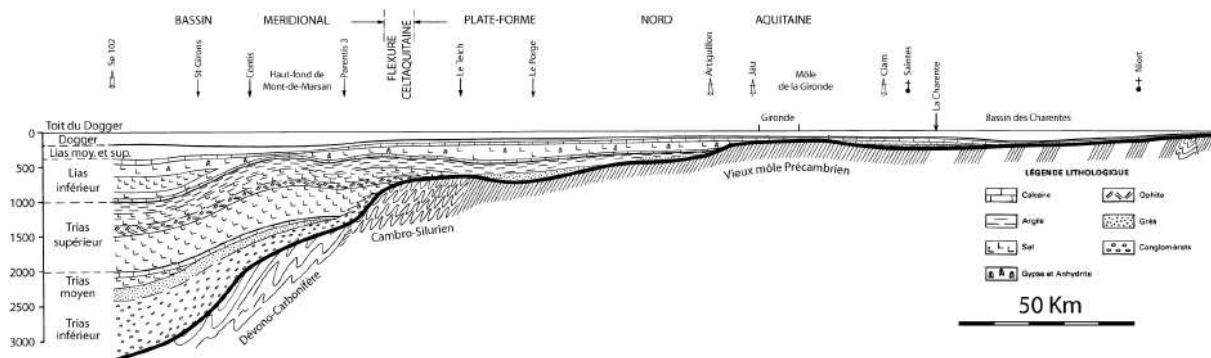


Figure 24: Coupe schématique du Trias et du Jurassique sur la façade Atlantique (BRGM et al., 1974).

### Le Jurassique : bassins intracratoniques

La région Aquitaine est occupée par une grande plateforme. Les dépôts sont d'abord principalement évaporitiques (anhydrites) puis dolomitiques, avec une évolution aboutissant à une plateforme carbonatée peu profonde. On reconnaît trois différentes phases (Puigdefabregas et Souquet, 1986) :

- Lias – formation d'une plateforme carbonatée ;
- Dogger – deux domaines de sédimentation hémi-pélagique : le Languedocien à l'est et le Pyrénéen à l'ouest, séparés par le haut-fond occitan avec sédimentation de plateforme carbonatée peu profonde ;
- Malm – deux secteurs : à l'est un ensemble de plates-formes carbonatées peu profondes (brèches, calcaires et dolomies de lagon), à l'ouest un bassin hémi-pélagique avec dépôt de marnes.

Ainsi, à la fin du Jurassique, le bassin s'élève dans presque toute sa totalité (voir la présence de dépôts d'anhydrite, de charbons, de séries rouges, de sédiments siliciclastiques et de brèches). Appelée « néocimmérienne », cette phase est associée à une régression généralisée (Winnock, 1974).

Au même moment (Portlandien), les premiers mouvements halocinétiques débutent par remontée de sel le long d'accidents de socle (BRGM et al., 1974; Stevaux et Zolnai, 1975; Montagné, 1986; Mauriaud, 1987).

### Le Crétacé inférieur : stade transtensif

L'uniformité structurale caractérisant la fin du Jurassique change complètement au Crétacé inférieur. Un système hétérogène de bassins remplace la plateforme carbonatée en formant les marges ibériques et européennes, entre la Téthys et le Golfe de Gascogne (Peybernès, 1982). L'événement le plus important est le passage de la phase extensive à celle transtensive. Par conséquent, on voit à cette époque un abaissement du niveau relatif de la mer et la mise en place d'un système d'érosion/sédimentation

irrégulier. Durant cette période, les sous-bassins "pull-apart" de Parentis, d'Arzacq et Mirande se forment dans un contexte de décrochement senestre régional NW-SE.

Dans ces différents domaines, on observe :

- une sédimentation continentale dans le secteur ouest pyrénéen (faciès Wealdien),
- dans le secteur central, l'émersion de la plateforme carbonatée, qui amène une érosion, une fracturation et par conséquent un dépôt de brèche carbonatée polygénique,
- dans la partie est, une plate-forme urgonienne qui s'ouvre sur la Téthys.

De plus, on observe des mouvements halocinétiques (Ride de Meillon, bordure de la Ride de Grand Rieu) avec migration des évaporites triasiques et liasiques du centre vers les limites du bassin.

Entre l'Aptien et l'Albien, en régime transtensif, grâce à l'ouverture du Golfe de Gascogne et au déplacement de la plaque ibérienne vers l'Est, les trois sous-bassins (Parentis, Arzacq et Mirande) s'élargissent. Ils sont séparés :

- par le seuil des Landes entre Parentis et Arzacq,
- par le seuil de Tarbes entre Arzacq et Mirande (Peybernès et Souquet, 1984; Puigdefabregas et Souquet, 1986).

Les bassins sont caractérisés par un haut taux de sédimentation et un taux de subsidence très élevés (jusqu'à 130 m/Ma à l'Albien) (Desegaulx et Brunet, 1990). Ces bassins, allongés suivant une direction N110° à N140° (à cause des fractures de direction pyrénéenne - Choukroune, 1976 - avec en Aquitaine méridionale, des bassins parallèles à la Faille Nord-Pyrénéenne), sont déplacés par des failles de transfert N50° à N80° (Souquet et Mediavilla, 1976 ; Peybernès et Souquet, 1984) ou N30° (Boillot et Capdevila, 1977 ; Boillot, 1986). Dans ce cas, l'extension est NE-SW. Curnelle (1980) et Pons (1984) donnent une autre explication avec une extension NW-SE (figure suivante).

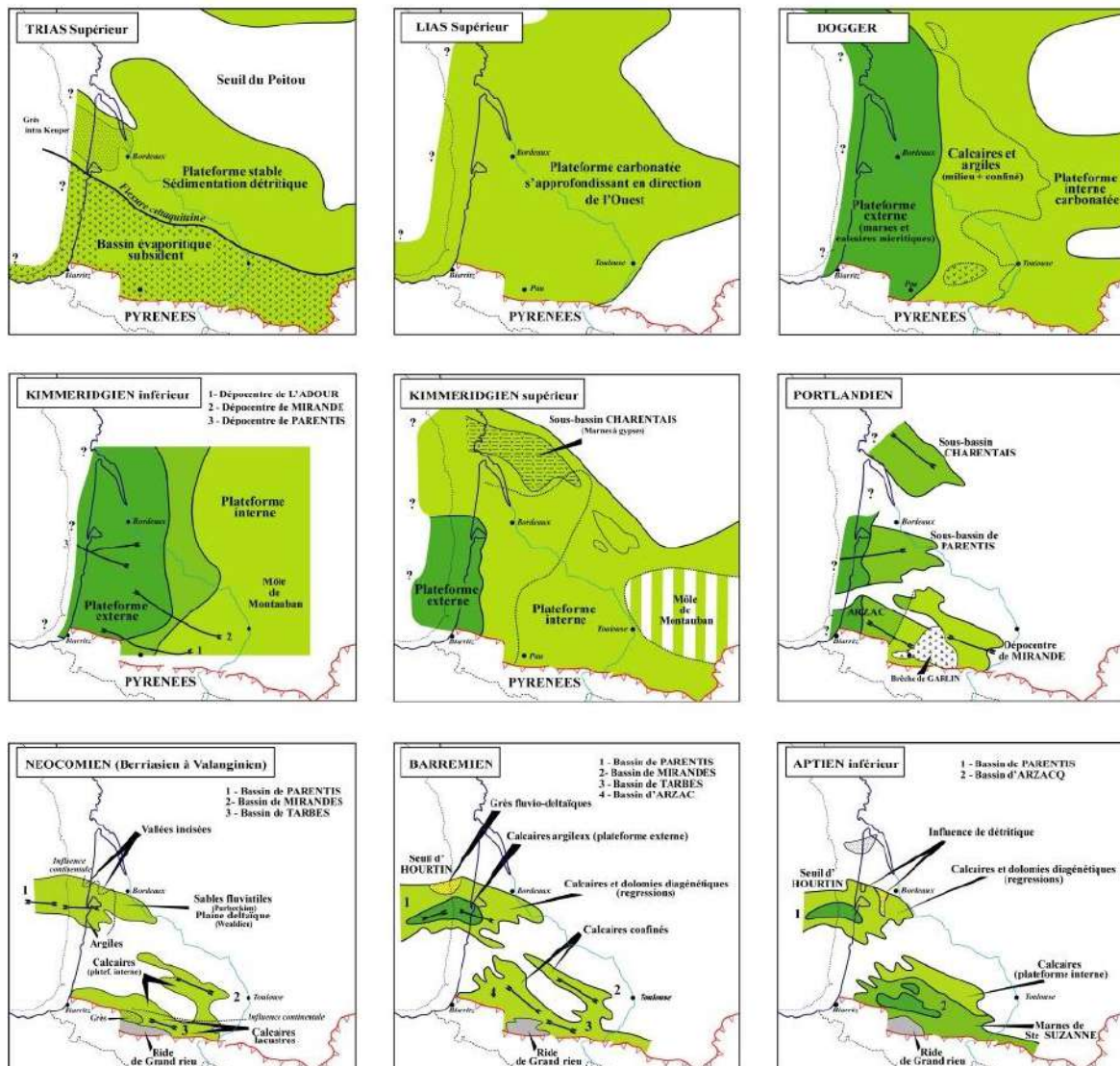


Figure 25: Cartes simplifiées (BRGM/IFP, 2006) du Trias supérieur à l'Aptien inférieur.

### Le Crétacé supérieur : stade transpressif

C'est le moment pendant lequel le régime extensif caractérisant tout le Mésozoïque se transforme en régime compressif (Tertiaire) : la péninsule ibérienne passe du mouvement vers le SE à un mouvement vers le NO.

A travers de l'ouverture océanique du Golfe de Gascogne, qui s'effectue par des décrochements senestres N110° à N120°, le système à losanges qui caractérisait la période précédente est partiellement modifié : la partie sud va disparaître et il ne restera plus que la partie nord (figure suivante) où, grâce également à l'activité de la Faille Nord-Pyrénéenne (FNP), se dépose le "Flysch Noir" albo-cénomaniens (Peybernès et Souquet, 1984). L'activité de la FNP est associée à du magmatisme alcalin, du métamorphisme (Ravier, 1959 ; Choukroune, 1976 ; Goldgerg, 1987) et du diapirisme des évaporites triasiques (Henry et Zolnai, 1971).

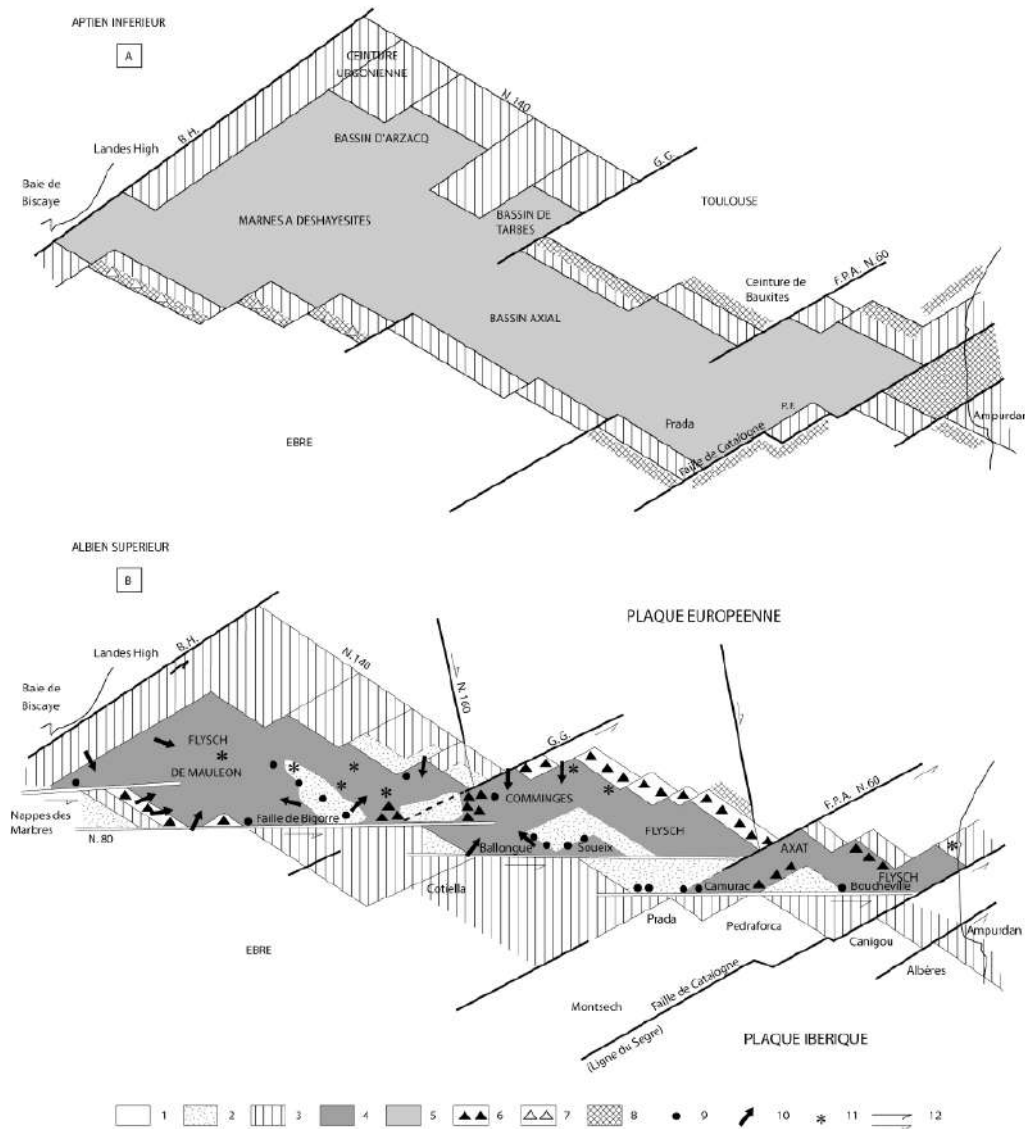


Figure 26: Hypothèses de reconstitutions palinspastiques du domaine pyrénéen (Peybernès et Souquet, 1984). (A) Bassins rhomboédriques à l'Aptien inférieur et (B) bassins triangulaires à l'Albien supérieur.

Légende : (1) aires continentales; (2) zones érodées ou blocs chevauchants; (3) plate-forme; (4) flyschs albiens; (5) Marnes Noires de l'Aptien; (6) brèches de talus; (7) brèches de plate-forme; (8) bauxites; (9) Lherzolites; (10) cônes sous-marins et directions générales des paléocourants; (11) magmatisme du Crétacé moyen; (12) mouvements décrochants

Le panorama structural et paléogéographique vient de changer : le Bassin Aquitain s'agrandit. Dans les zones les plus profondes, l'accumulation de flyschs noirs en facies de pente et de turbidites se poursuit alors que les marges voient la croissance de plates-formes carbonatées. La partie émergente s'érode pour alimenter des formations terrigènes alluviales et littorales.

Au Cénomaniens, on enregistre une transgression suivie par un approfondissement et par une régression (Sénonien Inférieur). La situation est donc la suivante : une zone de plateforme à l'est, un ensemble de bassins turbiditiques au sud et le Bassin de Parentis à l'ouest. Les taux de subsidence sont variables et s'échelonnent entre 1 et 35 m/Ma (Desegaulx et Brunet, 1990).

Cette configuration structurale, qui subsiste encore au Campanien-Maastrichtien, va changer le taux de sédimentation et par conséquent l'épaisseur des dépôts : assez peu élevée dans le Bassin de Parentis, et bien plus importante dans le Bassin pyrénéen. Ainsi, les premiers effets de compression sont déjà

visible au Turonien dans la partie est des Pyrénées (Henry et Mattauer, 1972 ; Souquet et al., 1977 ; Souquet et Déramond, 1989).

En même temps, on enregistre dans le domaine nord-pyrénéen une extension mise en évidence par les bassins subsidents, les failles synsédimentaires, le diapirisme et le volcanisme (Choukroune – 1976).

De manière générale, la compression se produit à l'Est alors que la distension se produit à l'Ouest (figure suivante).

Trois régions sont reconnaissables :

- une plate-forme carbonatée au Sud, au niveau de la haute chaîne actuelle ;
- un bassin flexural nord-pyrénéen au milieu, rempli par des flyschs (jusqu'à 5000 m d'épaisseur) ;
- une sédimentation syntectonique d'avant pays au Nord, donnant formation à une plate-forme carbonatée.

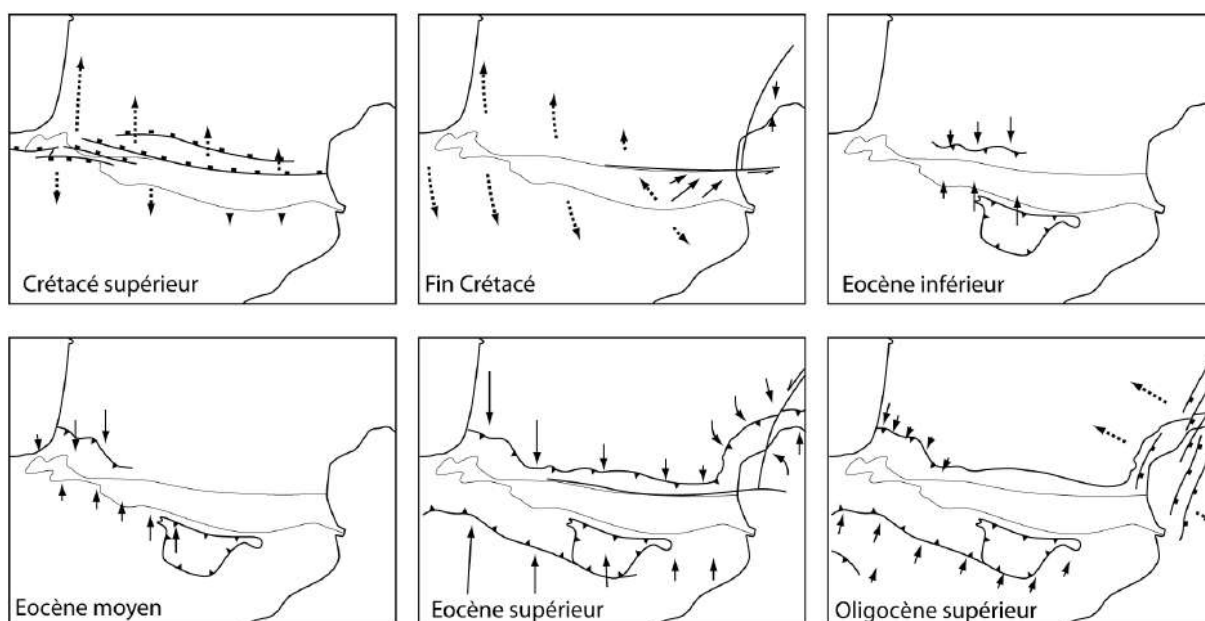


Figure 27: Essai de reconstitution des contraintes tectoniques dans les Pyrénées du Crétacé à l'Oligocène (Choukroune, 1976)

## **Le Cénozoïque : la compression pyrénéenne**

Le Tertiaire voit le développement E-W diachrone de l'avant pays. La compression s'instaure près de la Faille Nord-Pyrénéenne comportant des plissements et des chevauchements, aussi bien dans le socle anté-triasique que dans le bassin d'avant-pays (direction E-W et NW-E). Le bassin migre ainsi vers le Nord en formant des flexures qui décrochent des accidents N20°, N50° et N160°.

### Le Paléocène

Au nord, sur le plateau aquitain, on observe un faible dépôt d'argiles et de marnes d'altération (Dubreuilh, 1989) d'origine principalement continentale. Au sud par contre, vers le bassin flexural nord-pyrénéen, la sédimentation est beaucoup plus importante (flyschs). Les plateformes carbonatées qui avaient démarrées pendant le Crétacé s'agrandissent.

### L'Eocène et l'Oligocène

Comme évoqué précédemment, il existe un diachronisme évident entre la partie est et la partie ouest des Pyrénées (Choukroune, 1976).

Les schistes orientaux de la fin du Crétacé ne sont présents à l'ouest qu'à partir du Lutétien. Pendant l'Eocène moyen, une forte tectogénèse provoque une déformation allant de l'est à l'ouest, suivie par une compression générale dans toute la chaîne pyrénéenne (Eocène supérieur) (Mattauer, 1968). Ce paroxysme (Viallard, 1985 ; Villien, 1988 ; Rocher, 1999) entraîne l'émersion de toute la chaîne en provoquant une très importante sédimentation continentale dans la partie est du golfe aquitain (plus de 2500 m de molasse dans le bassin de Pamiers, BRGM, 2006). En même temps, à l'Ouest, le bassin est d'abord rempli par des marnes bleues pélagiques (Eocène moyen et supérieur) puis, grâce à l'avancé de la mer, par des formations néritiques (Oligocène) (figure suivante).

A partir de l'Oligocène, la sédimentation terrigène atteint le Bassin de Parentis.

De l'Eocène à l'Oligocène, il y a une reprise diachrone d'Est en Ouest de la subsidence (Eocène basal au niveau de Tarbes, Eocène à Eocène terminal au niveau du Bassin d'Arzacq et Eocène à Oligocène au niveau des Landes) (Desegaulx et Brunet, 1990).

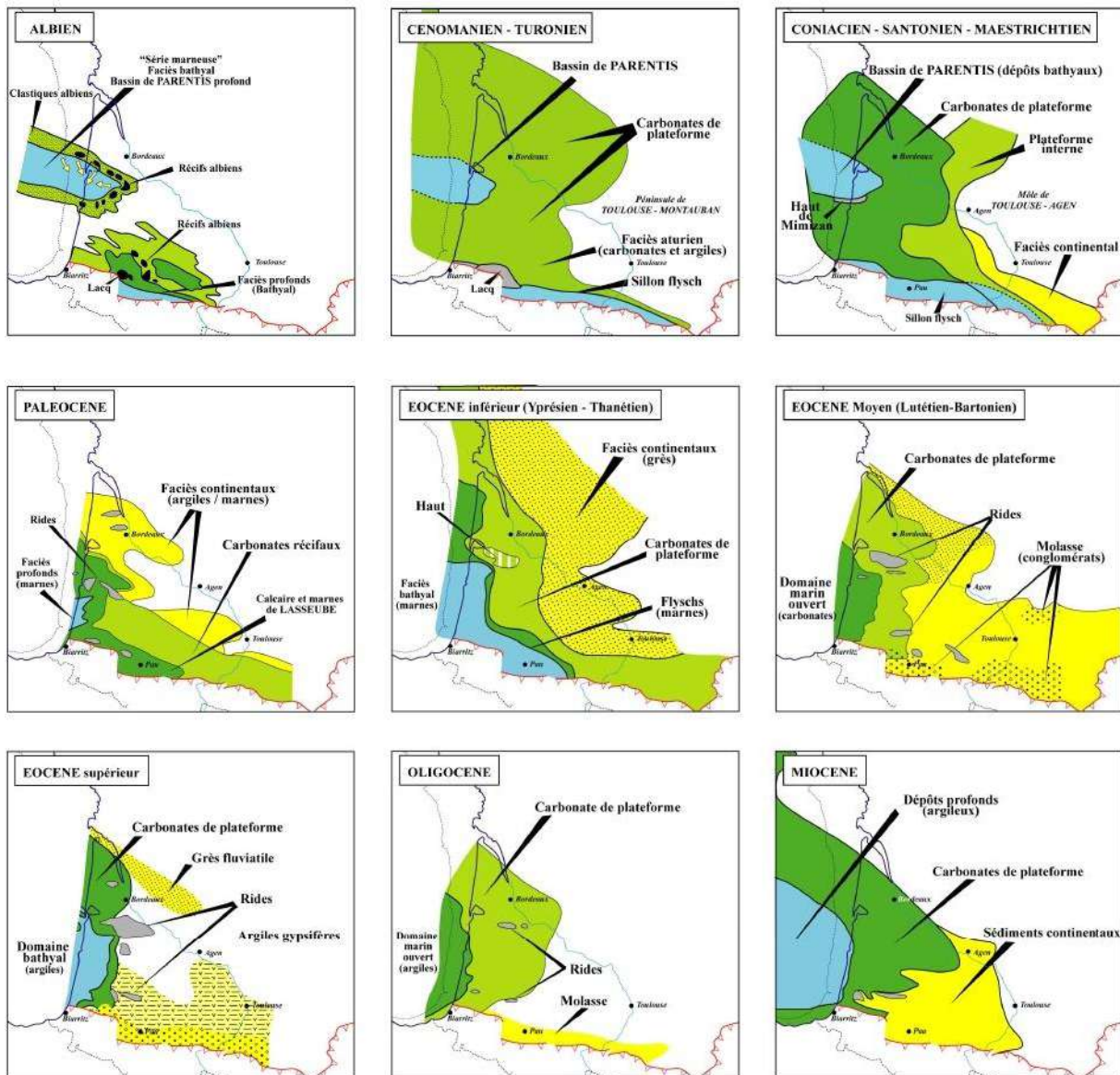


Figure 28: Cartes simplifiées du Crétacé supérieur à l'Oligocène du Bassin d'Aquitaine (modifié d'après BRGM et al., 1974) de l'Albien au Miocène.

### Du Miocène à l'actuel

Au cours du Miocène, on identifie une région continentale à l'Est et une région marine à l'Ouest. Ces deux régions sont séparées par un talus qui se trouve d'abord au niveau de la côte landaise actuelle et qui plus tard, au Pliocène, avance d'environ 50 km. La partie intérieure subit une intense sédimentation de sables fluviéo-éoliens. La subsidence diminue en restant positive dans la partie nord, alors que le sud voit un soulèvement (Desegaulx et Brunet, 1990).

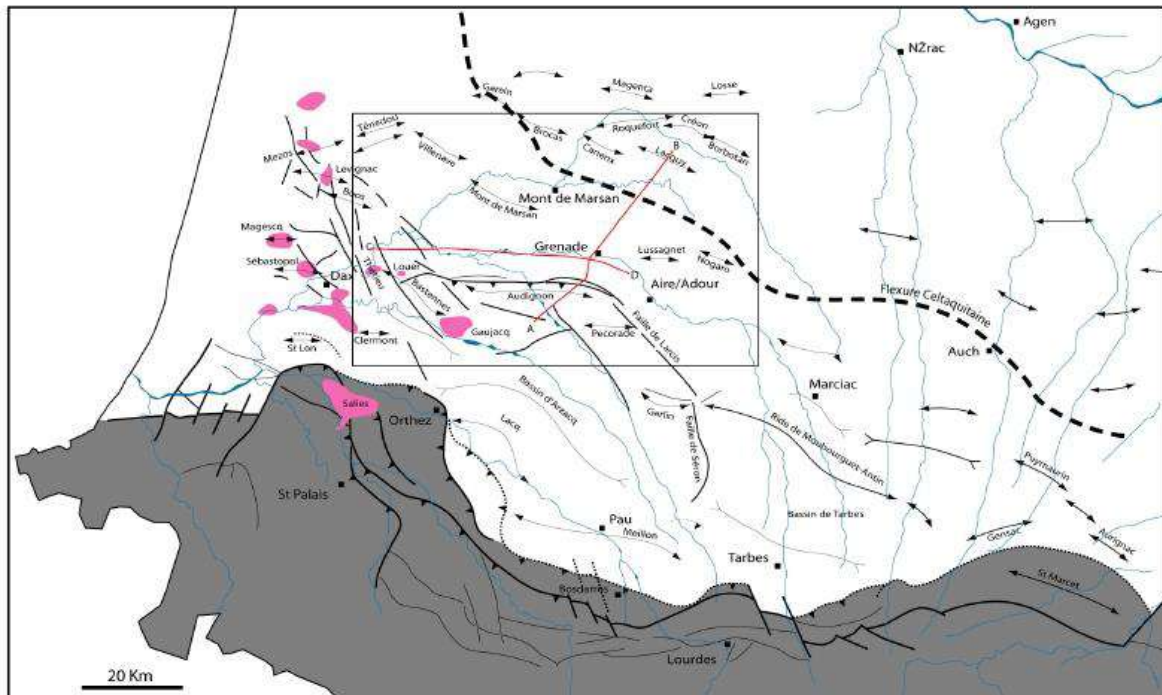
Au Pliocène enfin, à proximité du delta de la Garonne, on observe des séquences sédimentaires progradantes qui continueront au Pléistocène dans la partie sud, entre les Landes et le Médoc. Dans le piémont pyrénéen, se positionne le complexe de Lannemenzan. Il s'agit d'une période de comblement majeur (Dubreuilh et al., 1995).

### 5.1.2. Contexte structural du Bassin Nord-Pyrénéen occidental

- **Schéma structural du bassin de l'Adour / Importance de l'halocinèse**

L'ensemble du Bassin de l'Adour, intéressé par la présente demande de permis, est caractérisé par des structures à plis de courte longueur d'onde, d'axe à N100°-110° et intersectés par un système de failles de direction N150°-160° (figure suivante).

