



arverne
GROUP

Membre d'Arverne Group
entreprise à mission

2gré



Mise à jour des informations relatives aux Permis Exclusif de Recherche de Géothermie de Strasbourg de 2gré (Anciennement Georhin)

6.

Notice d'impact

Rédaction du document

Référence interne	Date	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
6_PER de Strasbourg	18/08/2023	Romain DUHAMEL	Damien BEVILLON	Pierre BROSSOLLET

Diffusion du document

Date	Destinataire	Organisme	Version numérique	Version papier
18/08/2023		DGEC / BRESS	1	0
18 /08/2023		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

Document Technique :

Notice d'impact

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 détaillée et précisée lors de la demande d'ouverture de travaux de forage qui sera effectuée avant tous travaux de forage, conformément au Code minier, sur le périmètre d'implantation du projet.

SOMMAIRE

PARTIE 1 : ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT	7
1. APPROCHE DU CONTEXTE GENERAL	7
2. ETUDE DESCRIPTIVE DE LA FAUNE ET LA FLORE ET DES ZONES PROTEGEES	27
3. ETUDE DES RISQUES NATURELS	43
4. HYDROLOGIE	49
5. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET POTENTIEL POUR LA GEOTHERMIE	58
PARTIE 2 : ETUDE DES IMPACTS POTENTIELS D'UN PROJET	84
6. ETUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE	84
7. ETUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU NATUREL	85
8. ETUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN	87
9. ETUDES DES IMPACTS SUR LES AUTRES USAGES	91
10. ETUDES DES RISQUES VIS-A-VIS DE LA SANTE HUMAINE	93
11. ABANDON DU OU DES FORAGES	97
PARTIE 3 : ETUDE DES INCIDENCES SUR LA RESSOURCE EN EAU	99
12. INCIDENCES SUR LES EAUX SUPERFICIELLES	99
13. INCIDENCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES	101
14. INCIDENCES SUR LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE	102

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: LOCALISATION DU PERIMETRE EN ALSACE	7
FIGURE 2: LOCALISATION DU PERIMETRE DU PERMIS MINIER	8
FIGURE 3: OCCUPATION DES SOLS (SOURCE : SDS, 2018)	12
FIGURE 4: PRECIPITATIONS ET TEMPERATURES MOYENNES A STRASBOURG (SOURCE : METEONEWS.FR).....	13
FIGURE 5: ROUTES ET SITES TOURISTIQUES SUR LE PERIMETRE (SOURCE : ACTUAL).....	14
FIGURE 6 : SITES INSCRITS ET CLASSES PRESENTS SUR LE PERIMETRE (SOURCE : GEOCATALOGUE)	15
FIGURE 7: EMPRISES MILITAIRES RECENSEES DANS LA REGION (SOURCE : DATAGRANDEST, 2019)	18
FIGURE 8: TRAFIC ROUTIER EN 2019 (SOURCE : DIR EST).....	19
FIGURE 9: CARTE DE L'A355 (SOURCE : VINCI-AUTOROUTES).....	19
FIGURE 10: VOIES AERIENNES - ESPACE INFERIEUR (SOURCE : DIRCAM, 2022).....	20
FIGURE 11: VOIES AERIENNES – ESPACE SUPERIEUR (SOURCE : DIRCAM, 2022).....	21
FIGURE 12: NOMBRE D'EXPLOITATIONS AGRICOLES PAR COMMUNE ET SURFACES AGRICOLES UTILES (SAU) EN % (SOURCE : AGRESTE – RECENSEMENTS AGRICOLES).....	22
FIGURE 13: EN [1], NOMBRE D'ETABLISSEMENTS ACTIFS EMPLOYEURS (2019) ; EN [2], PART DES ETABLISSEMENTS DE 10 SALAIRES OU PLUS DANS LES ETABLISSEMENTS ACTIFS EMPLOYEURS EN % (2019) (SOURCE : INSEE, STATISTIQUES LOCALES).....	24
FIGURE 14: PRINCIPALES ASSOCIATIONS VEGETALES EN ALSACE (SOURCE : HTTP://GEOL.ALSACE.FREE.FR/).....	27
FIGURE 15: COURS D'EAU PRIORITAIRES POUR LA PROTECTION DES POISSONS MIGRATEURS (EXTRAIT DU TOME 4, SDAGE, 2022-2027)	28
FIGURE 16 : MORPHOLOGIE DU HAMSTER (SOURCE J.V. SIMO).....	29
FIGURE 17 : TERRIER DU HAMSTER.....	29
FIGURE 18: PRESENTATION DES DIFFERENTS ESPACES RELATIFS AU GRAND HAMSTER D'ALSACE (SOURCE : DATAGRANDEST) ...	31
FIGURE 19: ZONE RAMSAR SUR LE PERIMETRE (SOURCE : DATAGRANDEST).....	33
FIGURE 20: LES ZNIEFF DE TYPE 1 RECENSEES SUR LE PERIMETRE (SOURCE : DATAGRANDEST)	36
FIGURE 21: LES ZNIEFF DE TYPE 2 RECENSEES SUR LE PERIMETRE (SOURCE : DATAGRANDEST)	37
FIGURE 22: LES ZICO RECENSEES SUR LE PERIMETRE (SOURCE : DATAGRANDEST)	38
FIGURE 23: ZONE NATURA 2000 SUR LE PERIMETRE (SOURCE : GEO-IDE CATALOGUE)	40
FIGURE 24: LES RNN ET APB RECENSES SUR LE PERIMETRE (SOURCE : DATAGRANDEST)	42
FIGURE 25: CARTE DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES INONDATION (SOURCE : DATAGRANDEST).....	44
FIGURE 26: ZONAGE SISMIQUE DE LA FRANCE (SOURCE : PLANSEISME)	45
FIGURE 27: ZONAGE SISMIQUE DU DEPARTEMENT DU BAS-RHIN (SOURCE : BAS-RHIN.GOUV).....	46
FIGURE 28: CARTE DE L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES (SOURCE : GEORISQUES)	47
FIGURE 29: INVENTAIRE DES CAVITES SOUTERRAINES (SOURCE : GEORISQUES).....	48
FIGURE 30: LOCALISATION DES PRINCIPAUX COURS D'EAU TRAVERSANT LE PER DE STRASBOURG (SOURCE : SANDRE)	50
FIGURE 31: DEBITS MOYENS MENSUELS DU RHIN A LAUTERBOURG SUR 28 ANS (1994-2022) (SOURCE : HYDRO.EAUFRANCE).....	56
FIGURE 32: DEBITS MOYENS MENSUELS DE L'ANDLAU A ANDLAU SUR 49 ANS (1973-2022) (SOURCE : HYDRO.EAUFRANCE).....	57
FIGURE 33: SITUATION STRUCTURALE DU FOSSE RHENAN	58
FIGURE 34: COUPE GEOLOGIQUE NO-SE	59
FIGURE 35: SCHEMA DU GRABEN (C. BRUNET MODIFIE D'APRES J. JOLIVET ET C. NATAF).....	60
FIGURE 36: SCHEMA DU GRABEN D'APRES C. BRUNET MODIFIE D'APRES L. JOLIVET ET C. NATAF (1998)	61
FIGURE 37: ECORCHE DE LA BASE DU TERTIAIRE D'APRES SITTLER 1974 – ETUDE IFP 1998	62
FIGURE 38: STRATIGRAPHIE DU FOSSE RHENAN D'APRES RICHARD ET WEISGERBER (1985).....	65
FIGURE 39: CARTE DES MASSES D'EAU SOUTERRAINES (SOURCE : EAU-RHIN-MEUSE)	67
FIGURE 40: CARTE DES SYSTEMES AQUIFERES (SOURCE : EAU-RHIN-MEUSE).....	68
FIGURE 41: EPAISSEUR DE L'AQUIFERE ALLUVIAL (SOURCE : APRONA)	69
FIGURE 42: SITUATION DE LA NAPPE DU PLIOCENE (SOURCE : APRONA).....	70
FIGURE 43: PIEZOMETRIE DE LA NAPPE D'ALSACE (SOURCE : APRONA)	71
FIGURE 44: NITRATES EN NAPPE PHREATIQUE D'ALSACE, 2016 (SOURCE : APRONA - ERMES RHIN).....	72
FIGURE 45: PESTICIDES ET METABOLITES EN NAPPE PHREATIQUE D'ALSACE, 2016 (SOURCE : APRONA - ERMES RHIN).....	73
FIGURE 46: FICHE RECAPITULATIVE DU FORAGE DE CRONENBOURG	75
FIGURE 47: LOCALISATION DES OUVRAGES EN « EXPLOITATION » (SOURCE : BSS, 2019).....	77

FIGURE 48: HYDROECOREGIONS SUR LE PER DE STRASBOURG (SDAGE)	79
FIGURE 49: ETAT D'AVANCEMENT DES SAGE DU BASSIN RHIN MEUSE AU 16 MAI 2011	80
FIGURE 50: LOCALISATION DES AAC AINSI QUE DES CAPTAGES PUBLICS ET LEUR PERIMETRE DE PROTECTION ELOIGNE (SOURCE : SANDRE.EAUFRANCE)	83

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: POPULATION DES COMMUNES CONCERNEES PAR LE PERIMETRE (SOURCE : INSEE)	9
TABLEAU 2: ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS, COMMERCIAUX ET DE SERVICES SITUÉS SUR LES COMMUNES CONCERNEES PAR LE PERIMETRE (SOURCE : INSEE, STATISTIQUES LOCALES)	10
TABLEAU 3: SITES RECENSES (EN COURS D'INSTRUCTION) SUR LE PERIMETRE D'ÉTUDE (SOURCE : GEORISQUES)	16
TABLEAU 4: NOMBRE D'EXPLOITATIONS AGRICOLES SUR LES COMMUNES CONCERNEES PAR LE PERIMETRE (AGRESTE – RECENSEMENTS AGRICOLES)	23
TABLEAU 5: POSTES SALAIRES PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ AGREGÉ ET TAILLE D'ÉTABLISSEMENT FIN 2019	25
TABLEAU 6: ÉTABLISSEMENTS ACTIFS EMPLOYEURS ET POSTES SALAIRES PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ DÉTAILLÉ (A17) FIN 2019	25
TABLEAU 7: PRINCIPAUX EMPLOYEURS DANS LES BAS-RHIN	26
TABLEAU 8: LISTE DES ZNIEFF DE TYPE 1 CONCERNÉE PAR LE PER	34
TABLEAU 9: LISTES DE ZNIEFF DE TYPE 2 CONCERNÉES PAR LE PER	35
TABLEAU 10: LISTES DES ZICO CONCERNÉES PAR LE PER	35
TABLEAU 11: LISTE DES ZONES NATURA 2000 CONCERNÉES PAR LE PER	39
TABLEAU 12: LISTE DES APB PRÉSENTS SUR LE PER	41
TABLEAU 13: LISTE DES RNN PRÉSENTES SUR LE PER	41
TABLEAU 14 : LISTE DES PRINCIPAUX COURS D'EAU TRAVERSANT LE PER DE STRASBOURG (SOURCE : SANDRE)	49
TABLEAU 15: QUALITÉ DU RHIN – STATION N°02036500 (SOURCE : RHIN-MEUSE.EAUFRANCE.FR)	51
TABLEAU 16: QUALITÉ DE LA MODER – STATION N° 02045000 (SOURCE : RHIN-MEUSE.EAUFRANCE.FR)	52
TABLEAU 17: QUALITÉ DE LA ZORN – STATION N°02044000 (SOURCE : RHIN-MEUSE.EAUFRANCE.FR)	53
TABLEAU 18: QUALITÉ DE LA SOUFFEL – STATION N°02037350 (SOURCE : RHIN-MEUSE.EAUFRANCE.FR)	54
TABLEAU 19: QUALITÉ DE L'ILL - STATION N°02037000 (SOURCE : RHIN-MEUSE.EAUFRANCE.FR)	55
TABLEAU 20: PROFONDEUR DES OUVRAGES ARCHIVÉS DANS LA BSS	76
TABLEAU 21: USAGE DES FORAGES ARCHIVÉS DANS LA BSS	76
TABLEAU 22: MESURES DE BRUIT D'AMBIANCE EFFECTUÉES SUR DIFFÉRENTS SITES	87
TABLEAU 23: NIVEAUX DE BRUITS TYPIQUES GÉNÉRÉS PAR DIFFÉRENTES ACTIVITÉS DE FORAGE	88
TABLEAU 24: ESTIMATION DES NIVEAUX SONORES PENDANT LES OPÉRATIONS	89
TABLEAU 25: CONFRONTATION DU PROJET AUX DIRECTIVES CADRE SUR L'EAU	102

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 prolongation 2^e période (2023-2028), Georhin demande la reconduction de son droit d'exploration sur ce périmètre, identique à la première prolongation (2018-2023).

La zone du projet se situe en Alsace (Figure 1), dans le département du Bas-Rhin avec 79 communes concernées par le PER (Figure 2).

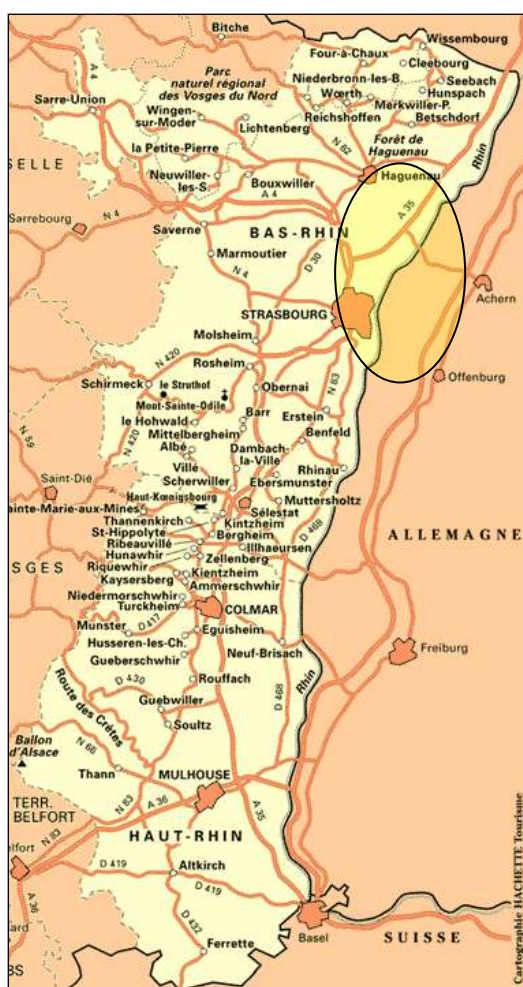


Figure 1: Localisation du périmètre en Alsace

Carte du Permis Exclusif de Recherche de Géothermie Haute Température dit de Strasbourg au 1/100 000
- GEORHIN -

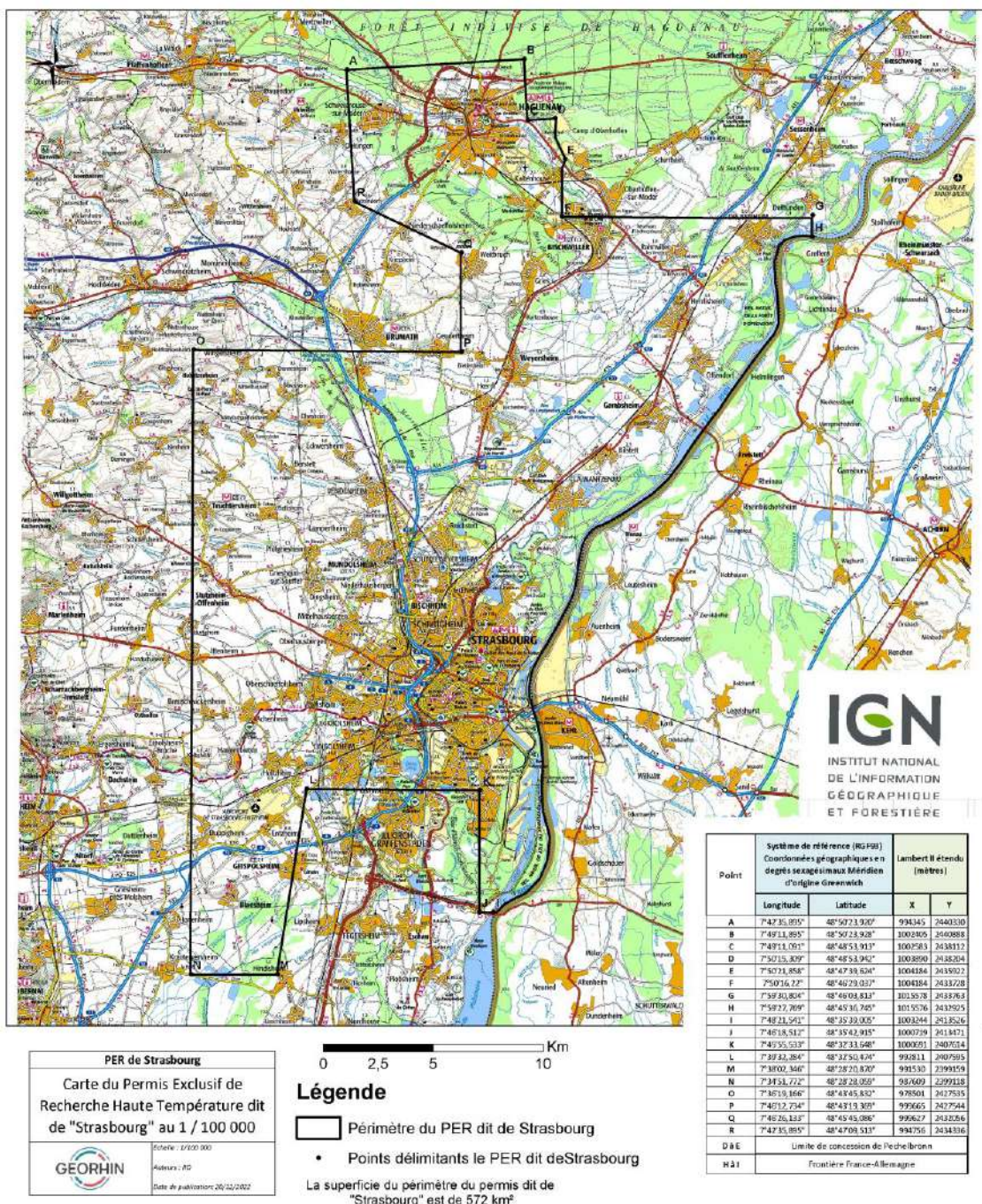


Figure 2: Localisation du périmètre du permis minier

1.2. Etude du milieu humain

1.2.1. Démographie et emploi

D'après les chiffres de l'INSEE (2019), 644 495 personnes vivent dans les communes concernées par le périmètre. Leur répartition est précisée dans le Tableau 1, ci-dessous :

Tableau 1: Population des communes concernées par le périmètre (source : Insee)

Code INSEE	Nom	Population	Code INSEE	Nom	Population
67001	Achenheim	2338	67237	Kilstett	2515
67023	Batzendorf	978	67247	Kolbsheim	973
67034	Berstett	2460	67248	Krautergersheim	1715
67038	Bietlenheim	298	67252	Kurtzenhouse	1079
67039	Bilwisheim	515	67519	La Wantzenau	5881
67043	Bischheim	17353	67256	Lampertheim	3405
67045	Bischoffsheim	3329	67267	Lingolsheim	19439
67046	Bischwiller	12746	67268	Lipsheim	2664
67049	Blaesheim	1301	67296	Mittelhausbergen	2086
67065	Breuschwickersheim	1313	67298	Mittelschaeffolsheim	569
67067	Brumath	10081	67309	Mundolsheim	4749
67082	Dalhunden	1204	67326	Niederhausbergen	1663
67087	Dauendorf	1439	67331	Niederschaeffolsheim	1380
67097	Dingsheim	1233	67343	Oberhausbergen	5363
67100	Donnenheim	352	67345	Oberhoffen-sur-Moder	3497
67106	Drusenheim	5268	67350	Oberschaeffolsheim	2279
67108	Duppigheim	1638	67356	Offendorf	2518
67112	Duttlenheim	2865	67359	Ohlungen	1305
67118	Eckbolsheim	7049	67361	Olwisheim	500
67119	Eckwersheim	1344	67365	Ostwald	12723
67124	Entzheim	2453	67375	Pfulgriesheim	1307
67131	Eschau	5424	67382	Quatzenheim	782
67151	Gambenheim	5041	67389	Reichstett	4397
67152	Geispolsheim	7561	67407	Rohrwiller	1613
67156	Geudertheim	2586	67447	Schiltigheim	33780
67169	Gries	2874	67452	Schnersheim	1713
67173	Griesheim-sur-Souffel	1201	67458	Schweighouse-sur-Moder	4942
67180	Haguenau	35196	67471	Souffelweyersheim	7994
67182	Hangenbieten	1647	67482	Strasbourg	287228
67194	Herrlisheim	4731	67485	Stutzheim-Offenheim	1593
67197	Hindisheim	1510	67495	Truchtersheim	4267
67204	Hœnheim	11304	67497	Uhlwiller	677
67205	Hœrdt	4514	67506	Vendenheim	5971
67212	Holtzheim	3703	67523	Weitbruch	2766
67214	Hurtigheim	978	67529	Weyersheim	3398
67218	Illkirch-Graffenstaden	26698	67539	Wingersheim les Quatre Bans	2330
67223	Innenheim	1183	67540	Wintershouse	873
67226	Ittenheim	2112	67548	Wiwersheim	881

67230	Kaltenhouse	2450	67551	Wolfisheim	4174
67236	Kienheim	549			

1.2.2. Industries, commerces et services

Le site Insee, Statistiques locales, recense 87 369 établissements industriels, commerciaux et de services dans le Bas-Rhin, dont 55 147 se situent sur les communes concernées par le périmètre, voir Tableau 2, ci-dessous :

Tableau 2: Etablissements industriels, commerciaux et de services situés sur les communes concernées par le périmètre
(source : Insee, Statistiques locales)

Code INSEE	Nom	Unités légalés (nombre)	Code INSEE	Nom	Unités légalés (nombre)
67001	Achenheim	145	67237	Kilstett	180
67023	Batzendorf	47	67247	Kolbsheim	51
67034	Berstett	141	67248	Krautergersheim	130
67038	Bietlenheim	13	67252	Kurtzenhouse	52
67039	Bilwisheim	27	67519	La Wantzenau	545
67043	Bischheim	1249	67256	Lampertheim	223
67045	Bischoffsheim	276	67267	Lingolsheim	1084
67046	Bischwiller	699	67268	Lipsheim	127
67049	Blaesheim	73	67296	Mittelhausbergen	167
67065	Breuschwickersheim	91	67298	Mittelschaeffolsheim	37
67067	Brumath	776	67309	Mundolsheim	652
67082	Dalhunden	54	67326	Niederhausbergen	126
67087	Dauendorf	63	67331	Niederschaeffolsheim	93
67097	Dingsheim	91	67343	Oberhausbergen	475
67100	Donnenheim	26	67345	Oberhoffen-sur-Moder	252
67106	Drusenheim	284	67350	Oberschaeffolsheim	162
67108	Duppigheim	174	67356	Offendorf	126
67112	Duttlenheim	205	67359	Ohlungen	71
67118	Eckbolsheim	761	67361	Olwisheim	27
67119	Eckwersheim	97	67365	Ostwald	749
67124	Entzheim	522	67375	Pfulgriesheim	83
67131	Eschau	350	67382	Quatzenheim	64
67151	Gambsheim	274	67389	Reichstett	414
67152	Geispolsheim	745	67407	Rohrwiller	98
67156	Geudertheim	168	67447	Schiltigheim	3393
67169	Gries	179	67452	Schnersheim	120
67173	Griesheim-sur-Souffel	81	67458	Schweighouse-sur-Moder	389
67180	Haguenau	3026	67471	Souffelweyersheim	566
67182	Hangenbieten	157	67482	Strasbourg	27398
67194	Herrlisheim	275	67485	Stutzheim-Offenheim	116
67197	Hindisheim	114	67495	Truchtersheim	359
67204	Hœnheim	671	67497	Uhlwiller	34
67205	Hoërdt	530	67506	Vendenheim	543

67212	Holtzheim	256	67523	Weitbruch	142
67214	Hurtigheim	71	67529	Weyersheim	262
67218	Illkirch-Graffenstaden	1989	67539	Wingersheim les Quatre Bans	177
67223	Innenheim	76	67540	Wintershouse	34
67226	Ittenheim	196	67548	Wiwersheim	143
67230	Kaltenhouse	116	67551	Wolfisheim	362
67236	Kienheim	33			

1.2.3. Occupation des sols

Le site est principalement composé de terres arables. Autour des grandes villes (Strasbourg, Haguenau), le secteur est principalement composé de zones industrielles et de zones urbanisées. En dehors de celles-ci, le site est principalement composé de terres arables. Quelques prairies et espaces verts artificiels sont présents.

Sur les rives du Rhin et autour de Haguenau se trouve de nombreuses forêts. L'occupation des sols est présentée sur la Figure 3, ci-dessous.

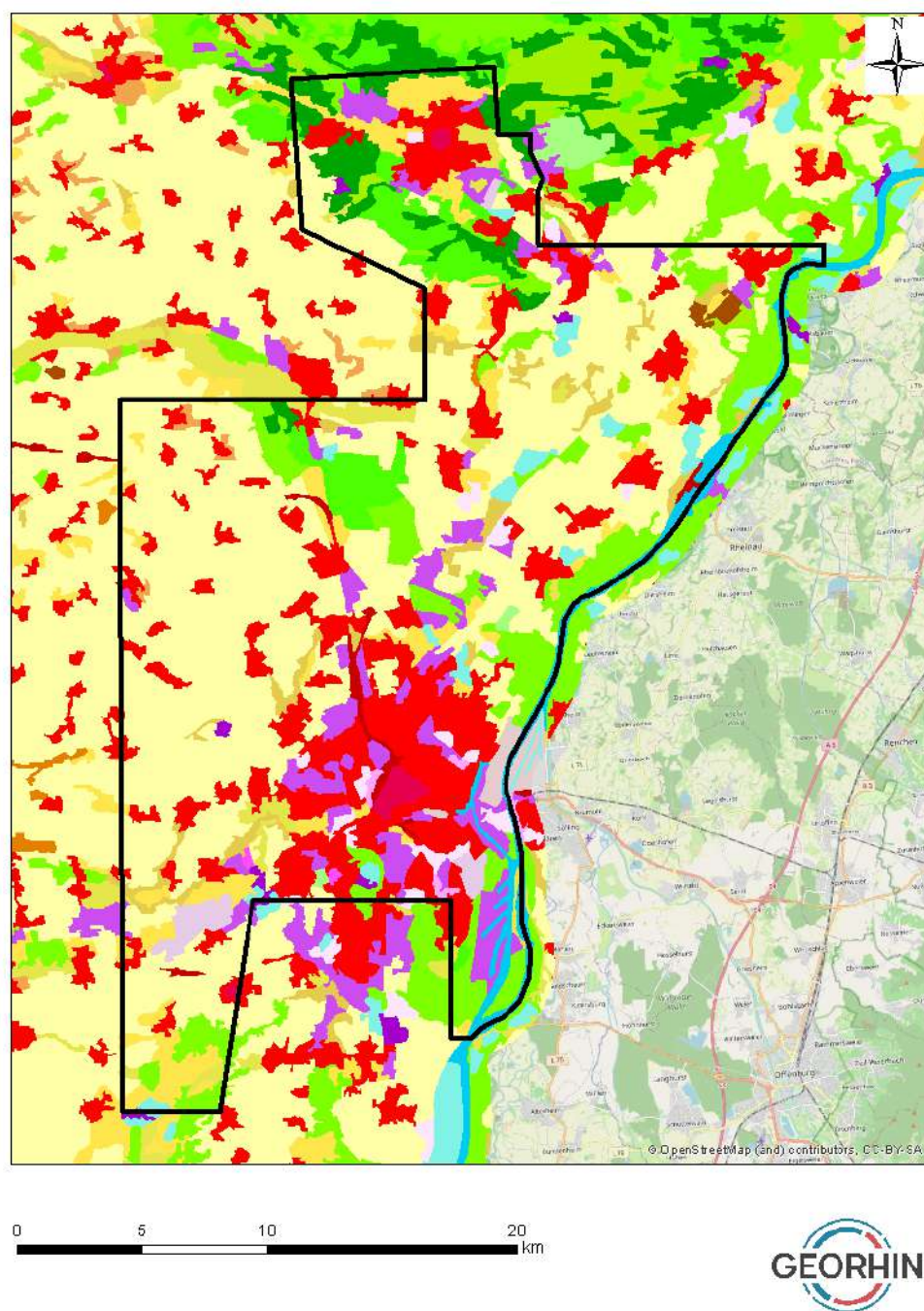


Figure 3: Occupation des sols (source : SDS, 2018)

Légende :

CORINE Land Cover - 2018

Territoires artificialisés - Zones urbanisées		Territoires agricoles - Prairies	
111 : Tissu urbain continu		231 : Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole	
112 : Tissu urbain discontinu		Territoires agricoles - Zones agricoles hétérogènes	
Territoires artificialisés - Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication		242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	
121 : Zones industrielles ou commerciales et installations publiques		243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	
122 : Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés		Forêts et milieux semi-naturels - Forêts	
123 : Zones portuaires		311 : Forêts de feuillus	
124 : Aéroports		312 : Forêts de conifères	
Territoires artificialisés - Mines, décharges et chantiers		313 : Forêts mélangées	
131 : Extraction de matériaux		Forêts et milieux semi-naturels - Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée	
132 : Décharges		322 : Landes et broussailles	
133 : Chantiers		324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	
Territoires artificialisés - Espaces verts artificialisés, non agricoles		Surfaces en eau - Eaux continentales	
141 : Espaces verts urbains		511 : Cours et voies d'eau	
142 : Equipements sportifs et de loisirs		512 : Plans d'eau	
Territoires agricoles - Terres arables			
211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation			
Territoires agricoles - Cultures permanentes			
221 : Vignobles			
222 : Vergers et petits fruits			

1.2.4. Caractéristiques climatiques

Le climat du PER de Strasbourg est de type continental, marqué par des hivers froids et secs, et des étés chauds et orageux, du fait de la protection occidentale qu'offrent les Vosges. La température moyenne annuelle est de 10,4 °C. L'amplitude thermique annuelle est forte (30 °C). La pluviométrie est en moyenne de 700 mm/an.

La Figure 4 présente le cumul des précipitations et les températures moyennes mensuelles à Strasbourg, sur la période de 2000 à 2014 (source : meteonews.fr).

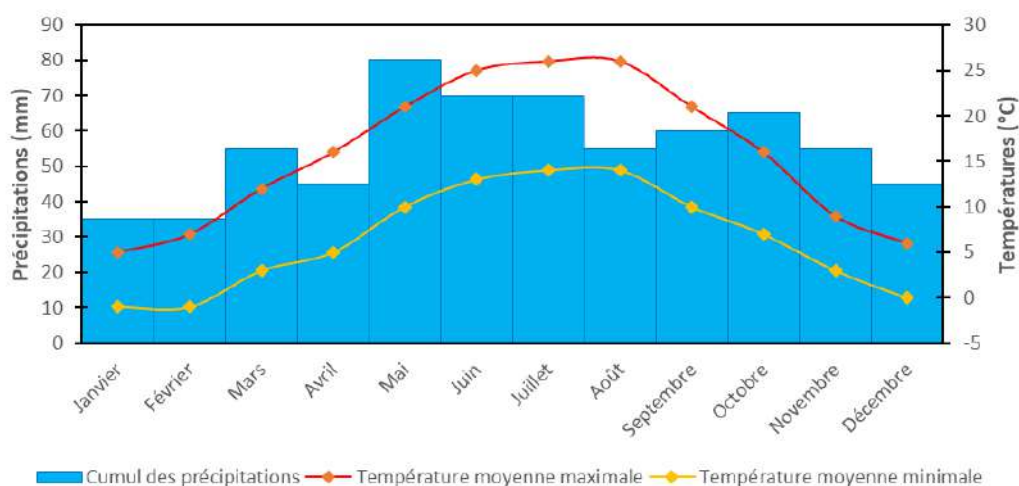


Figure 4: Précipitations et températures moyennes à Strasbourg (source : meteonews.fr).

