



Etablissement Public d'Aménagement Paris - Saclay

6 Boulevard Dubreuil
91 400 ORSAY

**Demande d'autorisation de recherche d'un gite géothermique et
d'ouverture de travaux de forage à l'Albien sur la ZAC du quartier du
Moulon**

Février 2016

Version n°1	Date : 19/02/2016
Maîtrise d'ouvrage : EPA Paris-Saclay	J.SORREAU A.DEMOLLIENS
Maîtrise d'œuvre : IDEX / EGIS	P-A.PICARD
Rédacteur : GEOETHER	M.PRIGENT



SOMMAIRE

	Pages
1.....RESUME NON TECHNIQUE	12
2.....INTRODUCTION AU PROJET.....	16
2.1 ....LE PROJET D’AMENAGEMENT DE PARIS SACLAY	16
2.1.1 L’Etablissement Public d’Aménagement Paris-Saclay.....	16
2.1.2 Les ZAC du Sud Plateau	16
2.1.3 La ZAC du quartier du Moulon.....	18
2.1.4 Stratégie énergétique du projet d’aménagement - Une mise en œuvre de la transition énergétique	18
2.1.5 Le réseau de chaleur et de froid de Paris Saclay	19
2.2 ....LE RECOURS A LA NAPPE DE L’ALBIEN : UN CHOIX ADAPTE AUX ENJEUX DU TERRITOIRE	20
3.....RENSEIGNEMENTS GENERAUX	21
3.1 ....RENSEIGNEMENTS SUR LE DEMANDEUR	21
3.1.1 L’EPA Paris-Saclay, exploitant du réseau de chaleur	21
3.1.2 Marché CREM.....	21
3.1.3 Acteurs et rôles du projet.....	22
3.1.3.1 TILIA / ALTO INGENIERIE	22
3.1.3.2 GEOTHER	22
3.1.3.3 IDEX Energies / EGIS	22
3.1.3.4 GEOFLUID	23
3.2 ....CAPACITES FINANCIERES DU DEMANDEUR	23
3.3 ....FONCTIONNEMENT GLOBAL DU RESEAU DE CHALEUR ET DE FROID	23
3.4 ....BUDGET DE L’OPERATION RESEAU DE CHALEUR	25
3.4.1 Budget d’investissements	25
3.4.1.1 Montant global des investissements	25
3.4.1.2 Focus sur les investissements associés à la production géothermale	26
3.4.2 Budget prévisionnel d’exploitation	28
3.4.2.1 Budget prévisionnel d’exploitation du réseau de chaleur	28
3.4.2.1 Budget prévisionnel d’exploitation spécifique à la boucle géothermale	28
3.5 ....BILAN ENERGETIQUE ET PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE A HORIZON 2021	28
3.6 ....CONTEXTE REGLEMENTAIRE DU PROJET.....	29
3.6.1 Autorisation au titre de la loi sur l’eau – Article L214 du code de l’environnement.....	30
3.6.2 Permis de recherche minier et d’exploitation	31
3.6.3 Demande d’ouverture de travaux miniers	32
4.....DEMANDE D’AUTORISATION DE RECHERCHE D’UN GITE GEOTHERMIQUE A L’ALBIEN	33
4.1 ....LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU PROJET	33
4.2 ....JUSTIFICATION DE LA REALISATION DE FORAGES DANS LA NAPPE DE L’ALBIEN.....	35