(A)



(B)

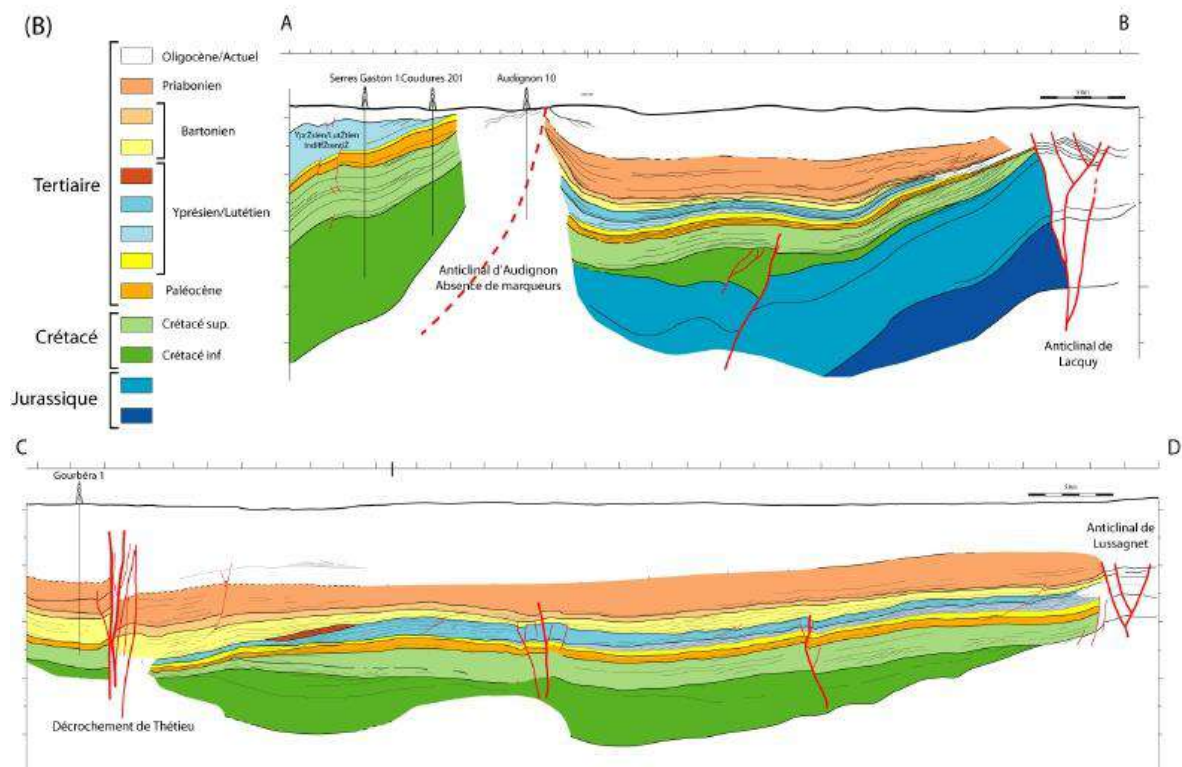


Figure 29: (A) : Carte schématique des traits structuraux majeurs du Bassin de l'Adour (compilation des cartes de Platel (1990) et Elf e.p., (1995)); (B) "Line drawing" d'une ligne sismique NS et EW montrant les structures actuelles (anticlinal d'Audignon, antikli

Dans ce panorama structural, on reconnaît les traces d'une riche tectonique halocinétique, survenue suite à la migration des évaporites triasiques pendant quatre différentes périodes : fin du Jurassique (BRGM et al., 1974 ; Stevaux et Zolnai, 1975), Crétacé inférieur, Cénomaniens et Eocène.

C'est à cette époque-là (période compressive) qu'on enregistre la création des principales rides et principaux dômes salifères. C'est ainsi qu'apparaissent dans la structure de la région des diapirs, des rides anticlinales et des olistostromes triasiques re-sédimentés (figure suivante).

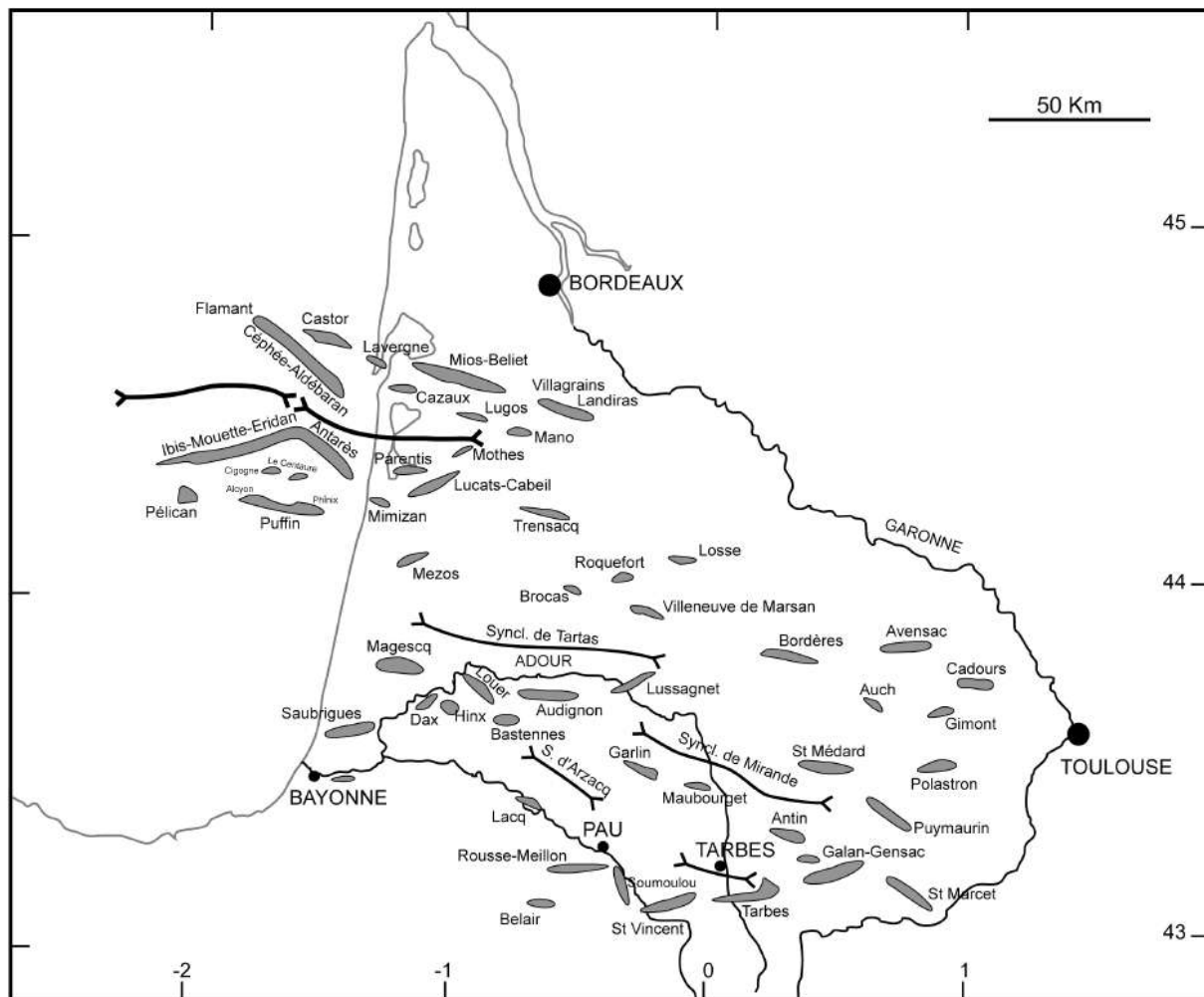


Figure 30: Principales rides et synclinaux en Aquitaine (Brunet, 1991). Les zones grisées correspondent aux anticlinaux.

Sur la coupe suivante, qui met en évidence le système de chevauchement nord-pyrénéen, on observe les blocs de la croûte européenne qui chevauchent le socle ibérique. Le tout est surplombé par les sédiments mésozoïques déformés par la tectonique pyrénéenne (fractures, failles, chevauchements).

Trois zones sont reconnaissables :

- les blocs des Arbailles et de Mendibelza, recouvrant les structures méso-cénozoïques ;
- le bassin de Mauléon, avec ses sédiments carbonatés (Jurassique et Crétacé inf.), surmontés par des flyschs du Crétacé sup. et tectonisés par les chevauchements de Saint Palais et de Sainte Suzanne ;
- le Bassin d'Arzacq, avec 5000 à 10000 m d'épaisseur de sédiments post-paléozoïques et des structures halocinétiques.

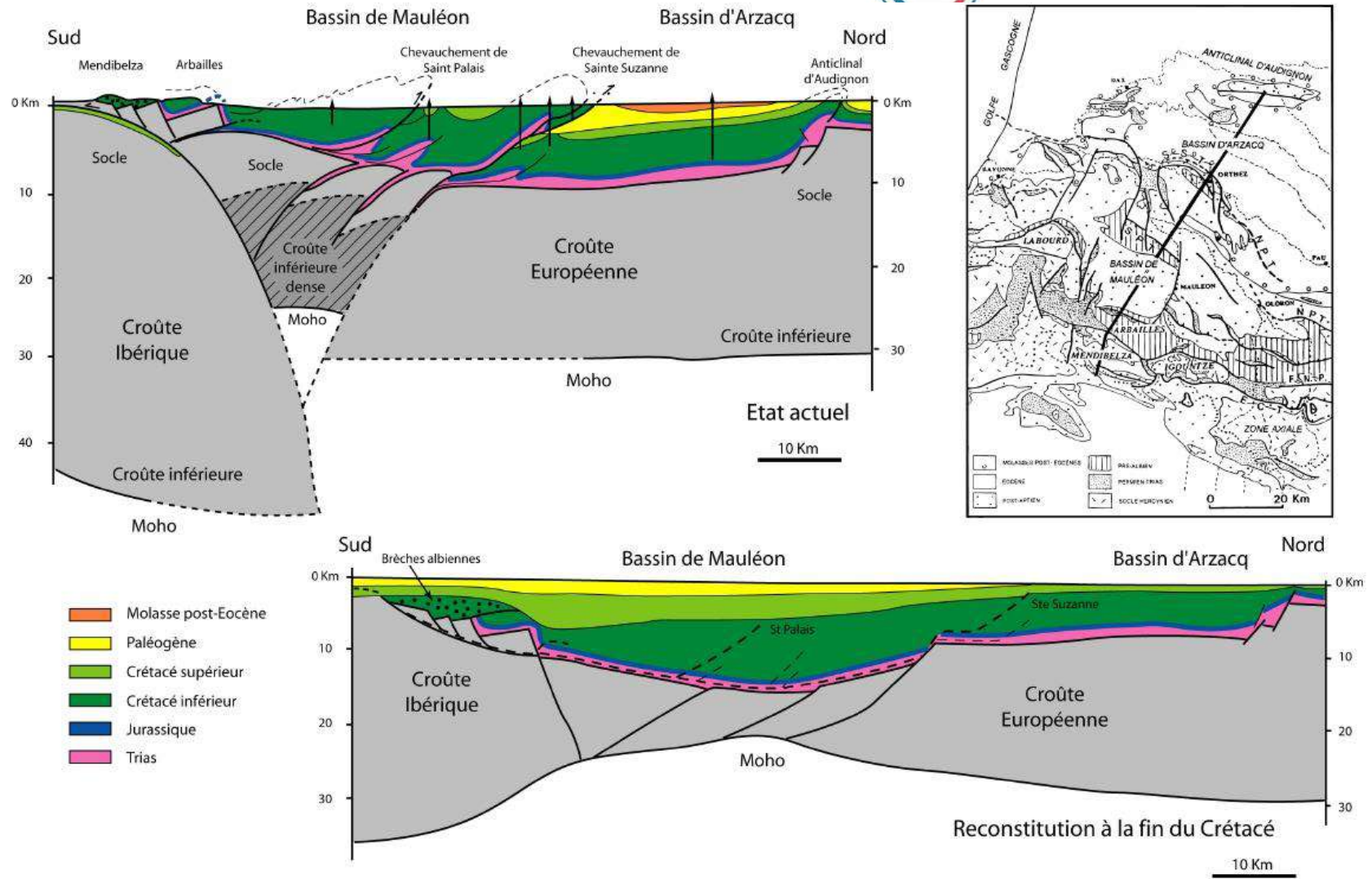


Figure 31: Coupe géologique d'échelle crustale et reconstitution palinspastique d'après le profil ECORS-Arzacq (Grandjean, 1994)

- La chaîne des Pyrénées : les principaux modèles

La première interprétation de la structure pyrénéenne ne considérait que les données de surface et de subsurface. Elle supposait une disposition en éventail de la zone axiale et la relative linéarité des grands domaines structuraux (Mattauer, 1968 ; Choukroune, 1976 ; Choukroune et Mattauer, 1978) (Figures suivantes). C'est à partir des années 80 avec les profils ECORS Pyrénéen (1985-86) et Arzacq (1989) qu'on arrive à l'interprétation moderne du système pyrénéen.

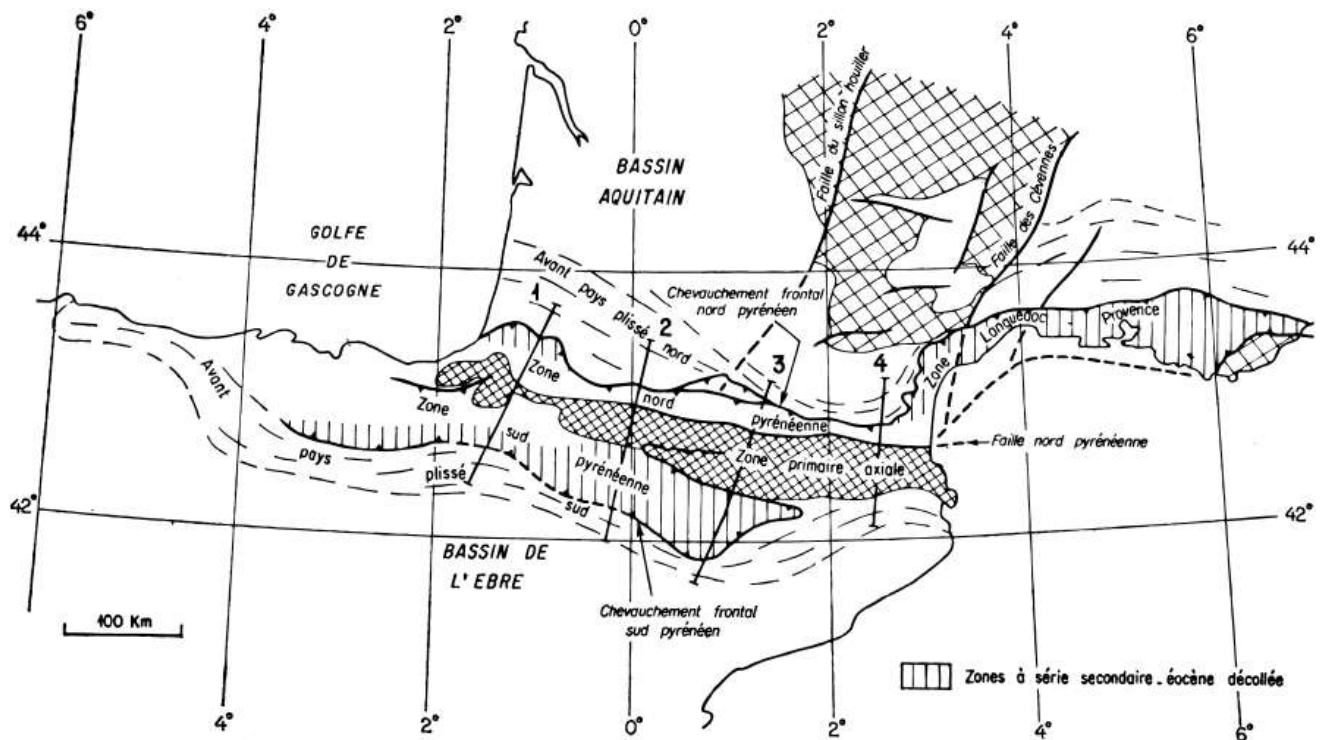


Figure 33: : Les grandes zones structurales de la chaîne des Pyrénées (Choukroune, 1976). Localisation des coupes de la figure suivante.

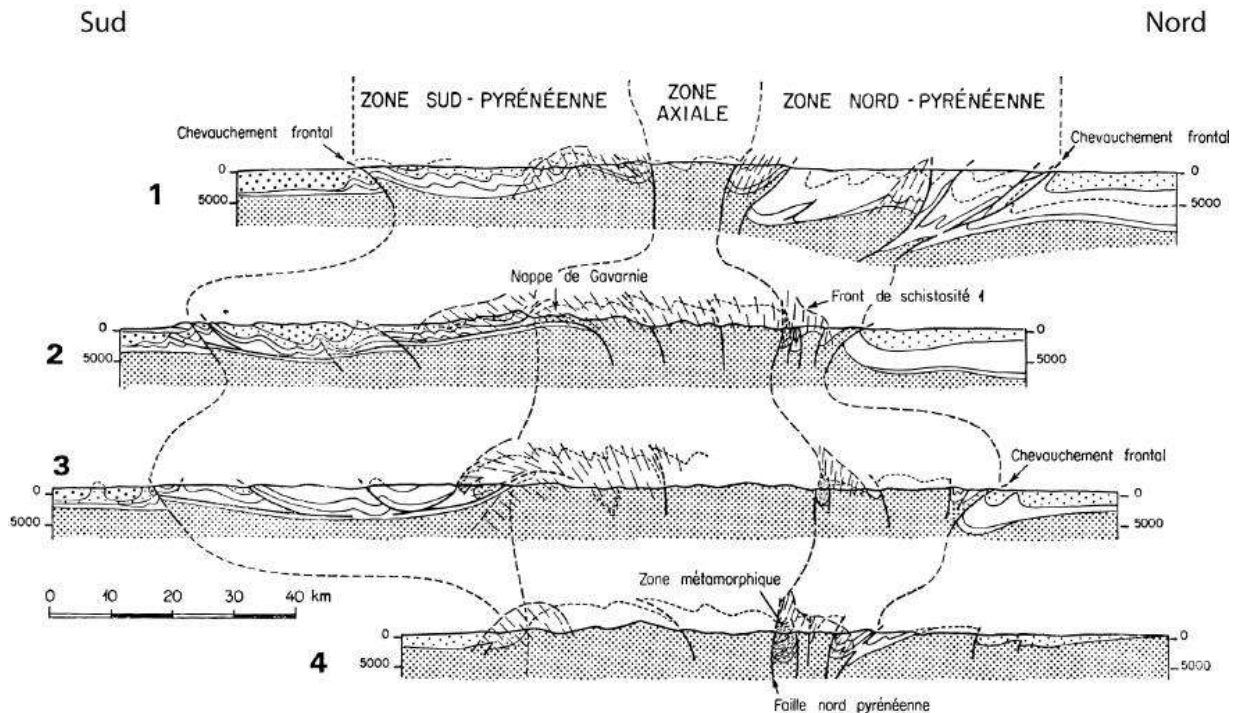


Figure 34: Coupes générales montrant l'allure d'ensemble du domaine plissé (Choukroune, 1976)

Dans ce système, on considère la faille nord-pyrénéenne comme une structure de failles transformantes et verticales déformées, séparant la plaque eurasiatique de la plaque ibérique, qui glisse par subduction sous la première (raccourcissement de l'ordre de 100 km) (Roure et al., 1989) (Figure suivante A).

Dans la partie Ouest, le raccourcissement est inférieur (75-80 km) (Teixell, 1998). La croûte de la plaque eurasiatique s'échancre dans la croûte de la plaque ibérique. A son tour, la portion inférieure de la plaque ibérique glisse au dessous de la plaque eurasiatique en plongeant au moins de 60 km (Teixell, 1998). Dans ce même secteur, Bourrouilh et al. (1995) estiment un raccourcissement de seulement 30 km (Figure suivante B).

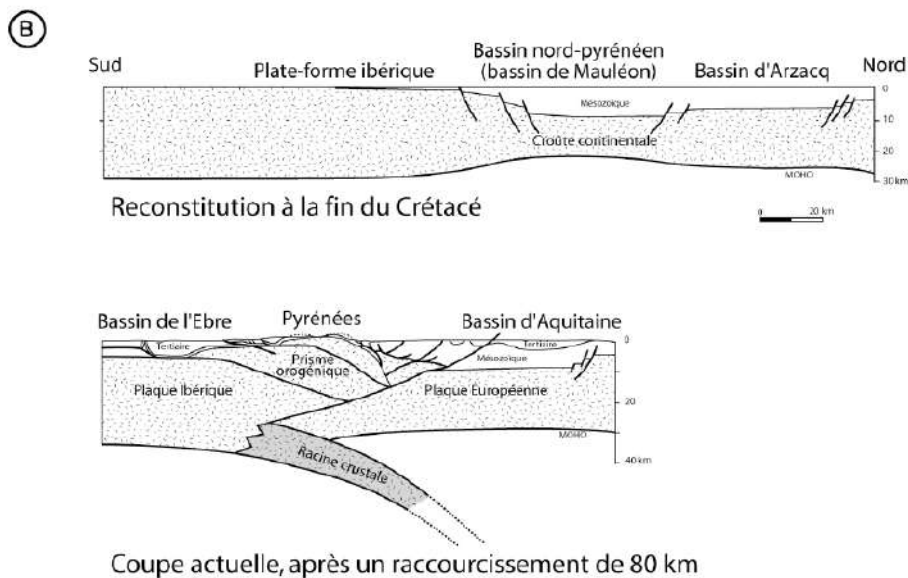
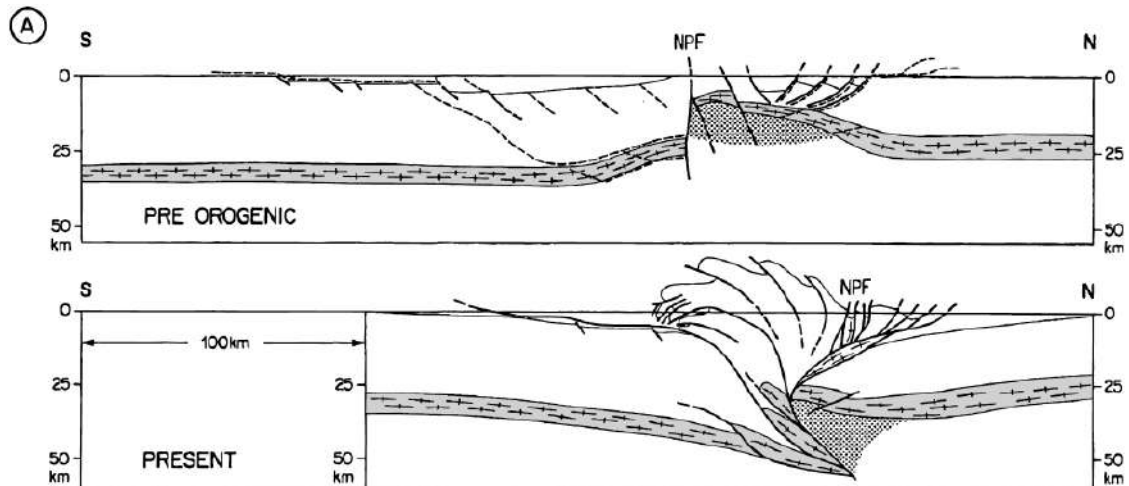


Figure 35: Coupes équilibrées à travers les Pyrénées : (A) Coupe ECORS Pyrénées (Roure et al, 1989); (B) Coupe ECORS Arzacq (Teixell, 1998).

- **Structure générale actuelle de la chaîne des Pyrénées**

Les Pyrénées marquent la limite entre la plaque ibérienne et la plaque eurasiatique. Elles ont été le théâtre de mouvements dans un premier temps distensifs, puis décrochants et ensuite compressifs. Ces mouvements ont démarré au Trias et se sont terminés à la fin de l'Oligocène (Olivet et al., 1996) (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ils peuvent être décrits de la façon suivante :

- Ouverture du Golfe de Gascogne (Crétacé inf.) et contemporaine migration de l'Espagne vers l'Est ;
- Mouvement transtensif puis transpressif ;
- Diachronisme de la compression d'Est en Ouest.

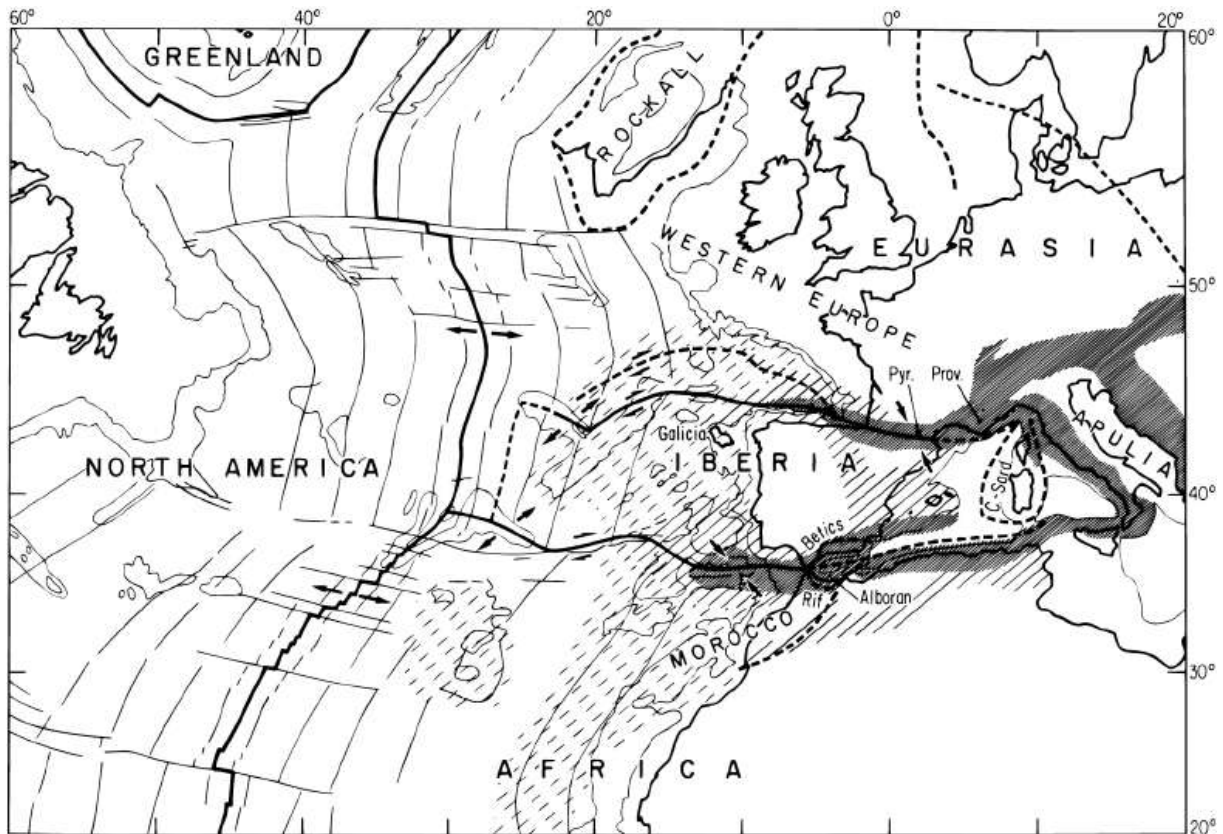


Figure 36: Les frontières de la plaque ibérique. Situation actuelle (Olivet, 1996b).

La chaîne des Pyrénées représente un segment de la frontière entre les plaques ibérique et eurasiennne (la zone grisée indique les compressions de l'ordre d'une centaine de kilomètres, les hachurés indiquent des zones de raccourcissement de l'ordre de la dizaine de kilomètres et les tiretés indiquent les zones de déformations intra-océaniques).

Les mouvements de transpression senestre et de compression ont créé un orogène à double vergence : une première direction senestre de l'Espagne, qui a créé un système de bassins extensifs ; une deuxième direction N-S (compression) au Crétacé supérieur, qui a provoqué l'inversion des structures Est-Ouest au cours du sous-charriage de l'Ibérie sous la plaque européenne (Munoz, 1992).

Successivement, à partir de l'Eocène jusqu'à l'Oligocène, on voit l'émersion d'une zone axiale interne, marquée par deux ceintures de chevauchements et de plis associés à vergence opposée (Puigdefabregas et Souquet, 1986).