1.3. Richesses et espaces naturels agricoles, biens et patrimoines culturels

1.3.1. Tourisme

Les principales routes et sites touristiques sont représentées sur la Figure 5, ci-dessous.



Figure 5: Routes et sites touristiques sur le périmètre (source : ACTUAL)

1.3.2. Sites inscrits ou classés

Les 4 sites inscrits et classés présents sur le périmètre sont localisés sur la Figure 6.

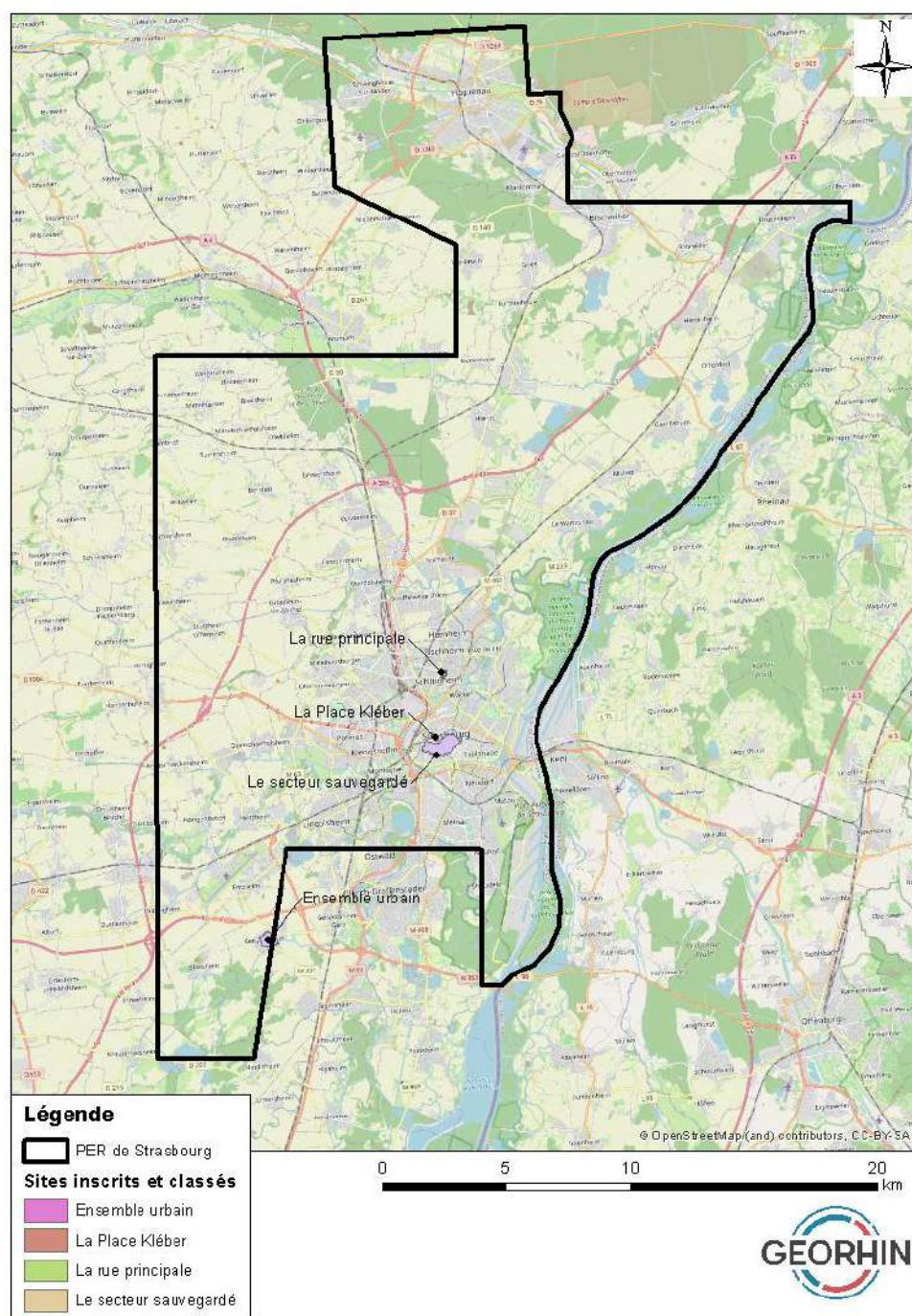


Figure 6 : Sites inscrits et classés présents sur le périmètre (source : Géocatalogue)

1.4. Installations à proximité

1.4.1. Sites recensés

La base de données Géorisques recense les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif, voir Tableau 3, ci-dessous :

Tableau 3: Sites recensés (en cours d'instruction) sur le périmètre d'étude (source : Géorisques)

Commune	Identifiant	Nom établissement, site	Commune	Identifiant	Nom établissement, site
BISCHHEIM	SSP00040730 1		STRASBOURG	SSP00074970 1	
BISCHWILLER	SSP00081890 1			SSP00075550 1	
	SSP00094780 1			SSP00078220 1	
	SSP00102270 1	HAGER ELECTRO SAS		SSP00078230 1	SOCIETE EUROPEENNE DE STOCKAGE- Dépôt 1
	SSP00102280 1			SSP00078250 1	
DRUSENHEIM	SSP00078120 1			SSP00081850 1	
	SSP00096210 1			SSP00081990 1	
	SSP00119520 1			SSP00082010 1	IMPRIMERIE ALSACIENNE (Anct QUEBECOR)
ENTZHEIM	SSP00078100 1			SSP00082260 1	
	SSP00039210 1			SSP00082350 1	BOLLORE ENERGIE
GRIES	SSP00119220 1			SSP00082370 1	
HAGUENAU	SSP00081880 1			SSP00082440 1	
	SSP00093860 1			SSP00082450 1	
	SSP00094770 1			SSP00082460 1	
	SSP00042340 1	EMFI		SSP00082470 1	
HOENHEIM	SSP00119530 1			SSP00093770 1	
	SSP00044710 1	Ancienne société Emaillerie alsacienne		SSP00096190 1	
HOERDT	SSP00096260 1			SSP00099470 1	

HOLTZHEIM	SSP00078150 1			SSP00109730 1	
	SSP00110640 1	dépôt du Gressen		SSP00112850 1	
ILLKIRCH GRAFFENSTADEN	SSP00093780 1			SSP00112880 1	
KALTENHOUSE	SSP00119160 1			SSP00112900 1	
LA WANTZENAU	SSP00078170 1			SSP00112960 1	
	SSP00081870 1			SSP00118000 1	SITE ETS DU NEUFELD
LINGOLSHEIM	SSP00043140 1	COSTIL TANNERIES DE FRANCE		SSP00119190 1	
MUNDOLSHEIM	SSP00115270 1	station-service CORA		SSP00119280 1	
OBERHAUSBERGE N	SSP00078180 1			SSP00119290 1	
OBERHOFFEN SUR MODER	SSP00123330 1			SSP00119320 1	
	SSP00081910 1			SSP00119620 1	
OHLUNGEN	SSP00120350 1			SSP00119630 1	SITE ETS 61, route des Romains
	SSP00120370 1			SSP00042120 1	EDF - Ancienne centrale thermique
OSTWALD	SSP00110630 1			SSP00042600 1	Ancienne brasserie K1 KRONENBOUR G
REICHSTETT	SSP00081730 1			SSP00043620 1	USINE CLESTRA HAUSERMAN
	SSP00093830 1			SSP00043970 1	EIFFEL- Constructions métalliques de Strasbourg
	SSP00107760 1			SSP00044000 1	Ancienne usine à gaz
	SSP00044010 1			SSP00044760 1	STEELCASE (STRAFOR)
SCHILTIGHEIM	SSP00112750 1			SSP00044910 1	SEITA
	SSP00121170 1			SSP06931250 1	
	SSP00044570 1	SCHUTZENBERGE R	WEYERSHEI M	SSP00084280 1	
SCHWEIGHOUSE SUR MODER	SSP00119210 1		WOLFISHEIM	SSP00099120 1	
	SSP00119510 1				

1.4.2. Emprises militaires

La Figure 7 présente la base de données de l'occupation du sol (OCSGE2 Grand Est) 2019 sur les emprises militaires de la région avec un indicateur au niveau 2 de nomenclature pour les espaces naturels et agricoles (source : DATAGRANDEST).

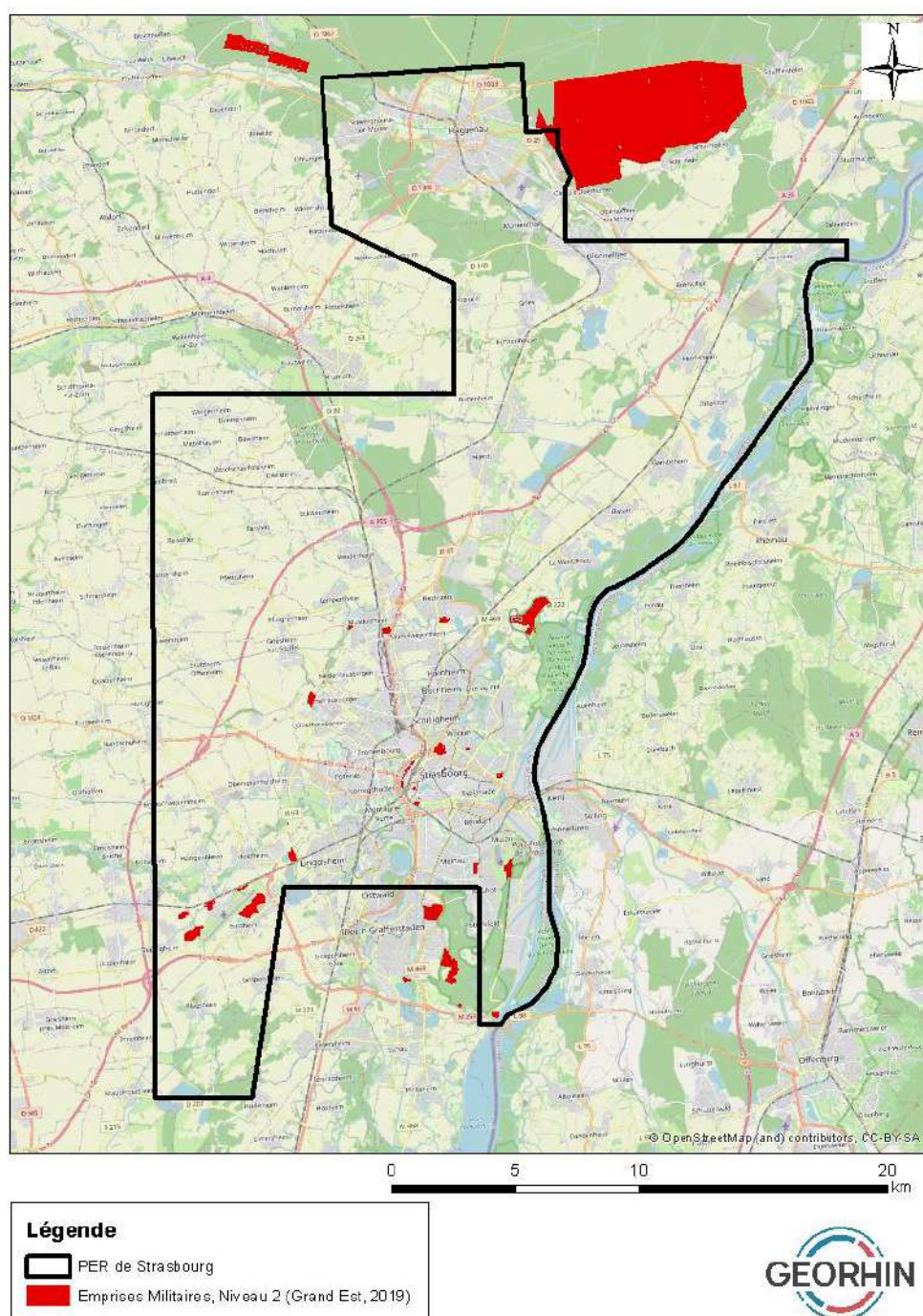


Figure 7: Emprises militaires recensées dans la région (source : DATAGRANDEST, 2019)

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, autoroutes, voies ferroviaires et voies navigables.

1.5.1. Voies routières

La Figure 8 présente le trafic moyen journalier annuel et le pourcentage de poids lourd, sur le réseau de la DIR Est, en 2019.

En Décembre 2021, le Contournement Ouest de Strasbourg (A355), dans le Bas-Rhin, a été mis en service (Figure 9). Reconnue d'utilité publique le 23 janvier 2008, cette infrastructure de 24 km constitue le plus important projet autoroutier de ces dernières années en France et vise à délester l'A355 de son trafic de transit.

D'après l'EMS, un peu moins de neuf mois après l'ouverture du Contournement ouest de Strasbourg, les comptages montrent une baisse de 33% du nombre de poids lourds traversant la ville.



Figure 8: Trafic routier en 2019 (source : DIR Est)

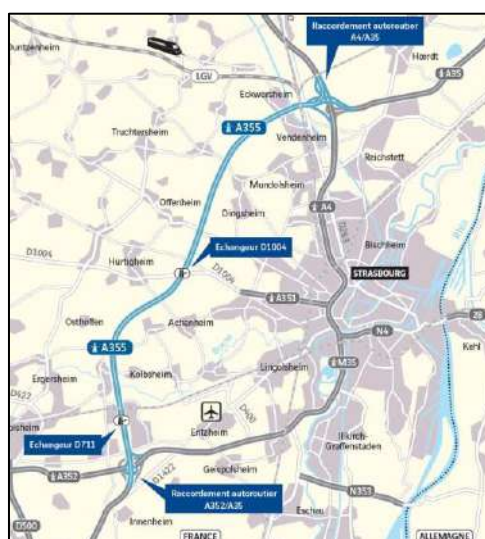


Figure 9: Carte de l'A355 (source : vinci-autoroutes)

1.5.2. Voies aériennes

Trois aérodrômes se trouvent dans le périmètre :

- Aérodrôme de Haguenau à usage militaire
- Aérodrôme de Strasbourg – Entzheim à usage civil
- Aérodrôme de Strasbourg – Neuhof à usage militaire

Un aéroport est présent dans le périmètre :

- Aéroport de Strasbourg

Les voies de circulation aériennes dans l'espace aérien inférieur (Figure 10) et supérieur (Figure 11) sont disponibles ci-dessous.

Légende :

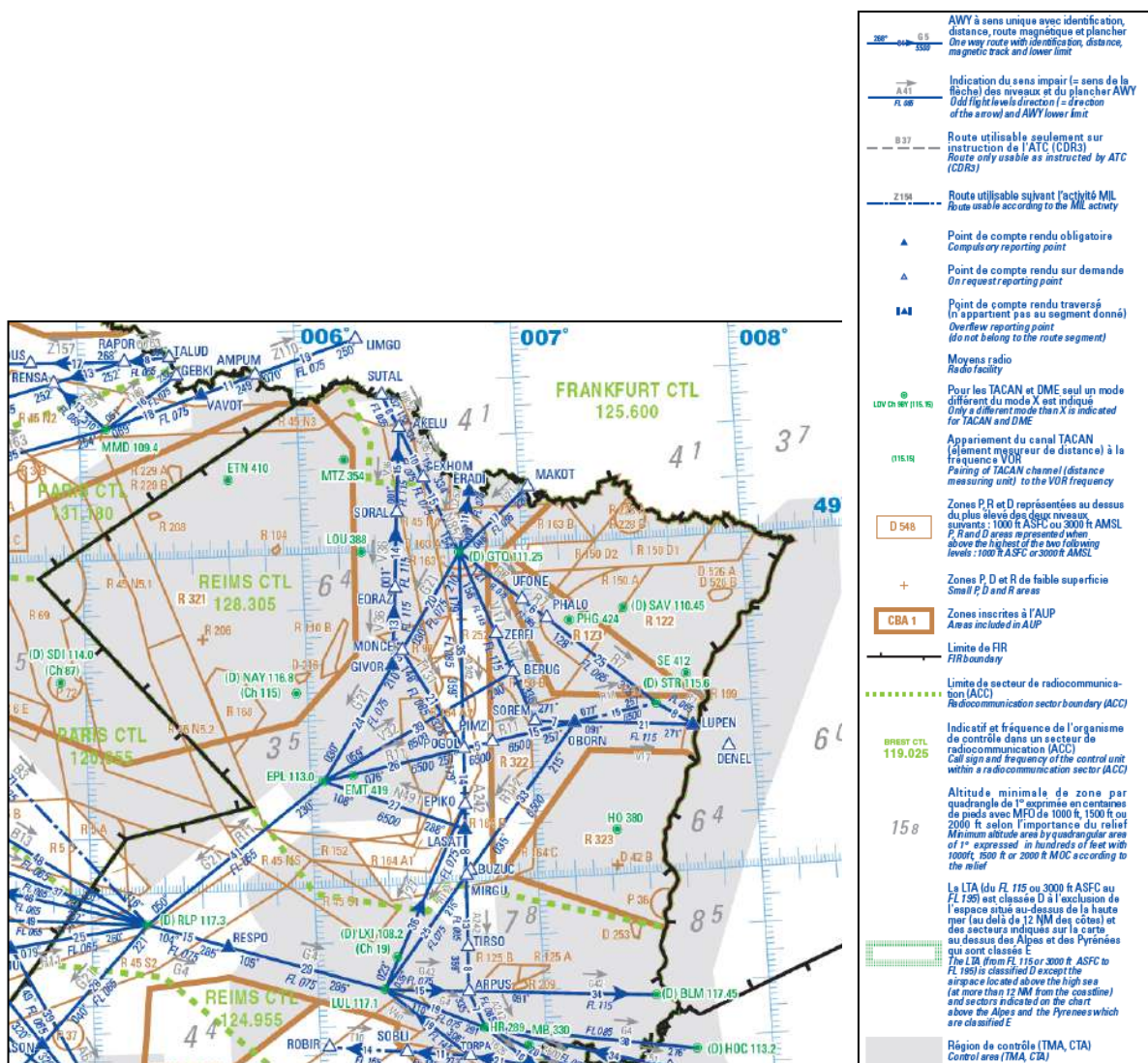


Figure 10: Voies aériennes - espace inférieur (source : DIRCAM, 2022)

1.6. Activités agricoles

Le secteur est le siège de nombreuses exploitations agricoles. La Figure 12, ci-dessous, représente le nombre total d'exploitations agricoles par communes en 2020, ainsi que les surfaces agricoles utiles (SAU), en pourcentage. Le Tableau 4 liste ces informations.

En Alsace les grandes cultures sont représentées principalement par les céréales, au premier rang desquels, le maïs. Le maïs est particulièrement bien adapté aux conditions régionales de climat et de sol. Il valorise fortement les possibilités d'irrigation offertes par l'abondance et l'accessibilité de la nappe phréatique de la plaine d'Alsace. Les exploitations agricoles ont développé un savoir-faire et une organisation collective qui leur permettent d'être parmi les toutes premières régions françaises.

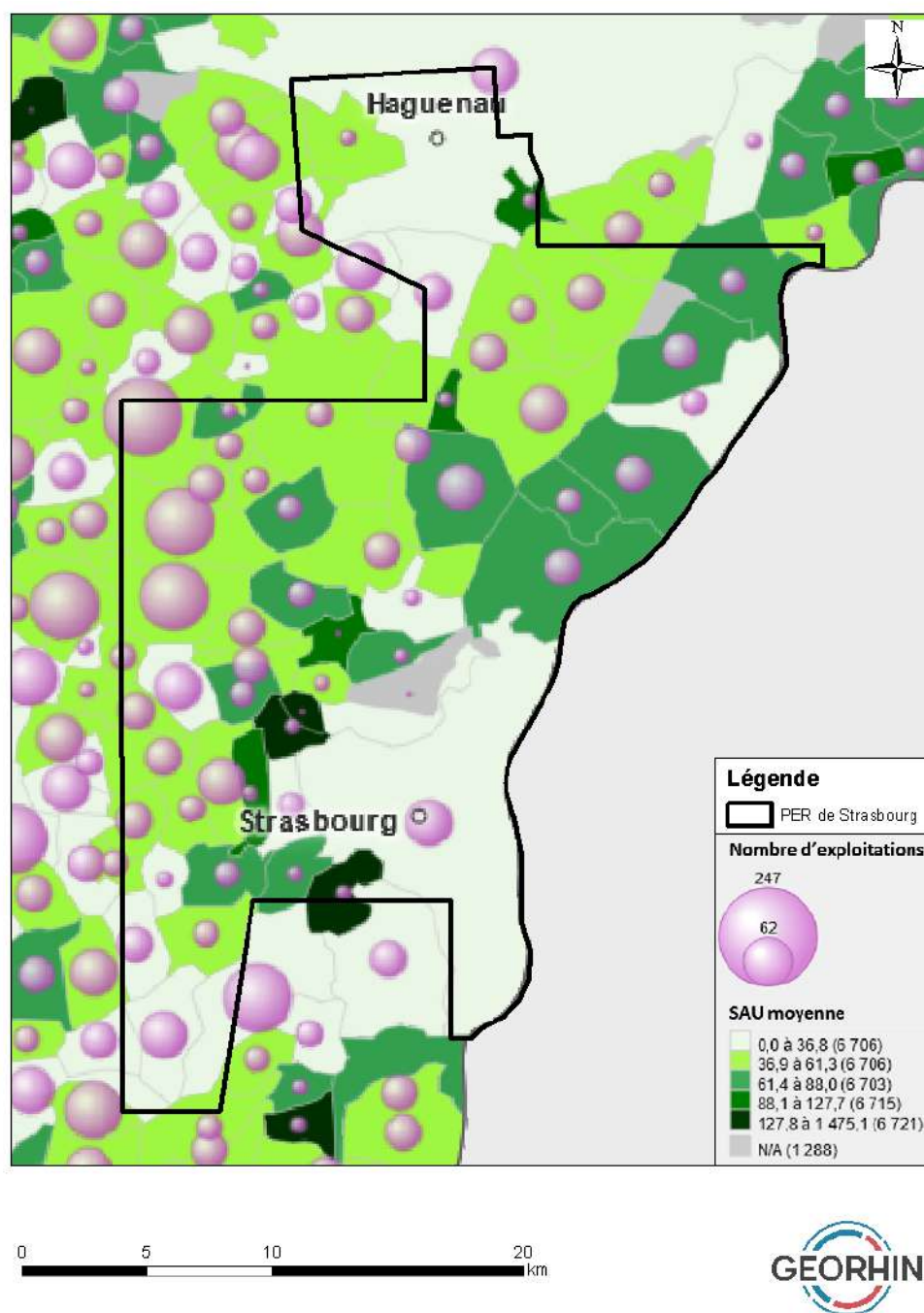


Figure 12: Nombre d'exploitations agricoles par commune et surfaces agricoles utiles (SAU) en % (source : Agreste – Recensements agricoles)

Tableau 4: Nombre d'exploitations agricoles sur les communes concernées par le périmètre (Agreste – Recensements agricoles)

Nom	Nombre exploitations agricoles (2020)	Nom	Nombre exploitations agricoles (2020)
Achenheim	6	Kilstett	6
Batzendorf	17	Kolbsheim	6
Berstett	35	Krautergersheim	22
Bietlenheim	4	Kurtzenhouse	9
Bilwisheim	7	La Wantzenau	13
Bischheim	0	Lampertheim	5
Bischoffsheim	20	Lingolsheim	4
Bischwiller	10	Lipsheim	5
Blaesheim	16	Mittelhausbergen	1
Breuschwickersheim	11	Mittelschaeffolsheim	11
Brumath	8	Mundolsheim	1
Dalhunden	4	Niederhausbergen	4
Dauendorf	13	Niederschaeffolsheim	16
Dingsheim	6	Oberhausbergen	3
Donnenheim	4	Oberhoffen-sur-Moder	12
Drusenheim	8	Oberschaeffolsheim	15
Duppigheim	12	Offendorf	8
Duttlenheim	17	Ohlungen	16
Eckbolsheim	6	Olwisheim	5
Eckwersheim	7	Ostwald	3
Entzheim	7	Pfulgriesheim	10
Eschau	10	Quatzenheim	2
Gambshheim	11	Reichstett	3
Geispolsheim	32	Rohrwiller	0
Geudertheim	13	Schiltigheim	1
Gries	7	Schnersheim	34
Griesheim-sur-Souffel	10	Schweighouse-sur-Moder	3
Haguenau	17	Souffelweyersheim	2
Hangenbieten	2	Strasbourg	18
Herrlisheim	10	Stutzheim-Offenheim	19
Hindisheim	7	Truchtersheim	32
Hœnheim	0	Uhlwiller	17
Hœrdt	19	Vendenheim	9
Holtzheim	8	Weitbruch	13
Hurtigheim	14	Weyersheim	17
Illkirch-Graffenstaden	12	Wingersheim les Quatre Bans	42
Innenheim	14	Wintershouse	12
Ittenheim	10	Wiwersheim	5
Kaltenhouse	2	Wolfisheim	4
Kienheim	11		

1.7. Activités industrielles.

Les chiffres suivants ont été obtenus à partir du site Insee, Statistiques locales. Le Bas-Rhin comptabilise 38 464 d'établissements actifs employeurs (2019). Pour une part des établissements de 10 salariés ou plus de 19,2% (2019), supérieure à la moyenne nationale de 18,2%.

Plus précisément, la commune de Strasbourg par exemple, comptabilise 10 983 d'établissements actifs employeurs (2019). Pour une part des établissements de 10 salariés ou plus de 19,0% (2019). La Figure 13, ci-dessous, présente ces deux indicateurs à l'échelle du PER.

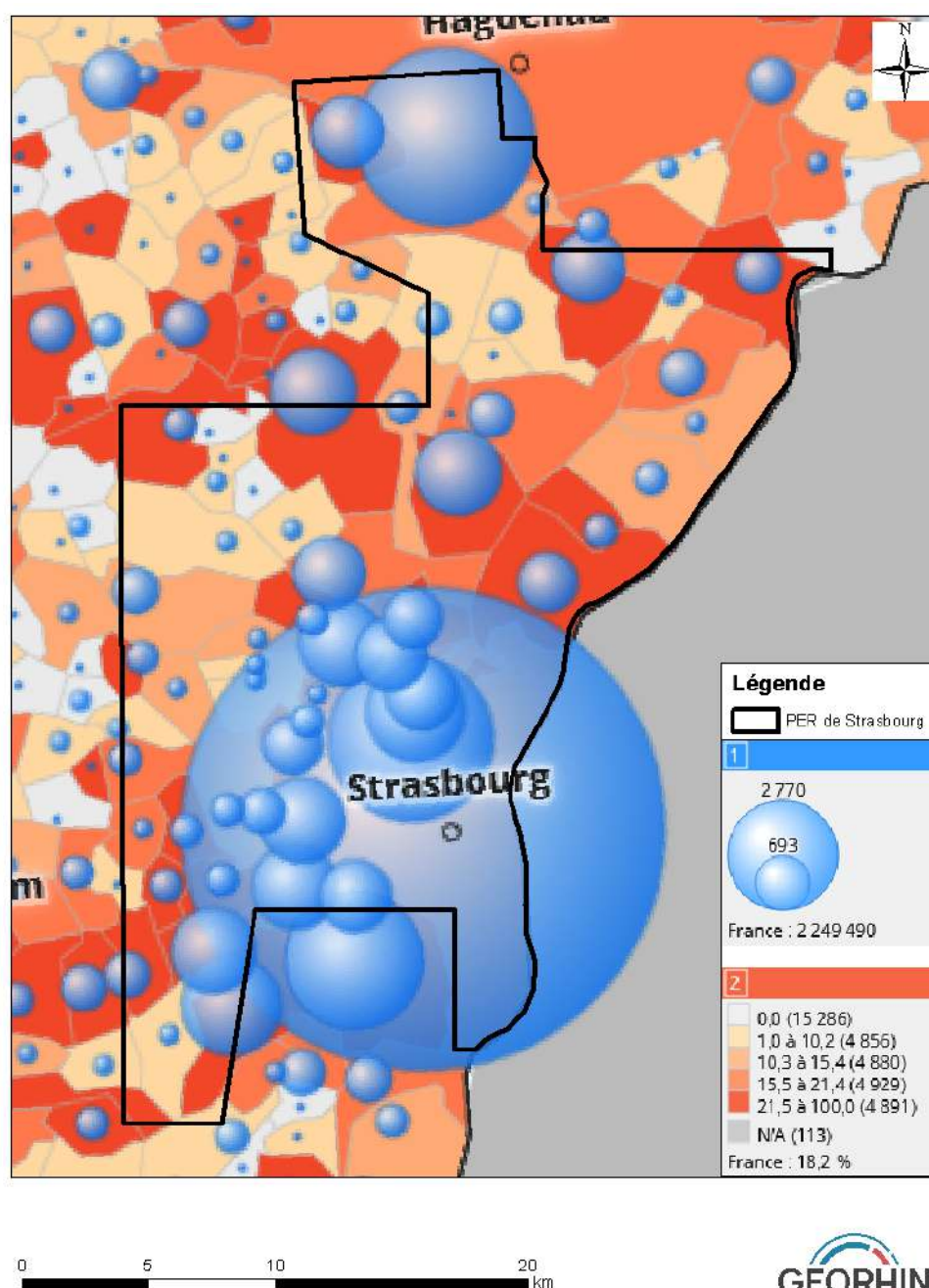


Figure 13: En [1], nombre d'établissements actifs employeurs (2019) ; en [2], part des établissements de 10 salariés ou plus dans les établissements actifs employeurs en % (2019) (source : Insee, Statistiques locales)

A l'échelle du département du Bas-Rhin, 461 731 salariés sont comptabilisés et répartis dans les 5 grands secteurs d'activités. Le Tableau 5, ci-dessous, présente ces données :

Tableau 5: Postes salariés par secteur d'activité agrégé et taille d'établissement fin 2019

	Total	%	1 à 9 salarié(s)	10 à 19 salariés	20 à 49 salariés	50 à 99 salariés	100 salariés ou plus
Ensemble	461 731	100	84 889	49 061	68 113	58 449	201 219
Agriculture, sylviculture et pêche	3 924	0,8	2 468	502	437	0	517
Industrie	77 783	17	5 740	5 471	9 208	7 713	49 651
Construction	27 253	5,9	9 291	4 765	6 121	3 041	4 035
Commerce, transports, services divers	214 929	47	55 388	29 732	35 680	26 041	68 088
dont commerce et réparation automobile	69 935	15	19 339	10 026	11 752	7 499	21 319
Administration publique, enseignement, santé, action sociale	137 842	30	12 002	8 591	16 667	21 654	78 928

Champ : hors secteur de la défense et hors particuliers employeurs.

Source : Insee, Flores (Fichier Localisé des Rémunérations et de l'Emploi Salarié) en géographie au 01/01/2022.

Toujours à l'échelle du département du Bas-Rhin, le Tableau 6, ci-dessous, donne une représentation de la répartition des établissements et des effectifs par catégorie d'activité :

Tableau 6: Établissements actifs employeurs et postes salariés par secteur d'activité détaillé (A17) fin 2019

	Établissements		Postes salariés	
	Nombre	%	Nombre	%
Ensemble	38 464	100	461 731	100
Agriculture, sylviculture et pêche	1 476	3,8	3 924	0,8
Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac	897	2,3	16 818	3,6
Cokéfaction et raffinage	1	0	16	0
Fabrication d'équipements électriques, électroniques, informatiques ; fabrication de machines	206	0,5	17 998	3,9
Fabrication de matériels de transport	43	0,1	7 967	1,7
Fabrication d'autres produits industriels	1 244	3,2	29 336	6,4
Industries extractives, énergie, eau, gestion des déchets et dépollution	270	0,7	5 648	1,2
Construction	4 128	10,7	27 253	5,9
Commerce ; réparation d'automobiles et de motocycles	7 575	19,7	69 935	15,1

Transports et entreposage	1 032	2,7	25 670	5,6
Hébergement et restauration	3 350	8,7	23 254	5
Information et communication	843	2,2	10 943	2,4
Activités financières et d'assurance	1 716	4,5	16 218	3,5
Activités immobilières	927	2,4	3 750	0,8
Activités scientifiques et techniques ; services administratifs et de soutien	5 431	14,1	49 639	10,8
Administration publique, enseignement, santé humaine et action sociale	5 847	15,2	137 842	29,9
Autres activités de services	3 478	9	15 520	3,4

Champ : hors secteur de la défense et hors particuliers employeurs.