4.2.1	Le recours à la nappe de l'Albien comme source d'énergie du futur réseau de chaleur	35
4.2.2	L'intégration d'un forage de secours dans le plan du SEDIF.....	35
4.3	....CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE.....	37
4.3.1	Contexte géologique	37
4.3.1.1	Cadre structural	37
4.3.1.2	Géologie du Tertiaire	37
4.3.1.3	Géologie de l'Albien	40
4.3.1.4	Coupe géologique prévisionnelle au droit de la ZAC du quartier du Moulon	40
4.3.1.5	Contexte hydrogéologique	44
4.3.1.6	Ecoulement et pression hydrostatique de l'Albien	44
4.3.1.7	Paramètres hydrodynamiques de l'Albien et débit exploitable	47
4.3.1.8	Température	50
4.3.2	Caractéristiques physico-chimique du fluide	50
4.3.3	Historique de l'exploitation de l'Albien	51
4.4	....ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE SECOURS.....	52
4.4.1	Stratégie adoptée par le SEDIF pour son plan d'ultime secours	53
4.4.1.1	Ressource en eau	53
4.4.1.2	Transport	54
4.4.2	Intérêt des forages du plateau de Saclay dans la réalisation du plan d'ultime secours.	56
4.4.2.1	Plan d'ultime secours dans le secteur sud	56
4.4.2.2	Utilisation des forages du plateau de Saclay pour l'ultime secours.	56
4.4.3	Principe de raccordement au réseau	58
4.5	....OUVRAGES DE SURFACE : LE RESEAU DE CHALEUR ET DE FROID DE PARIS SACLAY ..	59
4.5.1	Introduction	59
4.5.2	Les besoins énergétiques de la ZAC.....	59
4.5.3	Solution technique pour assurer les besoins de la ZAC	62
4.5.4	Fonctionnement de l'installation	64
4.5.4.1	Fonctionnement installation centralisée	64
4.5.4.2	Fonctionnement des sous-stations d'ilot (SSTI)	65
4.5.4.3	Fonctionnement des sous-stations de parcelle (SSTP)	65
4.6	....DESCRIPTION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE	66
4.6.1	Définition de la production géothermale	66
4.6.2	Description des forages	67
4.6.3	Description des locaux enterrés.....	67
4.6.4	Description de la pompe immergée et des colonnes.....	69
4.6.5	Description de la gestion du réseau géothermal	72
4.6.6	Description de l'échangeur.....	75
4.6.7	Description du réseau	75
4.6.8	Description de la filtration.....	76
4.6.9	Implantation des forages.....	76
4.6.9.1	Forage de production	76
4.6.9.2	Forage d'injection	78
4.6.10	Implantation de la centrale	80
4.7	....DESCRIPTION DES LIMITES DES PERIMETRES SOLLICITES	80
4.7.1	Description de l'autorisation de recherche demandée et de sa durée	80
4.7.2	Description du permis d'exploitation envisagé et de sa durée	81
4.8	....MODELISATION HYDROTHERMIQUE - CONSTRUCTION DU MODELE	84



4.8.1	Méthodologie de simulation	84
4.8.2	Domaine simulé	84
4.8.3	Paramètres hydrothermiques du réservoir et condition aux limites	87
4.9	....MODELISATION HYDROTHERMIQUE - RESULTATS DES SIMULATIONS – CUMUL DES INCIDENCES	88
4.9.1	Simulation à débit variable	88
4.9.2	Simulation à débit maximal constant sur l’année	90
4.9.2.1	Impacts mutuels des doublets	90
4.9.3	Simulation avec les deux doublets produisant à 200m ³ /h constamment sur l’année	93
4.10	..SUIVI ET ENTRETIEN DES FORAGES ET DE LA BOUCLE GEOTHERMALE	94
4.10.1	Suivi de l’exploitation	94
4.10.1.1	Suivis périodiques	94
4.10.1.2	Inspections périodiques	96
4.10.2	Entretien des forages	96
4.11	..CONDITIONS D’ARRET DE L’EXPLOITATION DU DOUBLET	96
4.11.1	Procédure d’abandon	96
4.11.2	Coût des travaux d’abandon	97
5	....DEMANDE D’AUTORISATION D’OUVERTURE DE TRAVAUX A L’ALBIEN ..	98
5.1	....IMPLANTATION DES FORAGES	98
5.2	....ORGANISATION DU CHANTIER	99
5.3	....PHASES DE PREPARATION DU CHANTIER.....	99
5.3.1	Choix du matériel	99
5.3.2	Préparation de la plateforme.....	99
5.4	....FORAGE DES PUIITS - MACHINES DE FORAGES UTILISEES	100
5.4.1	Phase avant puits	100
5.4.2	Phase forage rotary	101
5.5	....COUPE TECHNIQUE PREVISIONNELLE	102
5.5.1	Résumé des travaux	102
5.5.2	Programme de forage / complétion / essais	104
5.6	....PROGRAMME DE DIAGRAPHIES DIFFEREES.....	108
5.7	....ESSAI DE PRODUCTION	108
5.8	....REMISE EN ETAT DU SITE.....	108
5.9	....DUREE ET ECHELONNEMENT DES TRAVAUX	108
6	....ETUDE D’IMPACT SUR L’ENVIRONNEMENT	110
6.1	....PRESENTATION DU PROJET	110
6.1.1	Justification du projet	110
6.1.2	Contexte géographique et administratif.....	110
6.1.2.1	<i>Le territoire de PARIS – SACLAY</i>	110
6.1.2.2	<i>Paysage naturel et urbain</i>	111
6.1.2.3	<i>Paysage naturel et urbain</i>	111
6.1.3	Contexte climatologique.....	112
6.1.3.1	<i>Températures</i>	112
6.1.3.2	<i>Précipitations</i>	112