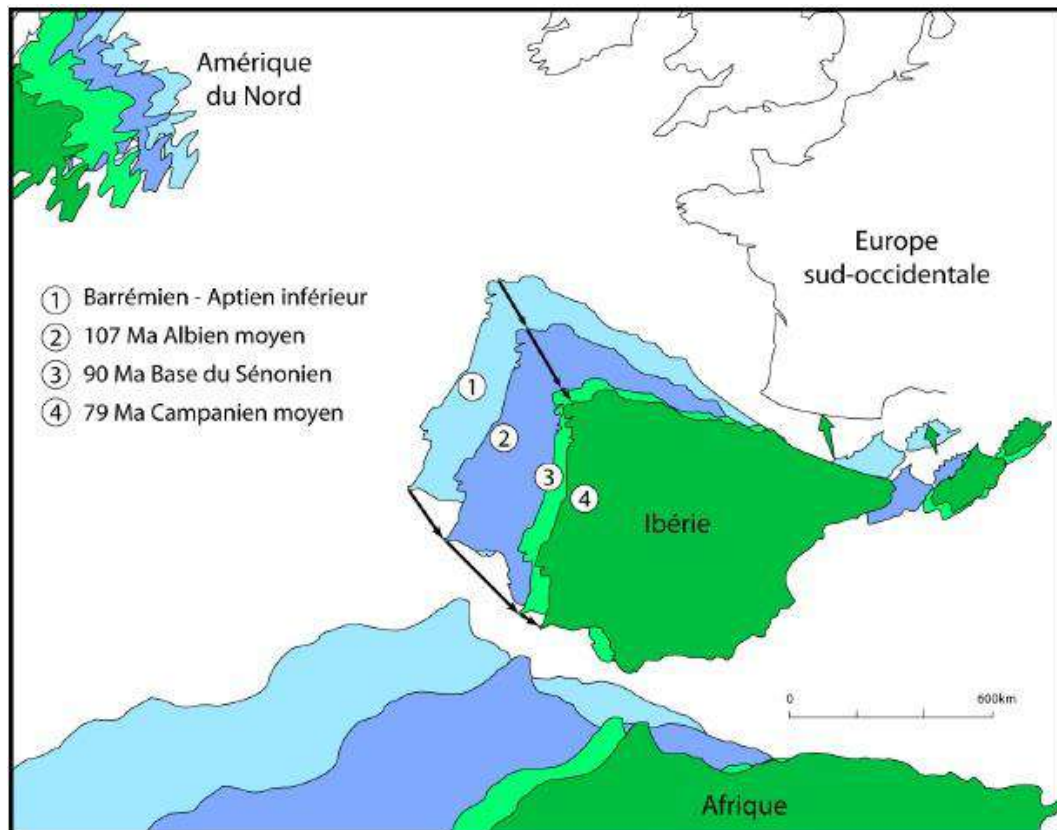


Figure 37: Reconstitution des mouvements de l'Ibérie par rapport à l'Eurasie du Barrémien au Campanien moyen (compilé d'après Olivet et al., 1996b).

Tous ces mouvements tectoniques ont produit les structures suivantes, du Nord au Sud (figure suivante) (Munoz, 1992; Vergés et al., 1995) :

- le rétro-bassin d'avant-pays aquitain ;
- le système de chevauchement nord-pyrénéen ;
- la zone axiale ;
- le système de chevauchement sud-pyrénéen ;
- le pro-bassin d'avant-pays de l'Ebre.

La partie axiale des Pyrénées centrales et orientales est formée d'un empilement antiformal (Munoz, 1992) de séries hercyniennes (Nogueres, Orri et Rialp). Cette zone est pénétrée par des blocs crustaux et des plutons granitiques hercyniens.

La Faille Nord Pyrénéenne marque la limite entre la zone axiale et le système de chevauchement nord-pyrénéen qui comprend des séries mésozoïques et de socle provenant des plaques ibérique et eurasiennne.

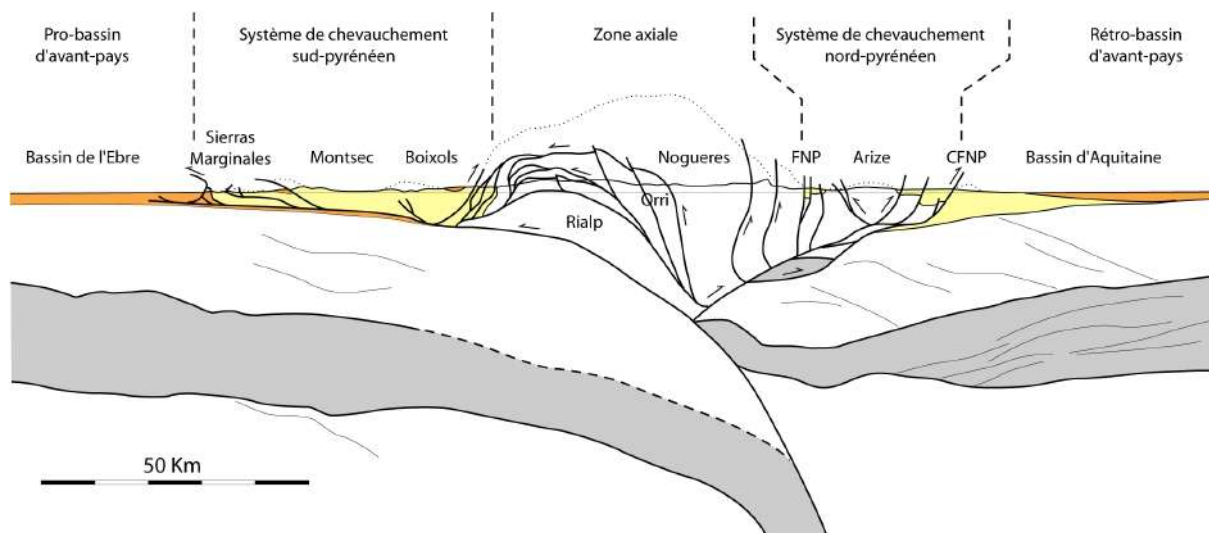


Figure 38: Coupe schématique de la chaîne des Pyrénées le long du profil ECORS Pyrénées (modifié d'après Roure et al., 1989; in Beaumont, 2000).

Le bassin d'avant-pays nord-pyrénéen (Bassin Aquitain) est comblé au fond par une succession de plus de 5 km de turbidites (Déramond et al., 1993) puis par 5 km de flyschs paléogènes évoluant vers des faciès continentaux et de cônes alluviaux (Bourrouilh et al., 1995). Les déformations de l'avant-pays n'ont pas été causées par le système de chevauchement nord-pyrénéen (CFNP), mais par un système paléogène mineur.

De l'autre côté, le bassin d'avant-pays sud-pyrénéen (Bassin de l'Ebre) est plus complexe. La première sédimentation synorogénique est constituée par des turbidites du Crétacé supérieur, comme celles du Bassin Aquitain. Ensuite, se met en place une sédimentation littorale et continentale au Crétacé terminal-Paléocène, suivie par une sédimentation donnant naissance à des faciès marins à l'Eocène. Le dépôt est diachronique. Les formations éocènes sont transportées vers le Sud par le système de chevauchement sud-pyrénéen. Enfin, tout le Bassin de l'Ebre est comblé par une épaisse série continentale (4 km) qui repose sur les évaporites priaboniennes (Burbank et al., 1992; Teixell, 1996).

## 5.2. Potentiel géothermique de la zone d'étude

### 5.2.1. Détermination des cibles potentielles à partir de la lithostratigraphie

La Figure suivante présente la colonne stratigraphique synthétique des Pyrénées et du Bassin Aquitain. Seuls les terrains déposés lors du cycle alpin sont représentés (Permien à Quaternaire) car le Paléozoïque (ère primaire) est trop peu connu sous le recouvrement sédimentaire du Bassin. De ce fait, ses potentialités aquifères, certainement relativement faibles, ne sont pas évaluables.

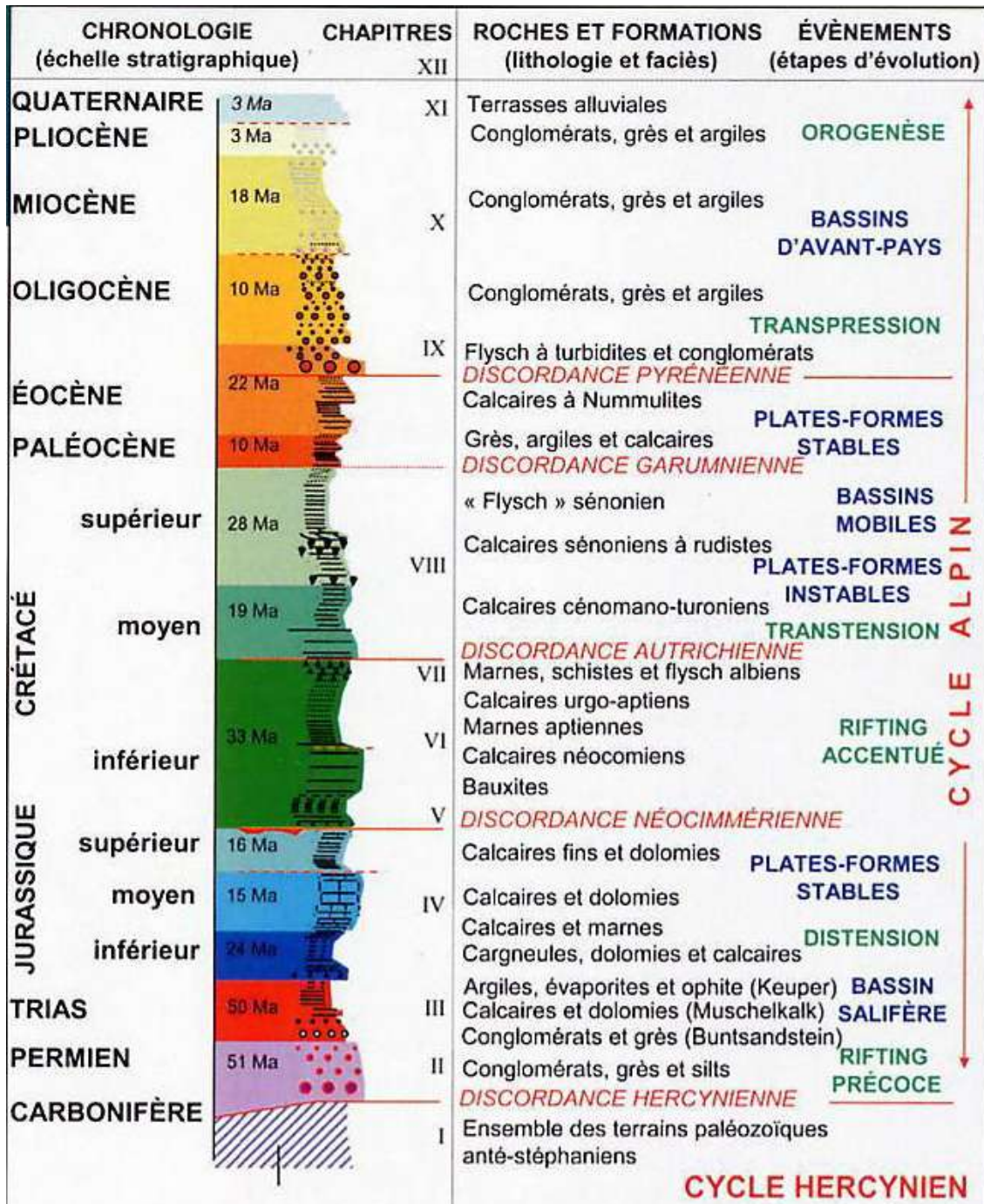


Figure 39: Log lithostratigraphique des Pyrénées et du Bassin Aquitain

Les débits importants (100-250 m<sup>3</sup>/h) nécessaires pour une exploitation géothermique ne peuvent être obtenus qu'à partir d'aquifères de type :

- poreux avec des indices des vides (porosité efficace) très importants,
- poreux avec des porosités moyennes mais présentant des épaisseurs suffisantes pour assurer une productivité importante,
- carbonatés fracturés et/ou karstifiés.

Dans le Bassin Aquitain, le premier type se rencontre principalement à proximité de la surface (aquifères des alluvions de l'Adour par exemple). Le second type est présent à faible ou moyenne profondeur (sables Yprésiens ou sables inframolassiques de la base de l'Eocène, par exemple). Ces différents aquifères, malgré leurs bonnes caractéristiques hydrodynamiques, se trouvent à des profondeurs insuffisantes pour permettre une utilisation de leurs ressources pour la géothermie haute température.

Parmi les aquifères susceptible de posséder les caractéristiques hydrauliques conformes aux exigences du projet, on recense les aquifères carbonatés du Tertiaire et du Crétacé suivants :

- Dano-paléocène
- Crétacé supérieur : calcaire sénoniens
- Crétacé moyen : calcaires du Cénomaniens et du Turonien
- Crétacé inférieur : calcaires urgoniens (Barrémien-Aptien) et néocomiens.

Les trois premiers restent cependant situés à des profondeurs trop faibles pour atteindre la température minimale exigée pour l'utilisation recherchée.

Par contre, le Crétacé inférieur, notamment l'Albo-Aptien et une partie du Barrémien et du Néocomien, atteint dans certaines zones des profondeurs intéressantes (en particulier dans le sous-bassin d'Arzacq).

Plus en profondeur encore, on rencontre les aquifères jurassiques qui s'établissent généralement dans les terrains d'âge :

- Malm (Jurassique supérieur) : calcaires et dolomies, portlandiens et kimméridgiens ;
- Dogger (Jurassique moyen) : calcaires et dolomies ;
- Lias moyen (Jurassique inférieur) : cargneules, dolomies et calcaires.

Ce dernier ensemble de terrains atteint localement une profondeur suffisante pour être à une température supérieure à 130°C.

**C'est ainsi que pour ce projet, la cible principale est constituée par les formations d'âge Jurassique, qui développe de puissantes séries carbonatées. Les niveaux du Malm et du Dogger ont été explorés à grande profondeur pour la recherche d'hydrocarbures. Ils constituent les principaux réservoirs de gaz des gisements de Lacq et Meillon.**

**La série du Crétacé inférieur, où les températures peuvent atteindre des valeurs intéressantes (voir les forages TZ 201, TZ 301 et NAT 2 avec températures moyennes cible autour de 120°C), est une cible secondaire.**

### 5.2.2. Description des cibles potentielles

- **Lithostratigraphie**

La pile sédimentaire synthétique potentiellement présente est décrite ci-après, des terrains les plus récents aux plus anciens. Elle a été détaillée dans le sous-bassin de l'Adour pour les besoins de l'exploration pétrolière et gazière (Figure suivante).

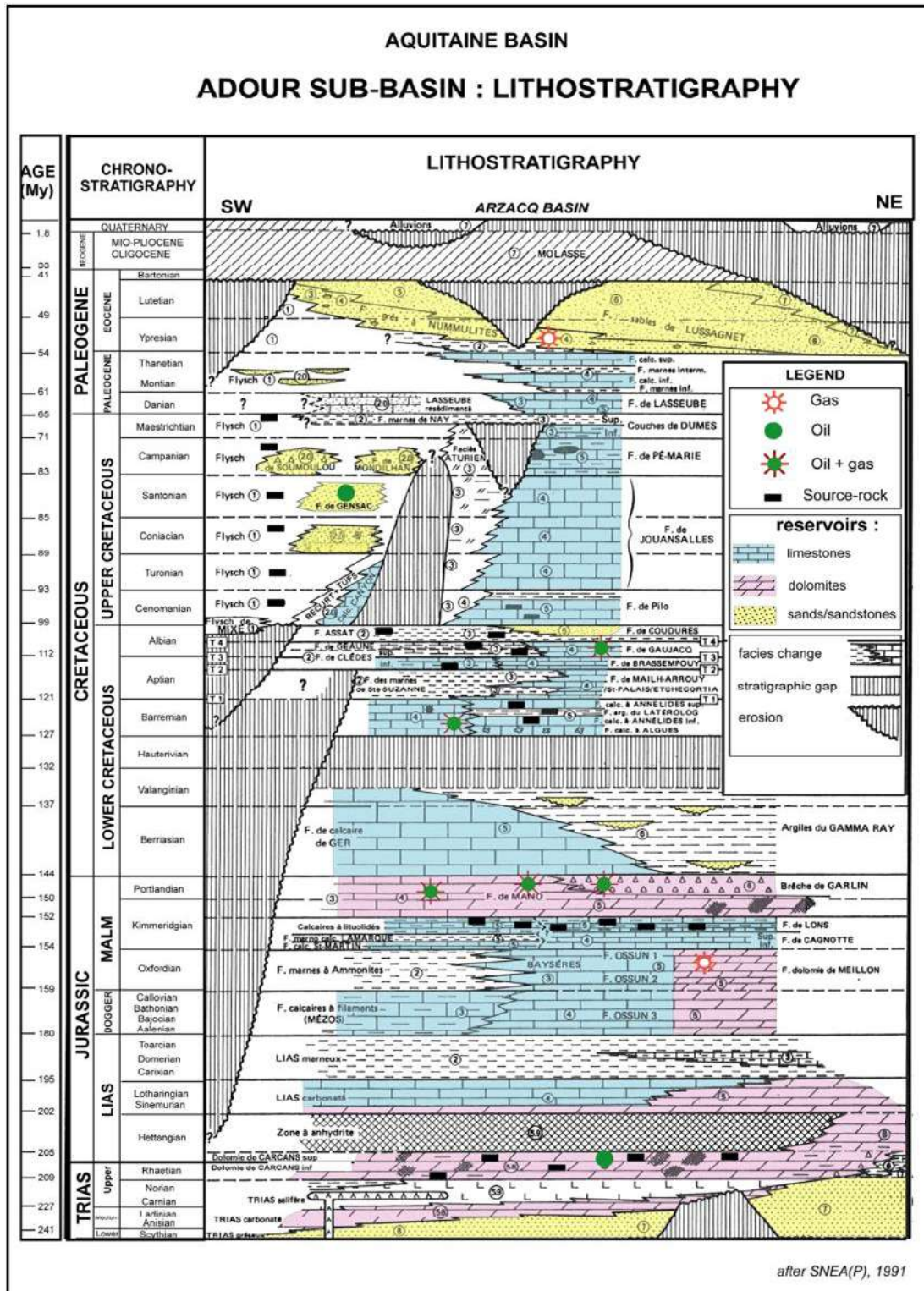


Figure 40: Coupe lithostratigraphique du bassin aquitain

## Le Crétacé inférieur

Les séries du Crétacé inférieur (Albo-Aptien – ensemble supérieur, Barrémien et Néocomien – ensemble inférieur) localement fissurées, karstifiées et alternant parfois avec des niveaux évaporitiques, comprennent des termes littoraux ou laguno-lacustre qui permettent la présence d'une porosité de matrice. Des intercalations gréseuses sont possibles. Leur puissance est limitée à une cinquantaine de mètres à l'affleurement en Béarn et elles sont discordantes sur le Jurassique (calcaire à charophytes).

L'ensemble supérieur est séparé de l'ensemble inférieur par les Marnes de Sainte Suzanne (Aptien inf.). La partie basale (Néocomien) présente moins d'intérêt que la partie sommitale, à l'exception du calcaire bioclastique du Barrémien.

## La transition Jurassique / Crétacé

La transition Jurassique/Crétacé correspond à une émergence quasi généralisée. Cette configuration permet le développement localisé de karstification, la génération de niveaux bréchifiés (brèches sommitales de « Garlin ») remaniant les calcaires jurassiques et un épisode de bauxitisation lors de phases de transgression marine. Cela induit également une ablation possible de tout ou partie des dépôts jurassiques.

## Le Jurassique

Les dépôts carbonatés jurassiques sont représentés par le Malm, le Dogger et le Lias :

- Le Malm : il est représenté par un ensemble de calcaires dolomitiques et de dolomies à foraminifères et présente également des termes oolithiques et bioconstruits (rares barres récifales). Il peut se décliner selon les faciès suivants :
  - **la dolomie de Mano** (Portlandien) est un dépôt de sebka qui présente de nombreuses surfaces d'émergence. Sa porosité est obtenue pour partie par la matrice (intercristalline) dans les secteurs périphériques aux gisements d'hydrocarbures ainsi qu'à la base de l'étage. La fracturation augmente significativement la porosité et la perméabilité.
  - Le Kimméridgien est un faciès de rampe carbonatée de vaste étendue dans laquelle les faciès évoluent des marnes (avec indices de slumping) jusqu'au calcaires graveleux. La strato-croissance verticale des bancs est généralement observée. Les variations latérales de faciès sont fréquentes.
  - La base du Malm (Oxfordien) est représentée par des terrains à dominante marneuse. Des intercalations dolomitiques et calcaires sont signalées, elles constituent également les réservoirs à hydrocarbures du piémont de la chaîne pyrénéenne.
  - **la dolomie de Meillon** (Oxfordien) est une dolomie cristalline, localement vacuolaire, l'essentiel de la perméabilité restant liée à la fracturation. Un équivalent stratigraphique calcaire est signalé à Ossun et Baysères.

Les types de faciès de dépôt du Malm sont présentés sur la figure suivante, à l'échelle régionale

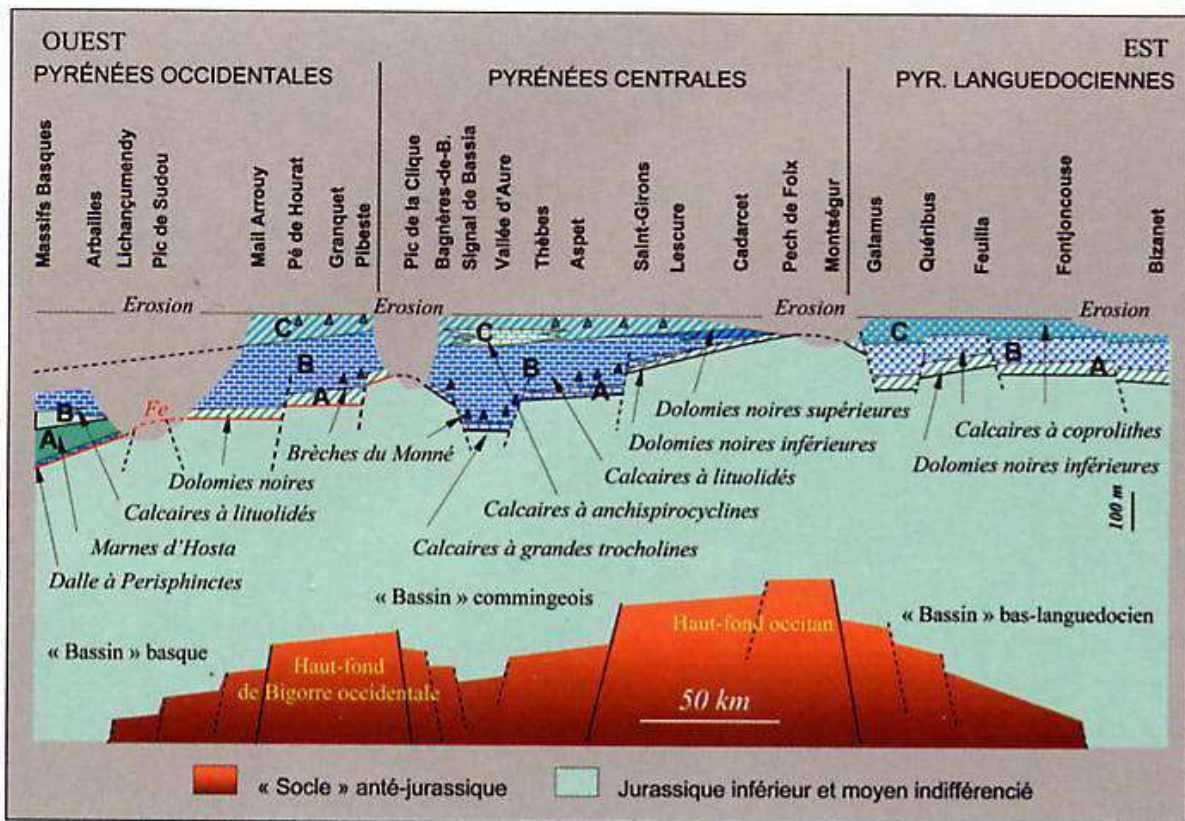


Figure 41: Coupe Est-Ouest montrant les faciès et les milieux de dépôt du Malm (Oxfordien à Tithonien) (V. James, 1988 et B. Peybèrnes, 1976, adapté)

- Dogger : ces faciès sont à dominante carbonatée. Ils évoluent de calcaires à filaments jusqu'à des dolomies noires azoïques. Ils correspondent à un abaissement de la tranche d'eau marine. Les premiers termes de la dolomie de Meillon (dolomie cristalline) ainsi que les calcaires de la formation d'Ossun n°3 sont attribués stratigraphiquement au Dogger.

Les types de faciès de dépôt du Dogger sont présentés sur la (figure suivante) à l'échelle régionale.

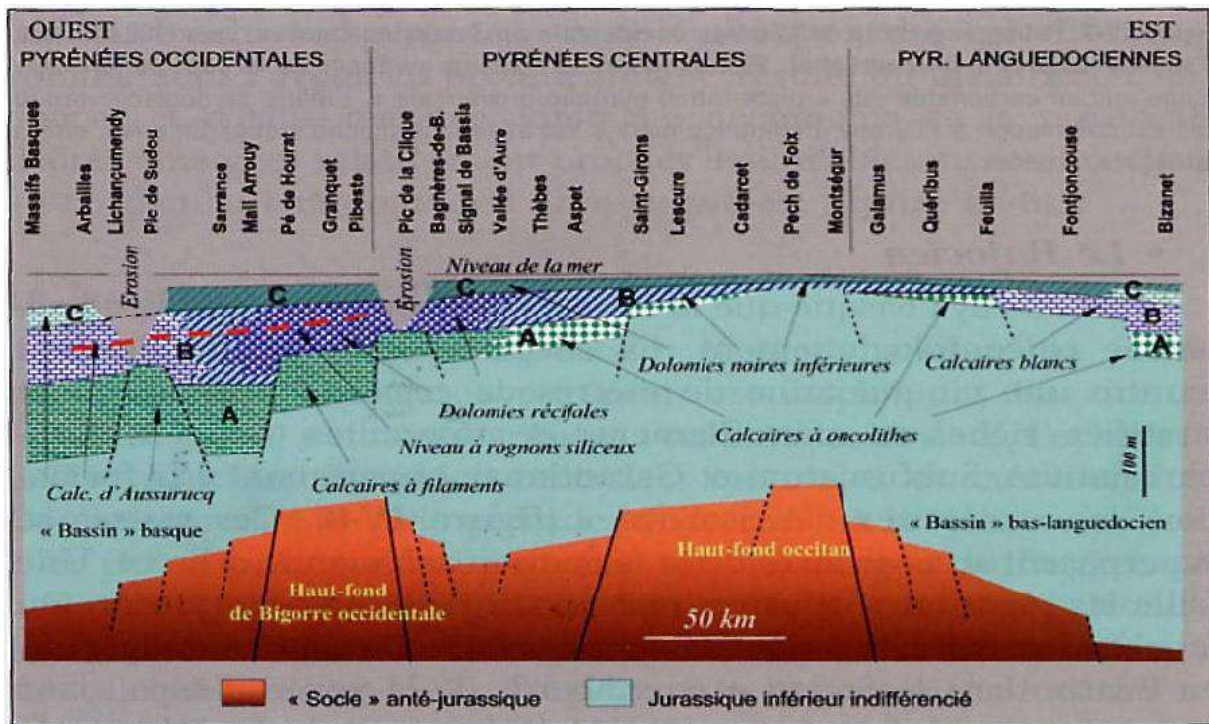


Figure 42: Coupe Est-Ouest montrant les faciès et les milieux de dépôt du Dogger (Bajocien à Callovien) (V. James, 1988 et B. Peybèrnes, 1976, adapté)

- Lias : cet ensemble présente, à sa base, des dolomies très localement réservoir (dolomie de Carcans), puis de puissants niveaux d'évaporites (anhydrite). En position intermédiaire, la zone à carbonates (marnes, calcaires et dolomies) ne présente pas d'indice de capacité à former un réservoir. Enfin, la série est couronnée par des dépôts majoritairement marneux, très continus et témoins d'une sédimentation marine profonde.

### L'infra Lias

La connaissance précise des faciès ainsi que la densité d'information décroît très rapidement au fur et à mesure de la progression vers la base de la pile sédimentaire. C'est ainsi que les niveaux du Trias, et au-delà (Paléozoïque) ne sont pas ou peu connus car peu ou pas recoupés en profondeur par les forages d'exploration pétrolière.

### **Conclusion sur le potentiel aquifère estimé à partir de la lithostratigraphie**

Les zones susceptibles de développer des aquifères à prospector se localisent ainsi essentiellement dans le Jurassique supérieur et moyen.

En effet, d'une part les aquifères du Crétacé seront structurellement trop peu enfouis pour atteindre des températures élevées et d'autre part le potentiel des carbonates plus anciens est trop méconnu pour constituer une cible en l'état actuel des connaissances.

- **Caractéristiques hydrogéologiques générales des cibles potentielles**

### Productivité, perméabilité, épaisseur aquifère

Des productivités élevées nécessitent des perméabilités fortes et des épaisseurs aquifères importantes.

Les mesures de perméabilités disponibles sont issues des forages pétroliers et sont exprimées en milliDarcy (mD) ou en Darcy (D), avec une porosité fixée et déterminée par diagraphies différées ou sur carottage. Cette méthodologie, induite par les contraintes d'exploration à grande profondeur, est très différente des approches classiques en hydrogéologie de «subsurface».

Dans ce dernier cas, des tests de pompages permettent de calculer, à partir d'un abaissement de pression dans l'aquifère et de mesures de débits effectuées au cours du temps, des transmissivités (T, en m<sup>2</sup>/s) et une valeur d'emménagement (S, sans dimension) correspondant à la décompression de l'eau en nappe captive. Le calcul de la perméabilité K (en m/s) est obtenu en divisant T par l'épaisseur aquifère.