Source : Insee, FLORES en géographie au 01/01/2022.

Les principaux employeurs dans le Bas-Rhin sont rassemblés dans le Tableau 7, ci-dessous :

Tableau 7: Principaux employeurs dans les Bas-Rhin

Tranches d'effectifs salariés	Entreprises
5 000 - 7 999	Crédit Mutuel Alliance Fédérale
2 000 - 4 999	Auchan (Hyper et Supermarchés) • Hager Electro • La Poste Schaeffler France • SNCF • Würth France
1 500 - 1 999	CTS • Sew-Usocome
1 200 - 1 499	CroisiEurope • Groupe EDF-ÉS • Kuhn • Lilly France • Mars Chocolat France • Merck Millipore
1 000 - 1 199	Cora • GSF Saturne • ISS Propreté • Safran • Socomec
800 - 999	Euro Information Developpements • Lidl • Punch Powerglide Siemens • Supermarchés Match

N.b. A l'exclusion des entreprises et emplois intérimaires

Sélection par effectif employé dans le Bas-Rhin (Juillet 2020, CCI Alsace Eurométropole)

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

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 (Hurtigheim et Eckbolsheim), une étude présentant la faune et la flore présente sur le périmètre des deux sites envisagés pour les travaux sera établie par un bureau d'études spécialisé. Dans le cas du site de Vendenheim, cette étude a déjà été réalisée.

2.1.1. Flore

La zone d'étude se trouve dans un environnement majoritairement cultivé.

De nombreuses forêts alluviales, en bordure et sur les îlots du Rhin sont présentes. Celles-ci sont principalement constituées de saules, de peupliers, d'aulnes, de carex, d'ormes et de frênes. On y trouve de plus, une strate arborescente très développée regroupant la plupart des feuillus d'Europe occidentale et centrale.

La Figure 14, ci-dessous, présente une coupe théorique des principales associations végétales.

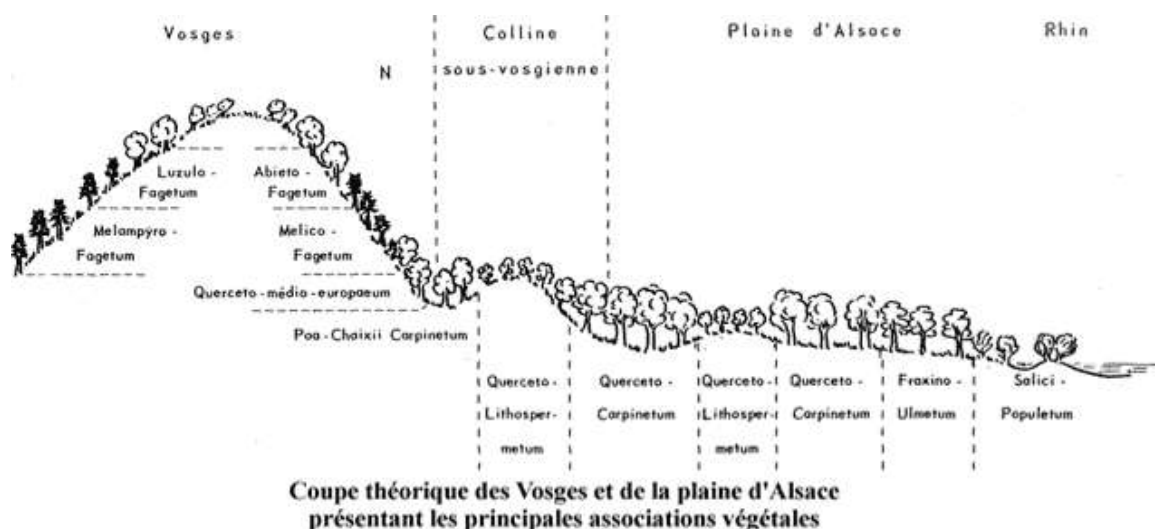


Figure 14: Principales associations végétales en Alsace (source : <http://geol.alsace.free.fr/>)

2.1.2. Faune

2.1.2.1. Généralités

Les invertébrés

L'Alsace est reconnue pour la richesse de sa faune d'invertébrés, et notamment entomologique.

Les poissons

Dans les années 60, la pollution du fleuve avait chassé définitivement du Rhin les grands poissons migrateurs tels que le saumon, les truites de mer et les aloses. Depuis, la « Commission Internationale

pour la protection du Rhin » (CIPR) a fixé un programme d'actions visant à restaurer l'écosystème rhénan, avec pour principal objectif le retour du saumon en 2000. Le programme Rhin 2040 s'appuie sur le bilan du programme Rhin 2020. Les objectifs qui n'ont pas été atteints et qui requièrent des efforts supplémentaires, au même titre que les nouvelles problématiques, sont des parties intégrantes du nouveau programme (source : CIPR). La Figure 15, ci-dessous, localise les cours d'eau prioritaires pour la protection des poissons migrateurs.

Secteur de travail Rhin supérieur



Figure 15: Cours d'eau prioritaires pour la protection des poissons migrateurs (extrait du Tome 4, SDAGE, 2022-2027)

Les batraciens et les reptiles

Quatorze espèces de batraciens, 3 espèces de serpents (coronelle lisse, couleuvre à collier et l'orvet) et deux espèces de lézards (lézard des murailles, lézard des souches) vivent dans les forêts rhénanes alsaciennes.

Les oiseaux

Le Rhin est le deuxième site de France pour l'hivernage des oiseaux. De ce fait, de nombreuses espèces sont présentes à ses abords comme des rainettes, des cormorans, des canards chipeaux et canards siffleurs, des sternes, des hérons...

2.1.2.2. Les mammifères

La loutre

La Loutre d'Europe avait disparu des eaux phréatiques des forêts Rhénane en 1994. En 1998, le Centre de Réintroduction des Cigognes et des Loutres de Hunawehr a entamé une expérience de réintroduction dans les cours d'eau du Ried Centre Alsace. Cette espèce est sur la liste rouge des espèces « en danger » en Alsace.

2.1.2.3. Le grand hamster d'Alsace

Généralités

Nom vernaculaire : Grand hamster, Hamster commun, Hamster d'Alsace, Hamster d'Europe

Nom scientifique : *Cricetus cricetus*

Classification : Mammifères, Rongeur, Muridés

Description

Le Grand Hamster est une espèce emblématique de la faune alsacienne et nationale. Elle était classée en tant que nuisible de 1937 à 1990. Peu d'intérêt lui a été accordé avant que le déclin de ses populations ne soit reconnu. Le Grand Hamster présente un corps massif et trapu doté d'une queue courte et de pattes puissantes. Cette morphologie adaptée à la vie fouisseuse le rend maladroit à la course. Son poids est compris entre 100 g et 550 g pour une taille allant de 20 à 27 cm et une queue de 3 à 6 cm (Figure 16). Il a la particularité de posséder des bajoues lui permettant de transporter des aliments.

Il s'agit d'une espèce nocturne, solitaire hibernant de fin octobre à fin mars. C'est un omnivore qui peut amasser de 2 à 5 kg de réserves pour l'hiver. La période de reproduction dure d'avril à août. Après une gestation d'une vingtaine de jours, la femelle met au monde une à deux portées par an.

Le Grand Hamster passe 95% de son temps sous terre. Les terriers d'été sont peu profonds, 40 à 60 cm. Le terrier d'hiver peut, quant à lui, atteindre jusqu'à 1,50 m de profondeur (Figure 17).

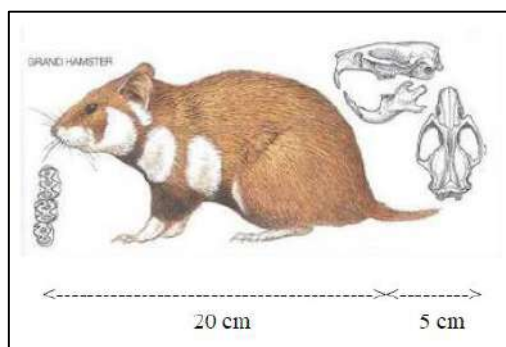


Figure 16 : Morphologie du hamster (source J.V. SIMO).



Figure 17 : Terrier du hamster.

Historique

La présence du hamster est très ancienne dans l'est de la France. Venu des pays d'Europe centrale il y a 12 000 ans, il est inféodé aujourd'hui aux grandes cultures et n'est présent en France que dans la plaine alsacienne. Il est favorisé par un climat continental, des sols secs et profonds de loess ou d'argile et une bonne couverture végétale.

Habitat

Son habitat est essentiellement les champs de céréales et champs de légumineuses dont l'altitude est inférieure à 500 mètres. Il se nourrit essentiellement de graines, racines, fruits, insectes, mollusques et grenouilles. Il entre en hibernation vers octobre-novembre et n'en ressort qu'en mars-avril.

Protection

- Statut mondial : l'espèce est considérée comme de préoccupation mineure (IUCN, 2008).
- Statut européen : en voie d'extinction imminente, différents plans de conservation sont en place afin de sauvegarder l'espèce. L'Union Européenne prône la position suivante : *Espèce strictement protégée, la capture et la mise à mort intentionnelle est interdite tout comme la perturbation des phases critiques du cycle vitale et la destruction de leurs aires de repos et de leurs sites de reproduction* ».
- Statut national : le hamster d'Alsace fait partie des espèces protégées au sens de l'article L411-1 du code de l'environnement. A la fois les individus et les habitats du hamster sont protégés, sauf dérogations possibles au titre de l'article L411-2 du code de l'environnement.
- Statut régional : il figure sur la Liste Rouge des mammifères d'Alsace en tant qu'espèce « en danger ». La Figure 18, ci-dessous, présente les jeux de données existants relatifs au Grand Hamster d'Alsace sur l'ensemble du PER.

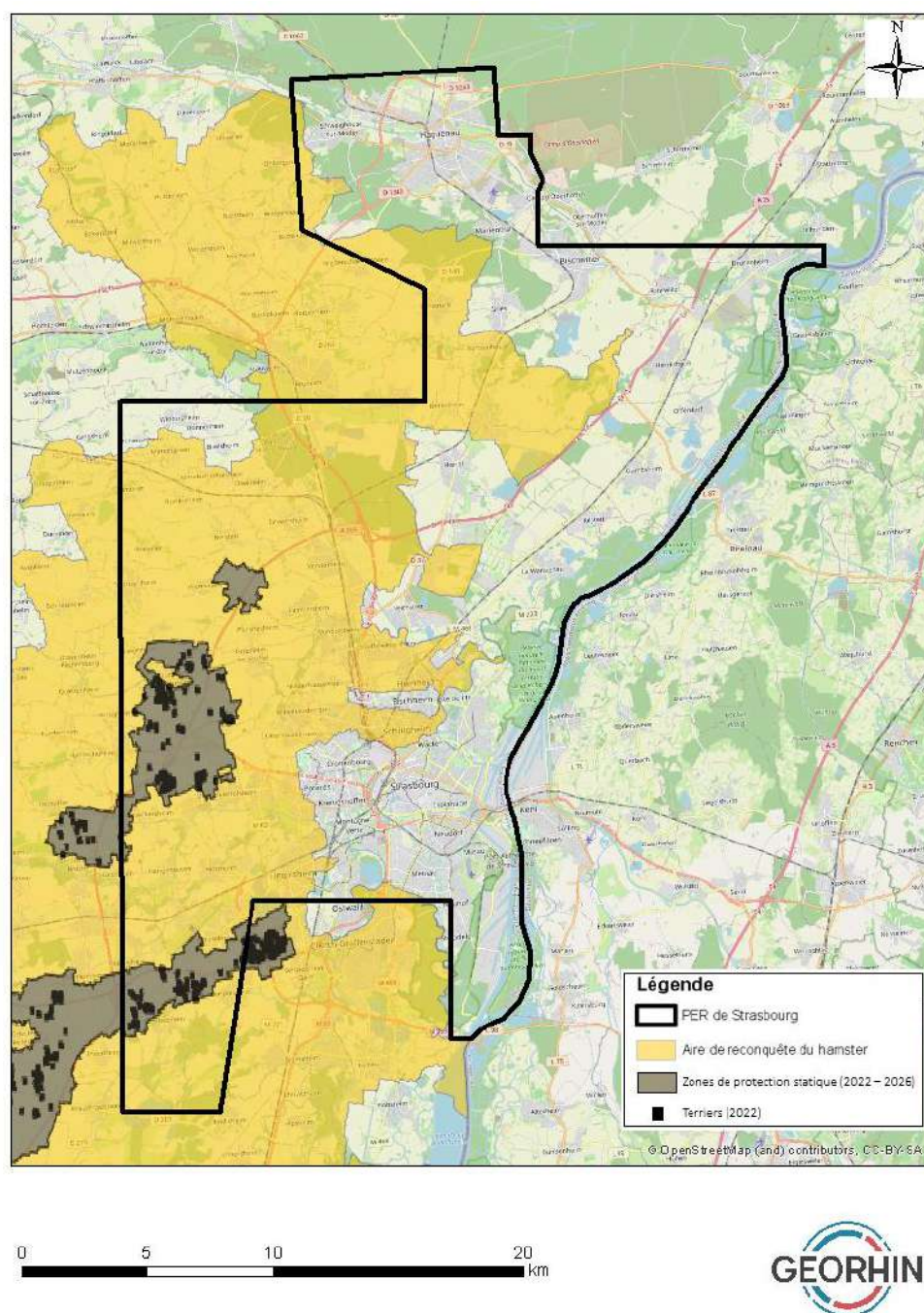


Figure 18: Présentation des différents espaces relatifs au Grand hamster d'Alsace (source : DATAGRANDEST)

2.2. 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.

Le terme « zone humide » recouvre des milieux divers qui ont les caractéristiques suivantes :

- présence d'eau au moins une partie de l'année
- présence de sols hydromorphes
- présence d'une végétation hydrophile, adaptée à la submersion ou aux sols saturés en eau.

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.

Les zones humides présentent des intérêts multiples ; la diversité biologique y est importante. A l'interface entre le milieu terrestre et aquatique, les zones humides peuvent jouer un rôle important dans la régulation des débits des cours d'eau ou l'épuration des eaux. Elles sont, par ailleurs, support d'activités humaines diversifiées.

La délimitation Est du PER de Strasbourg longe le site Ramsar : « Rhin supérieur / Oberrhein » (Figure 19).

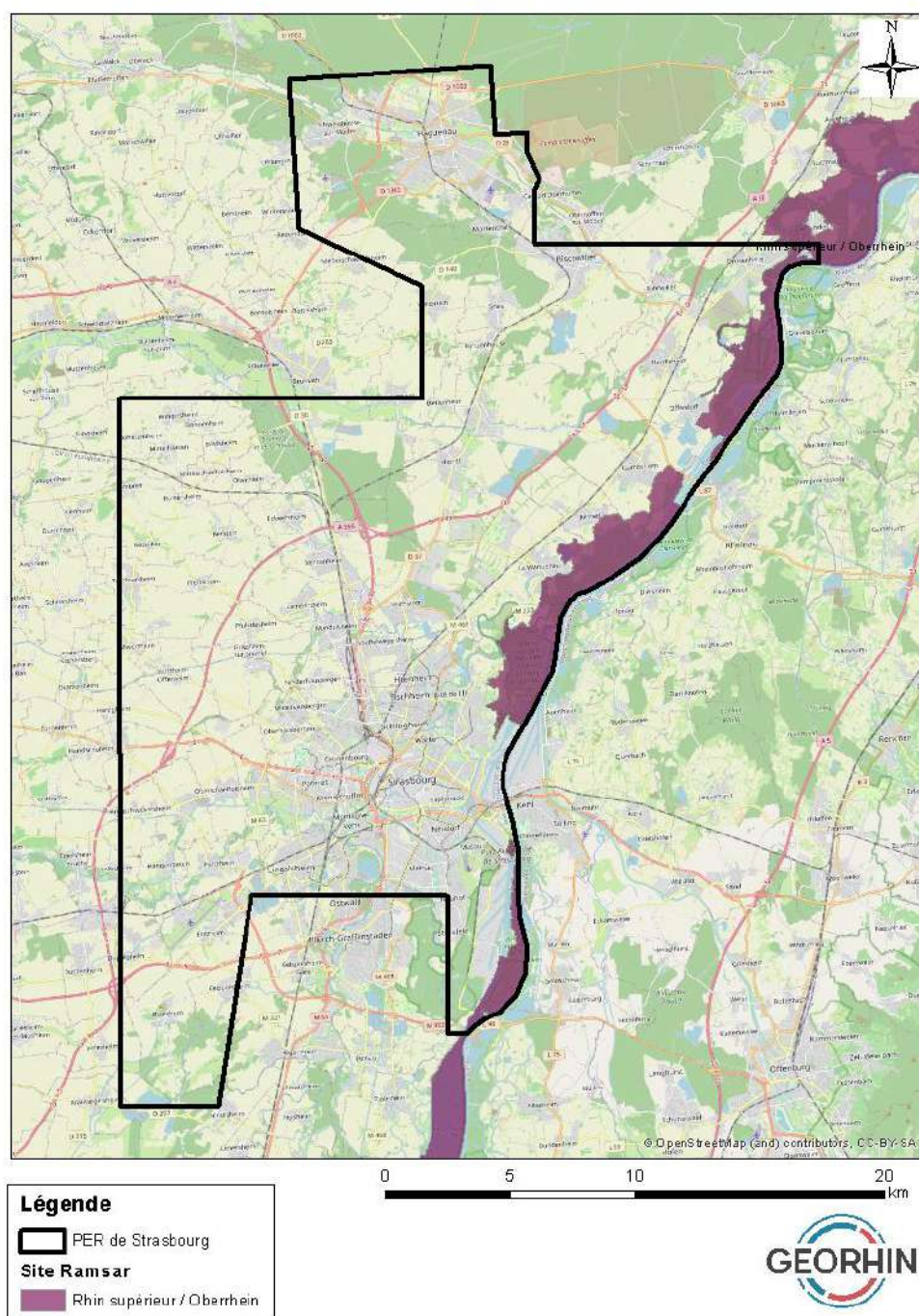


Figure 19: Zone Ramsar sur le périmètre (source : DATAGRANDEST)

2.3. Zones classées en ZNIEFF et ZICO

2.3.1. Les 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 (Tableau 8 et Figure 20) ;
- 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 (Tableau 9 et Figure 21).

Il n'y a pas de protection réglementaire relative aux 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.

Tableau 8: Liste des ZNIEFF de type 1 concernée par le PER

ID ORG	NOM	Code couleur (carte)
0	Prairies et zones humides du Judenacker à Eckwersheim	
0	Forêt rhénane de La Wantzenau	
421	Etang Gerig à Ostwald	
422	Zones humides de l'Ostwaldergraben à Ostwald	
426	Briqueterie d'Achenheim	
429	Bassin du Musaubach à Oberschaeffolsheim	
1003	Ried du Waehlteile à Weyersheim	
1007	Forêts rhénanes de Offendorf à Neuhaeusel, et cours inférieur de la Moder	
1008	Îlots du Rhin à Gambenheim	
1009	Forêt rhénane de la Robertsau	
1010	Ile rhénane du Rohrschollen à Strasbourg	
1011	Forêt rhénane de Strasbourg-Neuhof et d'Illkirch-Graffenstaden	
10004	Ried de Hoerd	
10006	Saules têtards à Breuschwickersheim	
10007	Forêts du Herrenwald et de Grittwald à Brumath, Vendenheim et Geudertheim	
10009	Ried de la Bruche de Oberschaeffolsheim à Eckbolsheim	
10010	Boisements de la Bruche à Holtzheim	
10011	Alignements de saules têtards de Kolbsheim	
10104	Ried du Riedbaechel à Oberhoffen-sur-Moder	
10109	Pelouses sableuses du Taubenhof à Haguenau et Kaltenhouse	

10113	Boisement du Hohwart en forêt indivise de Haguenau	
10115	Terrasses sablonneuses et zones humides du Riedweg à Brumath	
10122	Étangs de Rebenhardt à Marienthal	
10127	Carrière de la Hardt à Batzendorf	
10129	Ried de l'Erbsehübel à Weyersheim	
10131	Cours et boisements riverains de la Bruche de Mutzig à sa confluence avec l'III à Strasbourg	
200000 3	Vallée de la Zorn de Dettwiller à Geudertheim	
301000 4	Lande forestière du camp d'Oberhoffen	
700000 0	Bruch de l'Andlau	
800000 1	Gravières et sablières à Lingolsheim et Holzheim	

Tableau 9: Listes de ZNIEFF de type 2 concernées par le PER

ID ORG	NOM	Code couleur (carte)
0	Milieux agricoles à Grand Hamster à Geudertheim	
0	Milieux agricoles à Grand Hamster à Pfettisheim	
445	Milieux agricoles à Grand Hamster et à Crapaud vert, au nord de la Bruche	
10200	Ried Nord	
31000	Cours du Rhin de Strasbourg à Lauterbourg	
41000	Ancien lit majeur du Rhin de Strasbourg à Lauterbourg	
51000	Cours et îles rhénanes de Volgelgrun à Strasbourg	
61000	Ancien lit majeur du Rhin de Village-Neuf à Strasbourg	
1020022	Paysage agricole à plantes messicoles du Weinumshof à Haguenau	
2030000	Vallée de la basse Zorn et de ses affluents	
2672010	Massif forestier de Haguenau et ensembles de landes et prairies en lisière	
2674015	Milieux agricoles à Grand Hamster et à Crapaud vert, au sud de la Bruche	
8010000	Ried de la Bruche de Molsheim à Strasbourg	

2.3.2. Les ZICO

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. Le besoin d'un inventaire des sites comportant des enjeux majeurs pour la conservation des espèces d'oiseaux est donc apparu comme indispensable (Tableau 10 et Figure 22).

Tableau 10: Listes des ZICO concernées par le PER

ID SPN	Nom	Superficie
00073	Forêt de Haguenau	21 350 ha
00077	Vallée du Rhin : Marckolsheim à Strasbourg	10 600 ha
00078	Vallée du Rhin : Strasbourg à Lauterbourg	10 508 ha

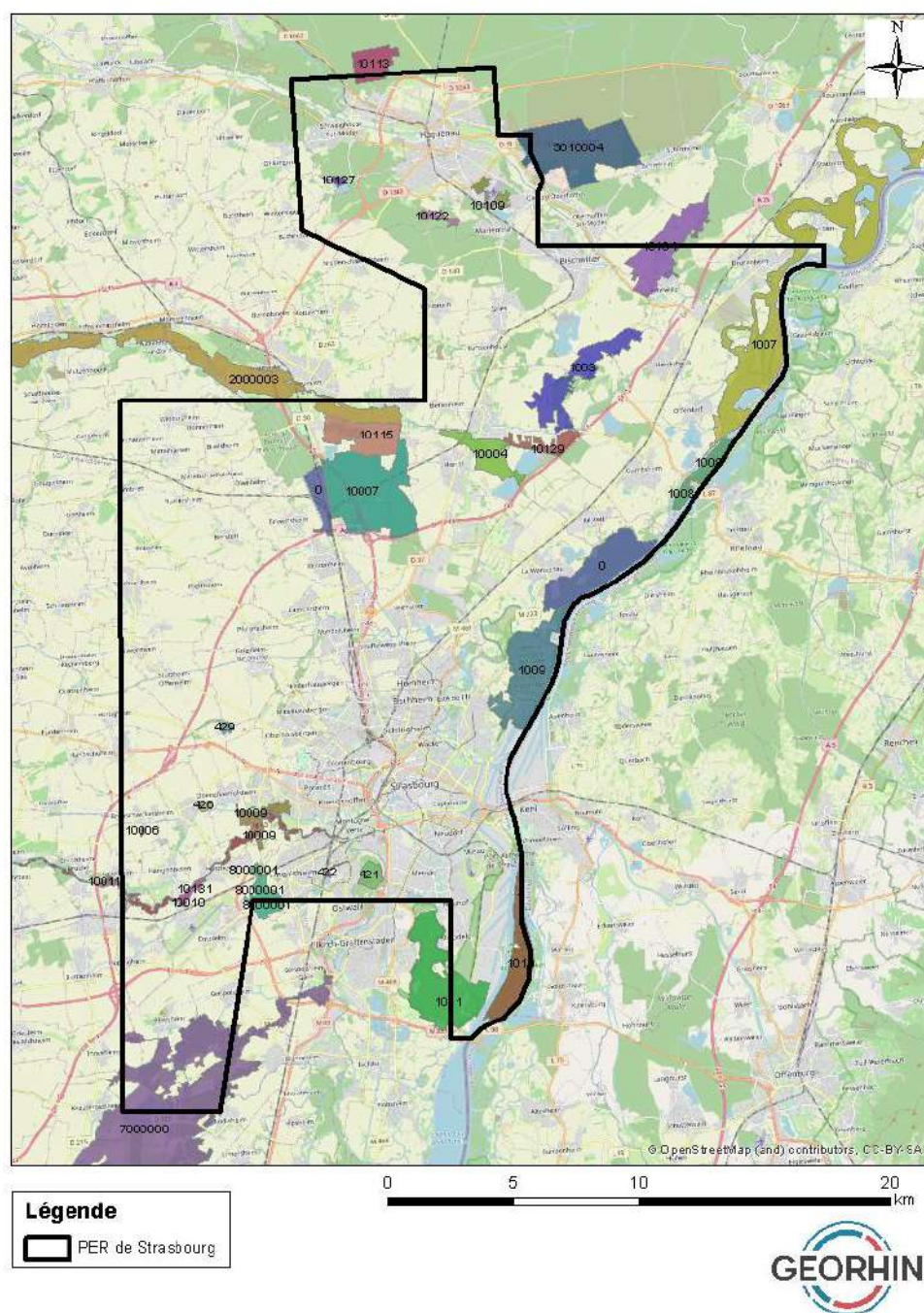


Figure 20: Les ZNIEFF de type 1 recensées sur le périmètre (source : DATAGRANDEST)

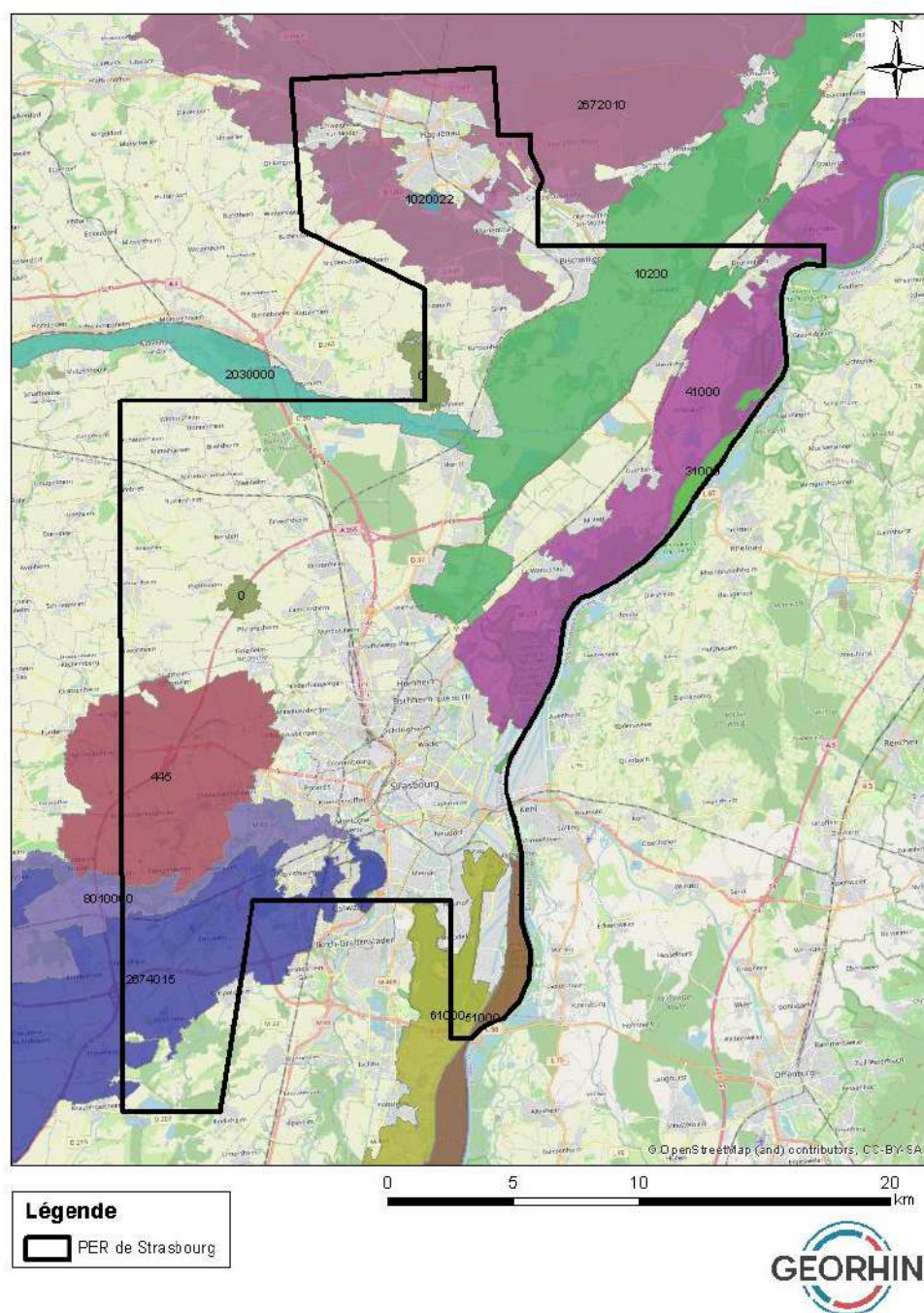


Figure 21: Les ZNIEFF de type 2 recensées sur le périmètre (source : DATAGRANDEST)

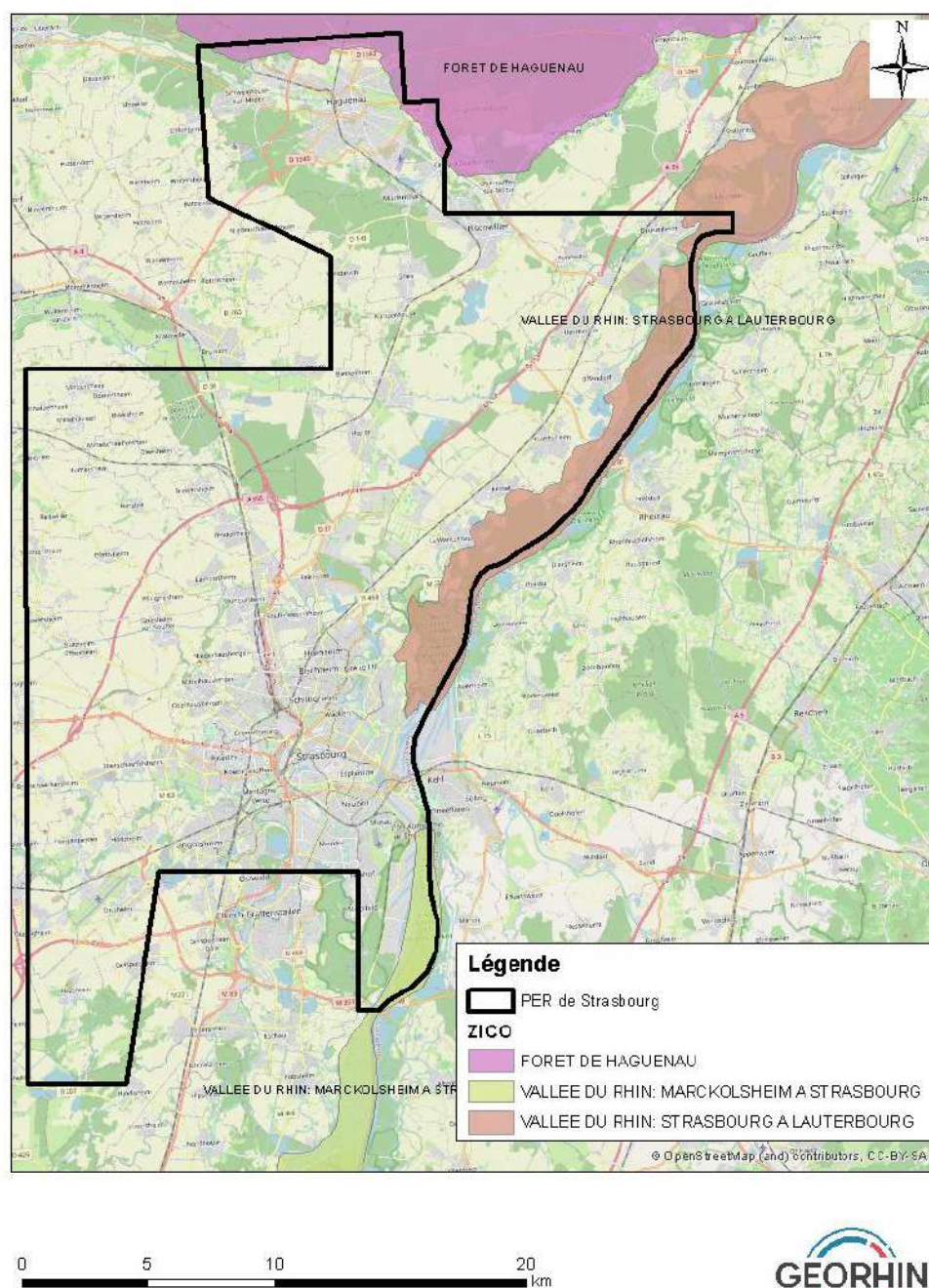


Figure 22: Les ZICO recensées sur le périmètre (source : DATAGRANDEST)

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.