6.1.3.3	<i>Ensoleillement</i>	113
6.1.3.4	<i>Vent</i>	115
6.1.4	<i>Plan local d'urbanisme et servitudes</i>	116
6.1.4.1	<i>Plan Local d'Urbanisme de Gif-sur-Yvette</i>	118
6.1.4.2	<i>Plan Local d'Urbanisme d'Orsay</i>	120
6.1.4.3	<i>Servitudes au droit du site</i>	120
6.2	....ETAT INITIAL DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT	122
6.2.1	<i>Localisation et description des sites</i>	122
6.2.1.1	<i>Forage de production</i>	122
6.2.1.2	<i>Forage d'injection</i>	123
6.2.2	<i>Habitations et installations situées à proximité des sites</i>	125
6.2.2.1	<i>Site du forage de production</i>	125
6.2.2.2	<i>Site du forage d'injection</i>	126
6.2.2.3	<i>Proximité des ICPE</i>	127
6.2.3	<i>Accessibilité des sites de forages</i>	129
6.2.3.1	<i>Site du forage de production</i>	129
6.2.3.2	<i>Site du forage de d'injection</i>	129
6.2.4	<i>Richesses naturelles</i>	130
6.2.4.1	<i>Généralités</i>	130
6.2.4.2	<i>Espaces boisés classés</i>	132
6.2.4.3	<i>Sites inscrits et classés</i>	134
6.2.4.4	<i>ZNIEFF</i>	137
6.2.4.5	<i>Sites NATURA 2000</i>	139
6.2.4.6	<i>Zones humides</i>	141
6.2.4.7	<i>Faune</i>	146
6.2.4.8	<i>Flore</i>	155
6.2.4.9	<i>Synthèses des enjeux</i>	157
6.2.5	<i>Patrimoine culturel</i>	159
6.2.6	<i>Qualité du sol</i>	159
6.2.6.1	<i>Géotechnique</i>	159
6.2.6.2	<i>Pollution</i>	162
6.2.7	<i>Qualité de l'air</i>	165
6.2.8	<i>Qualité de la ressource en eau</i>	169
6.2.8.1	<i>Les eaux superficielles</i>	169
6.2.8.2	<i>Les eaux souterraines</i>	171
6.2.9	<i>Bruit et vibration</i>	177
6.2.9.1	<i>Les textes réglementaires</i>	177
6.2.9.2	<i>Environnement sonore de la ZAC</i>	178
6.2.10	<i>Réseaux existants</i>	181
6.3	....DESCRIPTION DES IMPACTS ET MESURES ENVISAGEES POUR COMPENSER CES IMPACTS	184
6.3.1	<i>Impacts sur le contexte socio-économique</i>	184
6.3.1.1	<i>En phase de travaux</i>	184
6.3.1.2	<i>En phase d'exploitation</i>	184
6.3.2	<i>Impacts sur les personnes</i>	184
6.3.2.1	<i>En phase de travaux</i>	184
6.3.2.2	<i>En phase d'exploitation</i>	185
6.3.3	<i>Impacts sur la circulation</i>	185
6.3.3.1	<i>En phase de travaux</i>	185
6.3.3.2	<i>En phase d'exploitation</i>	187
6.3.4	<i>Impacts sur la faune et la flore</i>	188
6.3.4.1	<i>En phase de travaux</i>	188