Il est ainsi délicat d'identifier les informations hydrogéologiques issues du monde pétrolier, les objectifs, les moyens de caractérisation et les unités employées étant fort différents.

Pour se fixer un ordre de grandeur, le tableau suivant propose une correspondance de perméabilité en mD et en m/s pour de l'eau à une température de 130°C.

<b>Perméabilité (mD et D)</b>	<b>Perméabilité (m/s)</b>
1 mD	5 10 <sup>-8</sup>
10 mD	5 10 <sup>-7</sup>
100 mD	5 10 <sup>-6</sup>
1 D	5 10 <sup>-5</sup>
2,5 D	1,2 10 <sup>-4</sup>
<b>10 D</b>	<b>5 10<sup>-4</sup></b>

Tableau 9: Correspondance entre perméabilité exprimée en Darcy et en m/s pour une eau à 130°C

La valeur minimale de perméabilité requise pour une opération géothermique est de l'ordre de 1 Darcy.

### Le Crétacé inférieur (Albo-Aptien et Aptien inf./Barrémien/Néocomien)

L'ensemble supérieur (Albo-Aptien) présente une bonne perméabilité par porosité dans les éléments gréseux et une bonne perméabilité par fracturation dans les formations carbonatées.

Sa profondeur varie de 1000 m jusqu'à 6000 m et plus (sous-bassin d'Arzacq).

Dans la partie méridionale les épaisseurs peuvent atteindre 1000 m.

### Le Malm

L'ensemble des dépôts jurassiques a une perméabilité de matrice très faible (quelques millidarcy), cette perméabilité peut être améliorée par la dolomitisation et/ou par la fracturation.

Le diagramme perméabilité/épaisseur aquifère de la figure suivante illustre les paramètres pétrophysiques nécessaires au projet. Les réservoirs d'hydrocarbures pour lesquels les informations sont disponibles ont été indiqués.

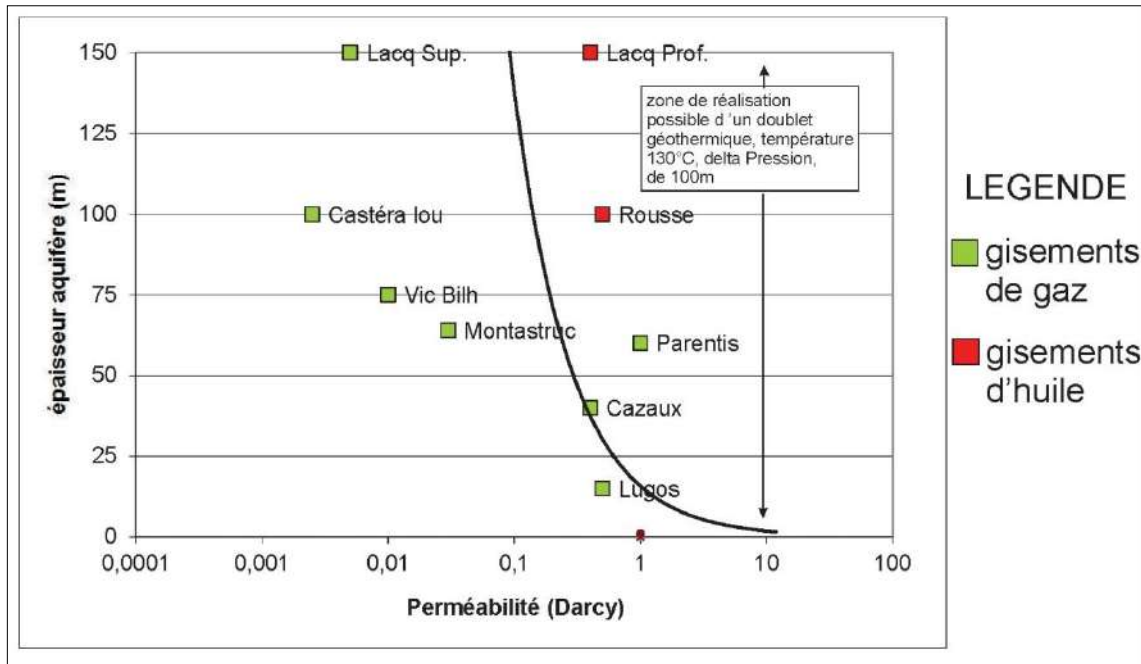


Figure 43: Diagramme perméabilité/épaisseur aquifère nécessaire au projet

Des productivités élevées ne semblent possibles que dans des zones de fractures, de brèches tectoniques ou sédimentaires. Les zones d'émergence des carbonates, avec développement de karstification, sont également des cibles à privilégier.

Malgré leur rareté, ces faciès existent comme le montrent les clichés de carottes de la figure suivante.



Figure 44: Cliché d'un échantillon de la « Dolomie de Mano » (Total Elf)

Cette caractéristique de réservoir a été explorée plus précisément à Rousse, où un démonstrateur de la séquestration du CO<sub>2</sub> est en cours d'exploitation (figure suivante).

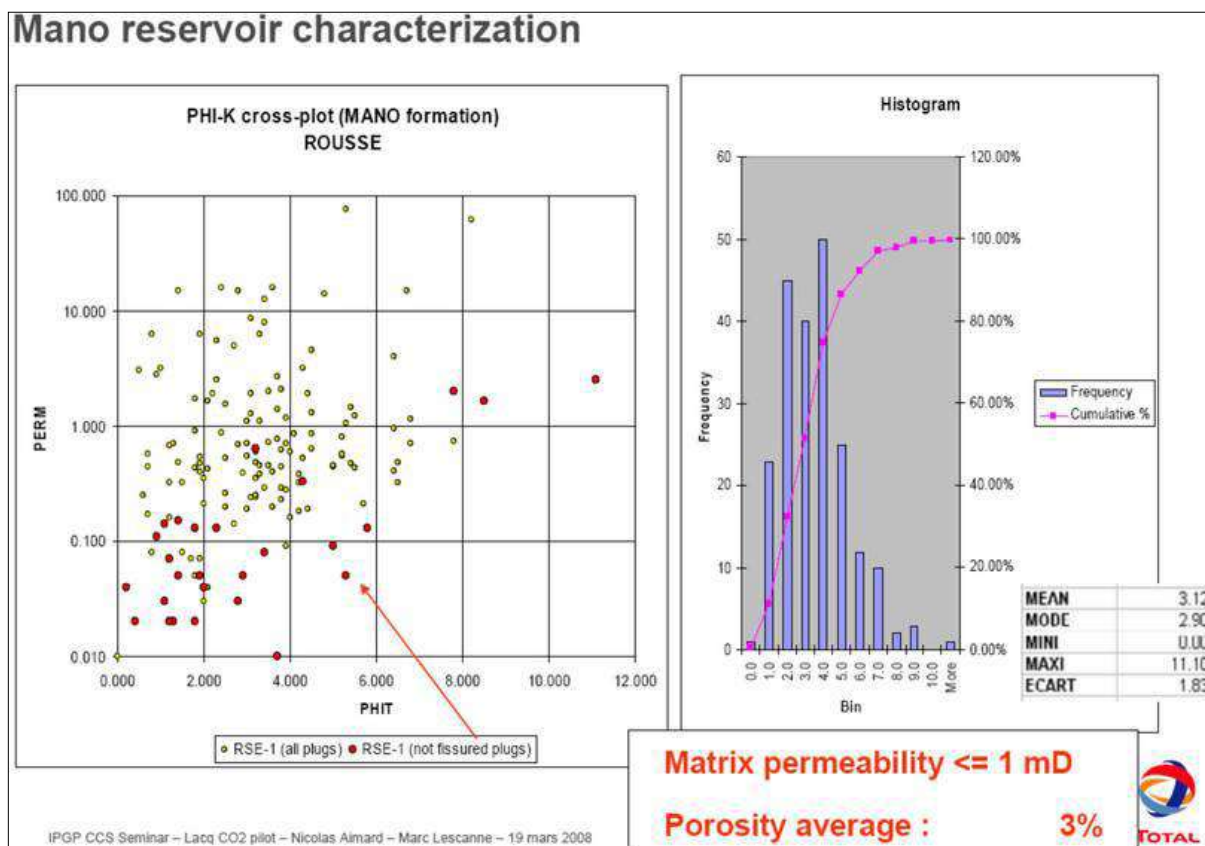


Figure 45: Graphe perméabilité/porosité du réservoir jurassique de Rousse (Total, 2009)

Les investigations de Total ont abouti, pour ce site, aux conclusions suivantes : « le modèle de dépôt n'est pas responsable du contrôle des propriétés pétrophysiques » ; « La fracturation et les circulations hydrothermales associées contrôlent les propriétés pétrophysiques du réservoir ».

Ceci indique donc clairement et confirme que les caractéristiques de la matrice des roches aquifères en profondeur est trop peu perméable (quelques dizaines de mD) pour fournir des débits en rapport avec le projet, sauf à recouper de très grandes épaisseurs possédant ces caractéristiques.

**Les perméabilités suffisantes seront obtenues principalement dans des zones fracturées, où des valeurs maximales de l'ordre de 1 à 3 Darcy ont été signalées.**

- **Pressions des aquifères**

Il est rare de pouvoir disposer de ces données dans les aquifères très profonds.

Les documents de synthèse disponibles se focalisent sur les pressions des gisements de pétrole et de gaz. Dans ces derniers, les pressions hydrostatiques peuvent être très élevées à l'origine.

### Le Crétacé inférieur

En raison de la présence de gisements de gaz, on enregistre des surpressions. La piézométrie est similaire à celle du Crétacé supérieur en raison de l'existence d'une communication hydraulique entre les deux aquifères.

En général, l'écoulement de la nappe se fait du sud-est vers l'ouest. L'alimentation des réservoirs est vraisemblablement effectuée dans une zone au nord-est et non verticalement du fait de la présence du flysch imperméable et des accidents du Front Nord-Pyrénéen.

### Le Malm

Le gisement de gaz de Lacq, à sa découverte, possédait une pression initiale voisine de 290 bars au niveau du sol. Cette valeur est très élevée.

Le gisement de gaz de Meillon se trouvait à une pression initiale voisine de 45 bars au niveau du sol.

Les aquifères présents dans le Jurassique à des profondeurs similaires (4 à 5000m) auront très certainement des pressions comparables, de plusieurs bars à dizaines de bars.

Une attention particulière sera apportée aux réservoirs exploités par les opérateurs pétroliers qui sont actuellement en général déplétés.

- **Physico-chimie des eaux**

### Le Crétacé inférieur

Les eaux circulant dans l'aquifère d'âge Crétacé du bassin de l'Adour sont très chlorurées sodiques (figure suivante).

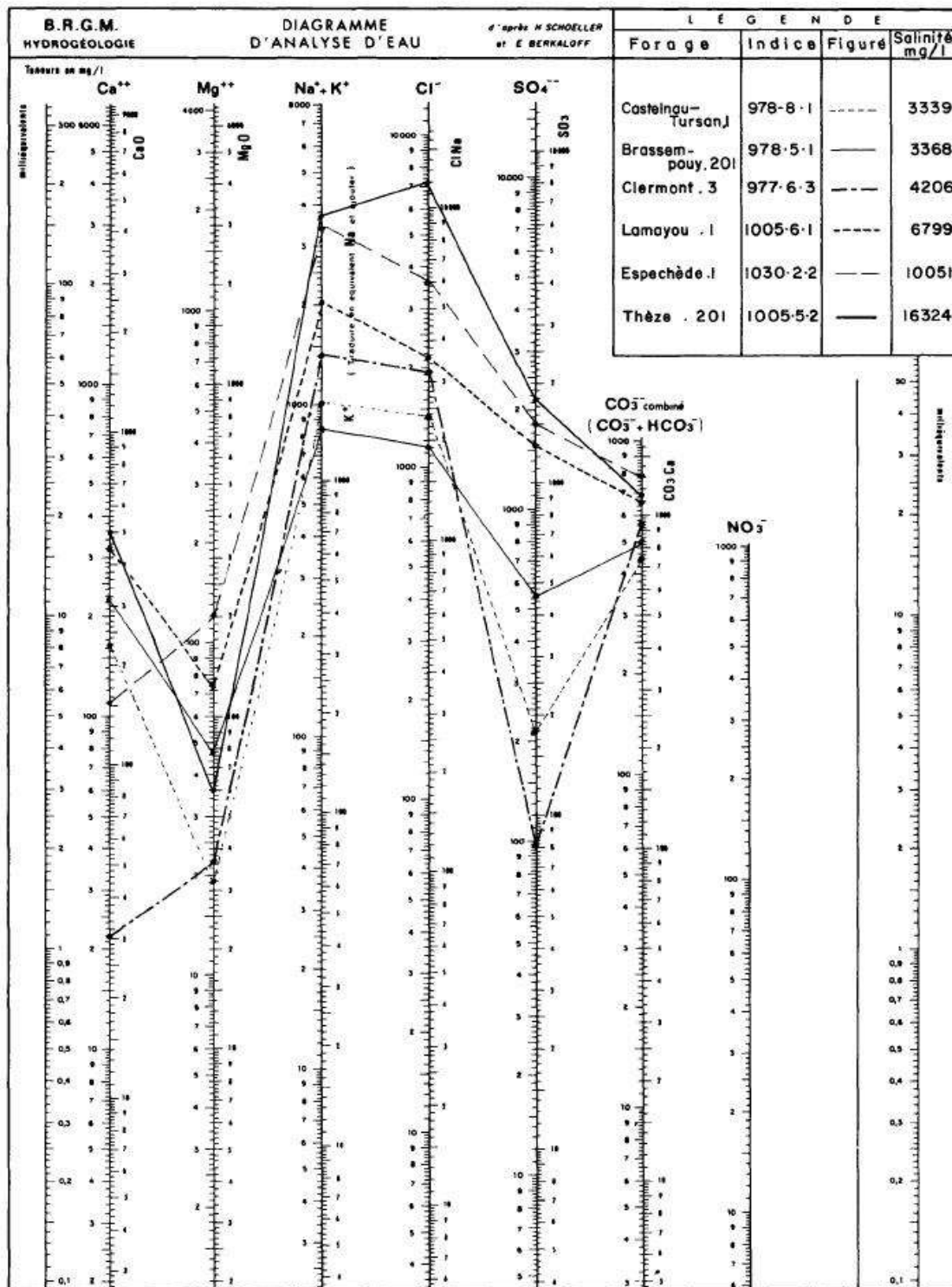


Figure 46: Diagramme de Schoëller et Berkaloff des eaux profondes du Crétacé inférieur (SNEA Elf, BRGM, 1977)

### Le Malm

Les minéralisations des fluides attendus sont potentiellement élevées (généralement supérieures à 50 g/l de salinité totale). La chimie des eaux dans le secteur est représentée figure suivante.

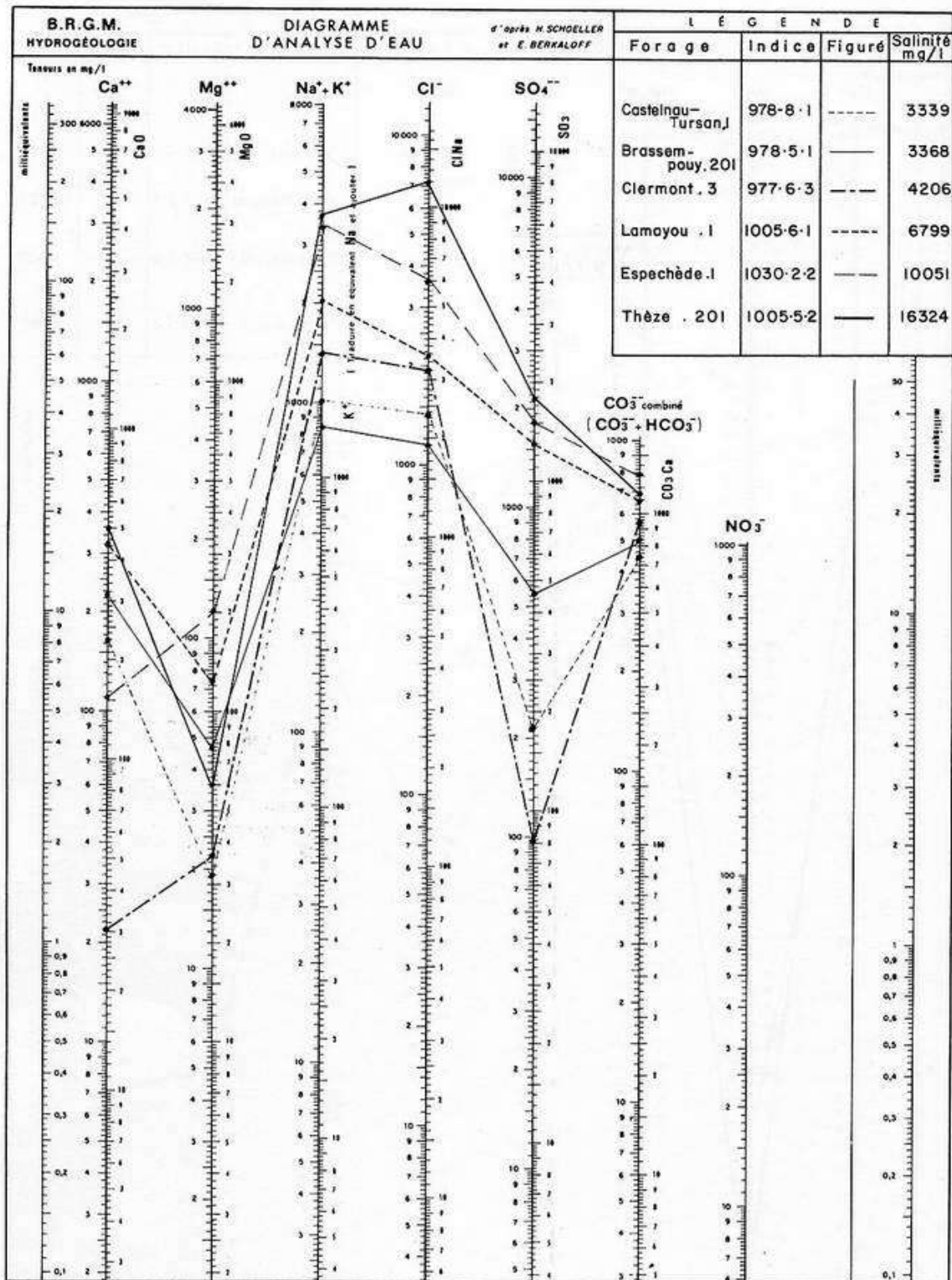


Figure 47: Diagramme de Schoëller et Berkaloff des eaux profondes du Malm (SNEA Elf, BRGM , 1977

Les ions majoritaires seront classiquement Na et Cl.

Une fraction de composés indésirables, tels le gaz H<sub>2</sub>S et éventuellement des indices d'hydrocarbures, seront présents dans le fluide géothermal. Ces caractéristiques feront peser des contraintes sur la sécurité des personnels et de l'environnement lors de forages ou d'opérations de work-over.



4000 », qui autorise le stockage d'effluents liquides dans les niveaux les plus profonds en périphérie du gisement, ne facilite pas une implantation dans ce secteur.

Les indices de gaz fréquents sont également un élément qui complique la gestion des fluides. De même, le gaz H<sub>2</sub>S, très fréquent et à teneurs parfois très élevées (jusqu'à 15% à Lacq) nécessite une grande prudence dans la conduite des opérations d'exploration puis de production (gaz mortel à de très faibles concentrations).

On sait ainsi que la complexité du secteur sud du gisement de Meillon ne permet pas d'exclure la présence de petits gisements satellites de gaz résidant dans des structures de petite taille.

Enfin, la zone du gisement de Rousse, où est implanté le démonstrateur de séquestration de CO<sub>2</sub>, est à exclure étant donné l'usage des roches carbonatées actuellement en cours.

En revanche, parmi les avantages procurés par le passé récent de l'exploration et de l'exploitation d'hydrocarbures, on retiendra la présence de nombreux forages, dont les rapports seront un élément précieux pour identifier des niveaux favorables à la réalisation d'un projet géothermique (recherche des secteurs à perte de boue, examen des tests DST et de leurs conditions de réalisation, examen des diagraphies différées dans les secteurs aquifère).

De même, la densité de lignes de sismique est un atout pour la connaissance du sous-sol, même si seules les données brutes sont théoriquement accessibles.

### 5.2.3. Cartographie et analyse multicritères

La méthodologie mise en œuvre consiste à procéder à une digitalisation puis à des opérations simples entre les grilles ainsi obtenues (addition ou soustraction de fichiers « semis » de points). Les cartes sources et les opérations effectuées sont décrites ci-après.

- **Gradient géothermique**

La carte retenue est celle de la synthèse « Potentiel géothermique du bassin aquitain » datant de décembre 1977 (BRGM, SNEAP-Elf). Aucun autre document de synthèse portant sur cet aspect n'a été réalisé à notre connaissance depuis cette date.

Les résultats ont été confrontés aux mesures et sont valables pour une tranche de -1000 à plus de -4000 m sous le niveau de la mer. Dans cette plage, la précision annoncée est de l'ordre de 5%. La « topographie » du substratum primaire a été prise en compte pour les tracés des isogrades.

Le gradient est en moyenne peu élevé. Ceci correspond à l'augmentation de l'épaisseur des dépôts sédimentaires. Des mesures récentes effectuées dans la zone axiale des Pyrénées indiquent une valeur encore plus faible, de l'ordre de 2,4°C/100m.

Les zones à fort gradient correspondent aux seuils, ou hauts fonds, permettant un pointement du substratum primaire ou de roches ignées. Elles peuvent correspondre également à la présence de roches salifères à forte conductivité thermique.

- **Toit des aquifères potentiels**

La synthèse structurale IFP/BRGM (2006) constitue la source principale de données. C'est ici la base du Crétacé inférieur qui est utilisée car un épisode d'érosion fini-Jurassique a tronqué localement les dépôts du Malm.

La précision de ces cartes est faible mais reste en rapport avec l'échelle de travail (1/500 000°). Il faut cependant rappeler que les contours reposent sur les profondeurs connues dans les puits pétroliers et sur des valeurs établies après réinterprétation de certaines lignes sismiques espacées de 30 à 50 km. Le semi de points correspondant a ensuite été interpolé par krigeage et modifié par les auteurs pour s'adapter aux contextes locaux.

Les données étant rares ou inexistantes dans les sous-bassins (Arzacq et Tarbes), il conviendra d'être prudent dans l'interprétation des contours dans ces zones.

La complexité structurale à échelle locale, induite par la fracturation en blocs, peut se visualiser sur la figure suivante qui schématise le fractionnement de la plateforme carbonatée du Jurassique moyen.

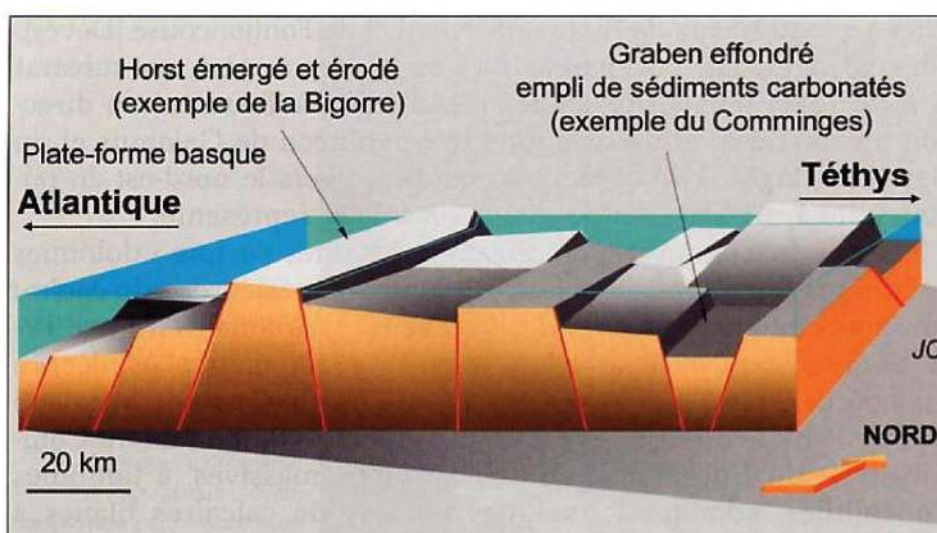


Figure 49: Plate-forme carbonatée au Jurassique moyen, horst et graben (J ; Canérot, 2008)

L'un des résultats de cette fracturation est le gisement de Rousse dont une coupe synthétique est présentée sur la figure suivante.

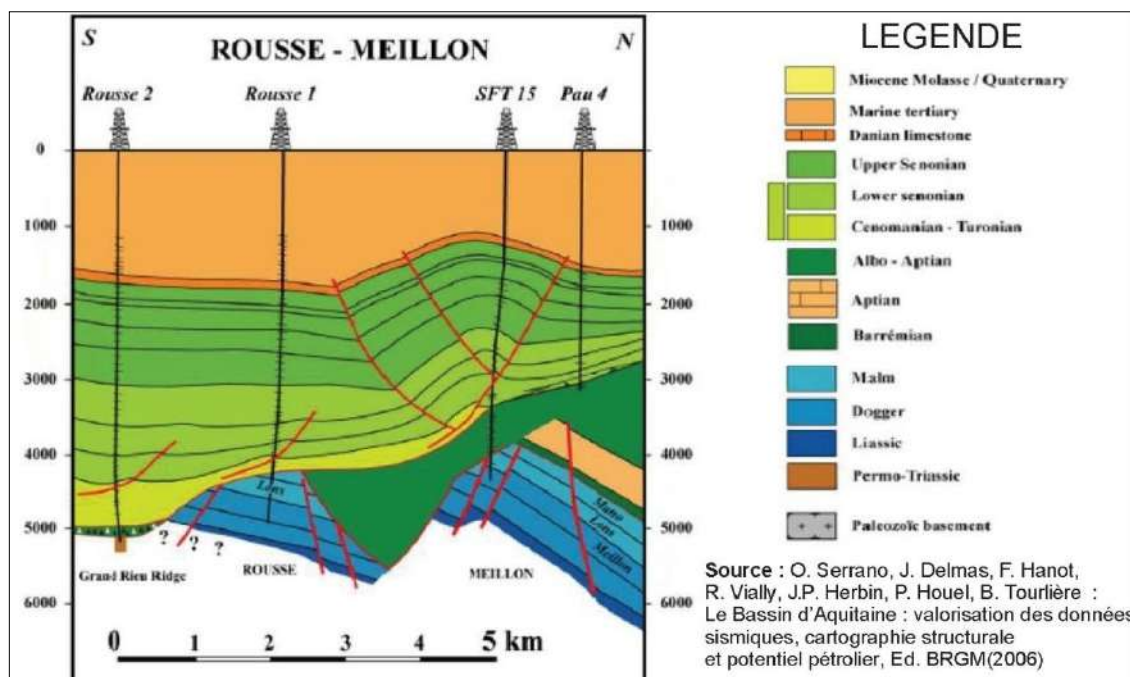


Figure 50: Coupe Nord-Sud du gisement de Rouse (BRGM/IFP, 2006)

Les tracés des cartes de synthèse sont donc à considérer pour l'échelle de travail au 1/500 000°, le passage à une échelle plus grande nécessitant de s'appuyer sur des documents plus précis permettant d'augmenter la densité d'information.

- **Température à la base du Crétacé**

La carte du gradient géothermique multiplié par la profondeur de la base du Crétacé permet d'obtenir la température théorique sur la totalité du Bassin.

La température moyenne à 0 mNGF a été prise égale à 16°C pour la totalité de la zone.

La formule utilisée est donc :

$$\Theta_{\text{base Kinf}} (\text{°C}) = \Theta_{\text{moy 0mNGF}} (\text{°C}) + [(Prof \text{ base Kinf} (m)) \times (\text{Gradient} (\text{°C/m}))]$$

Au sommet de l'Albo-Aptien, les températures sont de l'ordre de 100 °C. Elles peuvent atteindre 150° au niveau du Barrémien (fosse anticlinale d'Arzacq).

La zone d'intérêt occupe une superficie de l'ordre de 2000 km<sup>2</sup> orientée globalement le long de la vallée du Gave de Pau. Compte tenu des précisions, les abords immédiats de cette limite sont également à considérer avec précaution.

Sur ces cartes, le secteur de Parentis (proche Arcachon) a été éliminé car les profondeurs sont insuffisantes pour obtenir les températures minimales. Les températures des gisements d'huile mesurées sont de l'ordre de 90°C. Le gradient est trop faible pour atteindre le seuil de 130°C en surface dans les niveaux ciblés.

Quelques points localisés aux environs de Saint Gaudens émergent également. Ils correspondent à de petites structures, souvent explorées pour les hydrocarbures, mais dont l'extension est très limitée. Ces secteurs, du fait de leur complexité structurale, n'ont pas été retenus.

**La zone favorable s'établit donc au piémont pyrénéen, entre Orthez et l'ouest de Tarbes. Ces endroits sont les seuls où les profondeurs sont suffisantes (de l'ordre de 5000 m sous le niveau de la mer) pour atteindre les températures nécessaires au développement du projet.**

- **Isopaques Crétacé inférieur et Jurassique supérieur (Malm)**

Des cartes isopaques du Crétacé inférieur et du Malm (Jurassique supérieur) ont été élaborées. Ces niveaux sont reconnus comme aquifères régionalement, ou comme réservoirs à hydrocarbures.