Avec pour double objectif de préserver la diversité biologique et de valoriser les territoires, l'Europe s'est lancée depuis 1992 dans la réalisation d'un réseau de sites écologiques appelés Natura 2000.

Plusieurs zones Natura 2000 sont présentes sur le périmètre (Tableau 11 et Figure 23).

Tableau 11: Liste des zones Natura 2000 concernées par le PER

Site code	Nom	Superficie
Zones Natura 2000 - directive Habitats		
FR 4201797	Secteur alluvial Rhin-Ried-Bruch, Bas-Rhin	20 103 ha
FR 4201798	Forêt de Haguenau	3113 ha
Zone Natura 2000 - directive Oiseaux		
FR 4211810	Vallée du Rhin de Strasbourg à Marckolsheim	8 700 ha
FR 4201797	Vallée du Rhin de Lauterbourg à Strasbourg	20 103 ha
FR 4211790	Forêt de Haguenau	19 220 ha

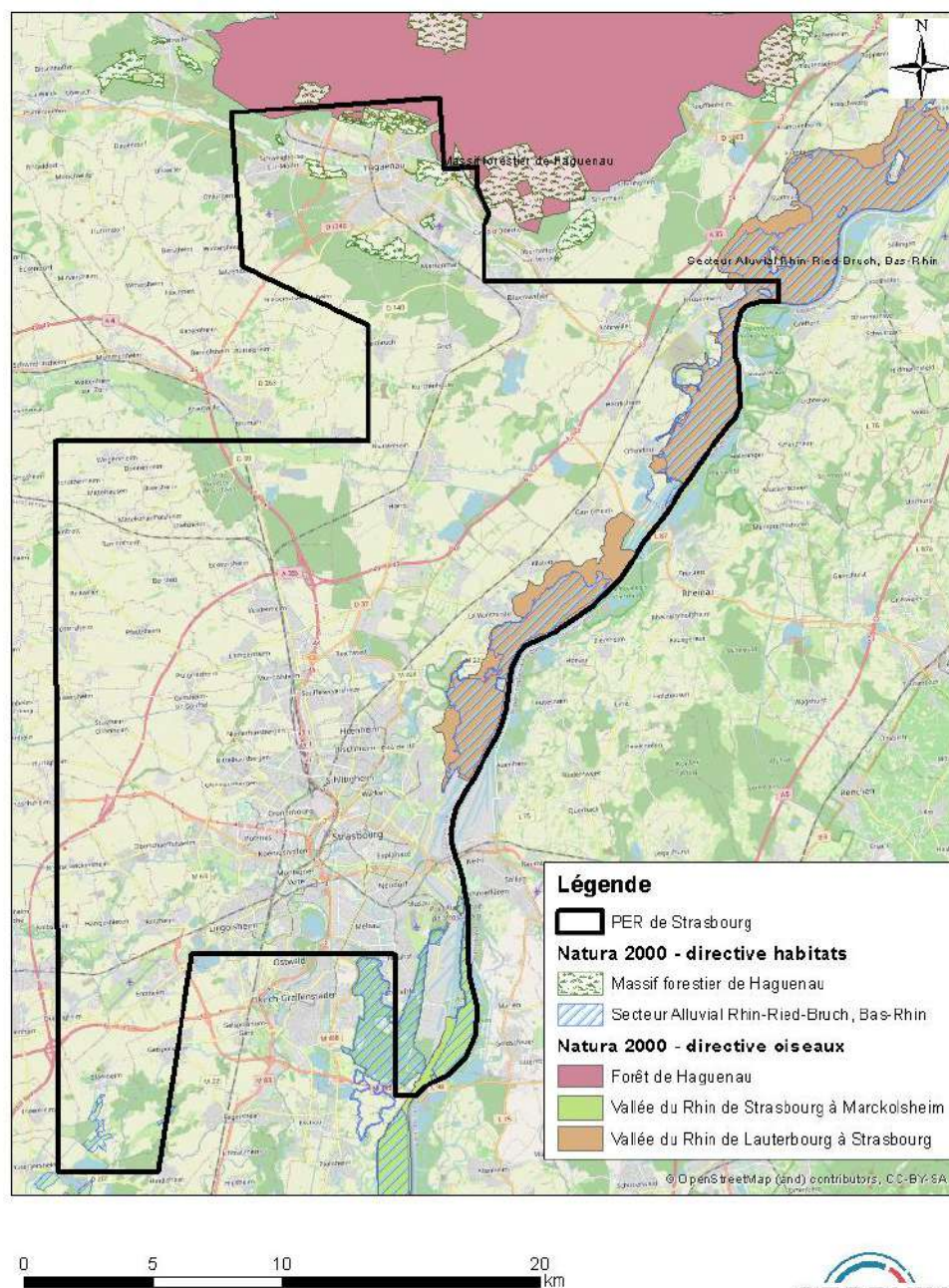


Figure 23: Zone Natura 2000 sur le périmètre (source : Géo-IDE catalogue)

2.5. Espaces naturels protégés

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.

2.5.1. Arrêtés protection 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. Le Tableau 12, ci-dessous, liste les Arrêtés Protection Biotope (APB) recensés sur le périmètre, voir Figure 24 pour leur localisation.

Tableau 12: Liste des APB présents sur le PER

OBJECT ID	ID MNHN	NOM SITE
708	FR3800122	COURS INFÉRIEUR DE LA MODER
723	FR3800695	PRAIRIES A OEILLETS SUPERBES ET A COURLIS CENDRE DE HOERDT

2.5.2. Réserve naturelle nationale

Une réserve naturelle, c'est :

- un espace naturel protégé à long terme pour les générations présentes et futures ;
- un patrimoine exceptionnel de niveau régional, national ou international (géologie, flore, faune, écosystème, paysage) ;
- une réglementation adaptée tenant compte du contexte local ;
- une gestion planifiée et conservatoire réalisée par une structure locale et une équipe de professionnels ;
- des actions régulièrement évaluées selon des protocoles scientifiques ;
- une mise en œuvre concertée avec un comité consultatif regroupant les acteurs locaux ;
- un site de sensibilisation et d'éducation à l'environnement en faveur des enjeux patrimoniaux ;
- un pôle local de développement durable et respectueux de l'environnement.

L'objet d'une réserve naturelle est de protéger les milieux naturels exceptionnels, rares et/ou menacés en France métropolitaine et ultra-marine : faune, flore, sol, eau, minéraux, fossiles, sur terre, sous terre ou en mer... Toutes les actions sur les réserves naturelles s'articulent autour de trois missions principales : Protéger, Gérer et Sensibiliser. Le Tableau 13 liste les Réserves Naturelles Nationales (RNN) recensées sur le périmètre, voir Figure 24 pour leur localisation.

Tableau 13: Liste des RNN présentes sur le PER

OBJECT ID	ID MNHN	NOM SITE
0	-	MASSIF FORESTIER DE LA ROBERTSAU ET DE LA WANTZENAU
79	FR3600097	FORET D'OFFENDORF
85	FR3600133	ILE DU ROHRSCOLLEN
109	FR3600176	MASSIF FORESTIER DE STRASBOURG-NEUHOF/ILLKIRCH-GRAFFENSTADEN

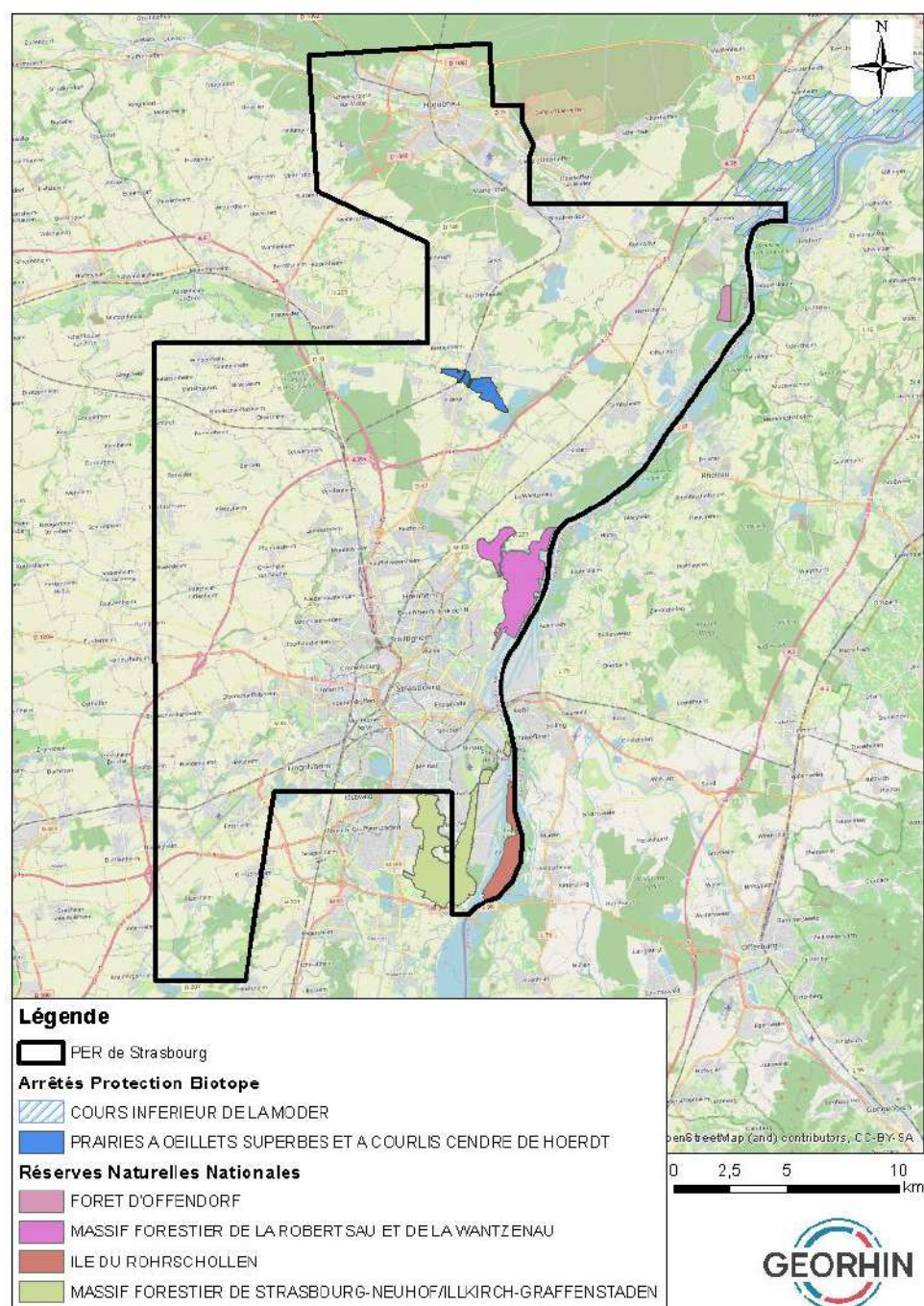


Figure 24: Les RNN et APB recensés sur le périmètre (source : DATAGRANDEST)

3. ETUDE DES RISQUES NATURELS

3.1. Inondations

Un zonage réglementaire relatif au risque de submersion par débordement de cours d'eau a été élaboré dans le cadre du Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRi) de l'Eurométropole de Strasbourg et approuvé le 20 avril 2018.

Il a pour but de définir dans les zones directement exposées et, le cas échéant dans les zones non directement exposées, une réglementation homogène par zone comprenant des interdictions et des prescriptions.

Les zones sont délimitées en fonction des objectifs du PPRi et des mesures applicables compte tenu du risque encouru ou induit. Ces zones en aléa sont présentées sur la Figure 25.

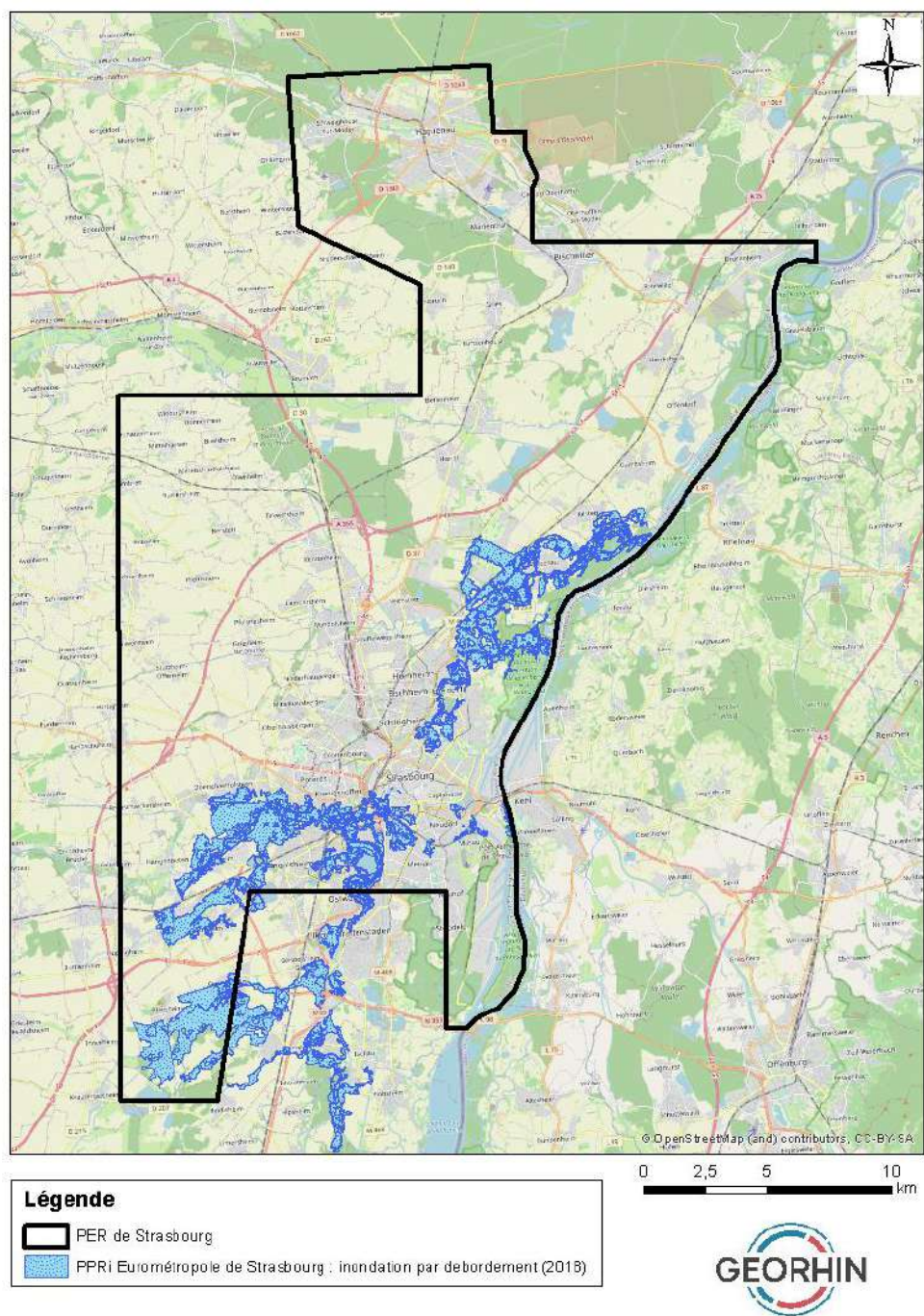


Figure 25: Carte du plan de prévention des risques inondation (source : DATAGRANDEST)

Une carte départementale est également disponible sur le site de la Préfecture du Bas-Rhin (Figure 27).
Le PER de Strasbourg se situe en zone 3 (modérée) :

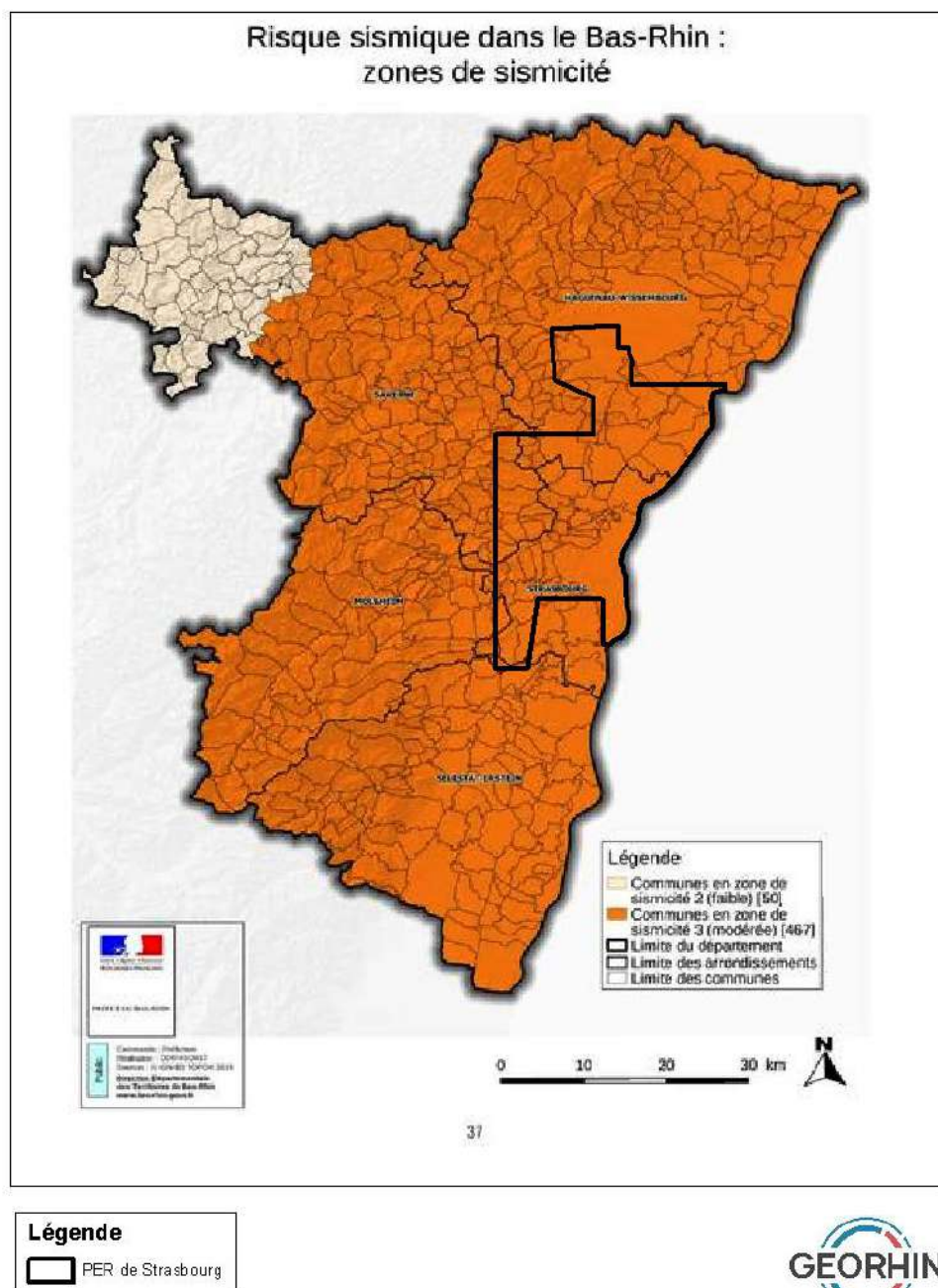


Figure 27: Zonage sismique du département du Bas-Rhin (source : Bas-rhin.gouv)

3.3. Retrait-gonflement des argiles

La zone d'étude se trouve majoritairement en zone d'aléa faible pour le retrait-gonflement des argiles. A l'est de Haguenau, il est à signaler une zone en aléa fort correspondant à une zone riche en dépôts tourbeux (Figure 28).

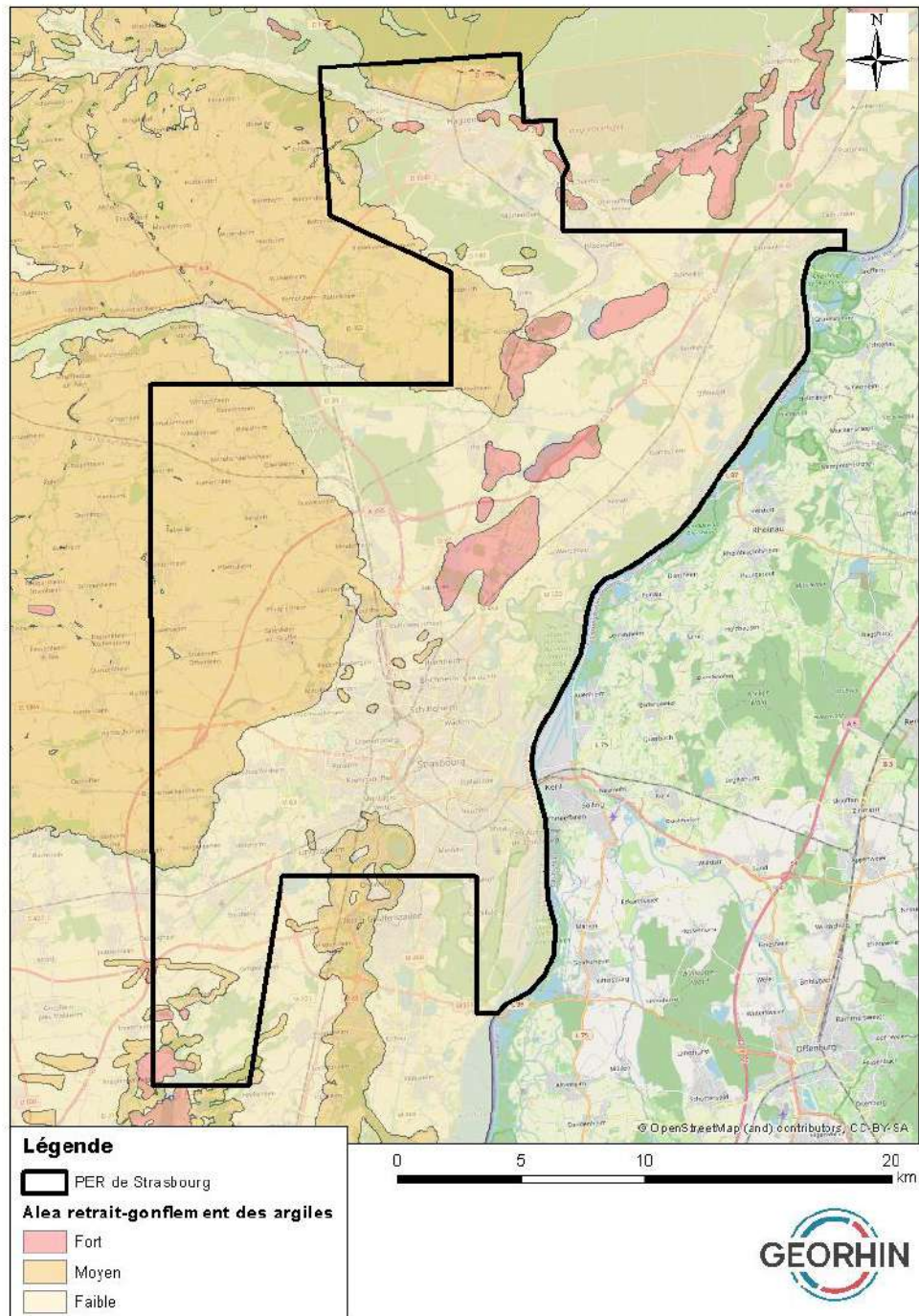


Figure 28: Carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles (source : Géorisques)

3.4. Cavités souterraines

La Figure 29, ci-dessous, présente les cavités souterraines abandonnées non minières recensées par le BRGM. La plupart des cavités souterraines se situent sur Strasbourg et sur les communes voisines.

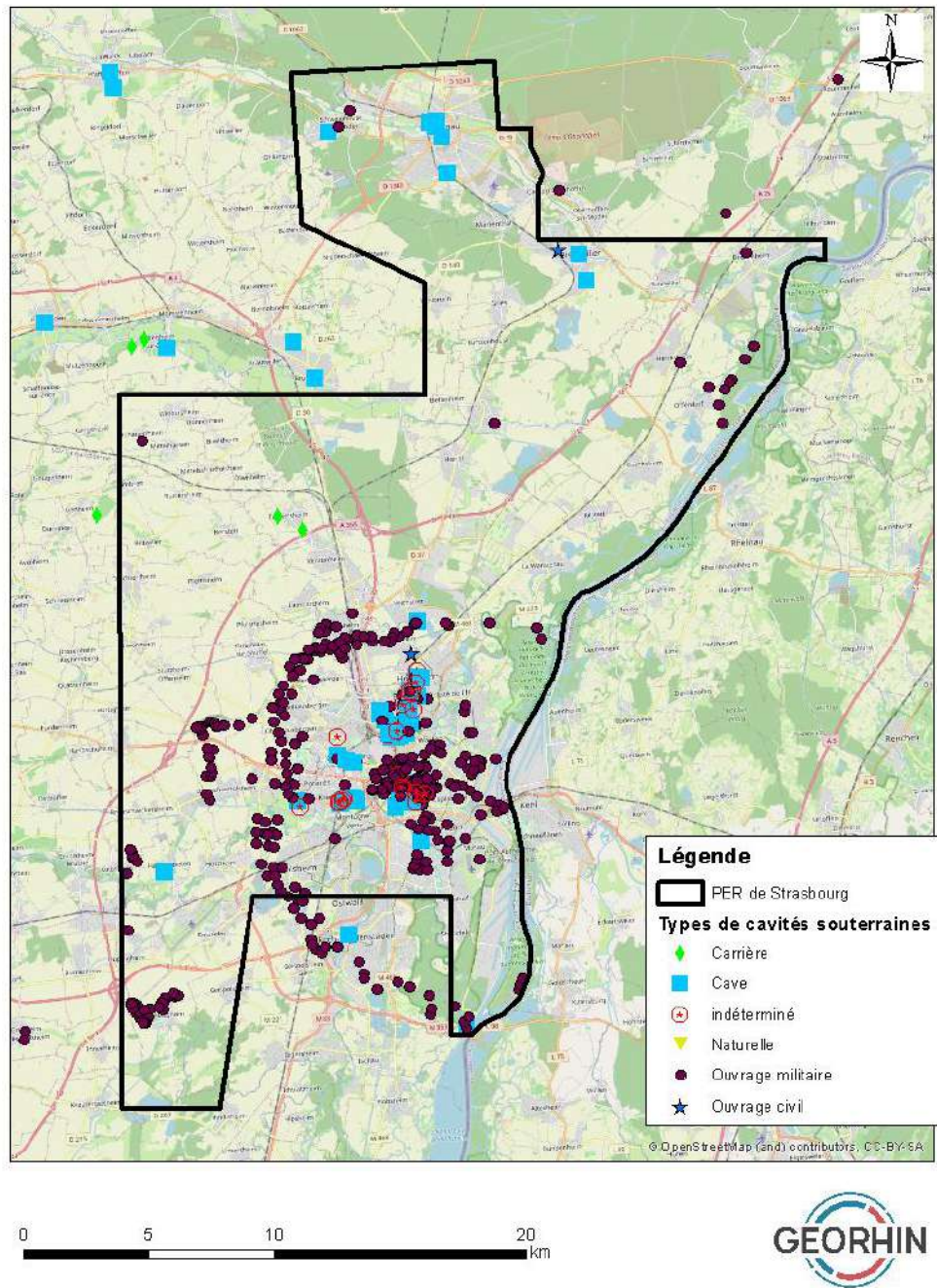


Figure 29: Inventaire des cavités souterraines (source : Géorisques)

4. HYDROLOGIE

4.1. Présentation du réseau hydrographique

La zone du permis est traversée par différents cours d'eau orientés Ouest-Est qui sont des affluents directs ou non du Rhin. Ce dernier s'écoule du Sud vers le Nord et marque la frontière entre la France et l'Allemagne. Il délimite également la partie orientale du PER de Strasbourg (Figure 30).