6.3.4.2	En phase d'exploitation	189
6.3.5	Impacts sur le sol	189
6.3.5.1	En phase de travaux	189
6.3.5.2	En phase d'exploitation	189
6.3.6	Impacts sur la ressource en eau	189
6.3.6.1	En phase de travaux	189
6.3.6.2	En phase d'exploitation	193
6.3.6.3	SAGE concernés	198
6.3.7	Impacts visuels	205
6.3.7.1	En phase de travaux	205
6.3.7.2	En phase d'exploitation	205
6.3.8	Impacts sur la qualité de l'air	205
6.3.8.1	En phase de travaux	206
6.3.8.2	En phase d'exploitation	206
6.3.9	Impacts liés au bruit.....	206
6.3.9.1	En phase de travaux	206
6.3.9.2	En phase d'exploitation	208
6.3.10	Impacts sur la protection du patrimoine culturel	209
6.3.10.1	En phase de travaux	209
6.3.10.2	En phase d'exploitation	209
6.3.11	Impacts sur l'hygiène, la salubrité et la sécurité publique.....	209
6.3.11.1	En phase de travaux	209
6.3.11.2	En phase d'exploitation	210
6.4	....REPRISE DES PRESCRIPTIONS DE L'ANSES	211
6.5	....CHIFFRAGE PREVISIONNEL DES MESURES ENVIRONNEMENTALES.....	215
7	....DOCUMENT DE SECURITE ET DE SANTE.....	219
7.1	....DOCUMENT DE SECURITE ET DE SANTE PENDANT LES TRAVAUX	219
7.1.1	Protection du personnel de chantier.....	219
7.1.1.1	Information du personnel	219
7.1.1.2	Dispositions en cas d'accident corporel grave	220
7.1.1.3	Protection contre l'explosion	220
7.1.1.4	Protection contre l'incendie	220
7.1.1.5	Protection contre le bruit	221
7.1.1.6	Protection contre la chute d'objet	221
7.1.1.7	Protection contre la chute de hauteur	221
7.1.1.8	Protection contre les collisions	222
7.1.1.9	Protection contre l'électrocution	222
7.1.1.10	Encadrement des visiteurs	222
7.1.2	Sécurité des riverains	222
7.1.2.1	Circulation sur la voie publique et balisage	222
7.1.2.2	Bruits liés aux travaux de forage	223
7.1.3	Risque de chute du mât de forage.....	223
7.2	....DOCUMENT DE SECURITE PENDANT L'EXPLOITATION DU DOUBLET.....	223
7.2.1	Procédure de mise en sécurité en cas de fuite sur la boucle géothermale	224
7.2.2	Percement d'un tubage d'un forage en cours d'exploitation.....	224