Les épaisseurs résiduelles du Malm varient de 0 m (zones érodées) à plus de 750 m au nord du bassin d'Arzacq.

Il faut cependant préciser que la précision des cartes est dégradée par la diminution du nombre de forages permettant de pointer précisément la base du Malm. Cette contrainte augmente avec la profondeur.

- **Carte des puits pétroliers répertoriés et accessibilité du sous-sol**

L'ensemble des ouvrages pétroliers recensés dans la base de données Infoterre du BRGM et gérés par le BEPH a été représenté dans la zone d'intérêt ou à proximité immédiate.

La densité la plus élevée de puits est logiquement située au droit du gisement de Lacq.

La fermeture des gisements de gaz de ce district est programmée pour 2013, date à partir de laquelle il sera procédé au rebouchage des puits. Ce programme devrait s'étaler sur 10 à 20 années.

- **Carte synthétique des faciès des prospect**

La variabilité latérale des faciès est évoquée dans les documents consultés.

Les logs lithologiques des puits disponibles ont été représentés à la même échelle, de manière à permettre de visualiser les faciès en présence et cette variabilité sur la zone d'étude.

Une zone à anhydrite est également reportée. Ce secteur, peu favorable, n'est pas inclus dans la zone d'intérêt.

La variabilité des épaisseurs des niveaux potentiellement aquifères est également représentée. Il apparaît que le Jurassique peut être totalement érodé ou au contraire atteindre plusieurs centaines de mètres de puissance.

- **Zones à privilégier pour une prospection de détail**

Etant donné les informations collectées, il semble que seules les zones où la fracturation N160° se sera développée pourront permettre d'extraire et de réinjecter des débits en rapport avec le projet.

**On retiendra en conclusion que tout secteur faillé du Crétacé inférieur et du Jurassique carbonaté, au sein duquel les accidents sont subverticaux et orientés selon la direction de contrainte principale, est potentiellement intéressant.**

**Il a été vérifié que l'extension de cette zone est suffisante.**

#### 5.2.4. Conclusion : Justification géologique du permis « Pau – Tarbes »

D'après les données disponibles et exploitées dans le cadre de cette étude on peut, au niveau géologique, considérer la zone Pau – Tarbes comme la partie orogénique de chevauchement et de plissement du Bassin Aquitain. En conséquence, il s'agit d'une région très tectonisée et fracturée.

De plus, la zone ayant été l'objet d'une vaste exploitation pétrolière à partir des années 60, Georhin dispose d'une grande quantité de données : des diagraphies (archives BEPH), des profils sismiques, des coupes 2D et 3D (archives TOTAL et BRGM), des synthèses (BRGM et IFP, 1977 et 2006) ainsi que de nombreux forages existants (en production ou arrêtés) qui ont permis d'acquérir des données complémentaires.

Les cibles (Crétacé inférieur et Jurassique supérieur) sont des compartiments possédant une forte perméabilité secondaire due à la fracturation dans les zones de faille.

Enfin, le territoire du permis « Pau – Tarbes » couvre une région très industrialisée et densément peuplée, ce qui offre un bon potentiel de débouchés d'utilisateurs de thermie.

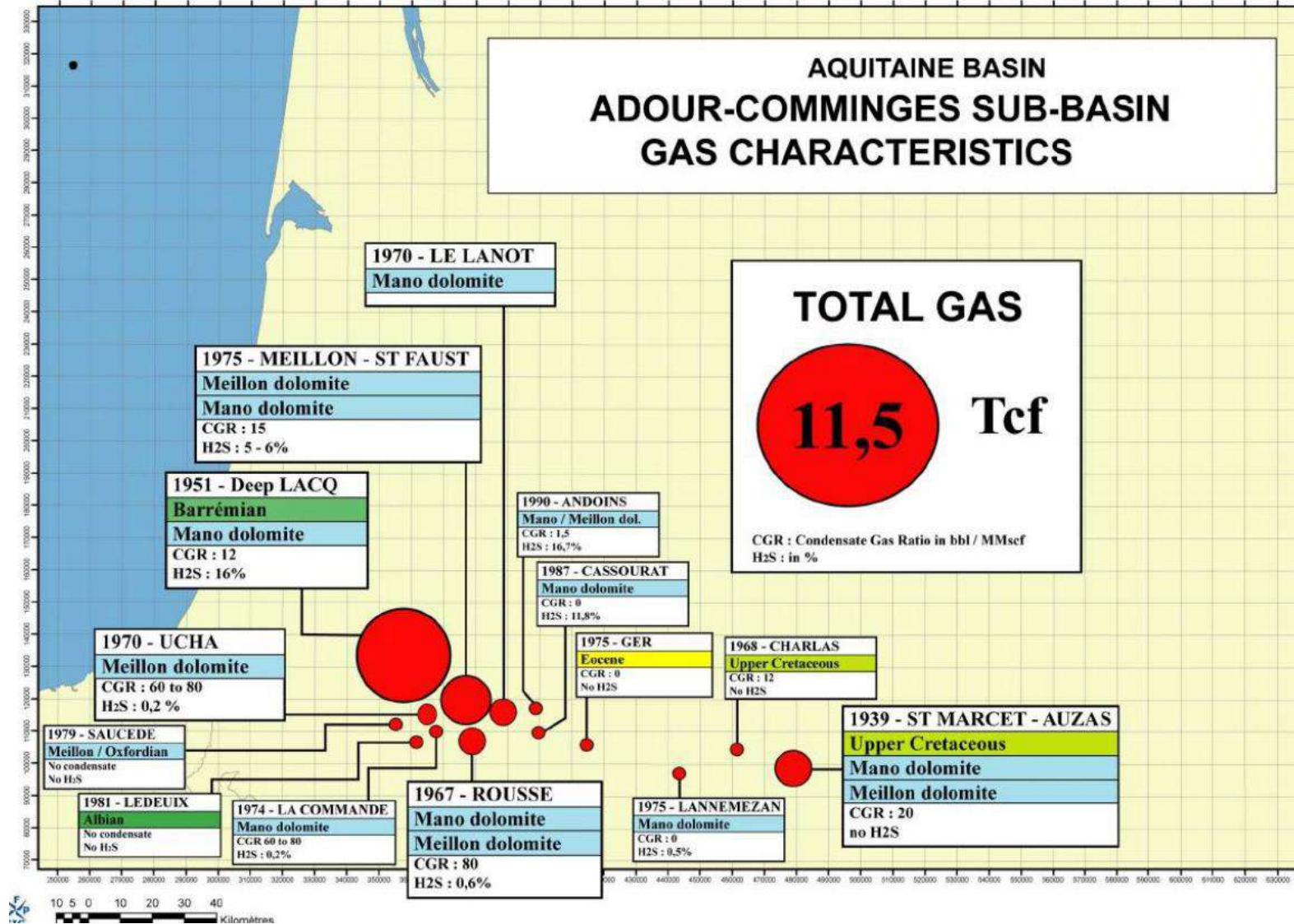


Figure 51: Caractéristiques des effluents gazeux (BRGM/IFP, 2006)

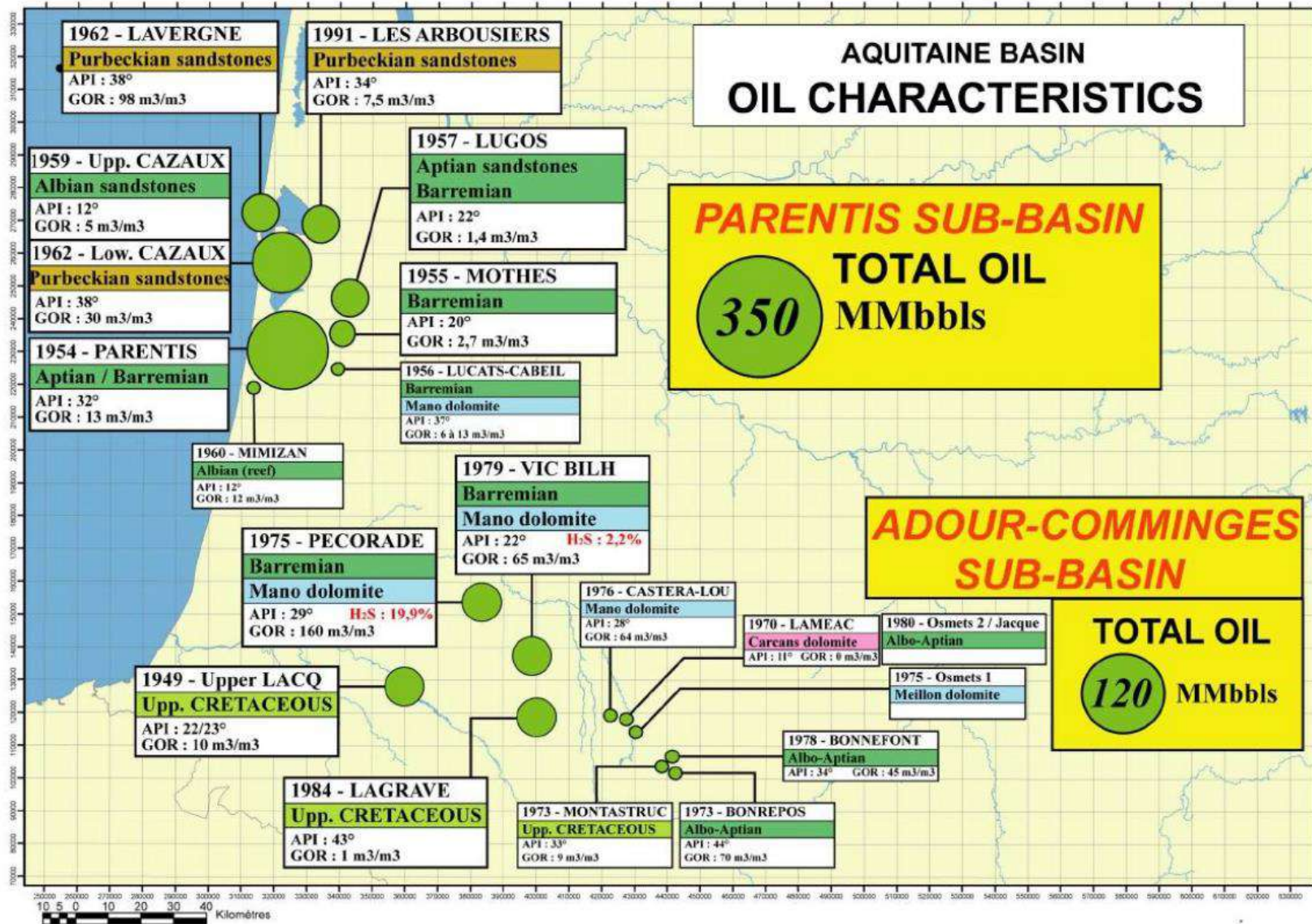


Figure 52: Caractéristiques des huiles (BRGM/IFP, 2006)

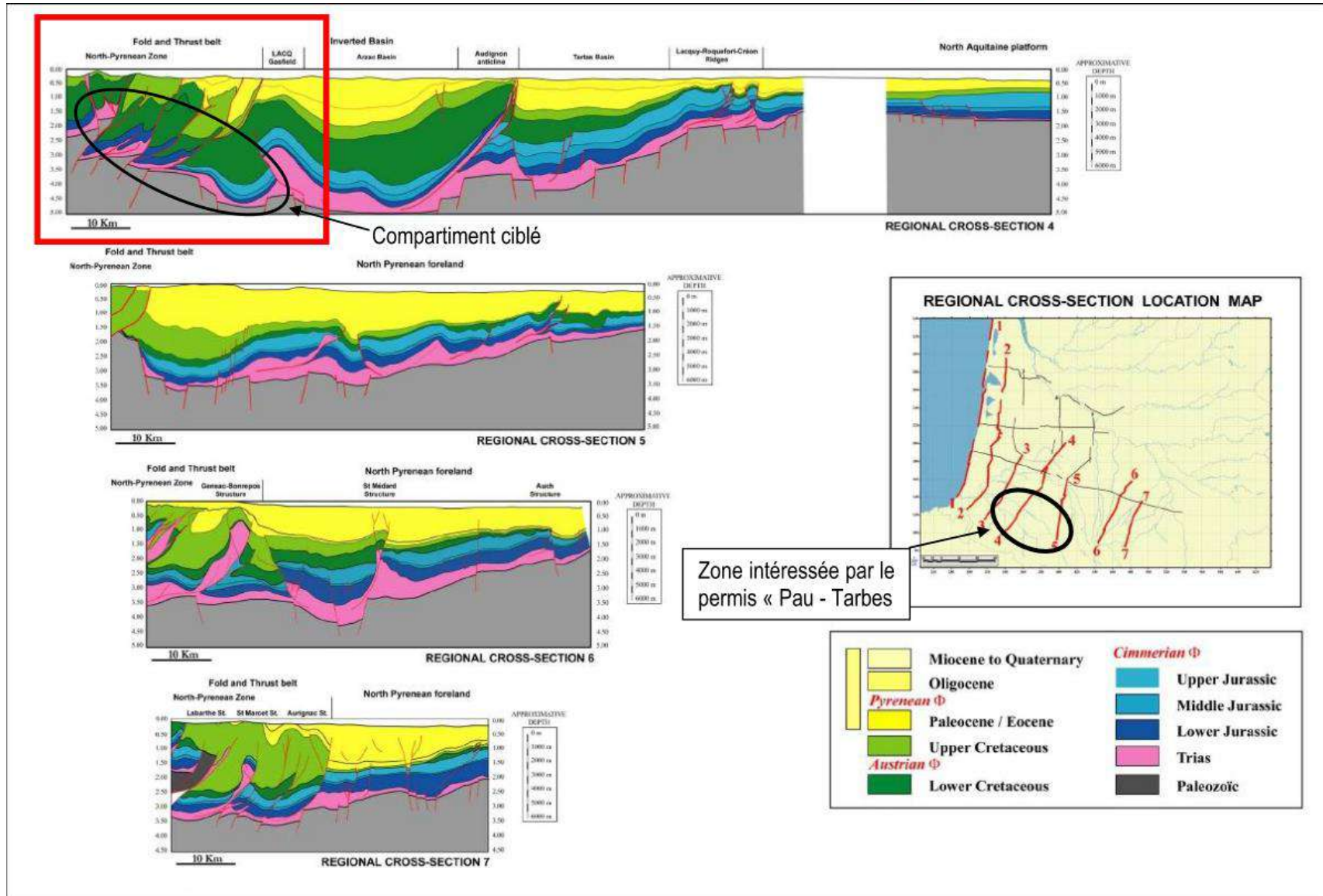


Figure 53: Coupes géologiques régionales avec zone intéressée par le PER Pau-Tarbes (BRGM/IFP, 2006)

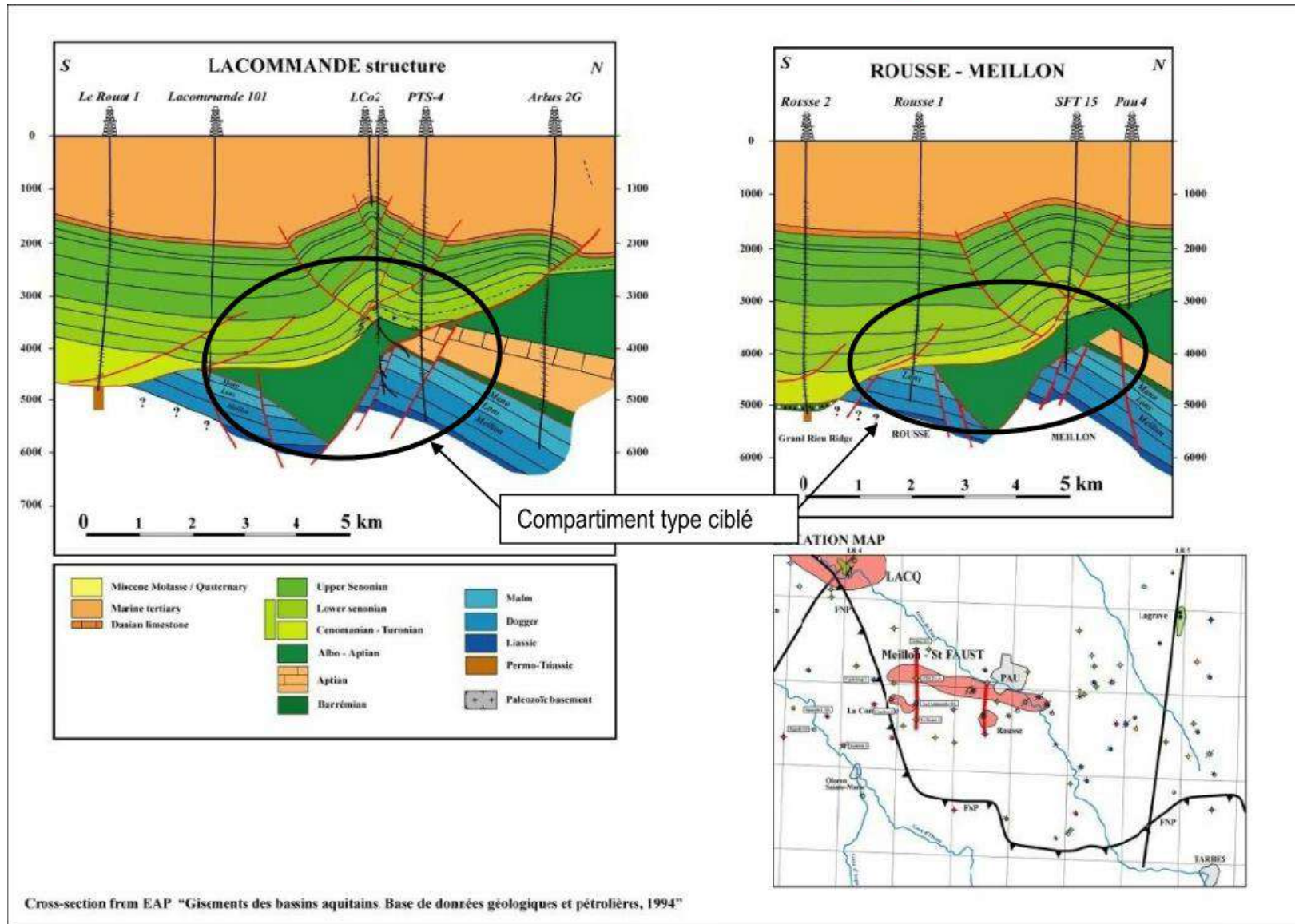
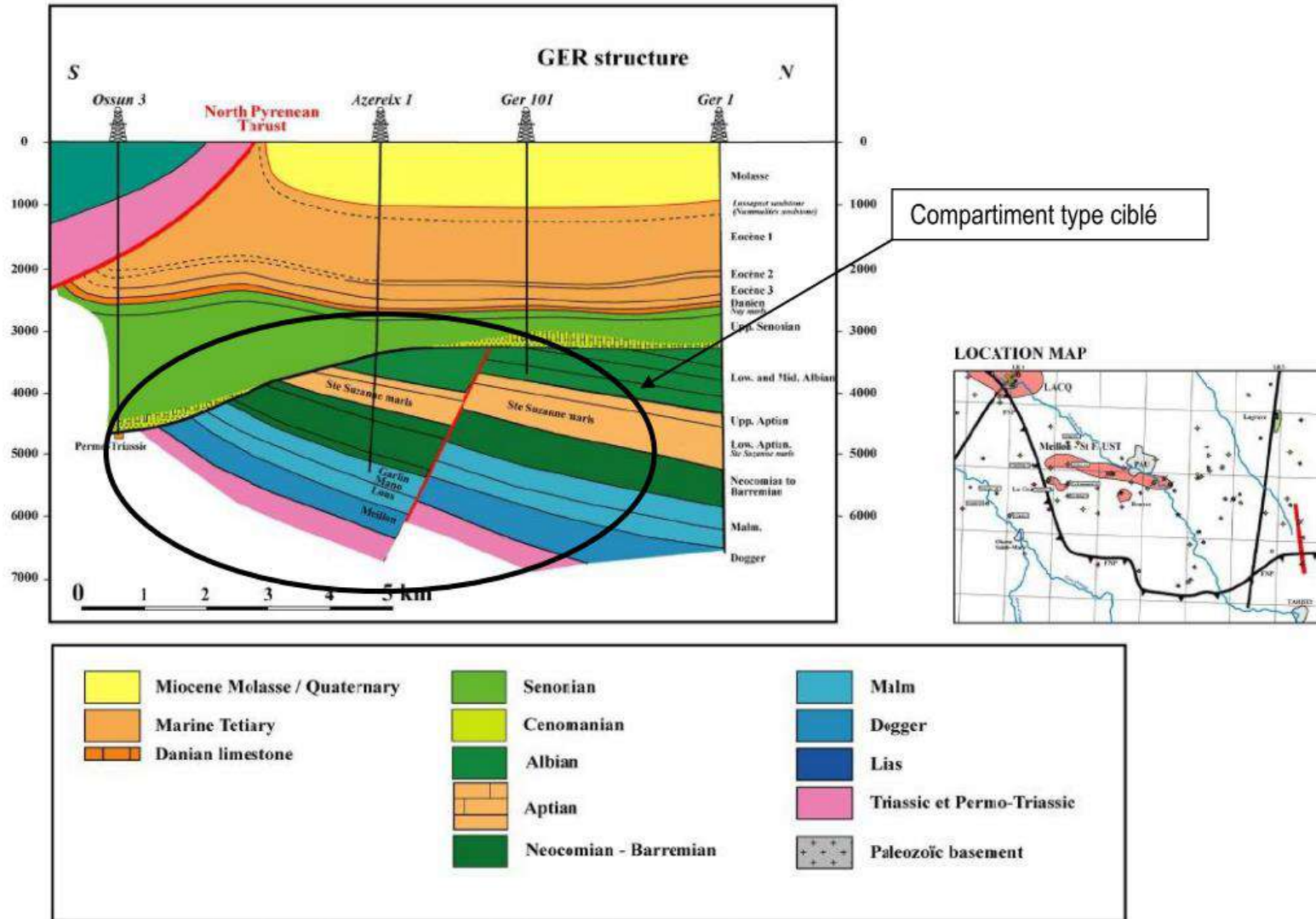


Figure 54: Structures de Lacommande et de Rousse-Meillon (BRGM/IFP, 2006)



Cross-section from EAP "Gisements des bassins aquitains. Base de données géologiques et pétrolières, 1994"

Figure 55: Structure de Ger (zone type ciblée) (BRGM/IFP, 2006)

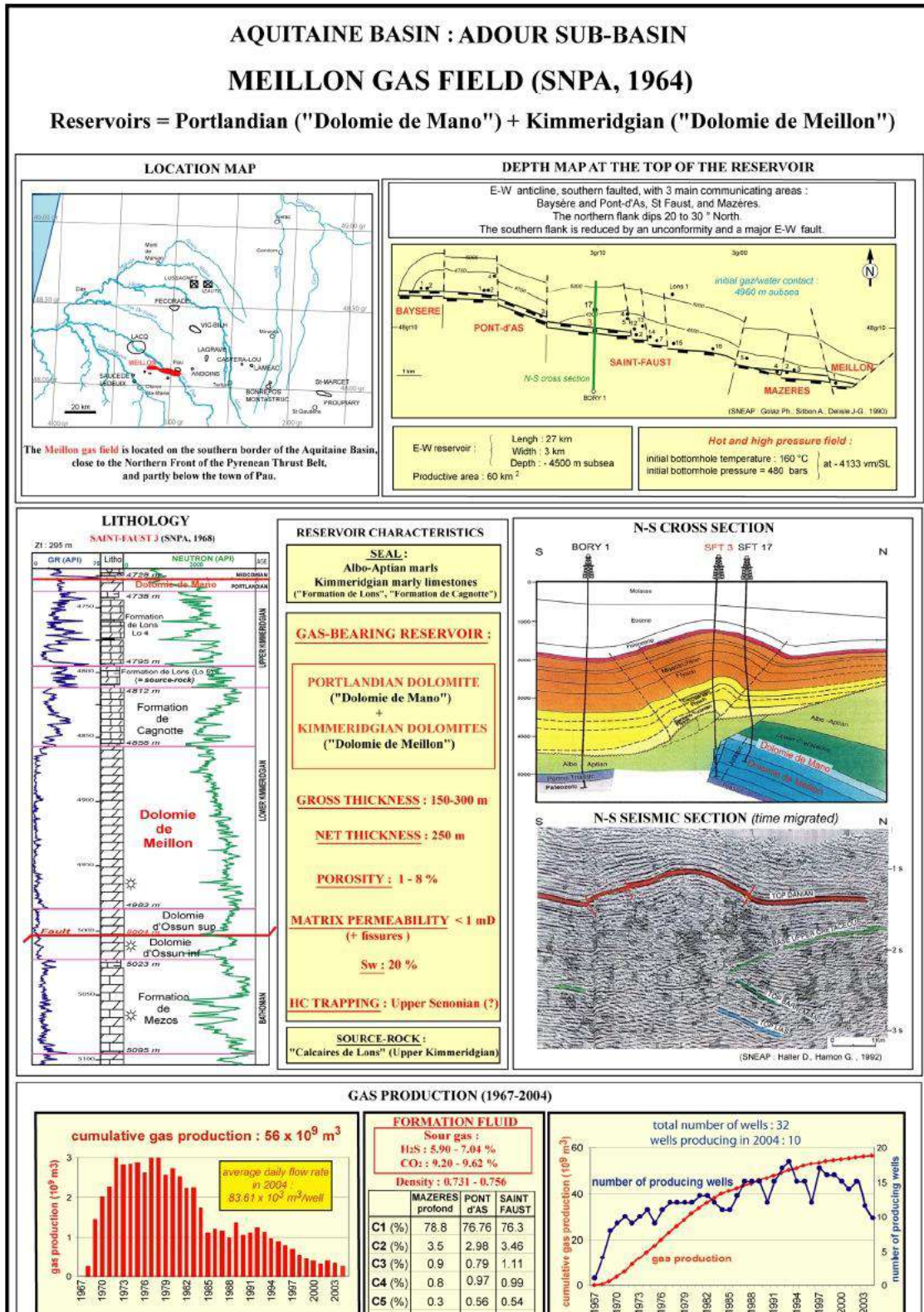


Figure 56: Gisement de gaz de Meillon (BRGM/IFP, 2006)

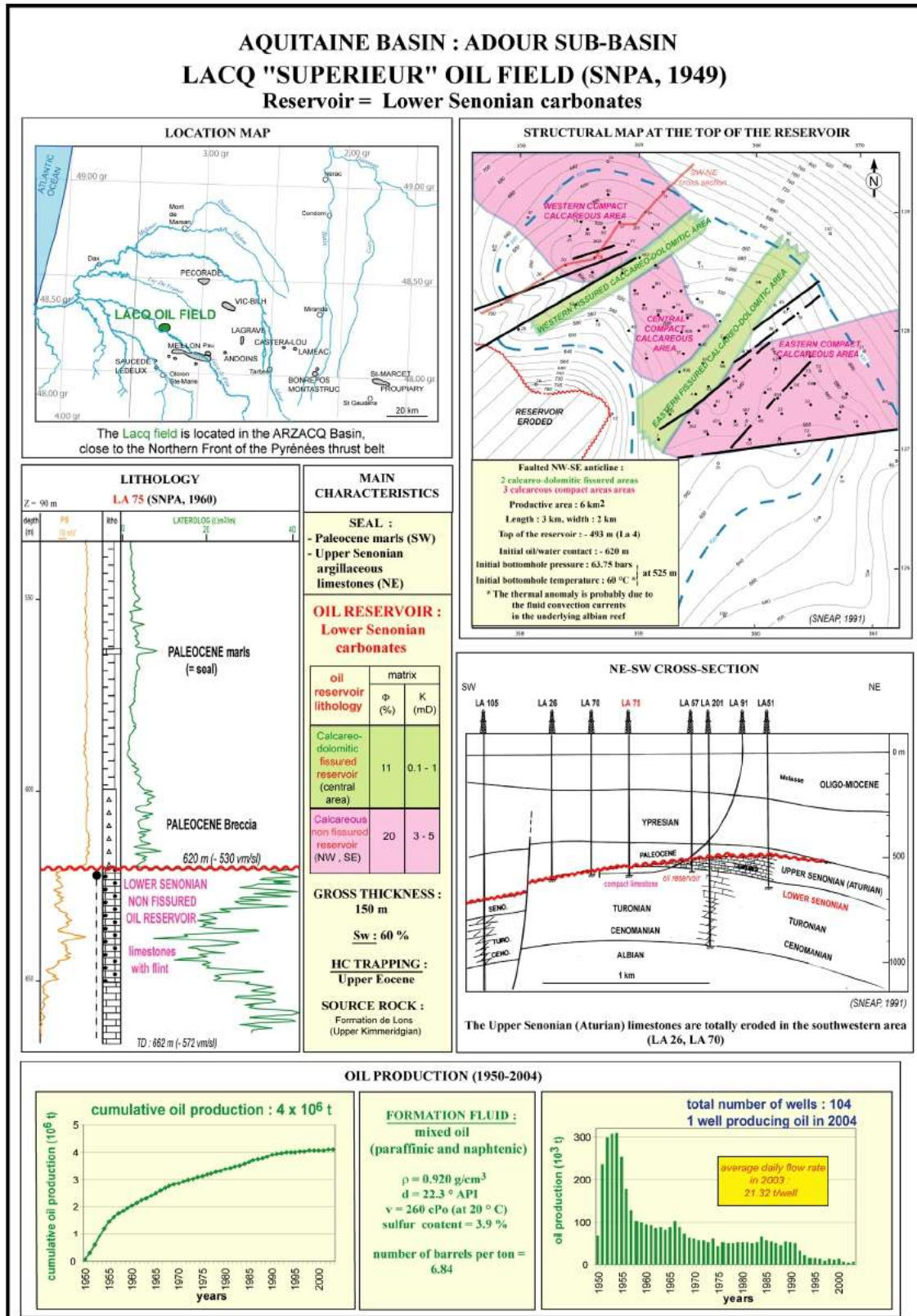


Figure 57: Gisement d'huile de Lacq supérieur (BRGM/IFP, 2006)

## 6. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

### 6.1. Généralités

Le secteur du permis renferme de plusieurs systèmes aquifères superposés, captifs et libres, dont certains font l'objet d'une exploitation intense notamment pour l'eau potable. On soulignera cependant que sur ce territoire centré sur le bassin d'Arzacq, la grande profondeur d'enfouissement des formations tertiaires et secondaires en limite de manière générale l'exploitation et les principaux aquifères exploités sont ceux des formations alluviales des principaux cours d'eau.