Les 13 cours d'eau de classe 1 à 3 traversant le PER sont présentés dans le Tableau 14 suivant :

Tableau 14 : Liste des principaux cours d'eau traversant le PER de Strasbourg (source : Sandre)

CODE HYDRO.	CLASSE	TOPONYME
---0092	1	Canal de la Marne au Rhin
A---0022	1	Canal du Rhône au Rhin
A---0012	1	Grand Canal d'Alsace
A---0000	1	Le Rhin
A---0030	1	L'Ill
A2--0110	2	La Bruche
A3--0100	2	La Moder
A34-0200	2	La Zorn
A29-0200	3	La Souffel
A25-0200	3	L'Andlau
A32-0200	3	La Zinsel du Nord
A26-0200	3	Ruisseau l'Ehn
A35-0200	3	Ruisseau le Landgraben

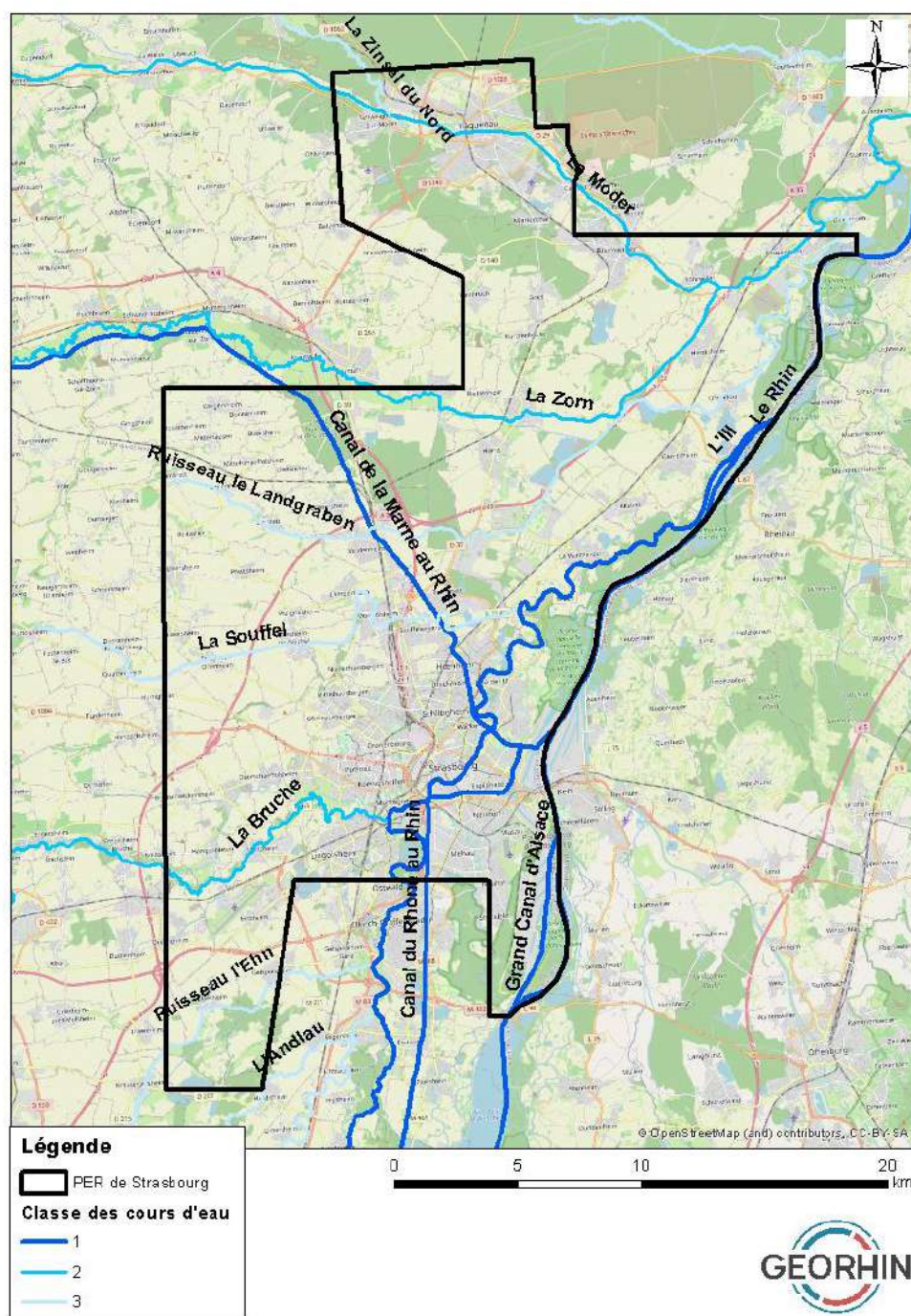


Figure 30: Localisation des principaux cours d'eau traversant le PER de Strasbourg (source : Sandre)

4.1.1. Le Rhin

Il s'agit d'un fleuve prenant sa source dans les Alpes suisses près du Massif du Saint Gothard. Le Rhin est une rivière de première catégorie de qualité 1B. Son objectif de qualité est bon. La qualité générale de l'eau est bonne à très bonne. Elle est classée en qualité bonne pour les macropolluants.

Le Tableau 15, ci-dessous, présente les caractéristiques principales :

Tableau 15: Qualité du Rhin – station n°02036500 (source : rhin-meuse.eaufrance.fr)

Paramètres	Année(s)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Invertébrés (IBGN ou IBGN équivalent)										
Diatomées (IBD 2007)										
Poissons (IPR)										
Macrophytes (IBMR)										
Température (P90, °C)	20.3	22	20	20.5	21.9	20.1	20.5	23.6	23.5	21
pH (min)	7.7	7.95	7.85	7.8	7.8	7.8	7.9	8	7.9	7.8
pH (max)	8.15	8.2	8.25	8.2	8.1	8.1	8.2	8.2	8.3	8.2
Conductivité (P90, µS/cm)	485	481	470	488	480	454	449	408	431	402
Chlorures P90 (mg Cl/l)								23	27	19
Sulfates P90 (mg SO4/l)								28	27	29
O ₂ dissous (P10, mgO ₂ /l)	7.9	7.2	8.2	7.6	7.9	8.2	7.9	8.2	8.7	8.7
Tx Sat, O ₂ (P10, %)	80	73	84	82	84	85	86	86	92.3	83
DBO5 (P90, mg O ₂ /l)	<3	3	1.3	1.1	3			1.4	3	1.5
Carb, Org, (P90, mg C/l)	1.5	2.1	2.6	2	2.1			2.9	5.3	4.4
Phosphates (P90, mg PO ₄ ³⁻ /l)	0.11	0.12	0.18	1.7	0.12			0.109	0.066	0.155
Phosphore total (P90, mg P/l)	0.07	0.05	0.06	0.68	0.048			0.05	0.03	0.08
Ammonium (P90, mg NH ₄ ⁺ /l)	0.09	0.07	0.16	0.03	0.07			0.069	0.075	0.061
Nitrites (P90, mg NO ₂ ⁻ /l)	0.07	0.07	0.11	0.11	0.05			0.05	0.05	0.05
Nitrates (P90, mg NO ₃ ⁻ /l)	9	8.2	10	8.8	9.7	10.1	9.7	8.6	8.9	7.3

Légende :
Etat/Potentiel écologique

	Très bon
	Bon
	Moyen
	Médiocre
	Mauvais
	Non déterminé / Inconnu

4.1.2. La Moder

La Moder prend sa source dans les Vosges à Zittersheim. Elle rejoint le Rhin en aval du barrage d'Iffezheim. Ses principaux affluents sont le Mittlerbach, la Zinsel du Nord, le Schwarzbach, la Zorn, le Rothbach et le Landgraben. La Moder est une rivière de première catégorie de qualité 2. Son objectif de qualité est passable. La qualité générale de l'eau est bonne à passable. Elle est classée en qualité passable pour les macropolluants.

Le Tableau 16, ci-dessous, présente les caractéristiques principales :

Tableau 16: Qualité de la Moder – station n° 02045000 (source : rhin-meuse.eaufrance.fr)

Paramètres	Année(s)									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Invertébrés (IBGN ou IBGN équivalent)	13	16	17	15	15	19	17	18	17	17
Diatomées (IBD 2007)	12	13.2	12	11.8	10.1	10.7	13.1	12.2	13.2	12.2
Poissons (IPR)		15.6		16.5						
Macrophytes (IBMR)		6.5		6.4		6		6.6	6.3	6.6
Température (P90, °C)	18.1	19.7	21	20.1	20.2	20.5	23.7	20.8	19.1	
pH (min)	7.4	7.7	7.5	7.5	7.6	7.4	7.7	7.5	7.6	
pH (max)	7.9	7.85	7.9	7.95	7.8	7.9	7.9	7.9	7.9	
Conductivité (P90, µS/cm)	455	447	674	476	505	498	426	410	384	
Chlorures P90 (mg Cl/l)	33	32.5	33.4		29.5		37	36	35	
Sulfates P90 (mg SO4/l)	50	51	48.5		41.2		45	57	44	
O ₂ dissous (P10, mg O ₂ /l)	6.4	7.5	7.5	6.3	8.2	6.3	7.4	7.3	8.1	
Tx Sat, O ₂ (P10, %)	63	84	76	70	82	71	87	84.1	82.2	
DBO ₅ (P90, mg O ₂ /l)	3	2.8	2	3	2.4	2.7	3	4.2	2.9	
Carb, Org, (P90, mg C/l)	4.6	5.8	4	4.1	4.8	3.4	5	6.1	5	
Phosphates (P90, mg PO ₄ ³⁻ /l)	0.49	0.362	0.68	0.6	0.46	0.42	0.397	0.476	0.455	
Phosphore total (P90, mg P/l)	0.3	0.2	0.371	0.23	0.3	0.24	0.24	0.3	0.27	
Ammonium (P90, mg NH ₄ ⁺ /l)	0.49	0.28	0.82	0.39	0.21	0.37	0.52	0.2	0.19	
Nitrites (P90, mg NO ₂ ⁻ /l)	0.26	0.19	0.34	0.36	0.16	0.15	0.36	0.18	0.17	
Nitrates (P90, mg NO ₃ ⁻ /l)	10	13	13.4	12.7	17.7	13.4	10	19	9.5	

Légende :
Etat/Potentiel écologique

	Très bon
	Bon
	Moyen
	Médiocre
	Mauvais
	Non déterminé / Inconnu

4.1.3. La Zorn

La Zorn est issue de la confluence de la Zorn Jaune et de la Zorn Blanche qui prennent leur source dans la Moselle. Elle rejoint la Moder près de Rohrwiler. La Zorn est une rivière de première catégorie de qualité 1B. Son objectif de qualité est passable. La qualité générale de l'eau est bonne. Elle est classée en qualité passable pour les macropolluants.

Le Tableau 17, ci-dessous, présente les caractéristiques principales :

Tableau 17: Qualité de la Zorn – station n°02044000 (source : rhin-meuse.eaufrance.fr)

Paramètres	Année(s)									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Invertébrés (IBGN ou IBGN équivalent)										
Diatomées (IBD 2007)	13.7		13.8		13.7	13.1	12.9	13	12.9	13.8
Poissons (IPR)										
Macrophytes (IBMR)										
Température (P90, °C)	19.2	20.8	21.9	21.6	20.2	21.5	23.1	22.2	20	
pH (min)	7.75	7.8	7.6	7.7	7.75	7.7	7.8	7.7	7.8	
pH (max)	8.3	8.2	8.1	8.1	8.1	8	8.1	8	8	
Conductivité (P90, µS/cm)	525	553	602	515	515	581	544	435	455	
Chlorures P90 (mg Cl/l)	34	48		27.9	29.8	39.9	38	31	30	
Sulfates P90 (mg SO4/l)	57	57		57	57	65	72	58	56	
O ₂ dissous (P10, mgO ₂ /l)	7.6	8.3	7.6	8	8.4	7.4	8.1	8.7	8.6	
Tx Sat, O ₂ (P10, %)	73	79	81	83	87	86	94	97.7	83.8	
DBO5 (P90, mg O ₂ /l)	3	2.6	6	1.9	2.6	2.7	2.9	3.1	3	
Carb, Org, (P90, mg C/l)	4.2	4.4	4.3	3	4.9	4.8	3.1	4.3	3	
Phosphates (P90, mg PO ₄ ³⁻ /l)	0.58	0.394	4.1	0.46	0.43	0.49	0.431	0.467	0.445	
Phosphore total (P90, mg P/l)	0.3	0.2	1.9	0.19	0.2	0.24	0.38	0.26	0.23	
Ammonium (P90, mg NH ₄ ⁺ /l)	0.35	0.18	0.3	0.13	0.16	0.31	0.5	0.19	0.1	
Nitrites (P90, mg NO ₂ -/l)	0.19	0.16	0.2	0.11	0.17	0.14	0.31	0.15	0.11	
Nitrates (P90, mg NO ₃ -/l)	15	18	18	18.6	21.1	20.4	16	19	14	

Légende :
Etat/Potentiel écologique

	Très bon
	Bon
	Moyen
	Médiocre
	Mauvais
	Non déterminé / Inconnu

4.1.4. La Souffel

La Souffel prend sa source à Kuttolsheim et se jette dans l'Il à la Wantzenau. Elle a comme affluents : le Haltbach, le Plaetzerbach, le Musaubach, le Kolbsenbach et le Leisbach. La Souffel est une rivière de première catégorie de qualité 3. Son objectif de qualité est passable. La qualité générale de l'eau est mauvaise (ammonium) à bonne. Elle est classée en qualité mauvaise pour les macropolluants, et plus précisément concernant les matières azotées hors nitrates, les matières phosphorées et la minéralisation.

Le Tableau 18, ci-dessous, présente les caractéristiques principales :

Tableau 18: Qualité de la Souffel – station n°02037350 (source : rhin-meuse.eaufrance.fr)

Paramètres	Année(s)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Invertébrés (IBGN ou IBGN équivalent)	5									
Diatomées (IBD 2007)										
Poissons (IPR)										
Macrophytes (IBMR)										
Température (P90, °C)	18.2		16.3		19.3	17.6	18.4	21.8	19.9	21.5
pH (min)	7.8		7.9	8.14	8	7.7	7.8	7.9	7.9	7.9
pH (max)	8.3		8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.1	8.2	8.3
Conductivité (P90, µS/cm)	1195		1187		1160	1131	1156	1220	1310	1310
Chlorures P90 (mg Cl/l)	62		62					56	65	53
Sulfates P90 (mg SO4/l)	215		199					270	280	390
O ₂ dissous (P10, mgO ₂ /l)	6.7		6.3		6.2	7.7	4.8	4.1	2	5.3
Tx Sat, O ₂ (P10, %)	70		68		69	73	51	47	23.7	57.8
DBO5 (P90, mg O ₂ /l)	7		5.5		7	6	5	5.9	5.4	5.9
Carb, Org, (P90, mg C/l)	4.56		3.9		3.4	4.7	4.7	4.7	8.8	7.8
Phosphates (P90, mg PO ₄ ³⁻ /l)	1.57		1.4		1.3	0.79	2.5	3.05	2.2	0.974
Phosphore total (P90, mg P/l)	0.652		0.65		0.58	0.4	0.91	1.32	1.7	0.58
Ammonium (P90, mg NH ₄ ⁺ /l)	2.7		2.47		2.59	1.71	11.8	13	12	1.9
Nitrites (P90, mg NO ₂ ⁻ /l)	1.59		2.1		1.9	1.25	3.7	14	2.7	0.84
Nitrates (P90, mg NO ₃ ⁻ /l)	55.1		56		57	56	50	51	37	33

Légende :	
Etat/Potentiel écologique	
	Très bon
	Bon
	Moyen
	Médiocre
	Mauvais
	Non déterminé / Inconnu

4.1.5. L'III Aval

L'III prend sa source dans le Jura alsacien à Winkel. Elle rejoint le Rhin en aval de Strasbourg, après la chute de Gumbsheim. L'III est une rivière de première catégorie de qualité 1B. Son objectif de qualité est bon. La qualité générale de l'eau est bonne à très bonne. Elle est classée en qualité bonne pour les macropolluants.

Le Tableau 19, ci-dessous, présente les caractéristiques principales :

Tableau 19: Qualité de l'III - station n°02037000 (source : rhin-meuse.eaufrance.fr)

Paramètres	Année(s)									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Invertébrés (IBGN ou IBGN équivalent)										
Diatomées (IBD 2007)	14.7		13.5		14.4	12.7	13.7	13.4	14.1	14.2
Poissons (IPR)										
Macrophytes (IBMR)										
Température (P90, °C)	21.7	19	20.9	23.4	22.5	23	26.1	24.5	21.5	
pH (min)	7.95	7.8	7.8	7.8	7.75	7.9	7.9	8	7.8	
pH (max)	8.15	8.1	8.1	8.1	8	8.2	8.2	8.3	8.2	
Conductivité (P90, µS/cm)	470	431	488	447	435	453	464	419	435	
Chlorures P90 (mg Cl/l)	37	36		35.7	34.4	35.1	36	33	32	
Sulfates P90 (mg SO4/l)	28	27.1		30.6	30.1	28.5	31	29	28	
O ₂ dissous (P10, mgO ₂ /l)	6.8	8.6	7.7	9	8.2	8.5	8.7	7.7	9.5	
Tx Sat, O ₂ (P10, %)	71	81	83	88	80	91	89	83.8	91.9	
DBO5 (P90, mg O ₂ /l)	3	2	1.7	2.8	1.7	2.3	1.8	2.2	1.5	
Carb, Org, (P90, mg C/l)	2.5	2.8	3.1	3.4	3.9	2.2	2.7	2.2	2	
Phosphates (P90, mg PO ₄ ³⁻ /l)	0.14	0.192	0.25	0.16	0.32	0.18	0.168	0.128	0.145	
Phosphore total (P90, mg P/l)	0.08	0.08	0.11	0.1	0.17	0.086	0.07	0.06	0.08	
Ammonium (P90, mg NH ₄ ⁺ /l)	0.11	0.12	0.05	0.08	0.13	0.16	0.16	0.091	0.064	
Nitrites (P90, mg NO ₂ ⁻ /l)	0.07	0.08	0.13	0.08	0.13	0.08	0.16	0.09	0.07	
Nitrates (P90, mg NO ₃ ⁻ /l)	11	11	11.4	10.5	10.3	11.1	11	9.2	9.4	

Légende :
État/Potentiel écologique

	Très bon
	Bon
	Moyen
	Médiocre
	Mauvais
	Non déterminé / Inconnu

4.2. Hydraulicité des cours d'eau

4.2.1. Le Rhin

La station hydrométrique n°A302 0090 50 à Lauterbourg, sur le Rhin, permet de connaître les débits du fleuve. Il est possible de remarquer que la période d'étiage se situe en hivers tandis que l'hydraulicité la plus importante se situe en juin.

En 2022, les calculs ont été réalisés à partir des 347 QmM (débits moyens mensuels) les plus valides du 01/01/1994 au 01/11/2022. Ainsi, le débit spécifique annuel calculé sur ces 28 dernières années est de 25,2 l/s/km², soit une lame d'eau de 794 mm.

La Figure 31, ci-dessous, illustre les écoulements mensuels (naturels) calculés également sur ces 28 dernières années :

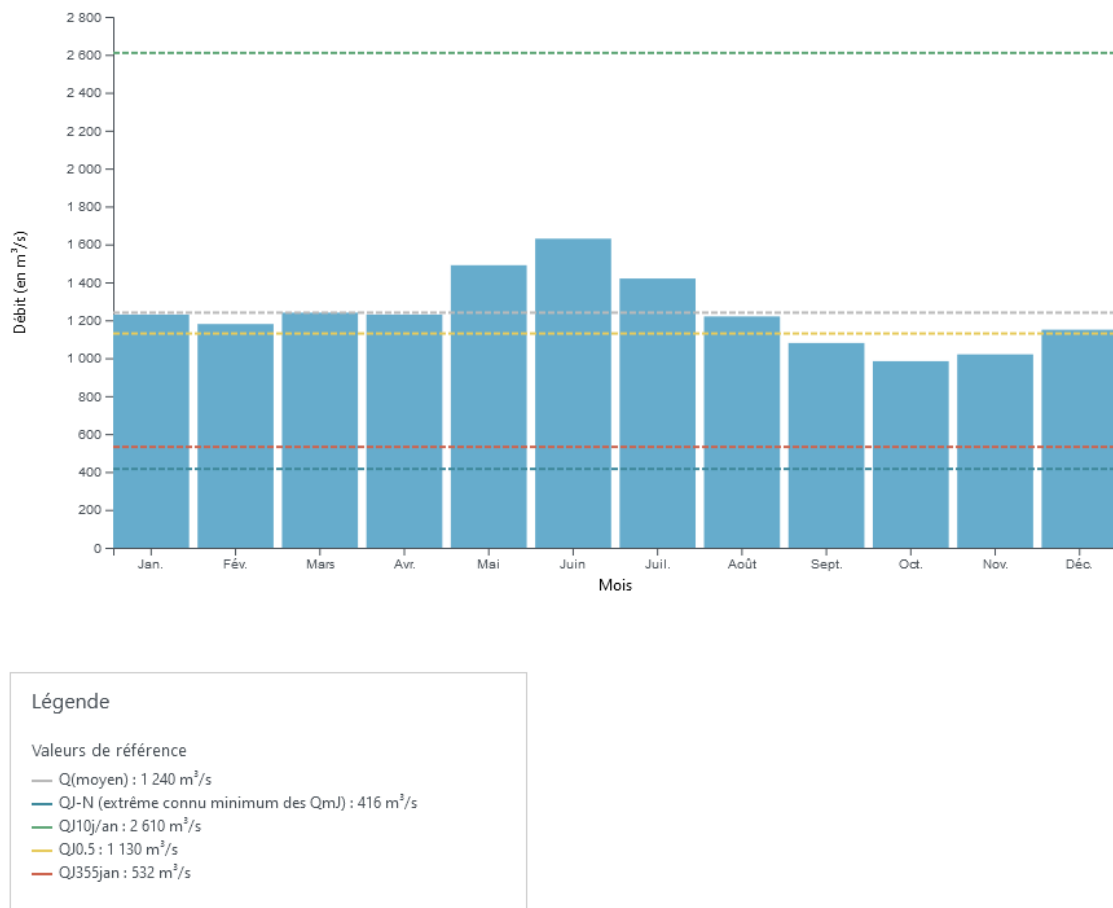


Figure 31: Débits moyens mensuels du Rhin à Lauterbourg sur 28 ans (1994-2022) (source : hydro.eaufrance)

4.2.2. Les autres cours d'eau

Prenons exemple de la station hydrométrique n°A251 0200 01 à Andlau, sur L'Andlau. Ce cours d'eau est de taille beaucoup plus modeste, son comportement hydraulique se démarque de celui du Rhin. Tout d'abord, les étiages se situent en été tandis que les hautes eaux sont en hiver.

En 2022, les calculs ont été réalisés à partir des 587 QmM (débits moyens mensuels) les plus valides du 01/01/1974 au 01/11/2022. Ainsi, le débit spécifique annuel calculé sur ces 49 dernières années est de 18,2 l/s/km², soit une lame d'eau de 575 mm.

La Figure 32, ci-dessous, illustre les écoulements mensuels (naturels) calculés également sur ces 45 dernières années :

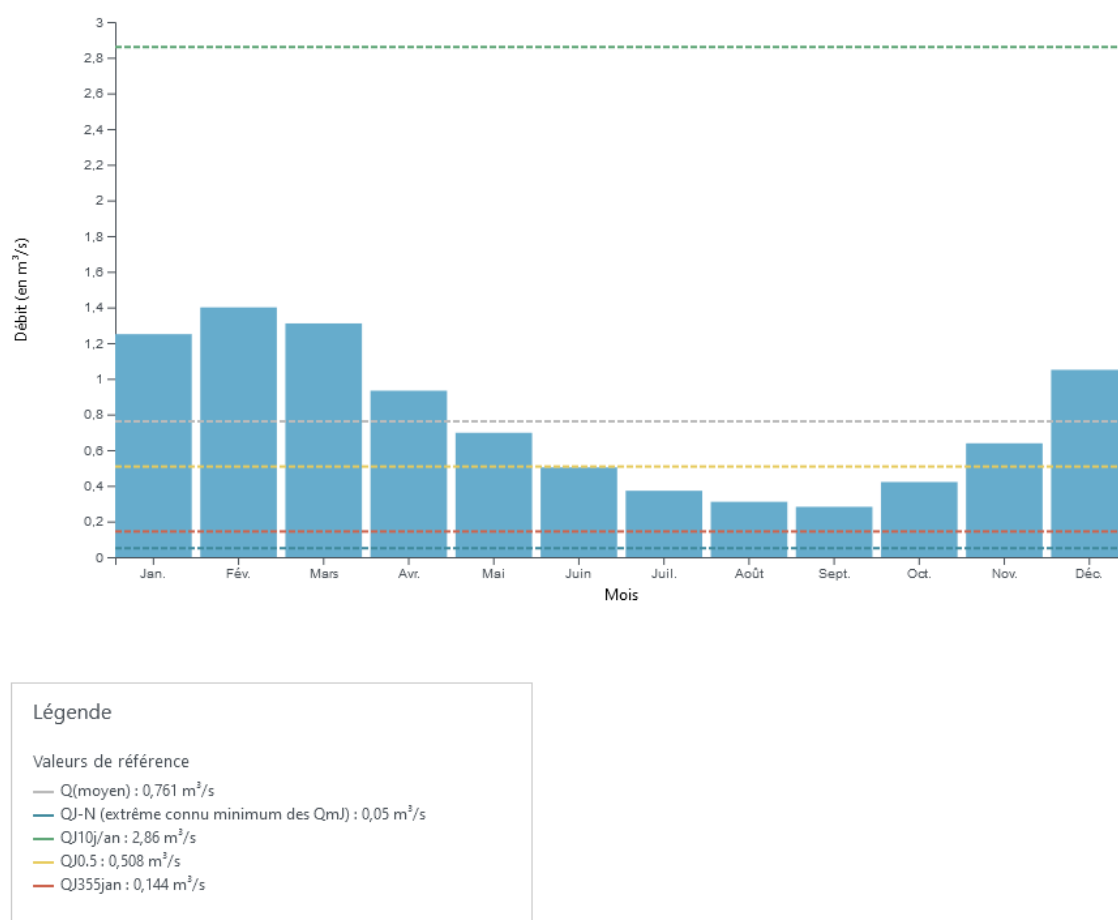


Figure 32: Débits moyens mensuels de l'Andlau à Andlau sur 49 ans (1973-2022) (source : hydro.eaufrance)

5. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET POTENTIEL POUR LA GEOTHERMIE

5.1. Géologie régionale

5.1.1. Présentation générale

Géographiquement, le Bas-Rhin fait partie de la région d'Alsace. Cette région présente un particularisme géographique et géologique : c'est un fossé d'effondrement, dit fossé rhénan, bordé à l'Ouest par les Vosges, et à l'Est par la forêt Noire. Le fossé rhénan s'étend suivant une direction N020 sur plus de 300 km, et présente en moyenne une largeur de 40 km (Figure 33).

Le fossé rhénan est issu géologiquement d'une extension avortée de la croûte continentale. C'est l'un des fossés d'effondrement important en France. Cette structure distensive, appelée « rift oligocène ouest européen », a été bloquée à l'Eocène moyen, lors de l'orogénèse pyrénéenne.

Les fossés d'effondrement sont en général accompagnés par une remontée du Moho. Dans le cas de l'Alsace, cette remontée a été reconnue par les profils sismiques du programme ECORS (Figure 34). Elle explique les moyennes élevées des gradients géothermiques rencontrés dans ce rift. Dans ce processus d'extension, la croûte continentale, au niveau du fossé rhénan, s'est allongée d'un facteur de 1,05 à 1,2 suivant les endroits, soit un étirement de 5 à 15 km.

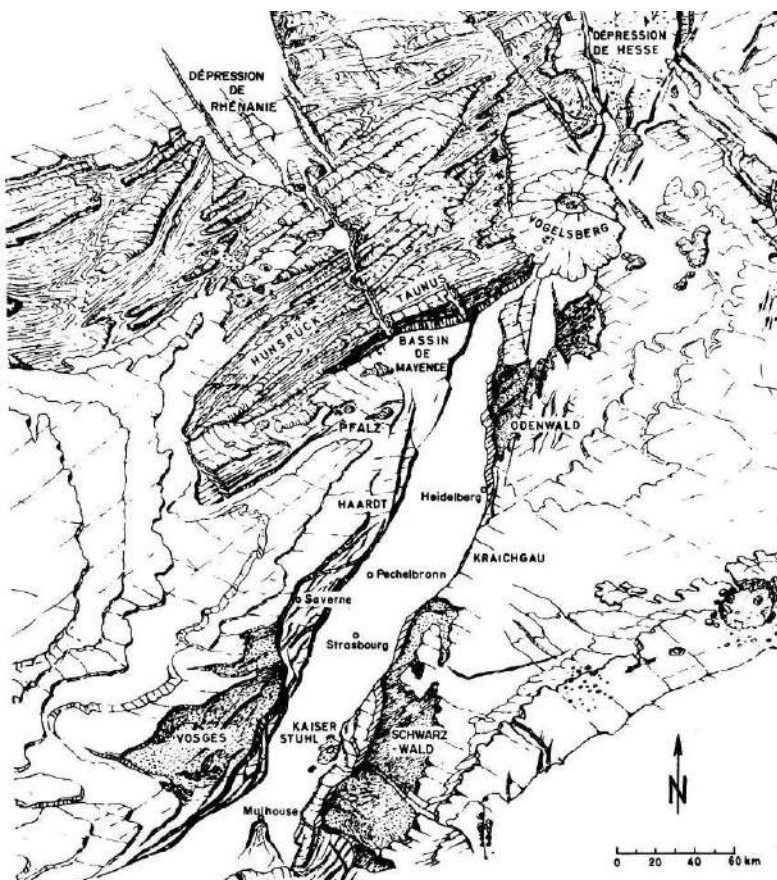


Figure 33: Situation structurale du fossé rhénan

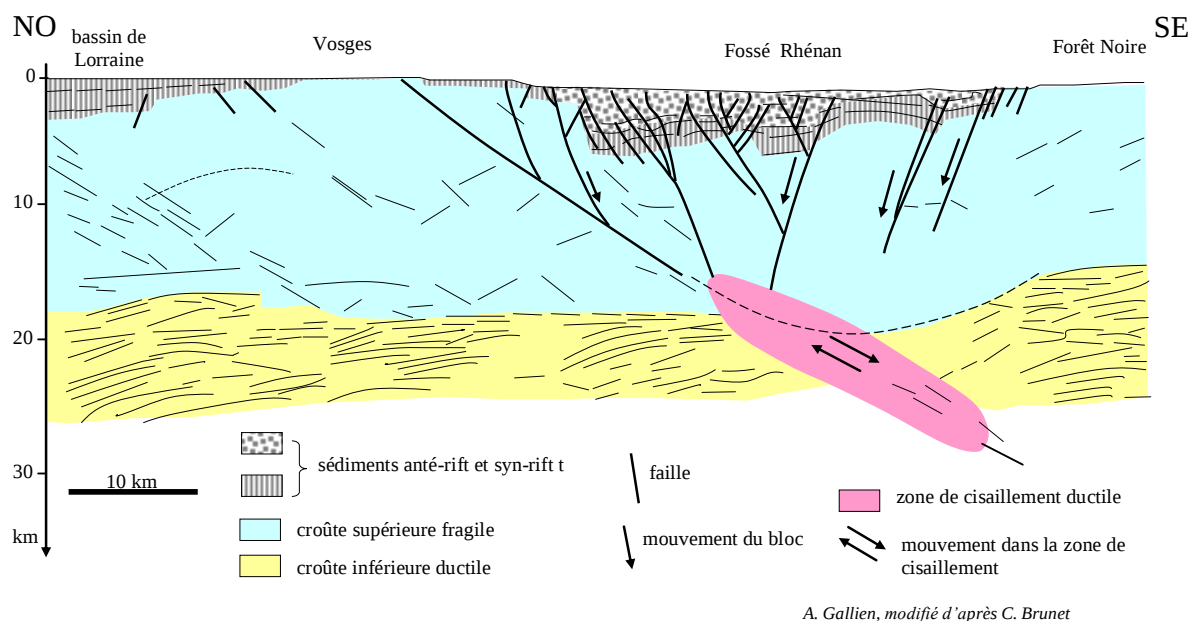


Figure 34: Coupe géologique NO-SE

5.1.2. Géologie du secteur

Le fossé rhénan est limité sur sa bordure ouest par deux failles majeures (Figure 35) :

- la faille Vosgienne, la plus à l'Ouest, qui sépare les terrains d'âge paléozoïque des Vosges, des terrains mésozoïques des collines sous-vosgiennes.
- la faille Rhénane occidentale qui sépare les terrains mésozoïques des terrains tertiaires.

Il est de même limité sur sa bordure Est par son équivalent des failles Ouest :

- la faille Scharzwaldienne, la plus à l'Est ;
- la faille Rhénane orientale.

Ces failles bordières Est et Ouest, de par leurs jeux différents, donnent un aspect asymétrique au bassin. Elles présentent des rejets variables allant de 200 à 1800 m, et des pendages assez forts de 60 à 80°. En tectonique distensive, les dépôts centres se situent au pied d'une faille bordière ; en l'occurrence, le côté Est pour les dépôts du Buntsandstein, au Nord de l'Alsace.

Le fossé est rempli par une succession de terrains mésozoïques à tertiaires sur plus de 3000 m en son centre. La répartition de ces terrains entre eux montre des phases successives de dépôts, d'érosion séparés par des seuils qui compartimentent le fossé. Cette compartimentation rend certaines parties (coté France) du fossé rhénan plus attractives que d'autres d'un point de vue géothermique. Ainsi, la partie française Nord-Est est la plus profonde (on rencontre le socle à 3000 m) et aussi la plus chaude de la zone française du fossé.

Pour notre secteur d'étude, le remplissage atteindrait 1000 à 2000 mètres d'épaisseur.

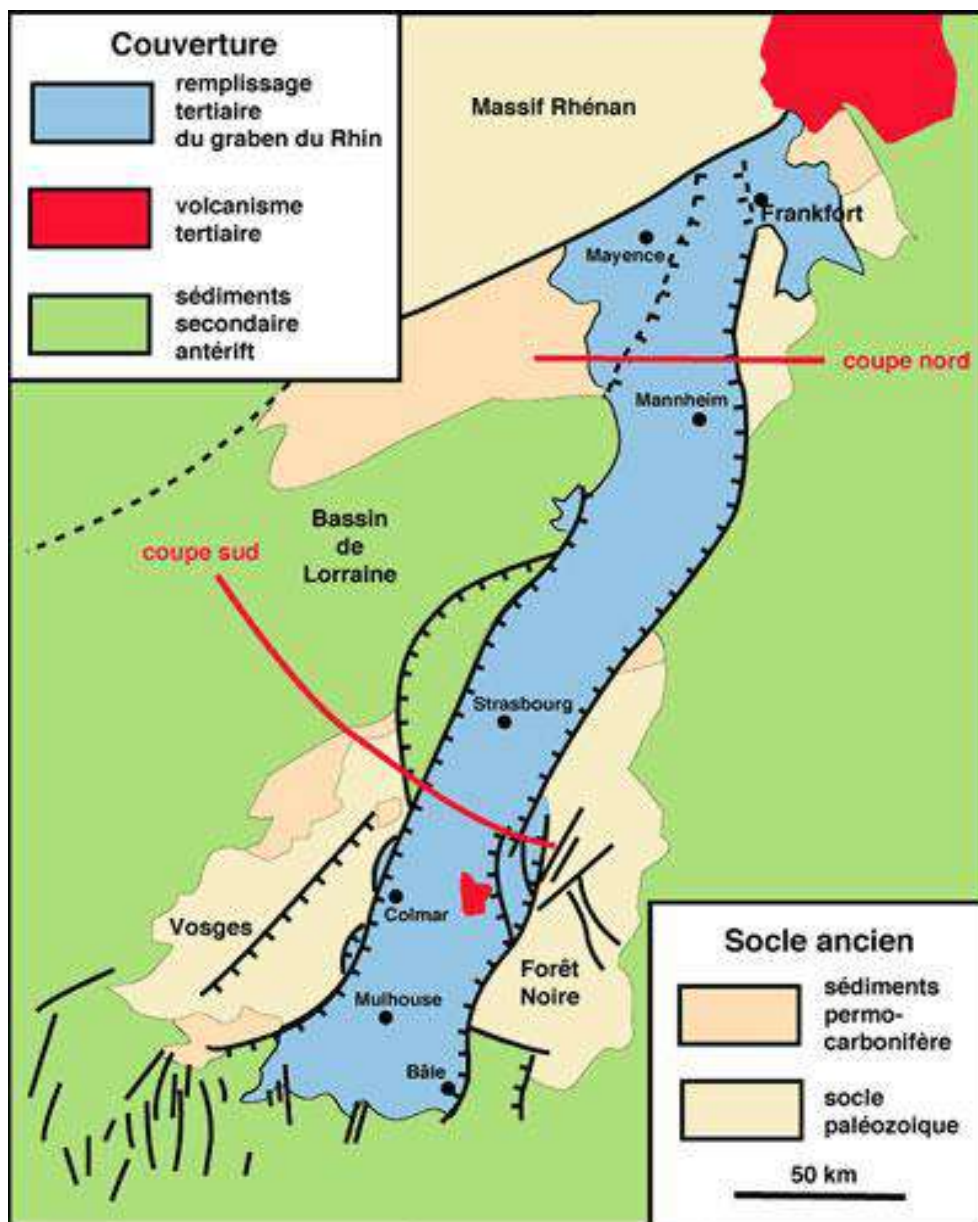


Figure 35: Schéma du graben (C. Brunet modifié d'après J. Jolivet et C. Nataf)

Deux groupes distincts de sédiments sont à lier avec l'histoire du bassin alsacien : le groupe anté-tertiaire, et le groupe tertiaire, post extension du fossé rhénan (Figure 36).

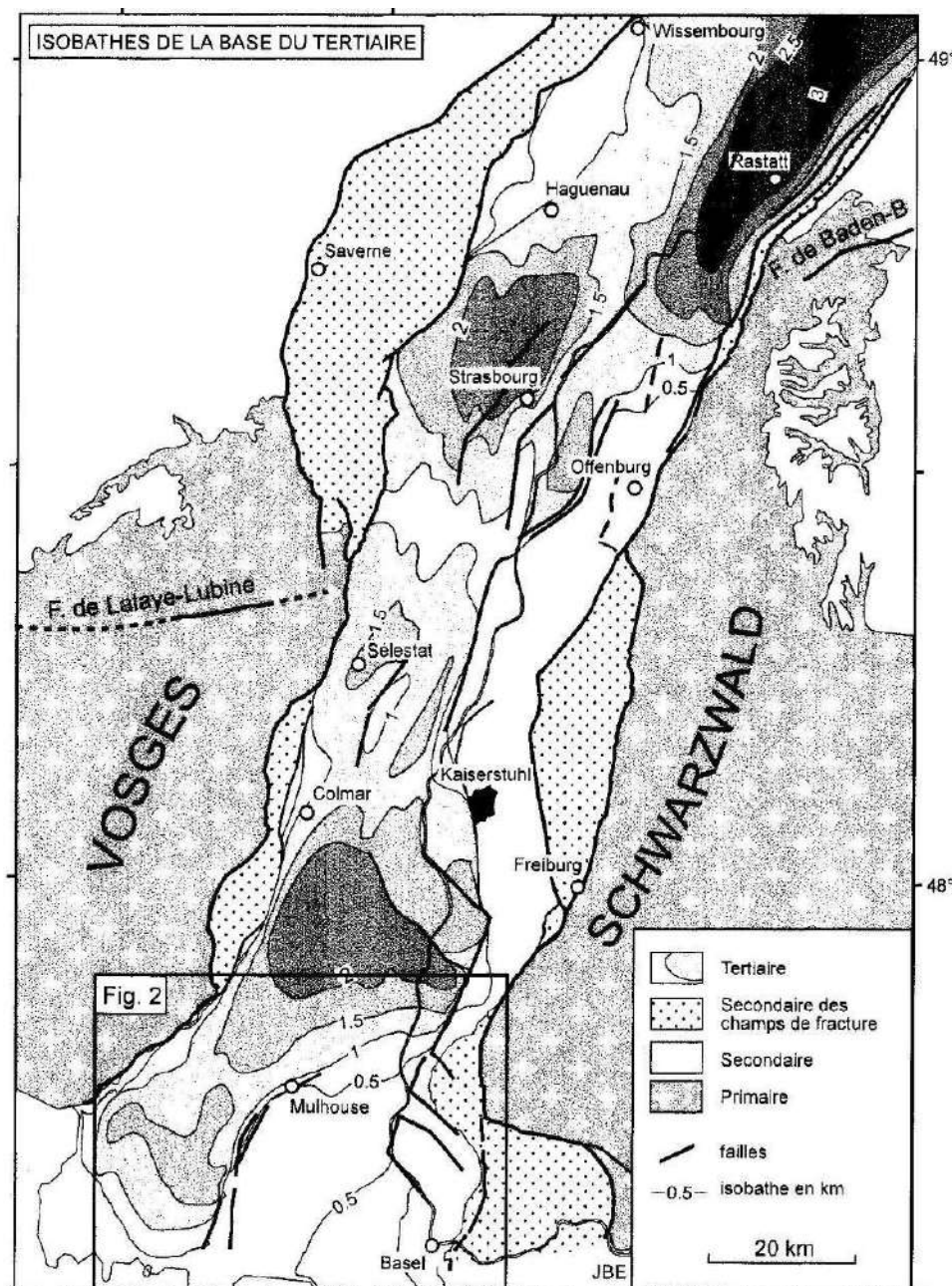


Figure 36: Schéma du graben d'après C. Brunet modifié d'après L. Jolivet et C. Nataf (1998)

L'écorché de la base tertiaire (Figure 37) montre que jusqu'au début du tertiaire, le bassin appartient à la plate-forme européenne ; de la base au sommet sont représentées les roches sédimentaires du :

- Westphalien à l'Autunien
- Buntsandstein, sable et argile d'environnements fluviaux ;
- Muschelkalk, en alternance calcaire, dolomies et évaporites dans une mer peu profonde.
- Keuper, faciès de lagune et faciès détritiques.
- Lias, sédiments marins à faciès marno-calcaire sur 100 à 200 m d'épaisseur.
- Jurassique moyen, faciès marno-calcaires variés avec des développements de haut fonds récifaux du Dogger (calcaire à oolites). L'Oxfordien est la dernière série jurassique présente au Sud du fossé rhénan (région de Mulhouse – Bâle).

La connaissance du socle hercynien et du Permien est peu développée sous le fossé rhénan. L'histoire de la région est liée aux directions acquises lors de l'orogénèse varisque (N20° - N40°E). Au Trias, les sables rouges fluviatiles se déposent dans la région, en provenance de reliefs résiduels de l'Ouest (ancêtre du bassin parisien). Ce sont les grès vosgiens.

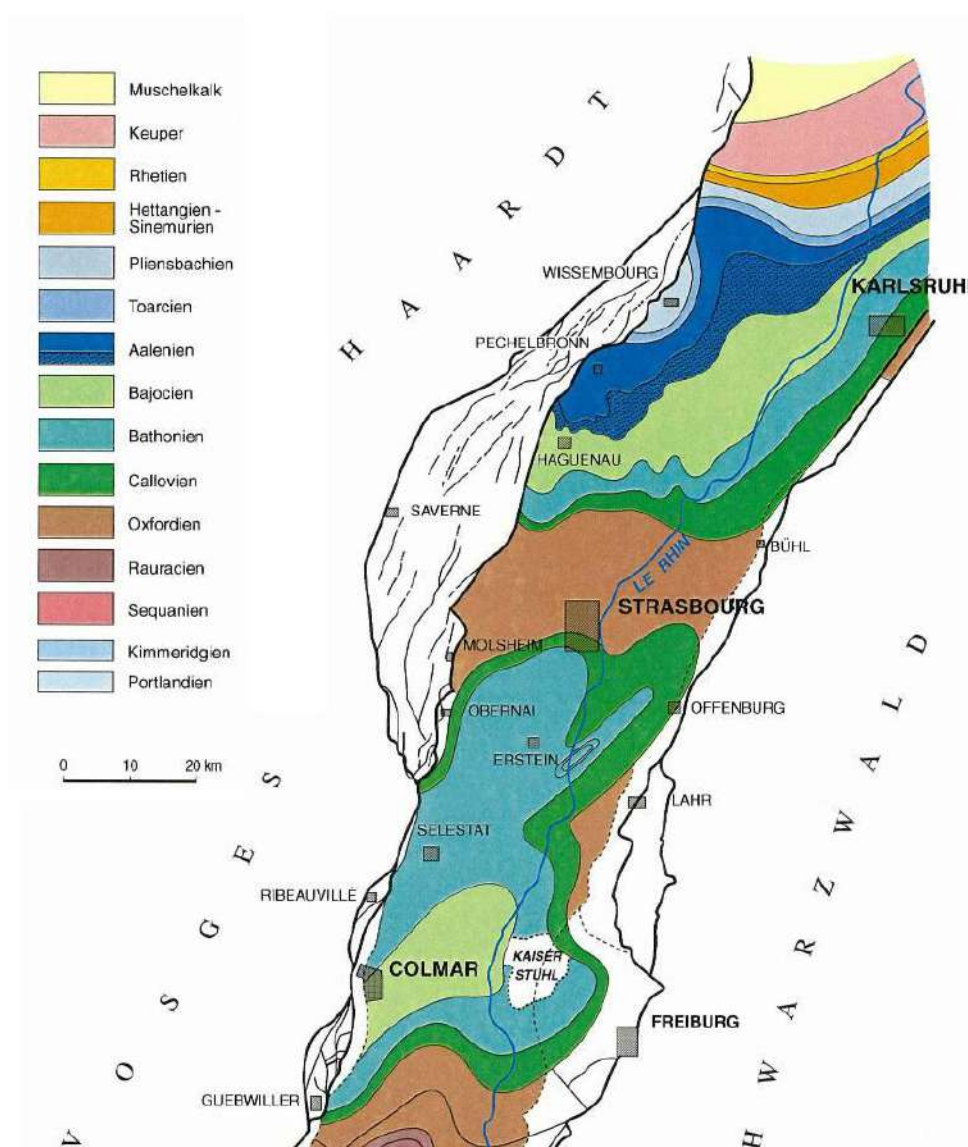


Figure 37: Ecorché de la base du Tertiaire d'après Sittler 1974 – Etude IFP 1998

La subsidence gagne peu à peu la région ; qui se trouve **au Buntsandstein** en position deltaïque, puis en position littorale au Muschelkalk inférieur. Les dépôts calcaires et dolomitiques remplacent alors peu à peu les formations sablo-argileuses. Au Muschelkalk moyen, apparaît un premier épisode évaporitique avec marne à gypse (faciès couches rouges), puis franchement marine au Muschelkalk supérieur avec des dépôts calcaires de plate-forme (calcaires à entroques). Au Keuper, le régime est lagunaire, sur salé avec des dépôts de gypse, d'anhydrite et des dépôts détritiques : les grès à roseaux.

A l'Hettangien, la mer envahit finalement la région ; Les formations sont des calcaires à la base d'une puissance de 20m (calcaires à gryphée et/ou alternances marno-calcaires) suivi de dépôts argileux gris sombre d'une épaisseur de 40m environ. Les dépôts sont homogènes dans toute la région au Lias. Ce sont des marnes et argiles grises à noires.

Au Dogger, cette sédimentation marine se poursuit dans le « bassin souabe » à l'Est de la plate-forme à sédimentation carbonatée, caractérisée par la « grande oolithe », ce faciès ne dépassant pas Haguenau au Nord Est. Ainsi, sur le puits de Roeschwoog 1 (RO-1), le Bathonien est représenté par les marnes du faciès souabe.

A la fin du Jurassique, la mer se retire et laisse émerger les dépôts du secondaire, qui seront soumis à une érosion plus ou moins intense (de la Lorraine au Wurtemberg). Ainsi, vers le Nord du futur fossé rhénan (Bassin de Mayence), les séries jurassiques sont entièrement érodées. Au niveau de Haguenau, l'érosion atteint le Callovien/ Bathonien (puits RO-1 ; BE-1). Légèrement plus au Nord, au niveau de Scheibenhart, l'érosion atteint pratiquement le Lias (puits SCB-102) et le Domérien sur le puits d'Altenstadt (ALT-1).

A la fin du Crétacé et/ou au début du Tertiaire, le bassin érodé est affecté par une structuration tectonique compressive, due à la phase pyrénéenne précoce, engendrant des plissements de grande longueur d'onde et/ou des structures faillées (direction WSW – ENE). Les synclinaux, ainsi créés, demeureront des zones de subsidence au Tertiaire, tandis que les anticlinaux formeront des seuils, compartimentant le fossé rhénan à venir en quatre bassins tertiaires :

- Mannheim-Pechelbronn, séparé par le seuil de Haguenau au Sud ;
- Strasbourg, séparé par le seuil d'Erstein ;
- Sélestat, séparé par le seuil de Colmar ;
- Mulhouse.

A partir du Tertiaire, à l'Eocène, les faciès « sidérolitiques » montrent les derniers éléments de remaniement d'érosion de séries antérieures. Ils sont localisés et d'une épaisseur de 20 m maximum. Ce sont des argiles bariolées, plus ou moins conglomératiques ; des sédiments lacustres, marnes vertes et des calcaires lacustres dans les zones les plus déprimées.

Une activité volcanique alcaline commence entre 65 Ma et 44 Ma. Ce sont les prémices de la distension et de la formation du graben. Les sédiments sont alors contemporains du rift.

Vers 40 Ma, intervient le début de l'effondrement du fossé rhénan. La distension affecte initialement la partie Sud (région de Mulhouse) à l'éocène supérieur, puis se propage vers le Nord. Le seuil de Haguenau constitue une barrière de part et d'autre de laquelle les dépôts éocènes et oligocènes diffèrent. Ainsi, au Sud, les séries éocènes sont salifères et marno-calcaires, d'une épaisseur de 700 m au total. Au Nord du seuil de Haguenau, les séries éocènes sont représentées par la zone dolomitique (marnes et dolomie, argiles marines et grès lacustres), surmontées par la couche rouge (marnes dolomitiques rouges à anhydrite).

A partir de l'Eocène supérieur, une structuration tectonique compressive (phase pyrénéenne principale) rajoute des mouvements décrochants conjugués à la subsidence existante. On constate donc un jeu syn-sédimentaire permanent des failles majeures du fossé, jeu qui favorise telle ou telle direction de faille en fonction des changements successifs de contrainte.

A l'Oligocène inférieur :

Au Sud, il correspond aux zones salifères moyennes et supérieures. La première, d'une épaisseur de 400 m, est constituée d'une base conglomératique, puis d'une zone bitumineuse et de 100 m de sel et au sommet, d'une zone fossilifère. La zone salifère supérieure a une épaisseur de 600 m et est constituée d'un niveau bitumineux, de sel et de deux couches de potasse, suivi de sel et nodules d'anhydrite et de gypse.

Au Nord, ce sont les couches de Pechelbronn. Les couches de Pechelbronn sont aussi divisées en éléments inférieurs, moyens et supérieurs :

- Inférieures : couches bitumineuses, marnes rubanées brun rouge et grise avec grès.
- Moyennes : marnes grises à hydrobies.
- Supérieures : faciès détritiques à la base avec des niveaux gréseux dit de Glasswinkel et de Beinheim. Ces niveaux sont bien connus puisqu'ils constituent les réservoirs principaux des gisements pétroliers de Scheibenhart et Schelmenberg.

La subsidence durant l'Eocène et l'Oligocène inférieur est forte. Elle atteint plus de 1500 m en quelques millions d'années.

A l'Oligocène moyen :

Du fait de la subsidence rapide et, à cette époque, homogène sur l'ensemble du graben, la mer envahit le fossé rhénan au Rupélien, par le Nord. Les séries sont semblables de part et d'autre du seuil de Haguenau, au Sud et au Nord, avec cependant un épaississement vers le Nord. Les séries sont :

- Marnes à cyrènes (100 m), gréseux et micacées ;
- Couches à Melettes (300 m), avec des couches gréseuses qui constituent des réservoirs pétrolifères ;
- Schistes à poissons (20 m) ;
- Marnes à foraminifères (25 m).

L'Oligocène moyen représente donc une phase marine prononcée.

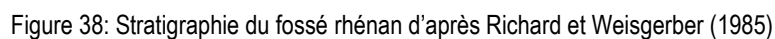
A l'Oligocène supérieur et au Miocène :

Les faciès marins ne se retrouvent plus que dans le Nord du fossé, dans la région de Mayence.

Au Miocène, l'activité volcanique et tectonique est à lier à une tectonique compressive venant des Alpes. Ainsi, au Burdigalien, des décrochements sénestres apparaissent et le volcanisme alcalin du Kaiserstuhl se déclenche. Les séries au-dessus de l'Aquitaniens sont entièrement érodées. A la limite Miocène-Pontien, un soulèvement des Vosges et de la Forêt Noire et un affaissement du fossé sont contemporains des plis du Jura vers le Nord.

Au Plio-quaternaire :

Les formations sont discordantes sur les terrains antérieurs et peuvent parfois atteindre une épaisseur de 200 m.



5.2. Contexte hydrogéologique

5.2.1. Généralités

5.2.1.1. Les masses d'eaux souterraines (MESO)

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 états 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 échéance 2015.

Pour se faire, elle propose de désigner des unités de gestion : **les masses d'eau (ME)** soit superficielles, littorales ou souterraines (Figure 39). Ces masses d'eau devront à terme constituer **le référentiel du suivi, des plans de gestion et d'unités de la surveillance**.

D'après le document du 10 mars 2005 (« DCE – District hydrographique international Rhin – Secteur de travail Rhin Supérieur – Etat des lieux 2004 »), sur le territoire du permis se situe la masse d'eau souterraine dénommée Pliocène de Haguenau et nappe d'Alsace (nappe alluviale du Rhin). Cette masse d'eau souterraine couvre la plaine depuis la bordure des Vosges et du Sundgau jusqu'au Rhin de Saint-Louis à Lauterbourg.

Cette masse d'eau est de type « alluvionnaire ». Elle est transfrontalière et rattachée au district Rhin. Sa surface est importante (3 300 km²). Son réservoir de près de 35 milliards de m³ du côté français (hors pliocène) et de 44 milliards de m³ pour l'ensemble de la nappe du Rhin Supérieur (de BALE à LAUTERBOURG), sa grande productivité et son utilisation intensive (plus de 350 captages en France) en font le plus important réservoir stratégique du district Rhin.

5.2.1.1. Les systèmes aquifères

En surface, cette masse d'eau comprend la nappe d'Alsace et le Pliocène de Haguenau qui passe dessous (Figure 40).

Les aquifères situés sous la nappe d'Alsace sont inclus dans cette masse d'eau (calcaires du Malm, grande oolithe bajocienne, calcaires du Muschelkalk et grès du trias inférieur du fossé rhénan).

Ces aquifères ont principalement une utilisation en géothermie. Une partie des marnes de l'Oligocène de bordure du fossé y est également incluse.

L'eau circule à l'intérieur des vides entre les alluvions à une vitesse de l'ordre de 1 à 2 m/j et suivant une direction générale Sud-Nord.

Le renouvellement de l'eau de la nappe est assuré principalement par l'infiltration du Rhin et de ses affluents ; la recharge par les eaux de pluie correspond à moins de 20 % des apports.

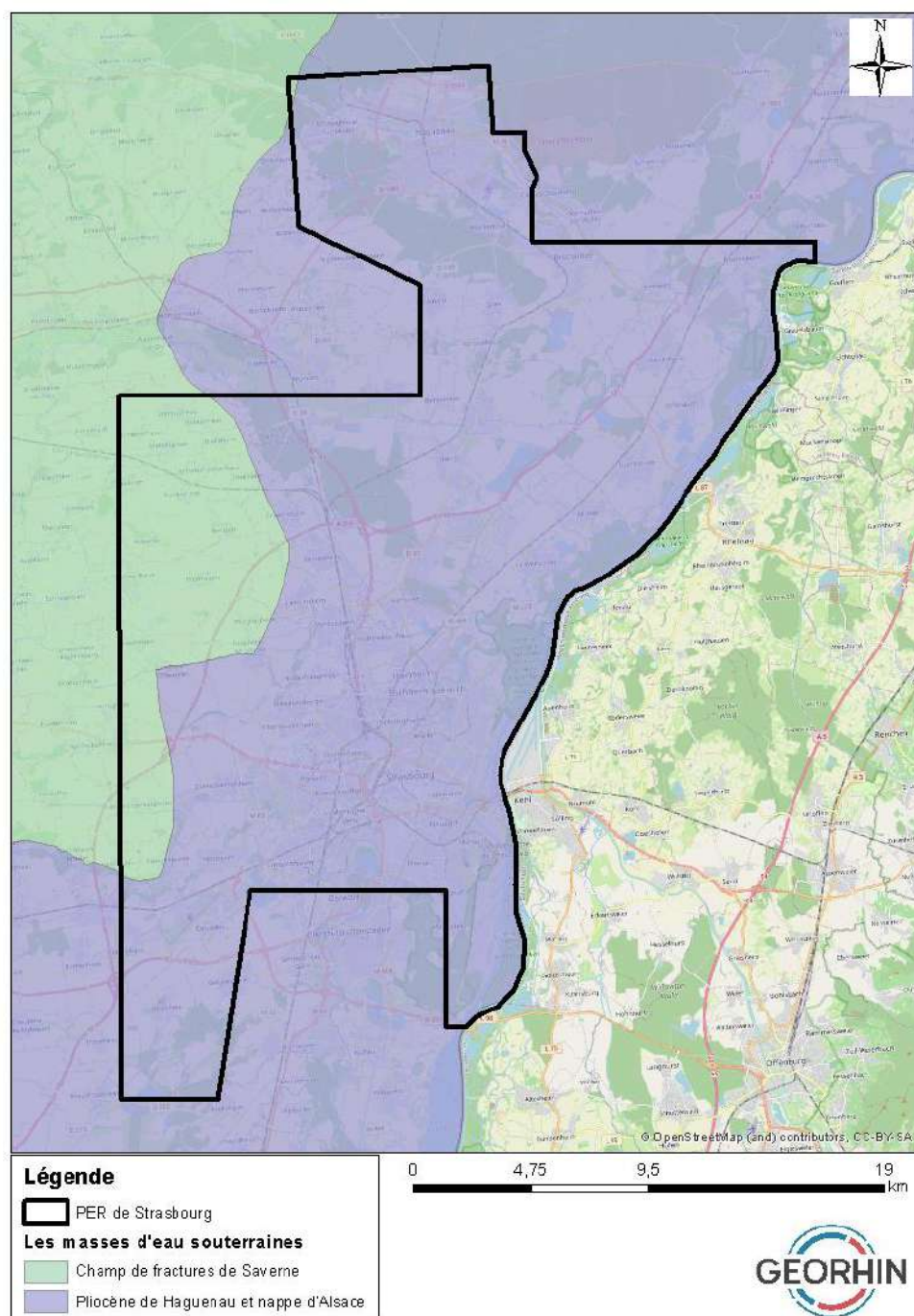


Figure 39: Carte des masses d'eau souterraines (source : eau-rhin-meuse)

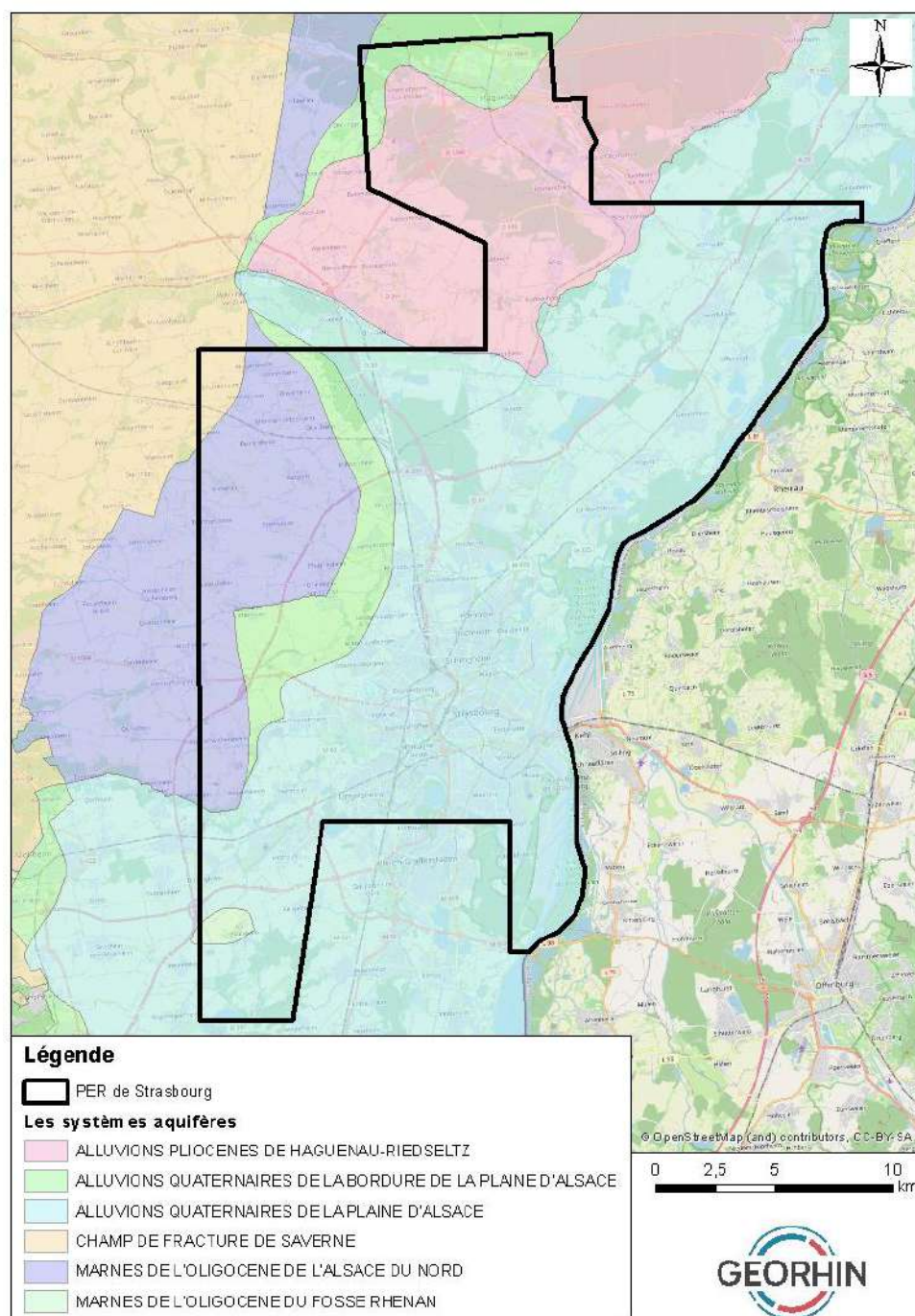


Figure 40: Carte des systèmes aquifères (source : eau-rhin-meuse)

5.2.2. La nappe d'Alsace

La nappe d'Alsace constitue une partie de la nappe de la vallée du Rhin supérieur qui s'étend sur un territoire de plus de 12 000 km² réparti sur trois pays de part et d'autre du Rhin (Figure 41).

Si initialement, le Rhin s'écoulait en direction de l'Ouest depuis la région de Bâle à travers le verrou de Belfort en direction de la Saône et du Rhône, au Quaternaire inférieur, le Rhin est capturé pour changer de direction vers le Nord. Une érosion intense dans les périodes glaciaires et interglaciaires conduit au dépôt de séquences successives de sables et graviers grossiers. La granulométrie de ces formations décroît du Sud vers le Nord.

La forte granulométrie de ces formations induit une perméabilité élevée, les intercalations argileuses sont relativement rares au Sud. Elles apparaissent sous forme de niveaux d'argiles, silts et de sables fins au niveau de Strasbourg-Kehl alors que plus au Nord (secteur de Karlsruhe) de véritables niveaux argileux permettent l'individualisation de deux aquifères avec un aquifère inférieur soumis à des conditions réductrices.

La productivité des forages ou puits est généralement élevée avec des débits moyens de 219 m³/h et des débits maximums de 2 000 m³/h.

Le gradient de la nappe est de l'ordre de 3 ‰ dans la plaine rhénane. Cette ressource en eau est considérable par son volume estimé à 300 milliards de m³ avec un taux de renouvellement annuel de 2% environ.