Toutefois, en raison de l'utilisation de ces ressources, une attention particulière sera portée à leur protection lors des travaux. On se reportera au paragraphe 6.5.2. pour la position des captages AEP du territoire du permis.

Depuis la création de la directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000, un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau a été établi. Cette directive demande aux Etats membres de prendre des dispositions pour assurer le bon état des ressources en eau. Elle fixe un objectif ambitieux aux pays membres de l'Union Européenne : donner un coup d'arrêt à la dégradation des eaux et des milieux aquatiques et parvenir à un " bon état " à l'échéance 2015.

Pour ce faire, elle propose de désigner des unités de gestion : les masses d'eau (ME) soit superficielles, littorales ou souterraines. Ces masses d'eau devront à terme constituer le référentiel du suivi, des plans de gestion et d'unités de la surveillance. Les masses d'eau référencées sur le territoire du permis sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Code	Nom	Type
5028	Alluvions de l'Adour et de l'Echez, l'Arros, la Bidouze et la Nive	Alluvial - Libre
5030	Alluvions du Gave de Pau	Alluvial - Libre
5051	Terrains plissés du BV des gaves secteurs hydro q4, q5, q6, q7	Intensément plissé - Libre
5082	Sables, calcaires et dolomies de l'éocène-paléocène captif sud AG	Dominante sédimentaire - Captif
5044	Molasses du bassin de l'Adour et alluvions anciennes de Piémont	Imperméable et localement aquifère – Captif et majoritairement libre
5081	Calcaires du sommet du crétacé supérieur captif sud aquitain	Dominante sédimentaire - Captif
5091	Calcaires de la base du crétacé supérieur captif du sud du bassin aquitain	Dominante sédimentaire - Captif
5080	Calcaires du jurassique moyen et supérieur captif	Dominante sédimentaire - Captif

Tableau 10: Masses d'eau souterraines référencées sur le territoire du permis

## 6.2. Présentation des aquifères

### 6.2.1. Les aquifères alluviaux à nappe libres :

Il s'agit des nappes alluviales des principaux cours d'eau : Adour et Gave de Pau et d'Oloron.

Ces aquifères sont composés d'alluvions perméables sableuses et graveleuses qui présentent des caractéristiques hydrodynamiques permettant leur exploitation au moyen de puits peu profonds. Leur productivité décroît toutefois de l'amont vers l'aval en raison de l'argilosité croissante des terrains dans cette direction.

Ils sont largement utilisés dans la zone sollicitée pour l'Alimentation en Eau Potable ainsi que pour l'irrigation.

Ces aquifères sont très vulnérables car peu ou non protégés de l'impact des activités de surface.

### 6.2.2. Aquifères intra-molassiques

Les séries molassiques qui se sont déposées dans la région de l'oligocène au miocène, d'extension régionale, sont des dépôts continentaux caractérisés par une sédimentation discontinue et apparemment désordonnée. Elles sont constituées par des formations à dominante marneuse (donc imperméable) au sein desquels sont intercalés des niveaux lenticulaires calcaires et/ou gréseux pouvant être aquifères.

Ces niveaux, qui présentent des caractéristiques hydrodynamiques relativement médiocres, sont généralement peu alimentés, cette alimentation devenant toutefois un peu plus importante à proximité des structures anticlinales. Ces ressources peuvent être exploitées par de nombreux ouvrages mais uniquement pour une utilisation très locale, car les débits sont généralement très faibles compte tenu de leurs caractéristiques généralement médiocres et de leur faible alimentation.

### 6.2.3. Aquifère Eocène

L'aquifère Eocène est présent sur le territoire du permis au nord du chevauchement frontal nord-pyrénéen. Il affleure au sud-est de la zone sollicitée et cet affleurement en constitue d'ailleurs une zone d'alimentation.

Appelé communément aquifère des Sables Infra-molassiques, il représente une ressource stratégique dans le Bassin Aquitain où, du fait de la bonne qualité des eaux qu'il renferme, il constitue la ressource en eaux souterraines la plus sollicitée du Bassin et donc la plus surveillée. On observait ainsi jusqu'en 2000 une augmentation régulière des prélèvements et un abaissement du niveau piézométrique continu depuis 20 ans, atteignant plus de cinquante centimètres par an en certains endroits. Depuis, une certaine stabilité des prélèvements semble s'être installée.

Sa géométrie est relativement complexe en raison de fortes variations de profondeur liées à la structuration profonde du bassin. Il se présente sous un complexe de facies variés à dominante sableuse ou gréseuse et se biseaute au voisinage des anticlinaux (Audignon, ride de Roquefort-Créon-Barbotan). Les écoulements sont orientés du sud vers le nord dans la région du permis.

Cet aquifère est largement exploité à la fois pour l'eau potable, pour l'irrigation, pour le thermalisme et pour les stockages de gaz d'Izaute et Lussagnet au nord-est de la zone d'étude. Ce dernier usage induit des fluctuations saisonnières de pression dans la nappe liées aux cycles d'injection et de soutirage de gaz. La zone d'influence s'étend sur plusieurs dizaines de kilomètres autour des stockages, les plus faibles amplitudes de variation de niveau de nappe s'observant à quelque 50 à 60 km vers l'Est

Au droit du périmètre sollicité, l'aquifère éocène est exploité pour l'Alimentation en Eau Potable à Bordes, au sud-est de Pau.

#### 6.2.4. Aquifère Paléocène

L'aquifère Paléocène, ou plus couramment nommé Dano-Paléocène, est présent au nord d'une ligne Pau-Tarbes. Il est constitué par des formations calcaires et dolomitiques, qui deviennent plus argileuses et non aquifères vers l'Ouest et donc sur le territoire du permis.

Localement connecté avec l'aquifère éocène sus-jacent, l'aquifère Paléocène est exploité pour l'alimentation en eau potable et pour un usage thermal au nord de la zone d'étude, à Eugénie les Bains notamment, où il remonte vers la surface à la faveur de la structure anticlinale d'Audignon.

#### 6.2.5. Aquifère du Crétacé supérieur

On distingue couramment deux aquifères au sein du crétacé supérieur : le Sénonien supérieur calcaire d'une part, et le Cénomaniens-Turonien à Sénonien inférieur calcaire dolomitique d'autre part. Ces aquifères font l'objet d'une utilisation pour l'eau potable, bien plus au nord du territoire du permis, en bordure de l'Adour.

En effet, dans la zone concernée ici, la profondeur d'enfouissement de ces formations en limite les usages comme par exemple au droit de la ville de Pau où le toit du crétacé supérieur est situé à une profondeur supérieure à 1500 m.

On notera toutefois que ces formations appartiennent à la masse d'eau n°5051 dénommée « Terrains plissés du Bassin Versant des Gaves » dans l'angle sud-ouest du permis en arrière du front nord pyrénéen. Dans ce secteur, le faciès de type flysch à dominante argileuse ainsi que l'intense structuration des formations ne permettent pas le développement de vastes étendues aquifères.

#### 6.2.6. Aquifère du Crétacé inférieur

Il s'agit de la cible secondaire des travaux qui font l'objet de la présente demande de PER. Ses caractéristiques ont été présentées en détail dans le chapitre précédent, mais on rappellera ici les principales pour mémoire.

Les faciès potentiellement aquifères sont constitués par deux sous-ensembles séparés par les Marnes de Sainte-Suzanne, dont l'épaisseur atteint plusieurs centaines de mètres. Il s'agit, au sommet, de l'ensemble supérieur albo-aptien avec principalement des calcaires dolomitiques et fracturés et en partie inférieure de calcaires bioclastiques d'âge aptien inférieur à néocomien.

Situé à grande profondeur sur le territoire du permis, le Crétacé Inférieur renferme, avec le Jurassique sous-jacent, les principaux gisements d'hydrocarbures du Bassin Aquitain. Par conséquent, du fait de la présence d'hydrocarbures et la température élevée des eaux qu'il renferme, il n'est pas exploité pour l'alimentation en eau dans le secteur.

#### 6.2.7. Aquifère du Jurassique

Egalement présenté en détail dans le chapitre précédent, il s'agit du réservoir cible principal dans le cadre de ces travaux.

Le faciès représenté dans le secteur, connu sous le nom de « Dolomie de Mano » pour la partie supérieure, est de nature essentiellement calcaire et dolomitique. Il contient des eaux de qualité variable, avec par endroits des

hydrocarbures. Généralement très profondément enfoui, à plusieurs milliers de mètres de profondeur, il n'est pas exploité pour l'alimentation en eau dans le secteur.

### 6.3. Qualité des eaux

Selon l'agence Adour-Garonne en 2012, les Nitrates, et, dans une moindre mesure, *pesticides*, sont :

- en cause pour 70 % des masses d'eau superficielles risquant de ne pas atteindre le bon état chimique.
- 25 % des masses d'eau souterraine n'atteindront pas le bon état 2015 pour des problèmes de nitrates.

Les zones vulnérables à la *pollution* par les nitrates d'origine agricole, définies en application de la directive nitrates de 1991, couvrent environ 25 % de la surface totale du bassin.

La carte suivante montre que la qualité des eaux souterraines est variable sur le territoire du permis. La moitié est du permis est clairement en zone vulnérable. La partie ouest ne l'est quasiment pas à l'exception d'une langue nord-sud au cœur de cette partie.

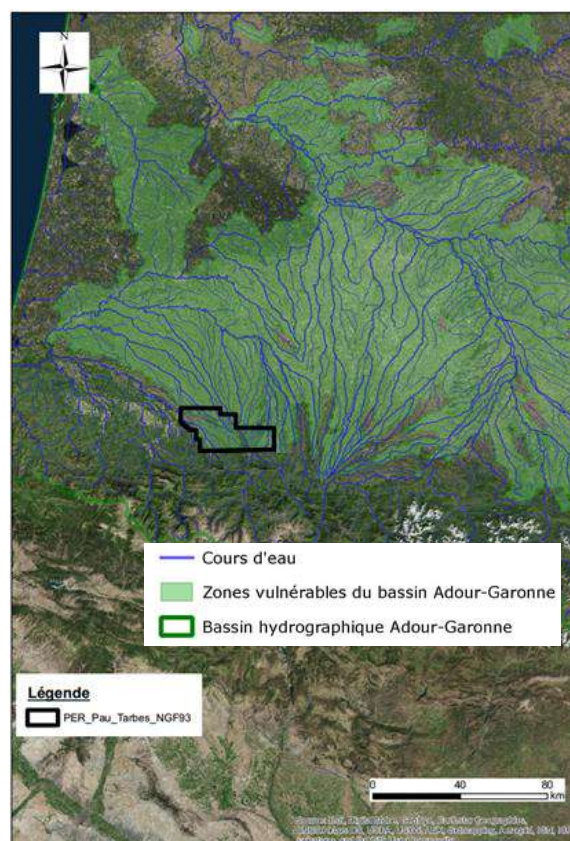


Figure 58: Zones vulnérables du Bassin Adour-Garonne (source : Agence de l'Eau Adour Garonne, 2012)

## 6.4. Documents de planification au regard de l'enjeu de l'eau

### 6.4.1. Le SDAGE Adour-Garonne

Le SDAGE Adour-Garonne 2016/2021, s'inscrit dans le cadre du Code de l'Environnement qui a intégré la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques du 30 décembre 2006 (LEMA), ainsi que les préconisations de la Directive Cadre sur l'Eau européenne (DCE) d'octobre 2000.

Il tient également compte de la loi du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement. Il court sur une durée de 5 ans et provient de la révision de celui de 2010/2015.

Le SDAGE 2016-2021 est une mise à jour du précédent cycle de programmation (2010-2015). Les choix de redéfinition des objectifs environnementaux et des orientations/dispositions découlent de la prise en compte du socle constitué par le SDAGE 2010-2015 en vigueur et des six grands principes validés en décembre 2013 par le comité de bassin :

- cibler d'avantage l'atteinte des résultats et être plus opérationnel notamment en proposant un nombre de dispositions réduit pour en faciliter l'utilisation (154 dispositions au lieu de 232) ;
- respecter les obligations européennes (objectifs environnementaux) ;
- viser des objectifs environnementaux ambitieux mais réalistes. Les objectifs ont donc été revus au regard de l'état actuel des masses d'eau (relativement stables malgré une surveillance plus précise), des contraintes naturelles et physiques (inertie naturelle des milieux, manque de connaissances de l'effet du changement climatique) et des réalités politiques et économiques du bassin (délais dus aux exigences techniques et organisationnelles, contexte économique défavorable, ralentissements institutionnels dus à la réforme des collectivités territoriales) ;
- privilégier les actions préventives aux actions curatives dans un principe d'efficacité, permettant ainsi de préserver l'avenir (prise en compte des conséquences du changement climatique et des évolutions démographiques, politiques, économiques et sociales sur le bassin) ;
- assurer la compatibilité avec les directives communautaires relatives aux inondations (DI) et aux milieux marins (DCSMM). Les objectifs environnementaux de bon état écologique des eaux marines en 2020 sont pris en compte dans les dispositions du SDAGE, notamment via la gestion amont-aval des cours d'eau et la réduction des pressions telluriques. Le SDAGE et le plan de gestion du risque d'inondation (PGRI) ont défini des dispositions communes pour la prévention des inondations au regard de la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Dans ce cadre, la préservation des espaces de bon fonctionnement des cours d'eau est préférée aux ouvrages de protection lourds pour gérer l'aléa ;
- favoriser « l'association optimale » des partenaires et acteurs locaux dans l'élaboration des objectifs du SDAGE et des actions des plans d'action opérationnels territorialisés (PAOT) pour faciliter leur appropriation des objectifs et des actions.

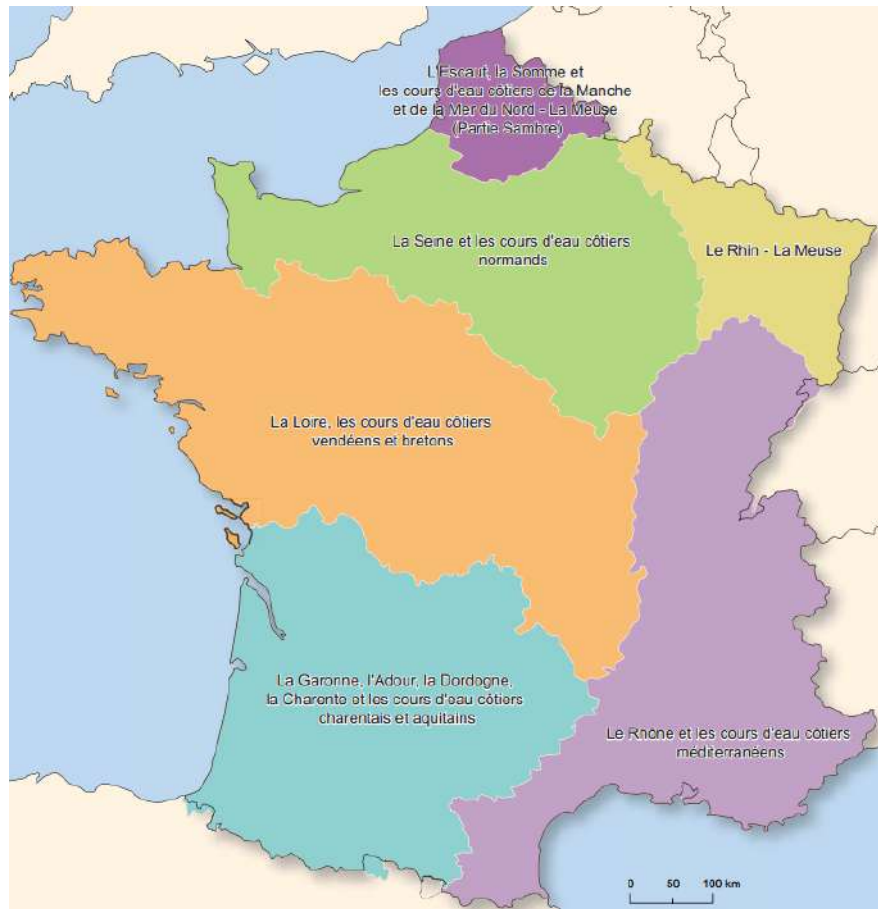


Figure 59: Carte des différents SDAGE en France métropolitaine (Agence Adour-Garonne, 2016)

#### 6.4.2. Le plan de gestion des étiages (PGE)

Le territoire est concerné par deux PGE :

- Le PGE Adour Amont, qui est le premier élaboré dans le bassin Adour-Garonne. Il a été validé par l'Etat (Préfet des Landes) le 2 juin 2003.
- Le PGE Luys Louts, dont l'objectif est de compléter ce premier dispositif en ajoutant les affluents de l'Adour entre la Midouze et le Bec des Gaves. Il est pour l'instant au stade « engagé », ce qui signifie que l'état des lieux a été réalisé et que des scénarii et des négociations sont en cours.

Le PGE est l'un des outils du SDAGE visant à retrouver une situation d'équilibre entre les usages de l'eau et le milieu naturel, traduite par le respect des débits d'objectif d'étiage. Il s'agit d'un protocole d'accord entre différents partenaires (Etat, agriculteurs, Agence de l'Eau, EDF,) dans le domaine de la gestion quantitative de la ressource en période d'étiage. Des objectifs de débit d'étiage (DOE) et de crise (DCR) sont ainsi définis sur les rivières au niveau de « points nodaux ».

Trois points nodaux ont été définis sur l'Adour, tous situés hors du périmètre du permis. Leurs objectifs de débit sont les suivants, de l'amont vers l'aval :

- A Estirac : DCR = 0,7 m<sup>3</sup>/s et DOE = 3,3 m<sup>3</sup>/s
- A Aire sur Adour : DCR = 1 m<sup>3</sup>/s et DOE = 5,8 m<sup>3</sup>/s
- A Audon : DCR = 2 m<sup>3</sup>/s et DOE = 8,2 m<sup>3</sup>/s

Un point nodal est également défini sur le Gave de Pau, à Bérenx à l'aval du territoire du permis. Il porte le code Q5501010 et ses objectifs sont les suivants : DCR = 20 m<sup>3</sup>/s et DCE = 13 m<sup>3</sup>/s

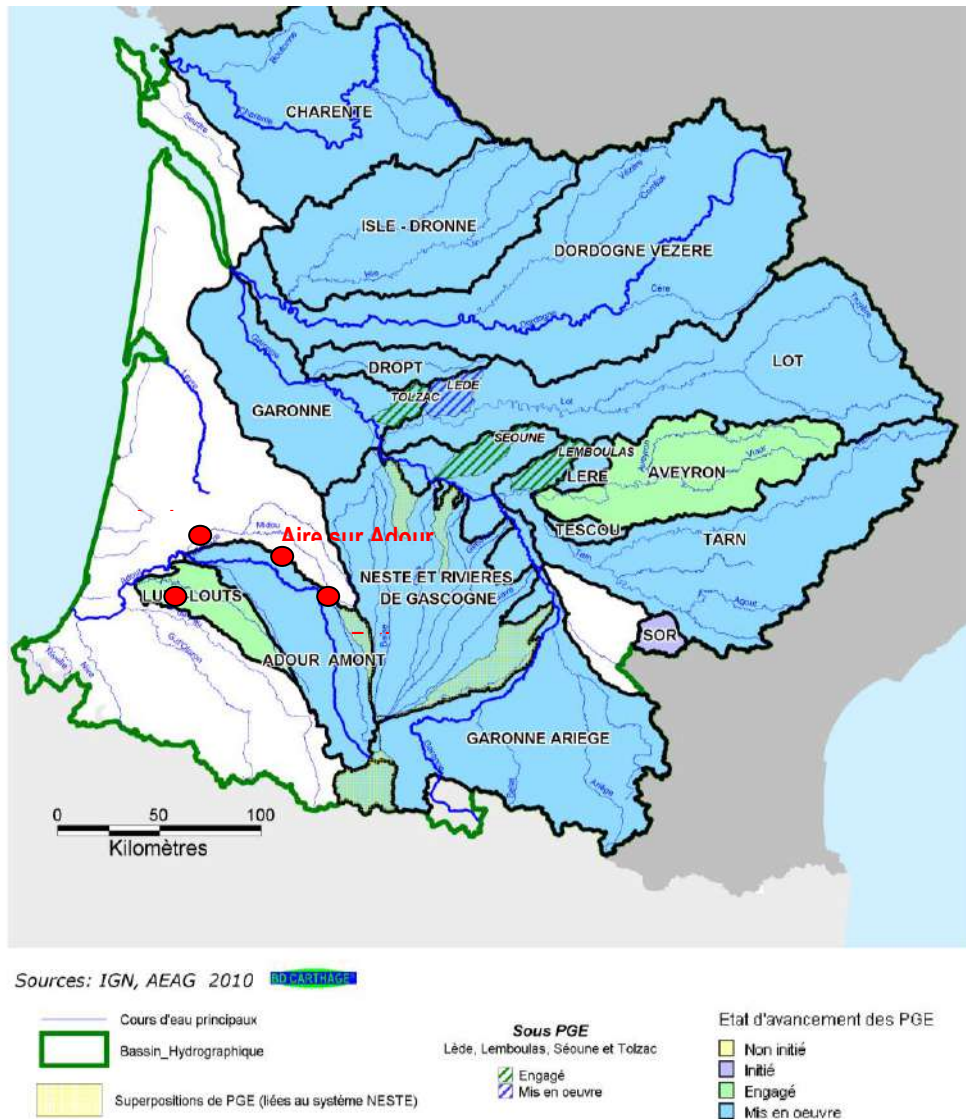


Figure 60: Etat d'avancement des PGE du bassin Adour-Garonne en juillet 2010 (source Agence de l'Eau Adour-Garonne)

### 6.4.3. Le SAGE Adour Amont

Les SAGE [Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux], qui sont des documents de planification de la gestion de l'eau à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente (bassin versant, aquifère...), fixent des objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur, de protection quantitative et qualitative de la ressource en eau. Parfaitement compatibles avec le SDAGE, ils sont élaborés par les acteurs locaux (élu, usagers, associations, représentants de l'Etat...) réunis au sein de la commission locale de l'eau (CLE).

Le territoire du permis est concerné par le SAGE Adour Amont, qui porte le code n° SAGE05012 et couvre une superficie totale de 4513 km<sup>2</sup>. Il concerne les cours d'eau, les zones humides et les nappes superficielles du bassin versant de l'Adour jusqu'à la confluence avec les Luys.

Le diagnostic réalisé sur le territoire a conduit à déterminer les thèmes majeurs suivants :

- des milieux remarquables (habitats, espèces) à préserver ;
- des débits d'étiage insuffisants en raison de l'importance des prélèvements, notamment d'origine agricole, non compensés par la réalimentation artificielle ;
- une dégradation de la qualité des eaux avec des pollutions d'origine industrielle, agricole et domestique ;
- des crues importantes pouvant affecter à la fois les milieux urbains et ruraux ;
- des potentialités peu exploitées en termes d'activités d'agrément.

Ainsi, ses objectifs sont définis comme suit :

- préserver les milieux ;
- restaurer la qualité des eaux ;
- augmenter la quantité ;
- organiser la prévention des crues ;
- développer les activités d'agrément en harmonie avec les usages préexistants.

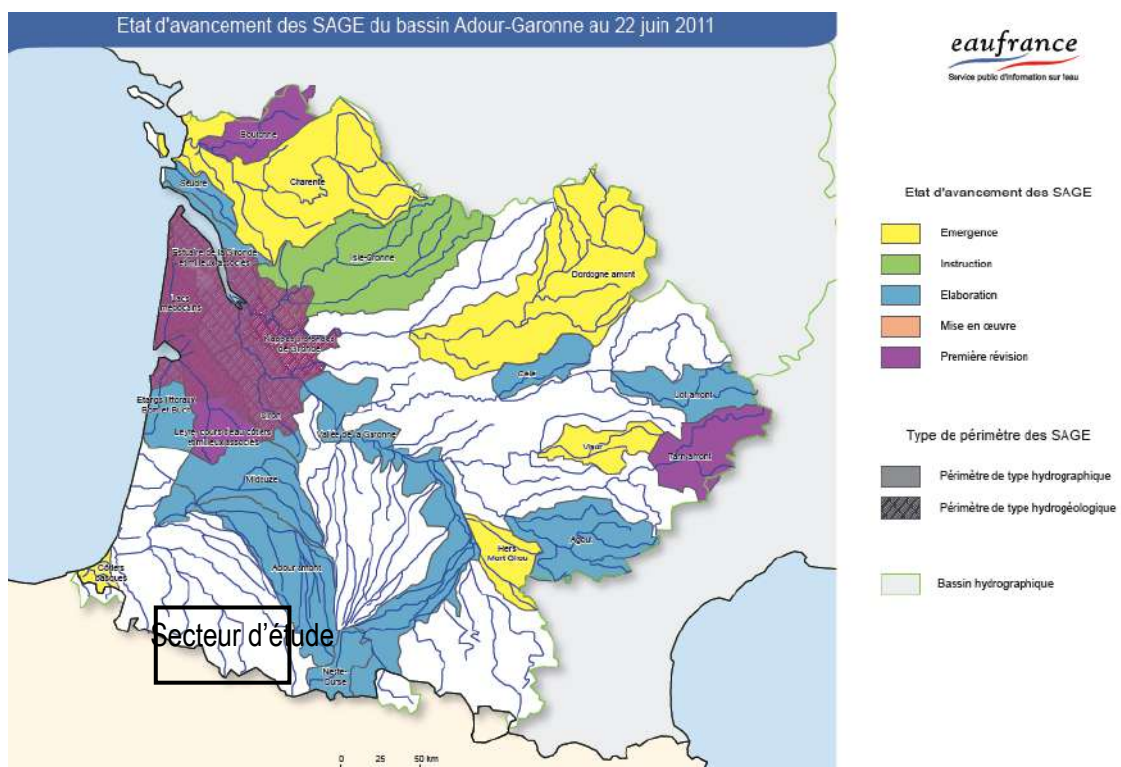


Figure 61: Etat d'avancement des SAGE du bassin Adour-Garonne (source Gest'eau)

#### 6.4.4. Contrats de milieu

Il s'agit d'accords techniques et financiers entre partenaires concernés pour une gestion globale, concertée et durable à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente. Définis comme des programmes d'actions volontaires et concertés sur 5 ans avec engagement financier contractuel (désignation des maîtres d'ouvrage, du mode de financement, des échéances des travaux, etc.), ils peuvent être des déclinaisons opérationnelles d'un SAGE.

Le territoire du permis n'est pas concerné les contrats de milieu.