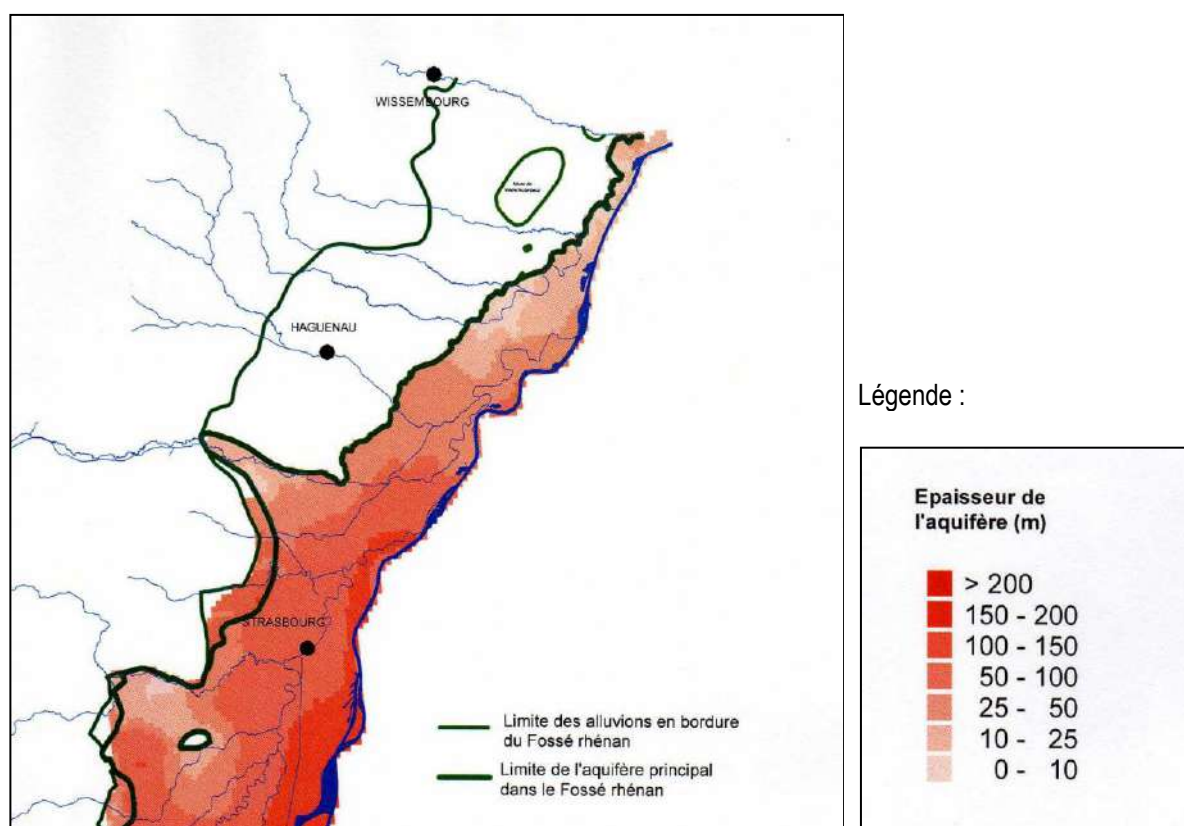


Figure 41: Epaisseur de l'aquifère alluvial (source : APRONA)

Suivant la position des cours d'eau, plusieurs configurations sont possibles. Soit le cours d'eau draine la nappe ou bien au contraire lorsque la ligne d'eau du cours d'eau est au-dessus de la cote piézométrique.

Lorsque la piézométrie recoupe la topographie, il y a apparition de ruisseau phréatique. Les interactions eau de surface et eau souterraine sont donc essentielles dans le bilan hydrogéologique.

Le toit de la nappe se trouve généralement à moins de 3 mètres sous la surface du sol en conditions de moyennes eaux.

5.2.3. La nappe du Pliocène

Cet horizon géologique de par son faciès peut constituer un niveau aquifère. Il est présent au nord du périmètre (Figure 42). De moindre importance que l'aquifère de la Plaine d'Alsace, il est l'objet d'une exploitation modique. En effet, toutes les communes du secteur font appel à la nappe d'Alsace pour subvenir à leurs besoins en eau potable.

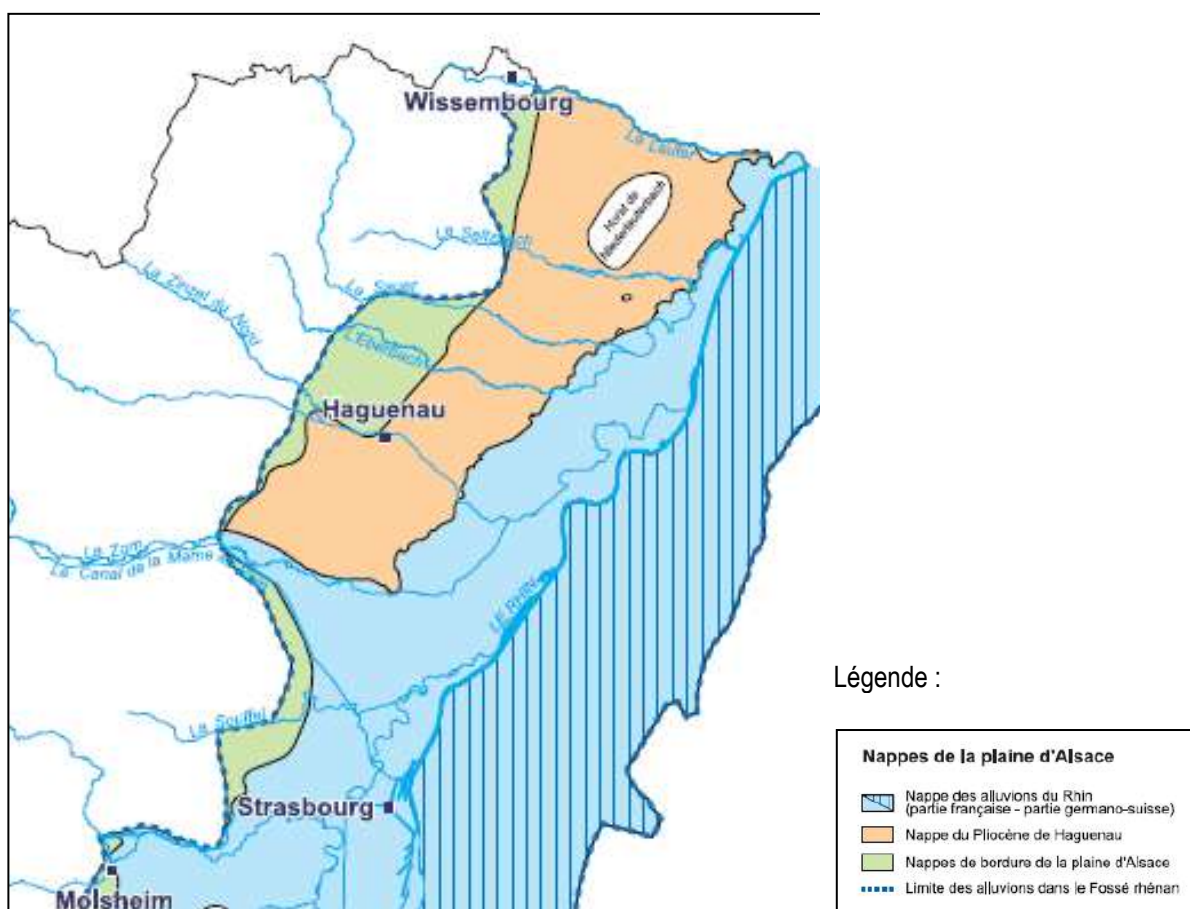


Figure 42: Situation de la nappe du Pliocène (source : APRONA)

Dans la forêt de Haguenau, le forage 01995X0002 capte le Pliocène dans sa partie basale composée de niveaux de graviers avec un débit de 112 m³/h pour un rabattement de 12 mètres.

Suite à la réalisation d'un forage artésien (50 l/s) près de Steinfeld (Allemagne), la commune de Wissembourg en partenariat avec Bad Bergzabern souhaite utiliser cet ouvrage. C'est ainsi que des études ont été engagées. Les principaux points à retenir sont l'existence de deux niveaux aquifères Pliocène séparés par un horizon argileux. La nappe inférieure se trouve dans un horizon de sables et graviers d'une épaisseur de 18 mètres présentant une transmissivité de 10⁻² m²/s. Ces dépôts sablo-graveleux sont la conséquence de dislocations tectoniques au Pliocène inférieur avec une forte érosion

qui a permis une sédimentation de type fluvial. Dans le secteur de Steinfeld, la nappe est artésienne et est donc captive.

Cet aquifère, limité par un système de failles, a une extension de 60 km². Cet exemple montre que le Pliocène peut être localement productif et compartimenté.

Pour le département du Bas Rhin, il existerait 11 captages au Pliocène desservant 4% de la population tandis que la nappe d'Alsace avec 89 captages alimente 69% de la population, le reste est fourni par les grès vosgiens (406 captages pour 24% de la population) et le granite (130 captages pour 2% de la population).

5.2.4. Caractéristiques des aquifères peu profonds

- La Figure 43 représente la piézométrie de la nappe d'Alsace.

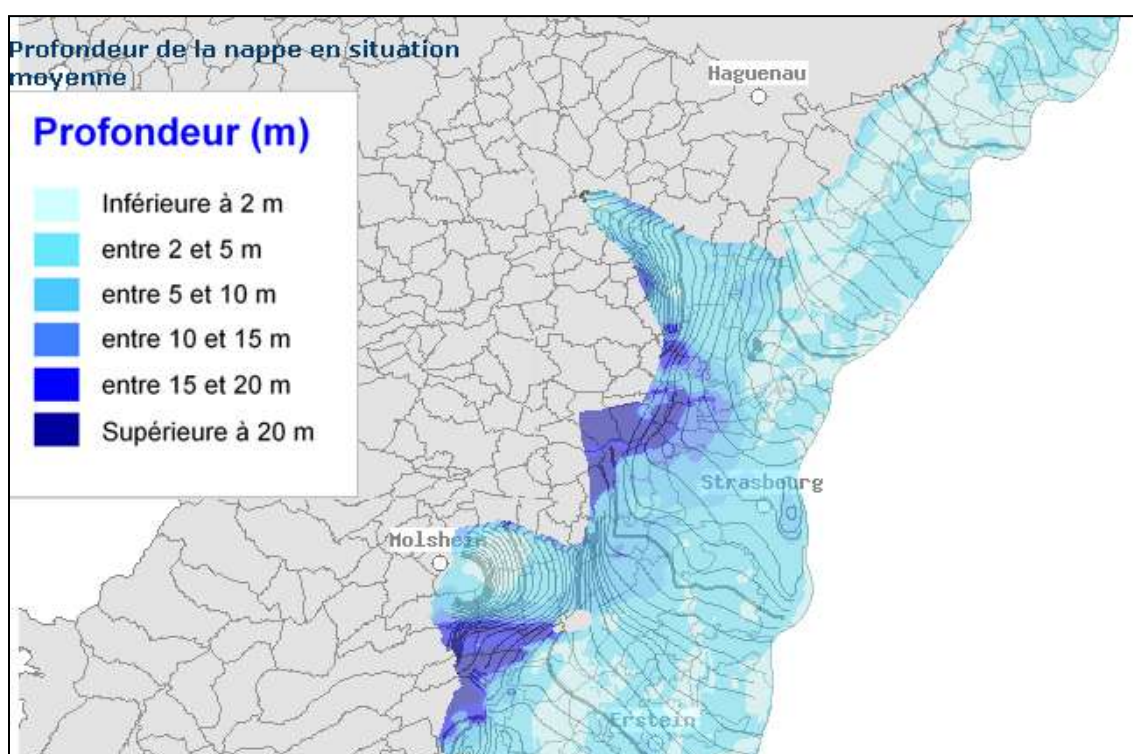


Figure 43: Piézométrie de la nappe d'Alsace (source : APRONA)

- Analyse physico-chimique

En fonction de leur gisement, les eaux souterraines présentent des compositions physico-chimiques variables. Des pollutions de diverses natures peuvent modifier ces compositions.

Les eaux du Pliocène comme celles des alluvions du Rhin sont de type bicarbonaté calcique, celles du Pliocène sont généralement légèrement plus acide que celles des alluvions du Rhin. Les teneurs en silice sont plus élevées pour le Pliocène avec plus de 14 mg/l. Lorsque l'aquifère du Pliocène devient captif, les eaux s'enrichissent en fer et manganèse. Des traces d'arsenic sont présentes dans les eaux du Pliocène.

En ce qui concerne les eaux de la nappe alluviale du Rhin, la nappe alluviale est en relation avec le fleuve, ce qui a pour effet de diminuer les teneurs en bicarbonates et en calcium.

Les paragraphes suivants présentent l'état des lieux de la nappe d'Alsace réalisé par le projet Évolution de la Ressource et Monitoring des Eaux Souterraines (ERMES), sous la directive de l'APRONA, en partenariat avec la Région Grand Est et l'Agence de l'eau Rhin-Meuse.

Pour la teneur en nitrates (Figure 44), à l'échelle de la masse d'eau, l'état des lieux considère une stabilisation globale de la situation depuis 2009 avec des améliorations localisées. Les zones fortement impactées restent cependant très préoccupantes.

Le nord de Strasbourg correspond à une zone de faibles concentrations (≤ 10 mg/l), ceci est à mettre en relation avec la présence, dans ce secteur de sols très réducteurs favorisant les phénomènes de dénitrification, ainsi que le long du Rhin où s'infiltrent les eaux du fleuve peu chargées en nitrates.

Le sud de Haguenau présente toujours des fortes teneurs en nitrates (> 50 mg/l en quelques points). Globalement, les concentrations en Nitrates sont satisfaisantes à l'exception de quelques ouvrages qui dépassent la concentration de 50 mg/l.

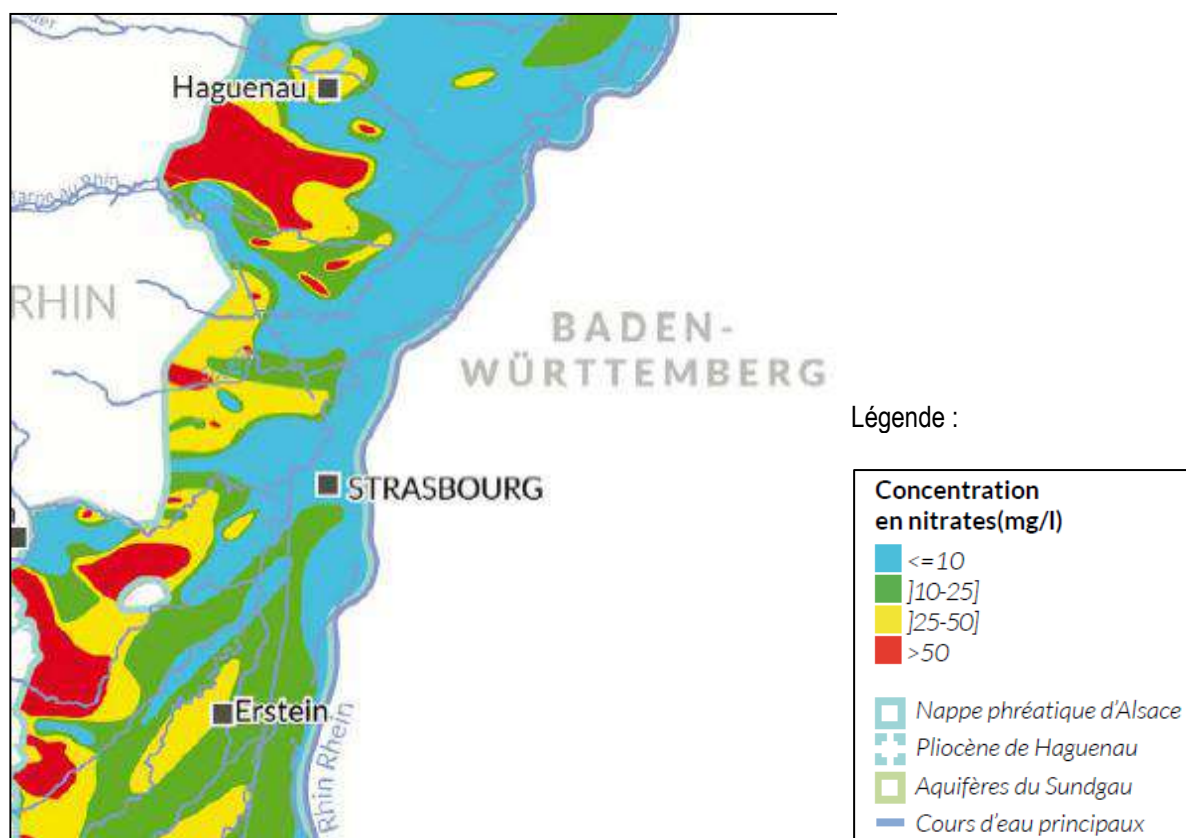


Figure 44: Nitrates en nappe phréatique d'Alsace, 2016 (source : Aprona - ERMES Rhin)

Pour les pesticides et métabolites (Figure 45), les résultats confirment une pollution de la nappe phréatique d'Alsace et la présence d'une grande diversité de molécules notamment dans le Haut-Rhin, sur le piémont au niveau de Molsheim et au nord, dans la nappe du Pliocène de Haguenau.

28,5 % des points de mesures en nappe phréatique d'Alsace présentent des concentrations en pesticides supérieures aux limites de qualité de 0,1 µg/l.

Par ailleurs, 15 points de mesures (2,8 %) dépassent le seuil de 2 µg/l pour au moins un pesticide. Ce seuil est celui à partir duquel une ressource ne peut plus être utilisée pour l'alimentation en eau potable même après traitement. 77 des 113 pesticides recherchés sont quantifiés au moins une fois et 21 substances dépassent la limite de qualité de 0,1 µg/l. La majorité sont des herbicides ou leurs métabolites.

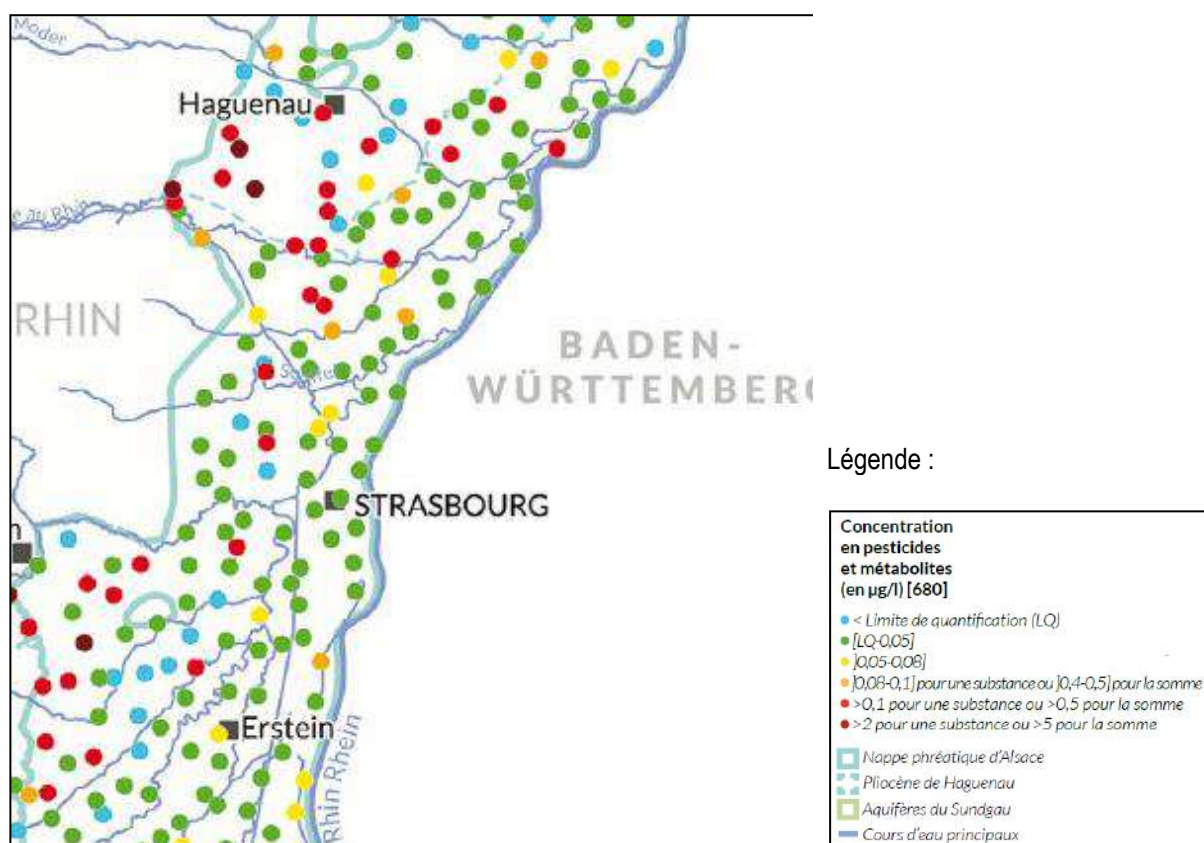


Figure 45: Pesticides et métabolites en nappe phréatique d'Alsace, 2016 (source : Aprona - ERMES Rhin)

5.2.5. Les aquifères profonds

Si les réservoirs pétroliers de la zone sont bien connus, les réservoirs potentiels de géothermie restent à être mieux identifiés et évalués. Les puits profonds, atteignant le Buntsandstein, sont peu nombreux sur ou proche de la zone d'intérêt.

Au niveau du réservoir potentiel, nous en avons identifié deux (ces aquifères profonds n'ont aucune communication avec les aquifères superficiels) :

Le Buntsandstein qui a été érodé au Crétacé, comme le biseau s'étend de Manheim à Worms, la formation existe sur toute l'Alsace. Elle est bien connue car elle a été étudiée à l'affleurement en dehors

du graben et exploité massivement en carrières. Sa granulométrie diminue du nord au sud alors que son épaisseur augmente vers le nord.

Elle comprend les grès vosgiens à grains plus ou moins grossier et le conglomérat principal, ils sont surmontés par les couches intermédiaires et enfin par le grès à Voltzia, à grain très fin.

Le toit du Buntsandstein est un réflecteur sismique de bonne qualité, mais ce n'est pas un piège pétrolier ce qui explique le petit nombre de forages l'ayant traversé.

La porosité en forage a été approchée par des résultats issus de mesures réalisées sur carottes :

- Berstheim 3,5 à 5,8%,
- Muntzenheim 7 à 15%,
- Soultz, 6%,
- Untergrombach 5,9 à 7,4%.

Ces valeurs sont donc peu élevées pour des formations détritiques mais toutes les observations convergent pour insister sur la présence de fracturation très nombreuses.

Les mesures de perméabilité sont encore plus rares et la gamme de valeurs 0,5 à 120 milli Darcy mètres ne permet pas de définir une valeur médiane. Là encore les valeurs mesurées sur Cronenbourg sont sans doute les plus pertinentes. Dans la plupart des forages profonds au nord de l'Alsace, de fortes venues d'eaux ont en général été répertoriées, mais les mesures réalisées paraissent systématiquement sous-évaluées, cela s'explique par un envahissement des réservoirs par la boue de forage qui il y a trente ans était en général très lourde, la fiche récapitulative du forage de Cronenbourg (Figure 46) montre la synthèse de l'acquisition de ces paramètres.

La partie supérieure du socle peut aussi s'avérer être un réservoir potentiel. L'ancien socle hercynien altéré ou non peut présenter des fractures permettant la circulation de fluide hydrothermal. Il n'a jamais été atteint dans la zone du permis. Si l'approche générale des géosciences est proche d'un réservoir normal, le socle a tout de même ces spécificités propres.

En ce qui concerne la piézométrie, elle est seulement approchée par des mesures localisées dans la région de Haguenau et montre un niveau statique de la nappe à environ +200 m NGF.

La salinité est variable en fonction de l'enfouissement mais en général comprise entre 25 et 125 g/l. La nature physico chimique des eaux est du type chloruré sodique et analogue en général à celles du Trias moyen, ce qui s'explique par le compartimentage important qui les met en relation. Le long de la faille bordière, les circulations d'eaux géothermales sont plus complexes et les remontées naturelles par le bais des failles ont donné naissance à de nombreuses sources chaudes exploités pour les bains et le thermalisme. Dans ces zones les variations de salinité sont très rapides et difficilement prédictibles.

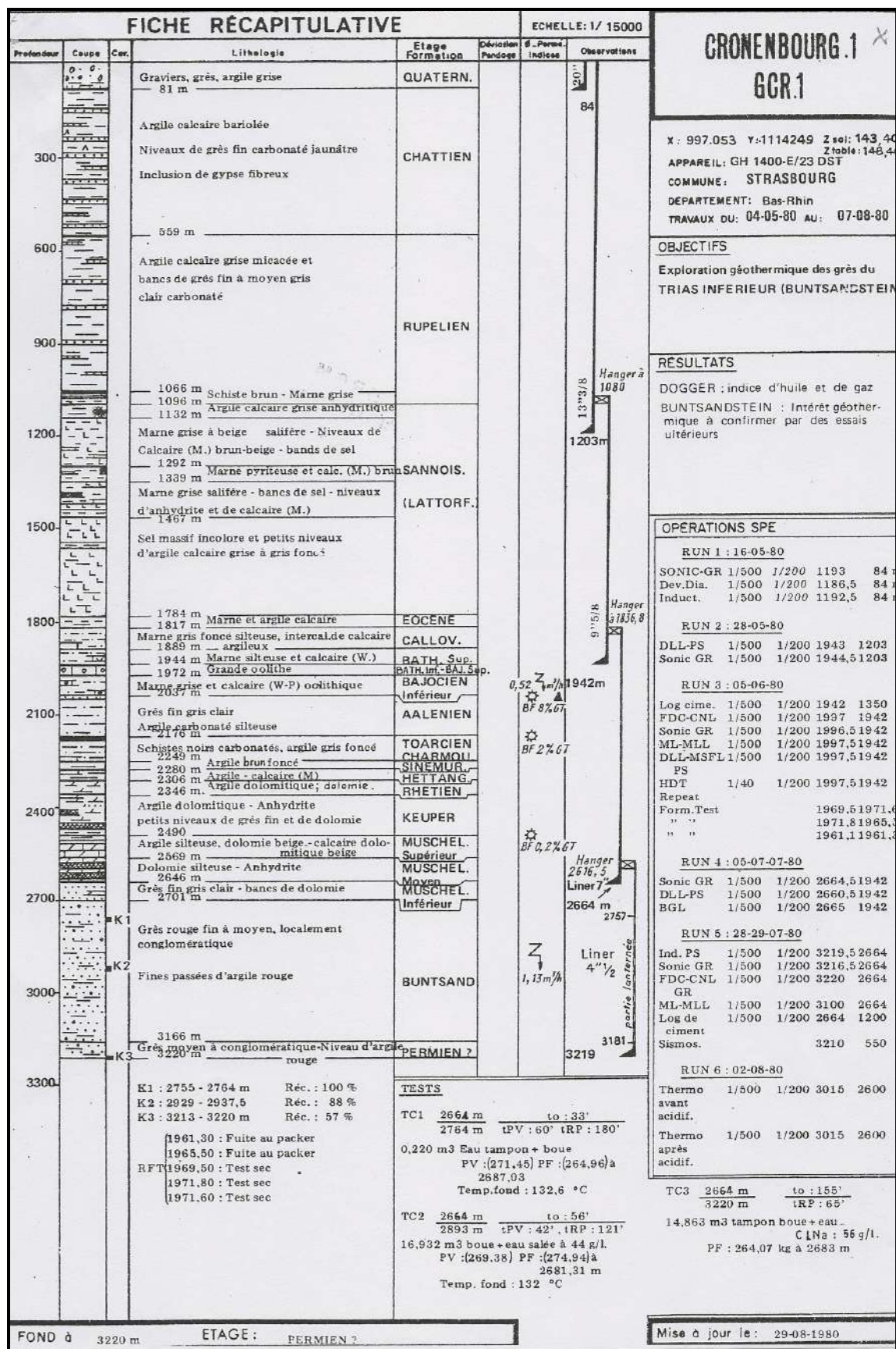


Figure 46: Fiche récapitulative du forage de Cronenbourg

5.3. Utilisation des forages

D'après l'archive de la Banque du Sous-Sol (2019), pour le département du Bas-Rhin, 1 762 ouvrages sont répertoriés en « EXPLOITATION » (Figure 47).

La répartition de ces ouvrages en fonction de la profondeur est la suivante :

Tableau 20: Profondeur des ouvrages archivés dans la BSS

Profondeur (m)	Nombre	%	Profondeur (m)	Nombre	%
< 10	97	5,8	100 à 500	176	10,5
10 à 20	377	22,5	500 à 1 000	4	0,2
20 à 50	514	30,7	1 000 à 1 500	1	0,1
50 à 100	502	30,0	>3 000	5	0,3

Profondeur non répertoriée pour 86 ouvrages.

Les usages connus sont répartis de la façon suivante :

Tableau 21: Usage des forages archivés dans la BSS

Usage	Nombre
Collective	122
Géothermie	1548
Agricole	73
Industriel	12
Domestique	7

Les nombreux ouvrages de géothermie sont essentiellement dédiés à des installations basse température. La profondeur maximale recensée pour ces ouvrages est de 99 m. Ils appartiennent principalement à des particuliers.

Les trois ouvrages les plus profonds répertoriés, entre 5013 et 5206 m, sont situés à Soultz-Sous-Forêts et sont dédiés à la géothermie haute-énergie.

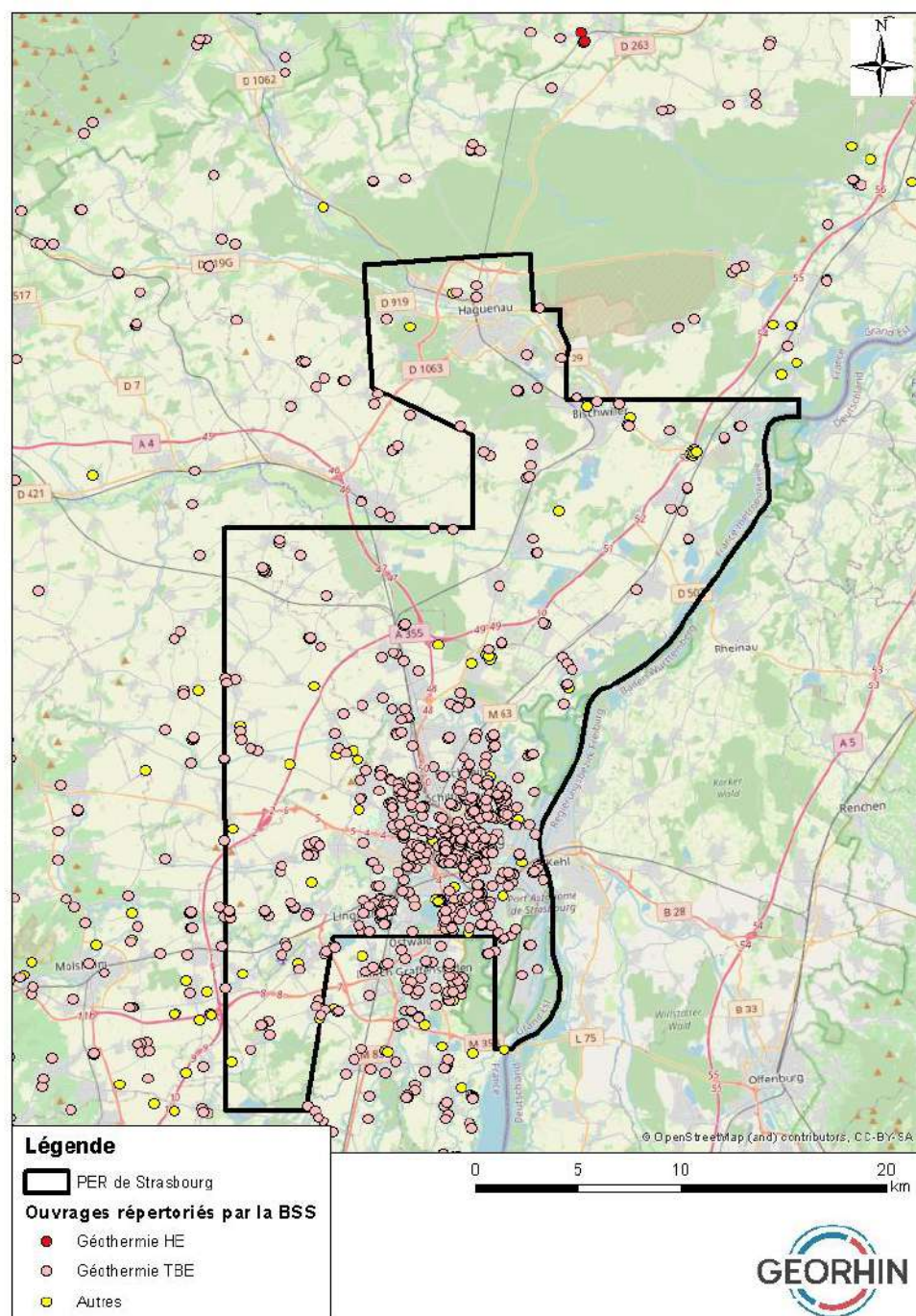


Figure 47: Localisation des ouvrages en « exploitation » (source : BSS, 2019)

5.4. Documents de planification au regard de l'enjeu de l'eau

5.4.1. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)

Le SDAGE fixe pour chaque bassin hydrographique les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau dans l'intérêt général et dans le respect de la Loi sur l'eau.