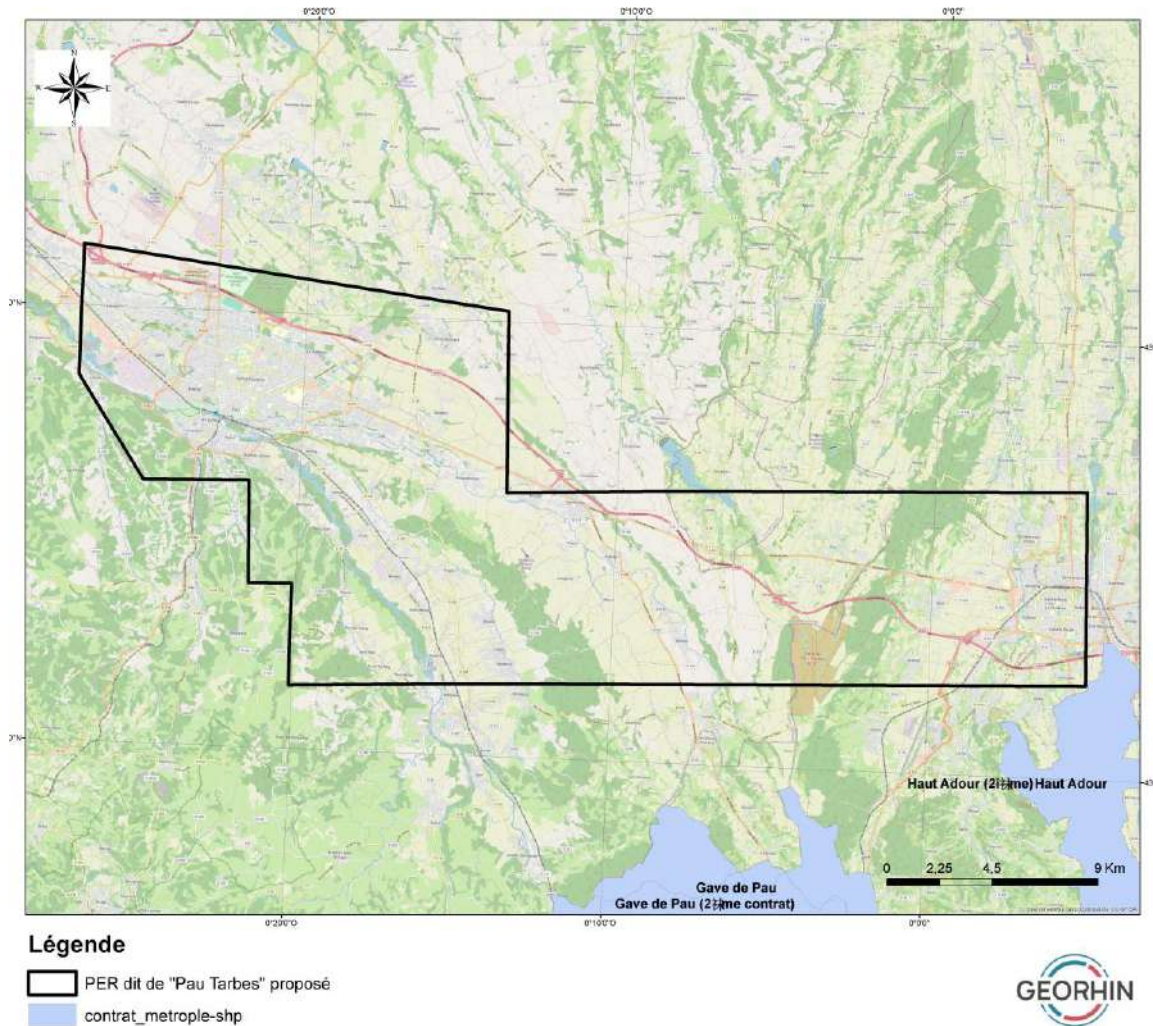


Figure 62: Etat d'avancement des contrats de milieu dans le bassin Adour-Garonne (source Carmen Aquitaine)

### 6.4.5. Zones de Répartition des Eaux

Les zones de répartition des eaux sont des zones comprenant des bassins, sous-bassins, fractions de sous-bassins hydrographiques ou des systèmes aquifères, caractérisées par une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins. Il s'agit d'un zonage réglementaire destinées à permettre une meilleure maîtrise de la demande en eau, afin d'assurer au mieux la préservation des écosystèmes aquatiques et la conciliation des usages économiques de l'eau.

Dans ces zones, les seuils d'autorisation et de déclarations des prélèvements dans les eaux superficielles comme dans les eaux souterraines sont abaissés : les prélèvements d'eau supérieurs à 8 m<sup>3</sup>/s sont soumis à autorisation et tous les autres sont soumis à déclaration.

La moitié est du périmètre sollicité est classé en Zone de Répartition des Eaux.

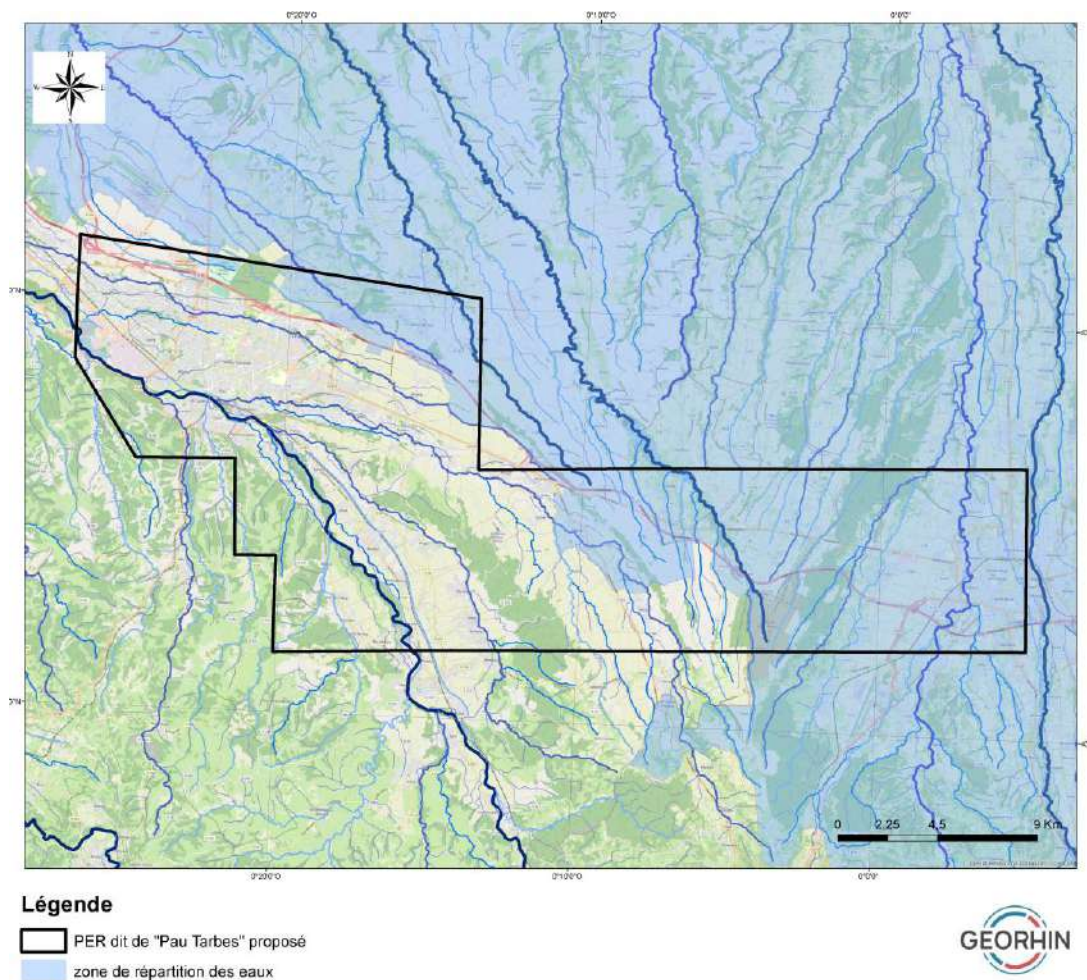


Figure 63: Zones de Répartition des Eaux dans le bassin Adour-Garonne (source : Agence de l'Eau Adour-Garonne)

## 6.5. Captages pour l’Alimentation en Eau Potable

### 6.5.1. Gestion de l’eau potable

La quasi-totalité de la population du bassin de l’Adour est desservie par un réseau public d’adduction d’eau potable. Les réseaux de distribution, appelés aussi unités de gestion, sont soit des réseaux communaux, soit des réseaux intercommunaux gérés par des syndicats d’alimentation en eau potable.

Ces réseaux peuvent comporter une ou plusieurs unités de distribution, définies en fonction de l’origine de la ressource en eau.

Les principales villes, dont Pau et Tarbes, ont des réseaux communaux alors que les petites communes rurales possèdent des réseaux intercommunaux.

La gestion est exercée soit directement par les collectivités lorsque celles-ci possèdent les moyens financiers et humains suffisants pour sa prise en charge, soit confiée à des compagnies privées.

La gestion de l’eau sur le périmètre est présentée ci-dessous.

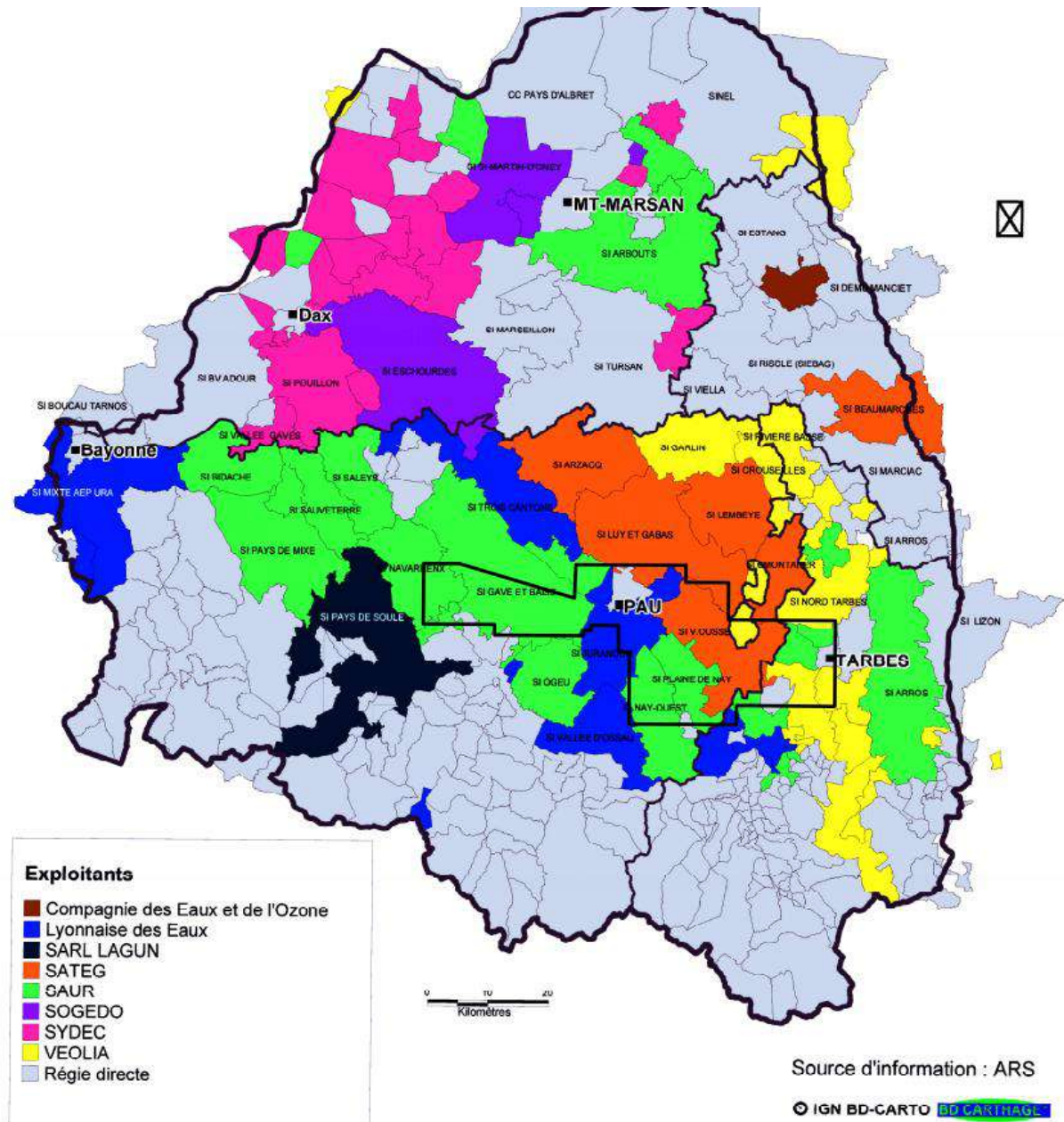


Figure 64: Organisation de la distribution en eau potable dans le sud du bassin de l'Adour (données 2012, ARS)

### 6.5.2. Captages AEP

Il existe de nombreux captages pour l'alimentation en eau potable sur le territoire du permis. La liste des communes concernées, dans le périmètre même ou à sa périphérie immédiate, est présentée ci-dessous :

Tableau 11: Captages en alimentation en eau potable sur le PER Pau-Tarbes

- BORDES	- MAZERES LEZONS	- RONTIGNON
- JURANCON	- OURSBELILLE	TARBES

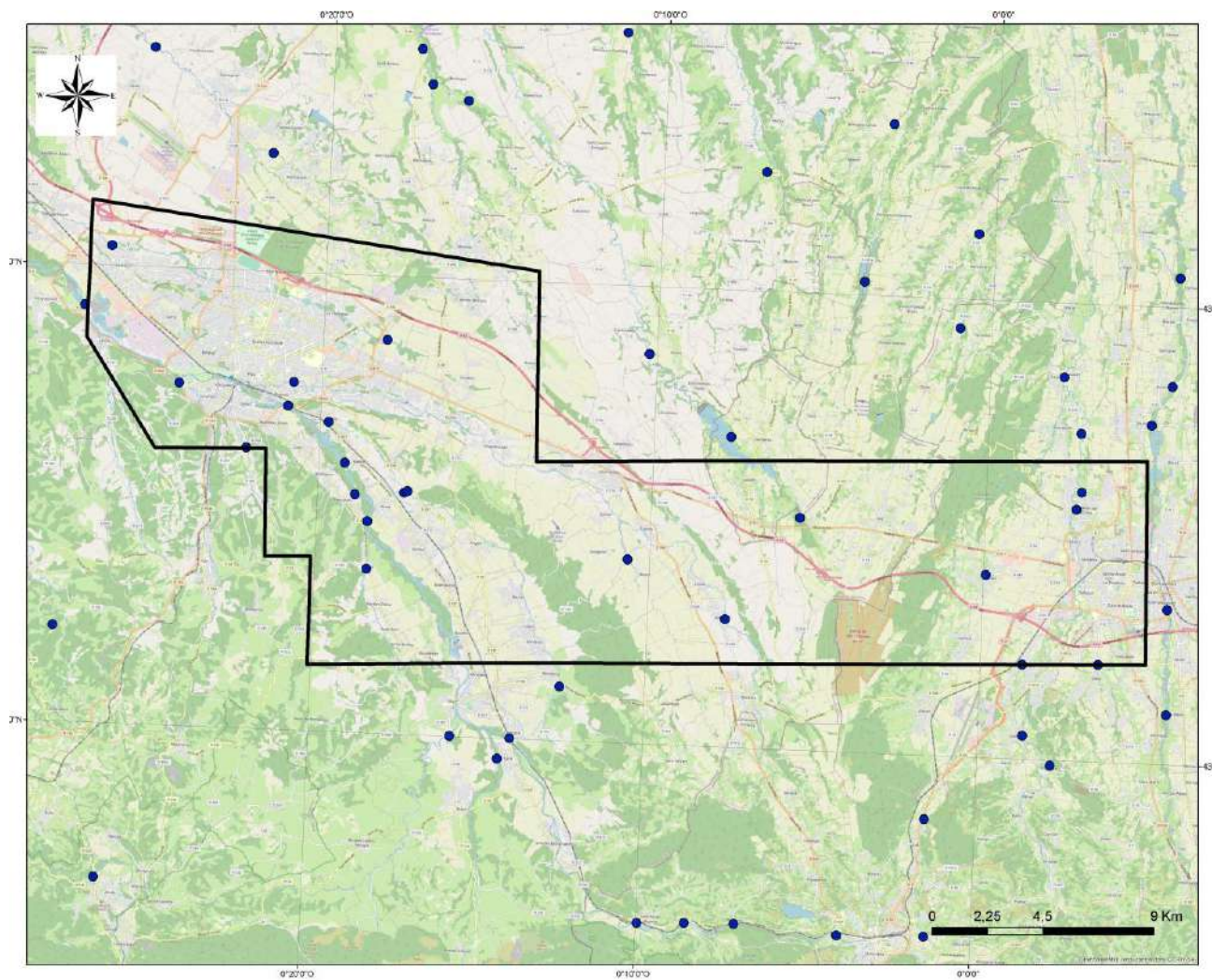
Comme on peut le constater sur la carte ci-dessus, sur le territoire du permis, la plupart des captages concernent des nappes alluviales, celle de l'Adour et du Gave de Pau en particulier.

On soulignera la présence du captage AEP de Bordes, au sud-est de Pau, qui puise ses eaux dans l'aquifère profond de l'Eocène au moyen de quatre forages de profondeur de l'ordre d'une centaine de mètres (en bleu foncé sur la carte).

Sur le territoire du permis, la plupart des captages possèdent des périmètres de protection, rendus obligatoires par la Loi sur l'Eau de 1992.

Avant le début des travaux de forage, les limites des périmètres de protection des captages AEP seront obtenues auprès de la DDASS concernée [Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales] et aucun travail n'aura lieu à l'intérieur de celles-ci.

Toutes les mesures nécessaires seront prises pour protéger les ressources en eau potable au sein du territoire du permis.



**Légende**

- PER dit de "Pau Tarbes" proposé
- Station Mesure Eaux Surface



Figure 65: stations de mesure de la qualité des eaux de surfaces.

## Partie 2 : Etude des impacts potentiels d'un projet

---

Cette partie présente les impacts des travaux prévus ainsi que les mesures visant à les réduire ou à les supprimer.

Les impacts liés aux phases préalables aux opérations de forage (études géosciences et investigations géophysiques éventuelles) sont traités séparément en début de chapitre. Les impacts liés à la phase de forage et de tests sont ensuite détaillés par thème : milieu physique, milieu naturel, milieu humain, usages et santé humaine. La dernière partie examine les conditions de remise en état des sites à la fin des travaux.

Enfin, les impacts sur les eaux sont traités spécifiquement dans la partie 4 du présent document.

L'annexe synthétise les enjeux, impacts et mesures à considérer sur le territoire concerné par la surface du PER "Pau-Tarbes".

A noter que les travaux de forage ne seront réalisés qu'après l'obtention d'une autorisation de travaux miniers, dont la demande sera réalisée par Georhin dans le cadre du PER. Cette demande fera l'objet d'une étude d'impact environnementale et sociétale détaillée.

### **7. LES ETUDES GEOSCIENCES**

La première phase du projet va consister en la réalisation d'études géosciences approfondies pour sélectionner l'emplacement des futurs travaux de prospection.

Ces études ont pour but de déterminer les zones du permis susceptibles d'abriter des ressources profondes d'eau chaudes exploitables et consistent en une interprétation des données recueillies par différentes méthodes :

- *méthodes géophysiques,*
- *résultats de sondages,*
- *imagerie aérienne ou satellitaire...*

Effectués en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement.

### **8. LES INVESTIGATIONS GEOPHYSIQUES**

La réalisation d'investigations géophysiques par des méthodes sismiques est potentiellement envisagée dans le cadre de ce projet.

L'impact principal de ces travaux sera constitué par le passage des véhicules des divers échelons déployés sur le terrain et se limitera aux endommagements causés habituellement par le passage de camions.

### **L'échelon topographique :**

Il est constitué de véhicules légers (type fourgonnette) effectuant la reconnaissance du tracé des profils et leur balisage. Cette opération ne fait pratiquement aucun dégât, les chemins d'accès aux parcelles étant utilisés au maximum pour se rendre à pied d'œuvre.

Le balisage du tracé du profil sismique est marqué par des petits piquets en bois ou en plastique qui sont retirés après lors du démontage et du ramassage des câbles de mesure.

### **L'échelon déroulage-enroulage des câbles de mesure :**

Il est constitué de véhicules plus lourds de type voiture tout terrain qui déposent le matériel et les équipes le long du tracé des profils sismiques. Cette opération peut occasionner des dégâts de passage (orniérage) lorsque le terrain est détrempé par la pluie. Pour cette raison, l'entreprise s'efforcera de mener les travaux en dehors des saisons pluvieuses ou de semence des récoltes.

Quelques zones de végétation, notamment des arbres jeunes et matures, pourront être défrichées le long des tracés. Cependant, dans le périmètre du permis sollicité, la couverture importante des sols par les champs agricoles réduira la quantité de défrichements nécessaires. Un effet résiduel se produira dans les zones défrichées jusqu'à la repousse de la végétation ; toutefois, ces effets sont considérés comme non significatifs.

Les effets résiduels sur la faune sauvage peuvent créer des perturbations localisées, une meilleure visibilité favorisant l'efficacité des prédateurs et donc une augmentation possible du nombre de prises. Toutefois, ces effets résiduels peuvent être considérés comme insignifiants.

### **L'échelon émission des ondes acoustiques**

Il est constitué des camions vibreurs opérant par trois ou cinq, se suivant les uns les autres le long du profil, à quelques mètres d'intervalle. Ces camions se déplacent ensemble entre les points d'émission éloignés de quelques dizaines de mètres, posent au sol les plaques d'émission et émettent en synchronisation un signal acoustique d'une durée n'excédant pas 10 à 20 secondes.

L'impact généré par cet échelon consiste essentiellement dans les traces que les engins laissent après leur passage. Dans certains cas rares, l'intervention de moyens plus lourds (bulldozers) pourra se révéler nécessaire pour faciliter certains accès en traçant des layons de 3 à 4 m de largeur.

Les tirs effectués dans les forages comme source des ondes sismiques le long des profils ou dans les carottages sismiques sont de faible intensité et ne causent aucun dégât.

## **9. ETUDE DES IMPACTS DES OPERATIONS LIEES AU CHANTIER DE FORAGE SUR LE MILIEU PHYSIQUE**

Cette approche des impacts sera approfondie en fonction du site d'implantation retenu et conformément au Code Minier, lors de la demande d'autorisation de travaux miniers, qui sera réalisée au préalable à tous travaux de forage.

### **Biens et patrimoine culturel**

Les travaux pourraient donner lieu à la découverte de vestiges archéologiques lors de l'aménagement des plateformes qui auront une surface de 4 à 6000 m<sup>2</sup> environ.

En effet, leur création va nécessiter le décapage des terres arables et stériles sur 30 cm d'épaisseur. Tous les emplacements de surface se trouveront a priori sur des terres en culture intensive, ce qui rend peu probable une découverte lors du décapage, les engins agricoles ayant labourés à plusieurs reprises et peut-être au-delà de 30 cm de profondeur les surfaces.

La proximité de zones sensibles (sites archéologiques, monuments classés, ...) sera étudiée avant le début des travaux. Dans cette éventualité, un éloignement plus important sera choisi. Cependant, le Service Vestiges Archéologiques de la DRAC [Direction Régionale des Affaires Culturelles] sera contacté au préalable et présent lors des opérations de décapage des terrains.

Enfin, pendant les travaux, les éventuelles découvertes fortuites de vestiges archéologiques seront immédiatement déclarées au maire de la commune concernée (Titre III de la Loi du 27 septembre 1941 portant réglementation des fouilles archéologiques).

## 10.... ETUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU NATUREL

### 10.1. Paysage

Au niveau du paysage, le mât de forage pourra constituer une gêne temporaire en raison de sa hauteur (30 à 55 m). Hormis la signalisation du mât, l'installation lumineuse pour le travail de nuit sera systématiquement dirigée vers l'intérieur du site et centrée essentiellement sur le plancher de forage.

De même, l'empierrement de la plate-forme la rendra plus visible par rapport aux parcelles en culture ou boisées environnantes.

La recherche d'implantations favorables, a proximité de zones boisées ou de relief marqué sera favorisée si celles-ci sont compatibles avec l'objectif géologique.

Dans tous les cas, l'impact visuel sera de courte durée et ne dépassera pas 3 à 4 mois, la durée prévue pour les travaux de forage et les tests.

A la fin des travaux, si le forage est conservé en vue d'une éventuelle mise en exploitation, seule subsistera la tête de puits dont l'impact visuel sera minime.

### 10.2. Ecosystèmes

Les travaux auront lieu à l'extérieur de toute zone de protection notamment faunistique et floristique.

Concernant la faune, les impacts seront limités aux environs immédiats du site de la plateforme. Un effet résiduel limité peut donc se produire sur le lieu même de la plateforme, correspondant à une perte d'habitat. Par ailleurs, d'un point de vue général, il faut s'attendre à ce que les animaux sauvages évitent le site suite aux niveaux de bruit et d'activité durant le déroulement des opérations.

Toutefois, l'impact sur la faune sauvage locale sera limité à la durée du chantier, soit 3 à 4 mois, et il n'y aura pas d'impact résiduel à la fin des travaux.

Concernant la flore, un défrichage des accès et de l'emplacement de la plate forme sera nécessaire, nécessitant éventuellement l'élagage ou la coupe de quelques arbres et le défrichage de la végétation présents.

Dans tous les cas, au plan de la protection de la flore et de la faune, les administrations compétentes en particulier l'Office National des Forêts, seront contactées au préalable. Les dégâts causés aux forêts sous gestion de l'ONF seront indemnisés en application du barème de cet organisme.

### 10.3. Sols

L'impact sur les sols va résulter du nivellement et du défrichage nécessaires pour installer la dalle de béton de la plate-forme ainsi que du creusement de plusieurs bassins (bourbiers, bassins à eau) nécessaire à l'activité de forage.

Les travaux de nivellement et d'aménagement du site seront limités à l'emprise de la plate forme, soit une surface de 4000 à 6000 m<sup>2</sup> au maximum. L'inventaire des zones sensibles (conduites diverses, câbles) permettra d'éviter toute fausse manœuvre à conséquences environnementales.

Les bassins seront quant à eux tapissés de films plastiques étanches pour empêcher d'éventuelles infiltrations.

Le site sera remis en état en fin de chantier, lors d'une phase de travaux spécifiques. On notera également que le programme de travaux sera élaboré en tenant compte de la possibilité de traverser un aquifère superficiel sensible. Dans un tel cas, les mesures de protection des ressources adéquates seront prévues et présentées dans le dossier de déclaration de travaux.

#### 10.4. Circulation routière

L'aménagement d'une plate-forme nécessitera deux à trois engins/véhicules pour le terrassement du site. D'autre part, l'apport des matériaux sur le site (graviers, béton, etc.) va nécessiter des mouvements de camions dont le nombre est évalué entre 15 à 30 selon le volume et la configuration du site.

Ensuite, les opérations de d'installation et de repli du chantier de forage vont entraîner la circulation de véhicules lourds transportant du matériel pendant une période brève (environ 15 jours). Au total, entre 90 et 100 convois seront nécessaires. Cette augmentation de trafic s'observera uniquement pendant la journée. L'installation des équipements sur site peut prendre dix jours selon le cas.

Par la suite, pendant la durée des travaux de forage et de complétion, la circulation sera limitée à quelques camions par semaine et aux déplacements des personnes travaillant sur le chantier en particulier au moment de la relève de l'équipe de jour par celle de nuit soit environ huit à dix véhicules par jour, ce qui n'entraînera pas de nuisance susceptible de nuire à la tranquillité des habitations avoisinantes.

Ainsi, la circulation d'engins lourds nécessaires à l'implantation, à l'installation et au repli du chantier ne durera que quelques jours au début et à la fin des travaux. Le trafic de nuit sera généralement proscrit.

Toutes les précautions nécessaires seront prises pour signaler une éventuelle modification de voirie causée par le chantier. Le cas échéant, les services compétents de l'état, et notamment la Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture (DDEA) seront consultés.

Enfin, on soulignera que les articles L131-8 et L 141-9 du code de la voirie routière imposent aux exploitants de mines des contributions spéciales en vue de réparer les éventuelles dégradations causées aux routes départementales et/ou aux voies communales.

#### 10.5. Air et climat

En phase de forage, les seules odeurs dégagées par le chantier sont les gaz d'échappement des moteurs diesels utilisés pour entraîner les pompes, les treuils et la table de rotation. Ces odeurs, peu gênantes, se dispersent sur un rayon d'action relativement faible. La connaissance de la direction et la force des vents dominants permettra d'implanter le chantier « sous le vent » par rapport aux habitations avoisinantes, dans la mesure des possibilités techniques.

Au moment des essais de production de couches, d'éventuelles venues d'hydrocarbures (pétrole et/ou gaz) peuvent se produire. Ces venues seront contrôlées par les équipes de forage, qui dirigeront immédiatement le gaz vers une torche et l'huile dans une fosse de brûlage puis vers une raffinerie. La mise en œuvre éventuelle de ces dispositifs sera assurée par les équipes de forage qui sont spécifiquement entraînées à cet effet. Des systèmes de vannes de sécurité manipulables à une distance de 30 mètres seront également installés en cas de dégagement intempestif.

De plus, une unité de traitement du H<sub>2</sub>S éventuellement présent dans les venues de gaz sera installée en surface et fonctionnera pendant toute la durée des opérations.

## 11.... ETUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN

### 11.1. Bruit

#### 11.1.1. Définitions

- **Bruit d'ambiance**

C'est un bruit en un lieu donné, résultant de l'ensemble des bruits à caractère quasi-stationnaire pendant la période d'écoute ou de mesure due au rayonnement de l'ensemble des sources considérées comme faisant habituellement partie de l'environnement de l'endroit considéré.

- **Bruit perturbateur**

Il s'agit de bruit lié soit à l'apparition de sources sonores qui ne font pas partie habituellement de l'environnement, soit à la modification d'une ou des sources habituelles et qui, pour diverses raisons se distingue du bruit ambiant.