Le SDAGE 2022-2027 du bassin Rhin-Meuse vient actualiser les objectifs et les actions prioritaires à mettre en œuvre afin de préserver la ressource en eau à horizon 2027, tant qualitativement que quantitativement. Il a été adopté par le Comité de bassin le 18 Mars 2022. À travers le SDAGE, l'agence de l'eau fixe une ambition environnementale pour les six prochaines années. Ce document répond à 3 objectifs (source : Agence de l'eau) :

- DÉFINIR les orientations permettant de satisfaire les grands principes d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau ;
- FIXER les objectifs de qualité et de quantité à atteindre pour chaque masse d'eau ;
- DÉTERMINER les dispositions nécessaires pour prévenir la détérioration et assurer la protection et l'amélioration de l'état des eaux et des milieux aquatiques.

Le tome « Orientations fondamentales et dispositions » du SDAGE aborde six grands thèmes :

- Thème 1. Eau et santé ;
- Thème 2. Eau et pollution ;
- Thème 3. Eau nature et biodiversité ;
- Thème 4. Eau et rareté ;
- Thème 5. Eau et aménagement du territoire ;
- Thème 6. Eau et gouvernance.

Pour exemple, la Figure 48, ci-dessous, présente la situation des hydroécorégions mentionnées dans le SDAGE 2022-2027, sur le PER de Strasbourg.

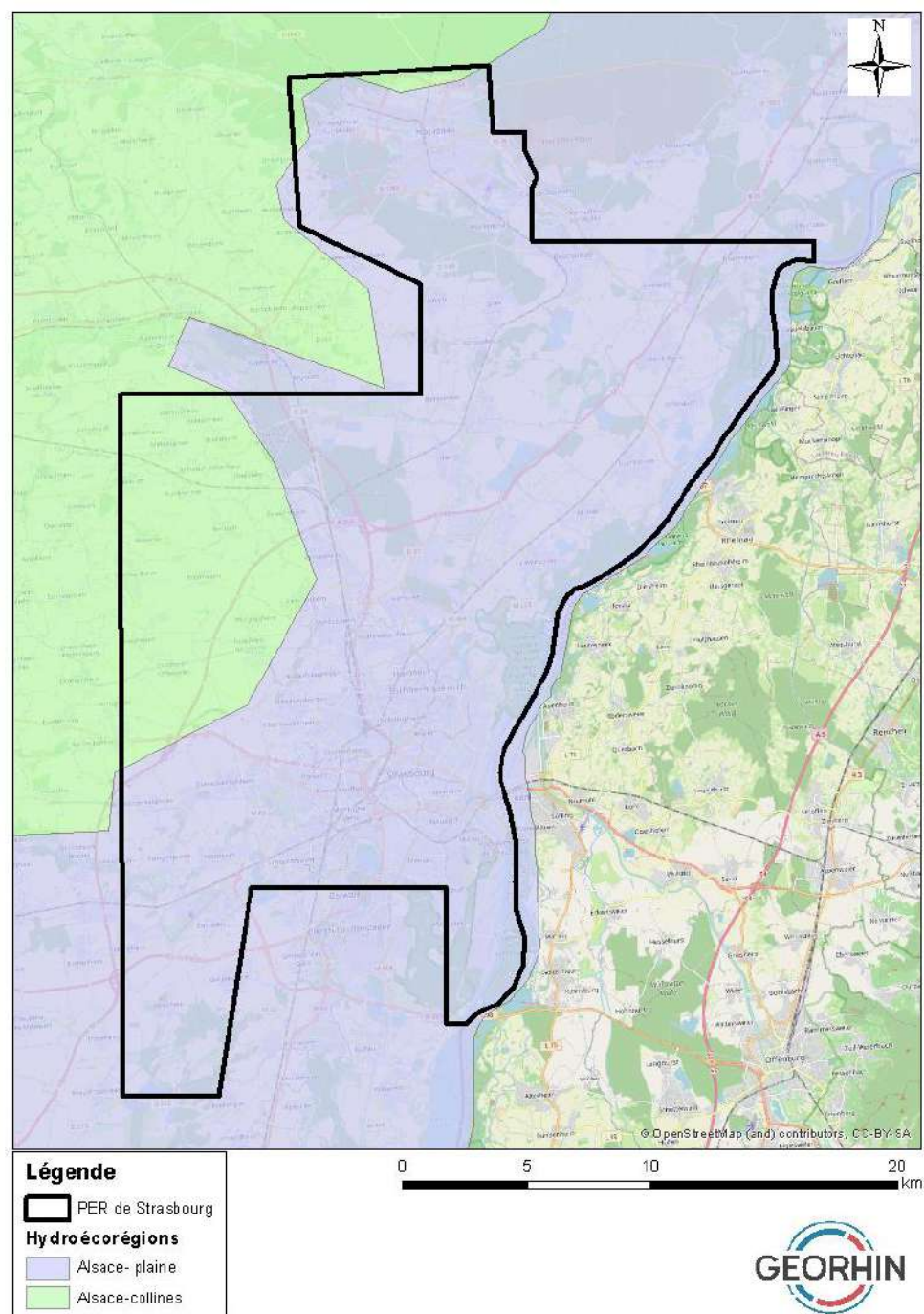


Figure 48: hydroécorégions sur le PER de Strasbourg (SDAGE)

5.4.2. Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)

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, etc.), 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 (élus, usagers, associations, représentants de l'Etat, etc.) réunis au sein de la commission locale de l'eau (CLE).

La Figure 49, ci-dessous, présente la situation des périmètres des SAGE, sur le PER de Strasbourg.

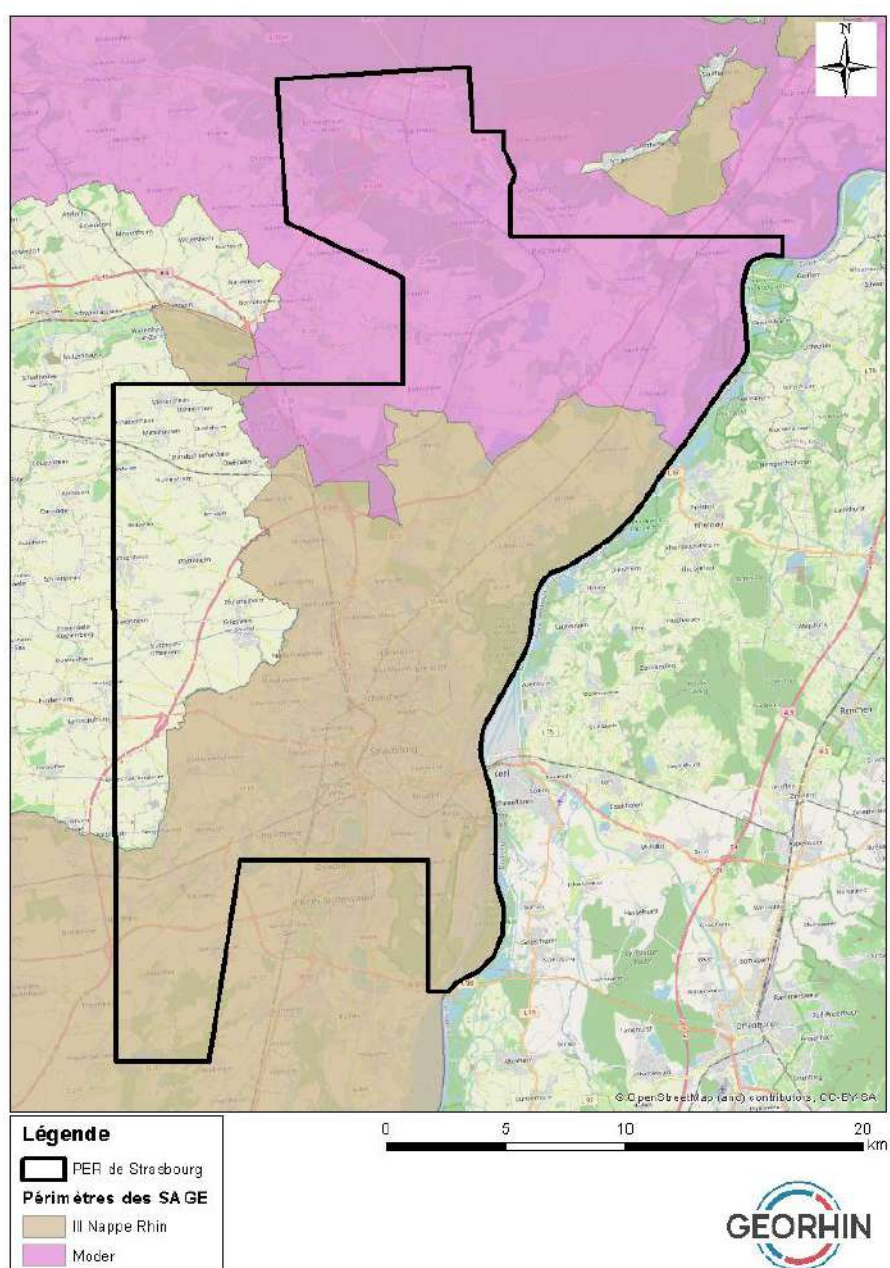


Figure 49: Etat d'avancement des SAGE du bassin Rhin Meuse au 16 mai 2011

Le secteur appartient à deux SAGE :

5.4.2.1. SAGE III Nappe Rhin

La spécificité du SAGE ILL-NAPPE-RHIN tient dans sa superficie ; il s'étend sur environ 322 communes réparties entre Lauterbourg au Nord et Leymen au sud. Son périmètre correspond globalement à la plaine d'Alsace, pour une superficie proche de 3600 km².

Toutes les communes faisant partie du SAGE sont concernées par les mesures de gestion des eaux souterraines qu'il prescrit.

- Quatre thématiques ont été mises en évidence sur ce territoire :
- la préservation de la nappe phréatique Rhénane ;
- la restauration des écosystèmes aquatiques ;
- la gestion des débits en période de crues et d'étiages ;
- la qualité des cours d'eau.

5.4.2.2. SAGE MODER

Sa superficie s'étend sur 1720 km², les principaux enjeux de ce SAGE portent sur :

- maîtriser qualité et prélèvements d'eaux souterraines ;
- lutte contre la pollution ;
- gestion quantitative de la ressource en eau ;
- protection et restauration des milieux en lien avec la gestion des cours d'eau.

5.4.3. Zones de répartition

Aucune Zone de Répartition des Eaux ne se trouve dans le périmètre.

5.4.4. Captages et alimentation en eau potable

En réponse aux exigences issues de la Directive cadre sur l'eau, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30/12/06 a renforcé les dispositifs de maîtrise des pollutions diffuses d'origine agricole par la création des zones de protection des aires d'alimentation de captages.

La mise en œuvre de ce nouveau dispositif de protection de la ressource conduit à la délimitation des aires d'alimentation de captages (AAC), parfois aussi appelées bassins d'alimentation de captages (BAC), qui incluent les zones de protection des AAC. La zone de protection est définie par le croisement du zonage cartographique de la vulnérabilité intrinsèque et du zonage des pressions agricoles. Dans le cas des captages en eaux superficielles, la définition d'une zone de protection, au sein du bassin versant situé en amont des prises d'eau, repose sur le repérage des flux (ruissellement, drainage, fossés d'écoulement, échanges entre nappes alluviales et cours d'eau.) et sur l'identification, par un diagnostic territorial des pressions agricoles et des zones susceptibles de jouer le rôle le plus important dans la dégradation de la ressource en eau.

Il existe trois types de périmètre de protection qui ont été niveaux établis à partir d'études réalisées par des hydrogéologues agréés en matière d'hygiène publique :

- Le périmètre de protection immédiate : site de captage clôturé (sauf dérogation) appartenant à une collectivité publique, dans la majorité des cas. Toutes les activités y sont interdites hormis celles relatives à l'exploitation et à l'entretien de l'ouvrage de prélèvement de l'eau et au périmètre lui-même. Son objectif est d'empêcher la détérioration des ouvrages et d'éviter le déversement de substances polluantes à proximité immédiate du captage.
- Le périmètre de protection rapprochée : secteur plus vaste (en général quelques hectares) pour lequel toute activité susceptible de provoquer une pollution y est interdite ou est soumise à prescription particulière (construction, dépôts, rejets, etc.). Son objectif est de prévenir la migration des polluants vers l'ouvrage de captage.
- Le périmètre de protection éloignée : facultatif, ce périmètre est créé si certaines activités sont susceptibles d'être à l'origine de pollutions importantes. Ce secteur correspond généralement à la zone d'alimentation du point de captage, voire à l'ensemble du bassin versant.

La Figure 50, ci-dessous, présente les AAC ainsi que les captages publics et leur périmètre de protection éloigné sur le PER de Strasbourg.

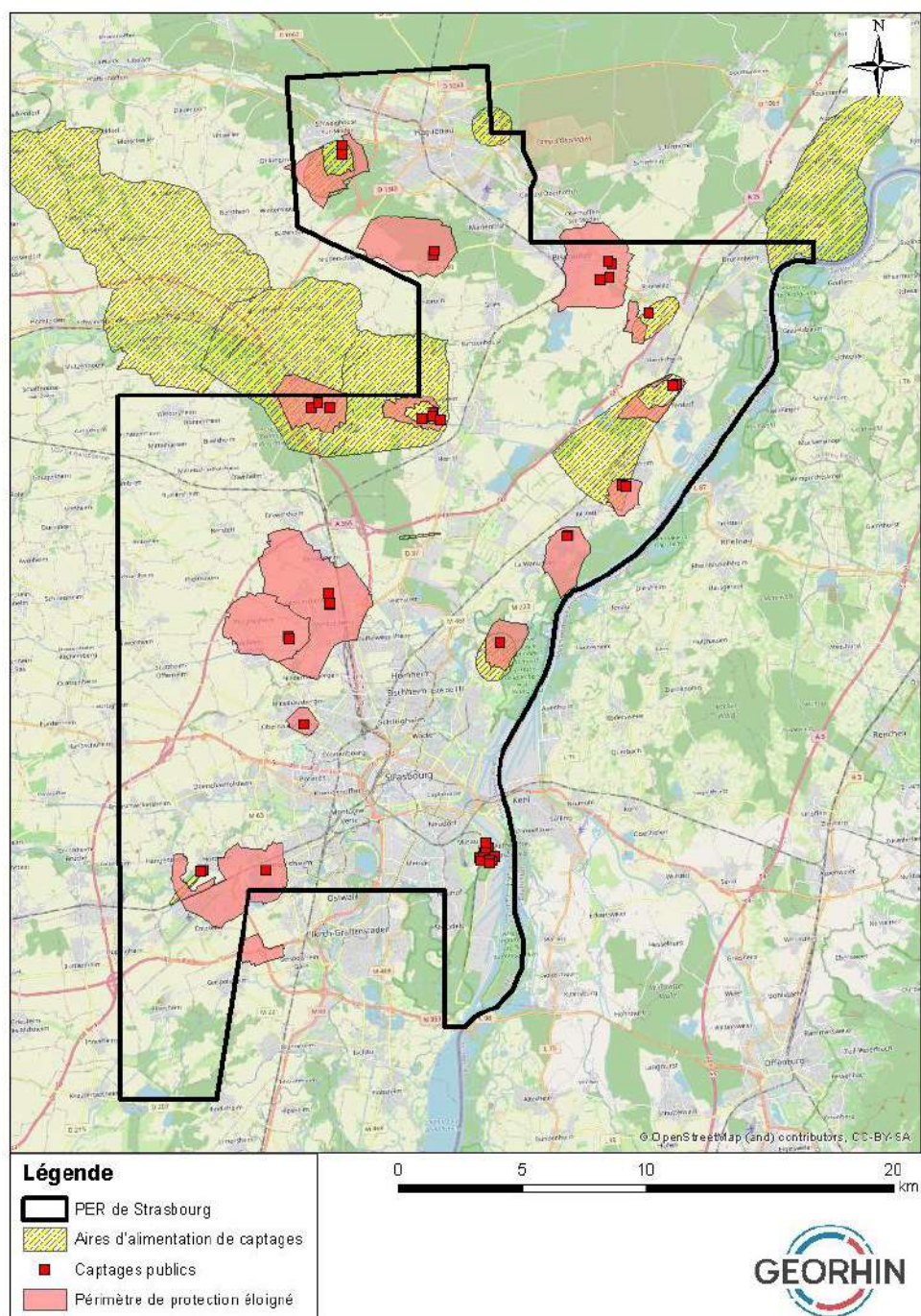


Figure 50: Localisation des AAC ainsi que des captages publics et leur périmètre de protection éloigné (source : sandre.eaufrance)

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.

Les impacts associés au procédé d'extraction et à l'usine pilote seront identifiés lors de l'étude sur les procédés prévue dans nos travaux d'exploration dans le cadre de cette demande.

6. ETUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE

6.1. Biens et patrimoine culturel

Le Service Vestiges Archéologiques de la Direction Régionale des Affaires Culturelles sera contacté lorsque le ou les sites seront définis.

La création des nouvelles plates-formes de 10 000 m² environ prévoit 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 de ces emplacements.

Le service régional d'archéologie sera contacté avant le décapage des terrains pour être présent lors de cette opération.

Pendant les travaux, les 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).

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.

7. ETUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU NATUREL

7.1. Ecosystème et paysage

Dans le cadre de ce projet, la réalisation d'investigations géophysiques par la méthode de sismique réflexion est envisagée, en utilisant notamment la sismique pseudo-3D. En effet, cette méthode apporte le plus d'information sur la structure du réservoir à grande profondeur, en identifiant les surfaces géologiques clés et les failles majeures et secondaires jusqu'au socle.

Les travaux de forages sont réalisés en dehors de toute zone de protection notamment faunistique et floristique.

D'une manière générale, le site de forage sera visuellement perceptible en fonction de la topographie de la zone. L'impact visuel restera limité à la durée du chantier.

En phase d'exploitation, seuls des têtes de puits subsisteront, occasionnant ainsi un impact visuel minime. Le bâtiment abritant la centrale de production et distribution d'énergie fera l'objet d'une intégration architecturale et paysagère.

7.2. Sols

7.2.1. Identification des incidences

L'implantation de plates-formes de forage peut présenter les inconvénients suivants :

- Occupation temporaire des terrains à vocation agricole : les terrains ne retourneront à leur activité rurale qu'à la fin de l'exploitation du gisement. Le terrassement et l'empierrement de la surface aménagée, ainsi que de l'accès affecte temporairement l'état des sols,
- Impact visuel du chantier : l'empierrement de la plate-forme la rend plus visible par rapport aux parcelles en culture ou boisées environnantes. Pendant la période de forage, le mât est balisé et visible ; il est susceptible de causer une gêne occasionnelle à la navigation aérienne et aux activités de communication,
- Gêne du trafic routier : la circulation routière peut-être perturbée par des transports exceptionnels ainsi que par d'autres véhicules lourds. L'aménagement de l'appareil nécessite entre 90 et 110 voyages.

7.2.2. Mesures prises pour limiter ces incidences

Choix de l'emplacement et de l'aménagement du chantier

Les sites seront implantés compte tenu des considérations géologique et après l'étude du gisement, mais également en fonction du voisinage et de l'environnement immédiat.

Deux types de convention d'occupation de terrain devront être préparés :

a) Convention d'occupation des plates-formes de forage

Cette convention d'occupation temporaire d'une durée minimale 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.

b) Convention de servitude pour les réseaux

Cette convention d'une durée minimale 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.

Circulation routière

Les opérations de déménagement demandent une utilisation intensive des routes mais pendant une période brève (environ 15 jours). La circulation pendant la durée des travaux de forage et de complétion sera limitée à quelques camions par semaine et aux déplacements des personnes travaillant sur le chantier.

Trafic

Pour l'aménagement des plates-formes, l'entrepreneur de génie civil utilisera deux à trois engins/véhicules pour la réalisation du site. L'apport des matériaux nécessitera des mouvements de camion, dont le nombre de voyage pourrait être de 15 à 30 selon le volume de matériaux nécessaire à mettre en œuvre, ceci dépendant en partie du site et de sa configuration.

L'amenée de l'appareil de forage nécessitera une centaine de voyage répartis sur quinze jours. L'installation des équipements peut prendre dix jours selon le cas.

Pendant les opérations de forage, seul le personnel affecté sur chantier et en poste génère un trafic qui peut être de huit à dix véhicules par jour.

Dispositions réglementaires :

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 dégradations causées aux routes départementales et/ou aux voies communales.

En ce qui concerne le Grand Hamster, les zones d'habitat connues ont été écartées des sites de travaux. De plus, il sera procédé à une étude faunistique par un bureau d'études spécialisés et agréés de façon à recenser la présence de terriers.

7.3. Air et climat

Les travaux de forage et de complétion ne dégagent d'autre odeur que celle des moteurs diesel éventuellement utilisés pour entraîner les pompes, les treuils et la table de rotation, lorsque la connexion au réseau électrique n'est pas réalisable pour cette phase chantier.

8. ETUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN

8.1. Bruit

8.1.1. 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.

8.1.2. Identification des incidences

D'une manière générale, l'impact des bruits générés par le chantier 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 22, ci-dessous, résume les mesures de bruit d'ambiance effectuées sur différents sites d'une manière générale dans leur état initial.

Tableau 22: Mesures de bruit d'ambiance effectuées sur différents sites

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

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 de durée limitée dans le temps. Les origines de ces bruits 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.

8.1.3. Mesures pouvant être prises pour limiter ces incidences

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 différentes activités de forage (Tableau 23).

Tableau 23: niveaux de bruits typiques générés par différentes activités de forage

Niveaux de bruit maximum (bruit perturbateur) par type de travaux en dB(A)					Bruit de fond
Activité	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

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

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

- implantation du site en zone rurale, à l'écart et à au moins 300 m des habitations,
- 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,
- aménagement de la plate-forme en fonction de la localisation,
- les sites retenus seront à l'écart des habitations,
- insonorisation des unités de cimentation.

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

- déménagement 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.

8.1.4. Estimation des niveaux sonores pendant les opérations

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, nous pouvons estimer les valeurs suivantes* pour les opérations de forage sur l'ensemble des sites prévus :

Tableau 24: Estimation des niveaux sonores pendant les opérations

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.

Pour chaque site, une étude détaillée sera réalisée et présentée dans le cadre de la demande de travaux.

8.2. Circulation et flux de matières

8.2.1. Traitement et mode de rejet des déchets

Les travaux de forage, de complétion et de construction d'installations entraînent 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 réparti comme suit :

- plastiques, cartons, palettes,
- éléments acier (tubes, bidons, pièces mécaniques),
- déchets dits "ménagers".

La valorisation se fait 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 est périodiquement enlevée et son contenu déversé dans une décharge agréée, conformément à la loi du 15 juillet 1975.

8.2.2. 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 (décharge 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.

8.2.3. 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.

8.2.4. Traitement des fosses septiques

Les fosses des toilettes et des eaux usées seront vidangées périodiquement par des entreprises spécialisées. Utilisation de sanitaire de chantier, mobile et en location.

8.3. Emploi

8.3.1. Agriculture

La ou les implantations de forage pourront se trouver sur des parcelles agricoles, L'opération de forage aura une durée prévisionnelle de 3 à 12 mois par forage, avec la phase de test. L'impact au sol est contenu dans un périmètre de 4 à 6 000 m².

Par conséquent, l'impact sera limité. En cas de forage négatif, le site sera remis en état pour redevenir exploitable.

9. ETUDES DES IMPACTS SUR LES AUTRES USAGES

9.1. Protection incendie

Dans le cadre des travaux de forage, il sera prévu un stockage de 40 m³ d'eau sur site pour servir de réserve incendie en plus du matériel de lutte contre incendie sur appareil de forage.

En phase d'exploitation, la centrale de conversion d'énergie géothermique/électrique de type ORC (Organic Rankine Cycle) qui sera installée fonctionnera de préférence avec des fluides frigorigènes non inflammable (exemple du R1233Z). Dans certain cas, l'utilisation de l'isobutane comme fluide de travail au niveau de son cycle thermodynamique est nécessaire. L'utilisation de ce fluide organique est alors soumise à la réglementation des zones ATEX (ATmosphère EXplosive). En effet, une fuite accidentelle de ce gaz inflammable dans l'atmosphère est susceptible de développer un risque de type explosif. Tous ces éléments seront bien évidemment pris en considération lors de la conception de la centrale ORC, notamment dans l'étude de dangers et grandement minimisés du fait du choix d'une installation "outdoor" (milieu ouvert, non confiné) et de la mise en place d'une zone ATEX autour des éléments à risque (turbine, aérocondenseur). De plus, la réglementation des équipements dans cette zone impose l'utilisation de matériels spécifiques afin d'écarter tout risque d'étincelle et nécessite un balisage spécifique au sol.

9.2. Microsismicité induite

Dans le cadre du retour d'expérience issu du site de Vendenheim, la microsismicité induite est inhérente aux phases d'injection notamment les phases de stimulation, qui ont pour objectif de développer le réservoir. Lorsque ces opérations de développement sont nécessaires, l'eau utilisée sera au maximum recyclée ou prélevée dans un puits dédié ou dans une nappe salifère non potable.

Les événements microsismiques sont également susceptibles de survenir pendant toute la durée de l'exploitation.

Les conditions de stimulation et d'exploitation doivent être adaptées pour réduire l'aléa de sismicité induite et ainsi promouvoir sereinement la technologie de la géothermie profonde au titre d'une énergie verte tout en minimisant l'impact sur les populations locales.

L'aléa de sismicité induite doit absolument être évalué à différentes étapes du projet afin d'être mieux appréhendé et réduit. Cette évaluation repose sur la compilation des données géosciences existantes et/ou acquises au cours du projet :

1. Premier calage du réservoir : à partir des données géophysiques (sismique active 2D, VSP, etc.), sismologiques (mécanismes au foyer) et des données de forage.
2. Etudes exploratoires renforcées : via des technologies nouvelles de géophysique ou de mesures dans les zones d'intérêt à l'intérieur des puits.
3. Mise à jour de la structure du réservoir : actualisation des modèles géologique, hydrogéologique et géomécanique et détermination plus précisément encore de l'aléa de sismicité induite via l'étude de stabilité des failles avec ses réseaux secondaires.
4. Transcription dans l'étude de danger et l'étude d'impact du risque sismique de ressenti en surface.

5. Installation des réseaux de surveillance : réseau permanent et complémentaire, intégrant des stations en surface et en profondeur, de façon à analyser les événements microsismiques en continu et en temps réel.
6. Mise en place des systèmes de prévention :
 - système d'alerte : utilisation d'un Traffic Light System (TLS) mixte à seuils en magnitude et PGV ainsi que des critères complémentaires.
 - outils scientifiques prévisionnels : comme par exemple la loi de McGarr ou l'« advanced » TLS, qui doivent cependant être ajustés au cas par cas, pour mieux appréhender l'aléa sismique pendant la conduite des tests.
 - Réseau parallèle de mesure du risque sur l'habitat (type SUV).

9.3. La radioactivité naturelle

Le granite profond est une roche cristalline naturellement radioactive. La saumure qui circule dans les fractures du granite sera pompée pendant l'exploitation géothermique. Elle sera donc à même de ramener vers la surface des particules rocheuses granitiques radioactives en suspension qui peuvent se piéger dans les filtres en surface. Ceux-ci, qui peuvent éventuellement concentrer ces particules, feront l'objet d'une attention particulière.

De plus, le fluide géothermal riche en éléments minéraux en remontant en surface peut également faire l'objet de dépôts minéraux qui piègent les radioéléments. Des campagnes de mesures des installations géothermiques seront régulièrement conduites pour évaluer les risques radiologiques encourus. Ce travail sera réalisé en collaboration étroite avec les organismes spécialisés dans le traitement de ce type de déchets sous le contrôle de l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire) en vue de garantir la sécurité des intervenants sur le site.

Dans le cadre du retour d'expérience issu du site de Vendenheim, les valeurs mesurées sont faibles et en-dessous des seuils limites.

10. ETUDES DES RISQUES VIS-A-VIS DE LA SANTE HUMAINE

10.1. Hygiène, sécurité, salubrité publique

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 plateforme 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-12 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 Fonroche Géothermie. Dans ce but, un document unique pour la maintenance et les interventions sur les forages sera élaboré.

Les principaux risques identifiés sont :

- ↳ Présence de gaz dans les regards des forages : le personnel sera équipé de détecteur 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,
- ↳ 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 des règles strictes en matière de sécurité conformément aux procédures de FONROCHE Géothermie

Il sera élaboré un document unique pour la maintenance et les interventions sur les forages.

10.2. Circulation et flux de matières

10.2.1. 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.

10.2.2. 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. Des tests de lixiviation des boues solidifiées seront réalisés par un organisme agréé afin d'assurer que le traitement respecte les normes en vigueur.

10.2.3. 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.

10.2.4. 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.

10.3. 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 m².

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 Fonroche 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 plateforme sera également indemnisé en accord avec les barèmes en vigueur.

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

10.3.1. Convention d'occupation des plates-formes de forage

Cette convention d'occupation temporaire de longue durée 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.

10.3.2. Convention de servitude pour les réseaux

Cette convention de longue durée 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.

11. ABANDON DU OU DES FORAGES

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.

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 m³ 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.

Partie 3 : Etude des incidences sur la ressource en eau

12. INCIDENCES SUR LES EAUX SUPERFICIELLES

12.1. 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.

12.2. 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 ou jusqu'au mur de l'aquifère rhénan selon le cas, 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 des additifs adaptés à la géologie rencontrée.
- Les déblais seront acheminés vers une benne étanche au départ du tamis vibrant et d'une centrifugeuse à l'aide d'une bande transporteuse ou d'une pelle à godet preneur, 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 plateforme 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

13. INCIDENCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

13.1. Identification des risques éventuels :

Identification des niveaux aquifères et des risques éventuels :

Le seul aquifère d'extension régionale est constitué par la nappe alluviale du Rhin, celui-ci est capté notamment pour l'alimentation en eau potable.

Les incidences que les opérations de forage peuvent avoir sur cet aquifère sont les suivants :

- contamination de l'aquifère par pertes de boue de forage,
- mise en communication de l'aquifère avec la surface,
- mise en communication de cet aquifère avec l'intérieur du puits par percement des cuvelages.

Les incidences que les opérations de complétion peuvent avoir sur les aquifères sont une mise en communication des zones aquifères avec l'intérieur du puits par percement des cuvelages.

13.2. Mesures prises pour la protection des eaux souterraines :

En premier lieu, on soulignera qu'aucuns travaux ne seront effectués 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 ou prélevée dans un puits dédié ou dans une nappe salifère non potable.

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.

14. INCIDENCES SUR LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux 2022-2027 adopté le 18 Mars 2022 comprend plusieurs points auxquels nous allons confronter le projet étudié ici :

Tableau 25: Confrontation du projet aux Directives cadre sur l'eau

Directives	Réponse du projet
Prévenir la dégradation des milieux aquatiques, préserver ou améliorer leur état	Le projet ne porte pas atteinte aux milieux aquatiques
Promouvoir une utilisation durable de l'eau fondée sur la protection à long terme des ressources en eau disponibles	Le projet proposé n'altérera en aucune manière la qualité des eaux de surface (aucune communication entre les réservoirs profonds et ceux superficiels)
Supprimer ou réduire les rejets de substances toxiques dans les eaux de surface	Le projet proposé ici n'est pas source de substances dangereuses
Réduire la pollution des eaux souterraines	Le projet proposé ici n'est pas source de pollution diffuse et ne portera pas atteinte à l'équilibre de la masse d'eau souterraine
Contribuer à atténuer les effets des inondations et des sécheresses	Le projet ne porte pas atteinte au risque d'inondation et de sécheresse

Toutes les mesures seront prises pour ne pas polluer la nappe.

Dans le cas où une anomalie viendrait à être mise en évidence, des investigations complémentaires seraient entreprises (campagne d'analyse d'eau, inspection des forages par et diagraphies spécialisées, vérification de l'intégrité du réseau, ...).