- **Bruit de fond**

C'est le niveau de pression acoustique minimal moyen du bruit d'ambiance, en l'absence du bruit perturbateur.

#### 11.1.2. Identification des incidences

D'une manière générale, l'impact des bruits générés par un chantier de forage est principalement conditionné par les facteurs suivants :

- la puissance des appareils (forage et complétion) utilisés,
- la distance des habitations,
- la configuration générale du relief, des écrans naturels ou artificiels constituant le site,
- l'humidité relative du site,
- la force et la direction des vents au moment des opérations.

Le tableau ci-dessous récapitule les mesures de bruit d'ambiance effectuées sur différents sites d'une manière générale dans leur état initial.

Valeurs moyennes en dB(A)		
	jour	nuit
milieu rural	42 à 52	25 à 30
milieu résidentiel	45 à 58	25 à 35
milieu sururbain	45 à 65	25 à 38
ville moyenne	65 à 75	40 à 45
Paris	70 à 80	45 à 50

Tableau 12: Valeurs moyennes de bruits d'ambiance

Il faut néanmoins noter que dans les milieux ruraux, la circulation sur les routes départementales voisines est génératrice de bruit qui, s'il est considéré comme bruit d'ambiance le jour, peut devenir bruit perturbateur la nuit.

Les opérations de forage, de complétion et de construction sont source de bruits dont les origines sont les suivantes :

- bruits continus des moteurs diesel entraînant les groupes électrogènes, les pompes d'injection de boue, la table de rotation ou le treuil de levage des appareils,
- bruits discontinus liés à la manutention de la garniture métallique au niveau du plancher et des racks de stockage de la sonde, ainsi que les chocs métalliques liés à la remontée et à la descente des trains de tiges,
- bruits des véhicules d'approvisionnement du chantier.

Ainsi, la Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production du Pétrole et du Gaz Naturel a publié, dans l'édition de septembre 1987, le guide "Le Bruit et les Chantiers de Forage à Terre" indiquant les niveaux de bruits typiques générés par ces différentes activités de forage.

NIVEAUX DE BRUIT MAXIMUM (BRUIT PERTURBATEUR) PAR TYPE DE TRAVAUX EN DB(A)					BRUIT DE FOND
ACTIVITE	Valeurs statistiques mesurées			Calculées	Mesurées
	80 m	150 m	500 m	300 m	300 m
frein de treuil (usage normal)	70-72	63-67	45-50	57-61	45-49(j)
frein de treuil (usage intensif)	73-79	65-72	47-55	59-66	30-35(n)
manœuvre de tiges	66-79	58-72	48-57	52-66	45-50(j)
forage normal de jour	78-98	75-80	56-60	69-74	45-55
forage normal de nuit	-	58-62	56-60	51-56	45-55
descente tubage	73-75	68-72	50-55	62-66	45(j)
cimentation	72-75	64-68	45-49	58-62	45

Tableau 13: Niveaux de bruit maximum par type de travaux lors d'un forage

Note: (j) = jour, (n) = nuit

Les appareils opérant en France sont agencés de façon à ne pas dépasser, hors bruit d'ambiance, sur 90 % d'une durée représentative de 24 h (soit 21,6 h/j) un niveau acoustique de 55 dB(A), selon les normes 31010 et 31110, à 300 m de l'axe du puits

$L_{a10} = 55 \text{ dB(A)}$  à 300 m

En outre, les valeurs de niveau acoustique d'une durée représentative de 8 h de manœuvre ou de 16 h de forage, ne doivent pas dépasser 65 dB(A) selon les mêmes critères :

$L_{aeq} = 65 \text{ dB(A)}$  à 300 m

A partir des données de la Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production du Pétrole et du Gaz Naturel, et compte tenu de l'insonorisation (ou électrification) des appareils de forage, les valeurs suivantes de niveau de bruit ont été estimées pour ces travaux :

Niveaux de bruit moyen en dB(A) par type de travaux	Valeur calculée à 300 m (nuit)
forage normal	50,3
manœuvre de tiges	48,5
descente tubage	46,9

\* La formule utilisée pour calculer la dispersion sonore en champ libre est la suivante :

$$L_p = L_{po} - 20 \log D/Do$$

\* La formule utilisée pour calculer la résultante de plusieurs sources sonores à un certain point est la suivante:

$$L_{pt} = 10 \log (10 \exp L_{p1}/10 + 10 \exp L_{p2}/10 + 10 \exp L_{p3}/10 + \dots + 10 \exp L_{pn}/10)$$

$L_p$  - niveau sonore calculé avec dispersion en champ libre

$L_{po}$  - niveau sonore mesuré

$L_{p1} \dots L_{pn}$  - niveau sonore provenant de la source 1 à n

$L_{pt}$  - amplitude sonore résultante

$D$  - distance entre la source et le point à calculer

$Do$  - distance entre la source et la détection

Il faut noter que ces valeurs sont inférieures à celles préconisées par la Chambre Syndicale.

- **Mesures prises pour lutter contre le bruit généré par les travaux de forage et complétion :**

Les mesures suivantes seront prises pour limiter au maximum l'impact sonore des travaux :

- Implantation du site en zone rurale, à l'écart et à au moins 300 m des habitations en tenant compte de la direction des vents dominants,
- Insonorisation des moteurs d'entraînement du treuil et de la table de rotation de l'appareil de forage,
- Insonorisation des moteurs d'entraînement des pompes de boue,
- Insonorisation des groupes électrogènes,
- Insonorisation des unités de cimentation,
- Aménagement de la plate-forme en fonction de la localisation : mise en place de levées de terres ou d'écrans antibruit aux endroits appropriés, etc.,
- Contact permanent des responsables du chantier avec les habitants du voisinage permettant de mieux apprécier les gênes créées par le forage et de résoudre les éventuels cas de nuisances.

- **Mesures prises pour lutter contre le bruit généré par la circulation des véhicules de chantier :**

- Installation et repli de l'appareil pendant les heures de jour,
- Livraisons d'équipements et de matériels pendant les heures de jour, sauf cas d'urgence,
- Visites périodiques de l'opérateur réalisées par véhicule léger.

Dans tous les cas, pour chaque site, une étude détaillée sera réalisée et présentée dans le cadre de la demande de travaux.

## 11.2. Circulation et flux de matières

### • **Traitement et mode de rejet des déchets**

Les travaux de forage, de complétion et de construction des installations vont entraîner des déblais divers : sacs plastiques, cartons d'emballage, palettes, tubes, bidons, pièces mécaniques etc. Sur le chantier, un tri sélectif sera mis en place et les déchets seront répartis comme suit :

- Plastiques, cartons, palettes,
- Eléments acier (tubes, bidons, pièces mécaniques),
- Déchets dits "ménagers".

La valorisation se fera selon le principe suivant :

- Les palettes en bois sont reprises par le fournisseur, ou réutilisées localement par le Maître d'Ouvrage,
- Les tubes ou autres éléments métalliques seront entreposés en benne et évacués vers un centre de tri et de recyclage,
- Les bidons ayant contenus diverses huiles seront repris par l'entrepreneur (utilisateur) pour nettoyage et broyage en vue d'être recyclés.

Les déchets "ménagers" générés par la prise de repas du personnel sur site, seront déposés dans une benne qui sera périodiquement enlevée et son contenu évacué vers un centre de stockage agréé, conformément à la loi du 15 juillet 1975.

### • **Traitement et mode de rejet des déblais de forage**

Pour les déblais provenant de la phase aqueuse, un traitement avec tamis vibrant linéaire et une centrifugeuse est préconisé. Les déblais seront transportés à l'aide d'une bande transporteuse vers une benne de récupération, et seront ensuite évacués dans un centre de traitement agréé (Site de stockage de classe 2). Des tests de lixiviation des boues solidifiées seront réalisés par un organisme agréé afin d'assurer que le traitement respecte les normes en vigueur.

### • **Traitement et mode de rejet des boues de forage**

Le programme de forage générera des volumes de boues et de déblais en fonction de la profondeur et des diamètres de forage. Les boues produites seront traitées sur place puis évacuées vers un site agréé.

### • **Traitement des fosses septiques**

Des sanitaires mobiles seront loués pour la durée du chantier. Les fosses septiques et les eaux usées seront vidangées périodiquement par des entreprises spécialisées et ces installations n'occasionneront aucun impact supplémentaire.

### 11.3. Economie locale

Les propriétaires terriens ou les exploitants des parcelles intéressées par les travaux vont subir une perte temporaire de l'usage de leur terrain sur une surface limitée à 4 à 6000 m<sup>2</sup>.

Avant le début des opérations, les propriétaires ou usagers du sol seront informés des projets de travaux. Ils rencontreront sur site des représentants de la société Georhin responsables des opérations et du service foncier. En accord, ils détermineront les passages à emprunter, qui tout en tenant compte des contraintes techniques, seront établis de manière à minimiser la gêne pour les occupants des sites.

Les exploitants agricoles seront systématiquement et rapidement indemnisés des dégâts éventuellement causés par le passage des engins de chantier en application d'un barème qui a reçu l'approbation des Chambres d'Agriculture. Le propriétaire et/ou l'exploitant de l'emplacement de la plate-forme sera également dûment indemnisé pour la perte d'usage de son terrain en application des barèmes en vigueur.

Le terrain sera remis en état à la fin des travaux, et à cet effet, un état des lieux sera réalisé avant l'installation du chantier et après son démontage. Tout dégât causé au site par l'implantation de la plate forme sera également indemnisé en accord avec les barèmes en vigueur.

Deux types de convention d'occupation de terrain seront préparées à cet effet :

- **Convention d'occupation des plates-formes de forage**

Cette convention d'occupation temporaire d'une durée maximale de 35 ans prévoit la restitution du terrain à sa vocation d'origine et à son état initial à l'abandon du puits. Les barèmes d'indemnisation pour le propriétaire sont basés sur la valeur vénale du terrain, majorée d'une indemnité de réemploi et une somme complémentaire pour couvrir les taxes foncières pendant la période d'occupation. L'exploitant est indemnisé à la prise de possession par paiement de la culture en place plus des primes compensatrices, un paiement anticipé des récoltes à venir après restitution, un paiement pour la restitution physique et chimique du sol plus un montant d'éviction. Ces montants sont indexés sur la base des barèmes en vigueur.

- **Convention de servitude pour les réseaux**

Cette convention d'une durée de 35 ans est basée sur la gêne occasionnée par la pose de réseaux enterrés en terre agricole. Le propriétaire est indemnisé sur la base de la valeur vénale du terrain multipliée par la surface de la servitude. L'exploitant est indemnisé sur la base de l'emprise des travaux utilisée pour la pose de réseaux, la récolte en cours plus une remise en état du sol et la perte de récolte.

## 12.... ETUDES DES IMPACTS SUR LES AUTRES USAGES

### 12.1. Protection incendie

Dans le cadre de ces travaux de forage, un stockage de 40 m<sup>3</sup> d'eau sera prévu sur site pour servir de réserve incendie en plus du matériel de lutte contre l'incendie installé sur l'appareil de forage.

En cas de survenue d'un incendie, les effluents souillés seront collectés par les fossés de collecte périphériques des eaux pluviales du site, et seront stockées dans un bassin prévu à cet effet avant d'être évacuées en filières agréées. Aucun rejet incontrôlé n'aura lieu vers le milieu naturel.

### 12.2. Micro sismique induite

Les techniques qui seront mise en œuvre intégreront le potentiel sismique naturel existant et privilégieront l'optimisation de la fissuration naturelle.

Si des opérations d'amélioration de cette fissuration sont nécessaires, Des capteurs sismiques seront positionnés autour du puits en développement dans des piezomètres entre 10 et 100 m de profondeur. Ils permettront de suivre l'évolution d'éventuels phénomènes micro sismiques et d'adapter les techniques d'exploitation. L'eau utilisée sera au maximum recyclée et prélevée dans un puits dédié ou dans une nappe salifère non potable. Les adjuvants éventuels seront biodégradables.

Toute utilisation de surpression se fera en prenant en compte l'énergie sismique naturelle de la zone pour limiter la micro sismique.

### 12.3. La radioactivité naturelle

Le fluide géothermal riche en éléments minéraux en remontant en surface peut faire l'objet de dépôts minéraux qui piègent les radioéléments.

Un suivi sur le taux de nucléide sera réalisé sur l'eau géothermale pendant la phase de test pour vérifier les niveaux de remontées et adapter les futures procédures d'exploitation en conséquence.

## 13.... ETUDES DES RISQUES VIS-A-VIS DE LA SANTE HUMAINE

Toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité des travailleurs du site et des populations environnantes seront prises dès l'installation du chantier. Ainsi, dès le début des travaux, l'emplacement du forage sera entièrement clôturé et son accès interdit au public. Des panneaux expliquant les travaux en cours seront apposés en périphérie du site pour information des populations.

Tous les travaux qui seront effectués à proximité ou au droit de la plate forme de forage seront réalisés par des entreprises habilitées et qui se conformeront aux règles de sécurité en vigueur afin d'assurer la sécurité du personnel.

L'entrepreneur de forage sera soumis aux obligations résultant des lois et règlements relatifs à la protection de la main d'œuvre et aux conditions de travail. Il sera tenu :

- d'assurer la discipline et la sécurité sur les chantiers et leurs abords de manière éviter les accidents, tant à l'égard du personnel qu'à l'égard des tiers ;
- d'observer toutes les règles administratives et professionnelles inhérentes à son activité et notamment les consignes de la Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production de Pétrole et du Gaz Naturel ainsi que celles relatives aux textes suivants :
  - Code Minier notamment son chapitre II du titre IV :
  - décret n° 80 330 du 7 mai 1980 relatif à la Police des Mines et des Carrières,
  - décret n° 80 331 du 7 mai 1980 portant Règlement Général des Industries Extractives (RGIE) et le règlement joint à ce décret,
  - décret n° 76 48 du 9 janvier 1976 relatif à la protection du personnel contre les courants électriques dans les Mines et les Carrières,
  - décret n° 59 285 du 27 janvier 1959 portant règlement d'exploitation des Mines autres que les Mines de combustibles minéraux solides et les Mines d'hydrocarbures exploitées par sondages et notamment les articles 4 et 23 inclus, 273 et 275,
  - Code du travail articles L7II.5 à L7II-I2 et D7II-1 à D7II-20,
  - Les arrêtés ministériels pris en application des textes susvisés.

L'entreprise de forage sera ainsi tenue :

- D'assurer l'éclairage du chantier, sa signalisation tant intérieure qu'extérieure ainsi que l'entretien de la clôture ;
- De prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter que les travaux ne causent un danger aux tiers, notamment pour la circulation publique si celle-ci n'a pas été déviée ;
- De prendre toutes les dispositions utiles pour assurer l'hygiène des installations de chantier destinées au personnel et notamment la protection individuelle contre d'éventuelles émanations de gaz ( $H_2S$ ,  $C_nH_n$ ,  $CO_2$ ...);
- D'afficher en permanence le plan d'hygiène et de sécurité dans les différents bâtiments du chantier.

Dans cet objectif, l'entreprise établira un document unique conformément à la réglementation ainsi qu'un PPSPS soumis à approbation préalable.

Enfin, des fiches d'intervention spécifiques aux principaux risques identifiés seront établies et diffusées :

- En cas de présence de gaz dans les regards des forages : Le personnel sera équipé de détecteurs de gaz. Préalablement à toute intervention sur les forages, les tampons seront préalablement ouverts pour renouveler l'air intérieur. Les interventions se feront par équipe de deux personnes au minimum.
- En cas de risques liés à l'électricité : Le personnel intervenant sera habilité. En cas d'intervention sur les équipements de pompage, l'installation sera mise hors tension.

Toutes les entreprises intervenant sur les installations seront soumises à ces règles strictes en matière de sécurité conformément aux procédures de Georhin. Dans ce but, un document unique pour la maintenance et les interventions sur les forages sera élaboré.

L'annexe 8 présente à ce titre la lettre envoyée à la DREAL aquitaine concernant les réponses apportées aux questions complémentaires (annexe 9) au sujet de l'étude de danger de la pièce 6 de la DODT du projet de Lons (annexe 10).

## 14.... REMISE EN ETAT DU SITE

Des travaux de nettoyage et de reprofilage du site seront réalisés pour assurer au propriétaire du sol les meilleures garanties de sécurité et de respect de l'environnement.

Deux cas sont à envisager selon les résultats obtenus à l'issue des opérations de forage et des tests.

### 14.1. Cas d'un puits productif

En cas de succès sur un puits, celui-ci pourrait alors devenir un puits de production ou d'injection d'un futur cluster géothermique.

En cas de résultats positifs, il sera alors procédé au dépôt d'un dossier spécifique de « Demande d'autorisation d'exploitation » ou « Demande de concession », ainsi que d'un « Dossier d'ouverture de travaux d'exploitation ». Ces dossiers devront exposer spécifiquement toutes les mesures qui seront prises pour protéger l'environnement du site.

Dans ce cas, des essais de mise en production pourront être envisagés.

### 14.2. En cas d'échec

Le puits sera bouché selon les règles de l'Art après que le programme de bouchage ait été soumis pour accord aux Services compétents de DREAL.

Le site sera remis en état avec démolition des ouvrages en béton et enlèvement des matériaux d'apport pour la construction. Après reprofilage de la terre végétale, le site sera remis à son propriétaire qui signera un procès verbal de réception définitive. Il est toutefois possible que le propriétaire demande à conserver une partie ou la totalité de la surface empierrée pour ses propres besoins.

#### 14.2.1. Programme d'abandon

La fermeture d'un puits représente une série d'opérations destinées à restaurer l'isolation des différents niveaux perméables à débit potentiel au moyen de bouchons de ciment avec les objectifs suivants :

- Isolement des niveaux-réservoirs dans le découvert
- Isolation du découvert
- Isolement des annulaires non cimentés

Ces bouchons de ciment doivent empêcher la circulation des fluides entre les niveaux perméables, interdire toute possibilité de fuite au jour des effluents, prévenir la pollution et protéger les niveaux aquifères.

Considérés comme une barrière fiable dans le temps, leur volume minimum doit être de 1 m<sup>3</sup> et leur hauteur de 50 m minimum. La qualité de la cimentation est assurée par le contrôle des paramètres suivants :

- Continuité de l'injection
- Bilan des volumes
- Densité du laitier

- Nature d'additif
- Evolution des pressions

Les principaux points de la procédure d'abandon en vigueur, détaillée dans la Note Technique DNEMT n° 11 de Novembre 1997, sont repris ici :

- Les opérations de fermeture ne doivent pas rompre l'équilibre hydrostatique du sondage. Le fluide (boue, saumure inhibée, etc...) qui sera laissé entre les bouchons doit avoir une densité telle que le volume injecté équilibre la plus forte pression rencontrée pendant la foration de la phase considérée.
- Les bouchons peuvent être mécaniques ou hydrauliques (ciment). Le laitier de ciment généralement utilisé pour les bouchons hydrauliques pourra être remplacé par un autre liant (résine acrylique par exemple).

Quelques principes à respecter :

- Lorsque le forage est muni d'une bride pleine sur le sommet du tube de surface, celle-ci devra comporter un taraudage 1/2" avec vanne et manomètre afin de pouvoir connaître la pression amont à tout moment lors de l'opération d'obturation.
- Dans certains cas particuliers, les risques relatifs à la corrosion par les fluides en place ou par l'électrolyse due aux courants vagabonds peuvent réclamer des traitements anticorrosion (inhibition) ou des procédures particulières d'abandon.
- La mise en place d'un bouchon de ciment devra se faire par injection sous pression au niveau souhaité (une cimentation gravitaire ne présente pas en général de garantie de mise en place adéquate).
- Le niveau atteint par le ciment dans les divers annulaires doit être connu avant d'établir le programme d'abandon.

A la fin des opérations de fermeture, un rapport d'activité et d'état du puits abandonné sera élaboré et transmis aux autorités compétentes.

#### 14.2.2. Remise en état du site :

Les mesures de réaménagement de la plate-forme en cas d'échec des tests comprennent les opérations suivantes :

- Démolition et évacuation en site de stockage agréé des ouvrages béton (cave, dalle, caniveaux, cuvette de rétention, socles des tableaux électriques),
- Coupe des tubages du puits (préalablement cimentés) à 1,50 m sous le niveau du sol fini. Le puits cimenté et comblé sera fermé avec une plaque soudée de 4 mm d'épaisseur et comportant le nom du puits gravé,
- Dépose et évacuation de la clôture périphérique : fils, poteaux, socles,
- Dépose de la barrière,
- Enlèvement de l'empierrement de la plate-forme et des routes d'accès,

- Nettoyage du fond de forme, griffage, scarification,
- Mise en place et réglage de la terre végétale, épaisseur foisonnée de 0,30 m, nivellement,
- Ramassage, enlèvement de tous les détritux,
- Nettoyage des routes après interventions.

Enfin, la convention d'occupation établie pour le site entre Georhin et le propriétaire et (ou) exploitant précise les points suivants lors de la restitution du terrain à la charge de Georhin :

- La remise en état agricole du terrain occupé, sauf cas particulier, traité en fonction des règlements en vigueur,
- La remise sur site de terre végétale de bonne qualité agronomique,
- La remise en état du drainage sur la partie restituée par une entreprise de drainage agréée,
- Le versement d'une indemnité calculée selon barème et tenant compte du déficit sur récolte à venir et de la reconstitution physique et chimique du sol.

A la restitution du terrain, le propriétaire et (ou) l'exploitant (ou ses ayants droits) reprendra possession pleine et entière de ses droits de propriété. Toutefois, Georhin conservera la responsabilité du puits foré.

# Partie 3 : Etude des incidences sur la ressource en eau

---

## 15. INCIDENCES SUR LES EAUX SUPERFICIELLES

### 15.1. Identification des effluents bruts

Pendant la phase de forage et de complétion, les effluents suivants peuvent présenter un risque pour l'environnement, notamment en cas de déversement accidentel :

- Les boues de forage,
- Les déblais de forage ou cuttings des terrains traversés entraînés par la boue utilisée,
- Les eaux de lavage de l'appareil de forage,
- Les carburants ou lubrifiants utilisés pour le fonctionnement des moteurs thermiques,
- Les effluents des installations sanitaires,
- Les eaux pluviales ayant transité sur les aires techniques.

### 15.2. Mesures prises pour la protection des eaux superficielles

En phase de forage/complétion, les précautions suivantes seront prises :

- A l'entrée en terre du forage, un tube métallique sera mis en place depuis la surface jusqu'à environ 35 m de profondeur ainsi qu'une cave étanche bétonnée isolant les terrains de surface de la boue de forage.
- Les zones sensibles servant au stockage et à la manipulation de produits chimiques seront aménagées de façon spécifique, de manière à éviter tout ruissellement ou infiltration vers le milieu naturel.
- En cours de forage, les eaux issues de l'activité de forage seront recyclées en circuit fermé et donc isolées des eaux de surface. En fin de chantier, les eaux de forage restantes seront envoyées dans des unités de traitement spécialisées.
- Les phases de forage seront réalisées avec une boue à base d'eau contenant peu d'additifs.
- Les déblais seront acheminés vers une benne étanche au départ du tamis vibrant et d'une centrifugeuse à l'aide d'une bande transporteuse, l'ensemble placé sur des bâches plastiques pour récupérer les égouttures.
- Les effluents liquides ou solides seront acheminés vers des filières de traitement adaptées, par des moyens de transport appropriés.
- L'appareil de forage, les bassins à boue, les pompes de circulation de boue, ainsi que les pompes mixing et la centrifugeuse seront placés sur des bâches plastiques pour récupérer toutes les égouttures. Les bâches se déversent dans des caniveaux reliés à la cave.

- La plate forme sera ceinturée par un fossé périphérique destiné à recevoir les eaux de ruissellement après qu’elles y aient transité. Elles ne seront rejetées dans le milieu naturel qu’après passage dans un décanteur/déshuileur.
- La cuve à gasoil sera du type double paroi et posée sur rétention étanche et la zone de manipulation et de déchargement du gasoil spécialement aménagée pour éviter toute contamination.
- Les toilettes du chantier seront équipées d’une fosse étanche et vidangée périodiquement.
- Enfin, la plate-forme de forage sera entourée de fossés périphériques empêchant le ruissellement des eaux provenant de l’extérieur et permettant leur détournement vers le milieu naturel sans possibilité de contamination

## 16.... **INCIDENCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES**

### 16.1. **Identification des risques éventuels :**

Le territoire du permis fait l'objet de nombreux forages pour l'alimentation en eau potable, en particulier dans les nappes alluviales de l'Adour et du Gave de Pau ainsi que dans l'aquifère Eocène à Bordes, au sud-est de Pau.

Les incidences potentielles des opérations de forage sur la qualité des eaux souterraines sont les suivantes :

- Contamination par la boue de forage,
- Mise en communication des aquifères sensibles avec la surface,
- Mise en communication des aquifères sensibles avec l'intérieur du puits par percement des cuvelages (contamination par cheminement d'eau salée ou d'hydrocarbures).

### 16.2. **Mesures prises pour la protection des eaux souterraines :**

En premier lieu, on soulignera qu'aucun travail ne sera effectué au sein des périmètres de protection rapprochés des captages destinés à l'Alimentation en Eau Potable.

Les différents bacs et bourniers nécessaires au bon déroulement du chantier seront isolés de la surface du sol par des films plastiques imperméables empêchant la contamination des aquifères superficiels.

La composition de la boue respectera les normes en vigueur.

L'eau utilisée pour les opérations de tests, et notamment pour d'éventuelles opérations d'amélioration de la fissuration, sera au maximum recyclée et prélevée dans un puits dédié ou dans une nappe salifère non potable. Les adjuvants éventuels seront biodégradables.

Au cours du forage, la protection des nappes d'eaux souterraines sera assurée par la pose successive de cuvelages cimentés, empêchant toute communication entre les couches rencontrées au cours du forage et l'intérieur du puits. De plus, le métal des tubages sera sélectionné de manière à offrir la protection anticorrosion la plus adaptée aux aquifères traversés.

De cette manière, les cuvelages seront protégés à la fois contre la corrosion :

- externe (agression par les eaux des aquifères traversés), car elle sera fortement ralentie par la cimentation des tubages jusqu'en surface,
- interne, car les cuvelages des forages à l'intérieur du puits seront en contact uniquement avec le fluide géothermique. Cet aspect particulier sera d'ailleurs développé dans le cadre des demandes de permis de travaux.

Enfin, lors de l'abandon éventuel du puits, les bouchons de ciment seront mis en place à des cotes permettant d'assurer l'isolement des différents aquifères traversés. Le programme de bouchage sera préalablement soumis à l'approbation de la DREAL.

## Incidences sur le contexte réglementaire

Comme présenté au chapitre 6.4.1., le SDAGE donne six orientations fondamentales qui seront prises en compte dans le cadre de ce projet.

Le tableau ci-dessous présente les mesures qui seront adoptées pour répondre à ces objectifs.

Objectif du SDAGE	Réponse du projet
Créer des conditions favorables à une meilleure gouvernance, avec la participation des acteurs et des citoyens	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soumissions auprès des Administrations concernées de dossiers de demande de permis d'exploration et d'ouverture de travaux</li> <li>- Information des populations avoisinantes avant le début des travaux</li> </ul>
Réduire l'impact des activités sur les milieux aquatiques, notamment concernant les pollutions diffuses	<p>Mise en place de mesures de réduction de risque de pollution sur les chantiers :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aménagement de rétentions étanches des zones de stockage ou de manipulation de produits chimiques ou de carburant</li> <li>- Collecte vers un réseau spécifique des déblais de forage, boues usées et égouttures</li> <li>- Collecte et évacuation en filière agréée des produits potentiellement polluants stockés ou générés pendant les travaux</li> <li>- Collecte des eaux pluviales tombées sur la plate forme et passage dans un déshuileur avant rejet</li> </ul>
Gérer durablement les eaux souterraines et préserver et restaurer les fonctionnalités des milieux aquatiques	<p>Mesures prises pour limiter l'utilisation d'eau et pour la protection des aquifères :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recyclage des boues et usage d'eau limité au strict minimum</li> <li>- Emploi de matériaux et d'adjuvants conformes aux normes en vigueur</li> <li>- Pose de cuvelages cimentés en face des horizons aquifères pour éviter toute contamination</li> </ul>
Favoriser une eau de qualité suffisante pour tous les usages	<p>Implantation du chantier en dehors des zones protégées et notamment hors des périmètres de protection des captages destinés à l'Alimentation en Eau Potable</p>
Gérer de manière rationalisée les excès et déficits (crues, sécheresses) avec le maintien d'un débit suffisant dans les cours d'eau	<p>Création de fossés de détournement des eaux pluviales tombées à l'extérieur de la plate forme de manière à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Restaurer l'écoulement naturel</li> <li>- Prévenir tout risque de pollution potentiel lié au ruissellement sur la plate-forme</li> </ul>
Privilégier une approche territoriale et placer l'eau au cœur de l'aménagement du territoire	<p>Implantation du chantier en dehors des zones inondables Ensemble des mesures ci-dessus et prise en compte des objectifs du SDAGE</p>

Tableau 14: Confrontation du projet aux directives du SDAGE Adour Garonne