FIGURES

Figure 1. Périmètre des ZAC du Sud Plateau.....	17
Figure 2. Répartition des programmes sur la ZAC du Moulon.....	18
Figure 3. Phase d'exploitation du réseau de chaleur.....	21
Figure 4. Principe de fonctionnement du réseau de chaleur.....	24
Figure 5 : Principe général du réseau de chaleur – ZAC du quartier du Moulon.....	25
Figure 6. Localisation des communes de Gif-sur-Yvette et d'Orsay.....	33
Figure 7. Localisation du site de travaux.....	34
Figure 8. Plan du bassin Sud du réseau d'ultime secours SEDIF.....	36
Figure 9. Carte structurale simplifiée du bassin de Paris.....	37
Figure 10. Carte géologique au droit de la zone d'étude.....	39
Figure 11. Carte des isohypses du toit des sables de l'Albien.....	42
Figure 12. Carte des isohypses du mur des sables de l'Albien.....	43
Figure 13. Carte piézométrique de la nappe de l'Albien.....	46
Figure 14. Répartition des transmissivités (rapport BGRM IDF R39702).....	48
Figure 15. Répartition des transmissivités (rapport Hydroexpert).....	49
Figure 16. Localisation des forages à l'Albien voisins.....	52
Figure 17 : Ossatures principales et secondaires du réseau SEDIF.....	55
Figure 18 : Plan d'ultime secours du SEDIF pour le secteur Sud.....	57
Figure 19. Principe de raccordement réseau géothermal / réseau SEDIF.....	58
Figure 20. Implantation du raccordement en ultime secours SEDIF.....	59
Figure 21 : Mix énergétique prévisionnel ZAC du quartier du Moulon chaud 2021.....	60
Figure 22 : Mix énergétique prévisionnel ZAC du quartier du Moulon froid 2021.....	61
Figure 23. Principe général de fonctionnement du réseau de chaleur.....	62
Figure 24. Plan du réseau de chaleur de la ZAC du Moulon.....	63
Figure 25 : Schéma de fonctionnement de la boucle géothermale.....	66
Figure 26 Plan de cave – vue en coupe.....	67
Figure 27. Plan de cave – Coupe en travers.....	68
Figure 28. Raccords colonne de refoulement.....	71
Figure 29 : Coupe schématique d'un forage producteur.....	72
Figure 30 : Réseau géothermal – schéma de principe.....	74
Figure 31. Réseau géothermal – tuyau pré-isolé.....	75
Figure 32. Localisation du forage de production.....	76
Figure 33. Plans cadastraux du site du forage de production.....	77
Figure 34. Localisation du forage d'injection.....	78
Figure 35. Plan cadastral du site du forage d'injection.....	79
Figure 36. Positions de la centrale thermique de la ZAC du Moulon.....	80
Figure 37. Représentation schématique d'un périmètre d'exploitation d'un doublet.....	82
Figure 38. Emprises des périmètres de recherche et d'exploitation envisagés.....	83
Figure 39 : Logigramme de simulation de réservoir.....	86
Figure 40 : Domaine simulé.....	87
Figure 41 : Coupe du modèle réservoir (couche réservoir en rouge et épontes imperméables en bleu).....	87
Figure 42 : Bulles froides simulées après 30 ans d'exploitation à débit variable.....	89
Figure 43 : Evolution de la température de production simulée au cours du temps pour un débit variable.....	89



Figure 44 : Rabattements simulés en bars autour des puits.....	90
Figure 45 : Impacts thermiques simulés de la réinjection de la ZAC du quartier du Moulon après 30 ans d’exploitation (températures en °C)	91
Figure 46 : Rabattements simulés (bars) après 30 ans d’exploitation de la ZAC du quartier du Moulon	91
Figure 47 : Impacts thermiques simulés de la réinjection de la ZAC du quartier de l’Ecole polytechnique après 30 ans d’exploitation	92
Figure 48 : Rabattement (bars) - Impact des rabattements après une exploitation de 30 ans de la ZAC du quartier de l’Ecole polytechnique.....	92
Figure 49 : Bulle froide (°C) - Impact des températures après une exploitation de 30 ans	93
Figure 50 : Rabattement (bars) - Impact des rabattements après une exploitation de 30 ans ..	94
Figure 51 : Installation du chantier de forage sur les sites	98
Figure 52. Grue de forage type BENOTO	100
Figure 53. Benne de havage	101
Figure 54. Rig de forage au rotary	102
Figure 55. Tricônes à molettes	102
Figure 56 : Colonne filtrante Munipak Johnson Skeleton.....	106
Figure 57 : Architecture des puits	107
Figure 58. Avancement prévisionnel des travaux	109
Figure 59 : Communes et intercommunalités de périmètre de l’EPA Paris-Saclay.....	111
Figure 60 : Température sur le plateau entre 1971 et 2000.....	112
Figure 61 : Normales mensuelles à Toussus-le-Noble, Orly et Paris entre 1971 et 2000.....	112
Figure 62 : Précipitations moyennes mensuelles entre 1971 et 2000 à Toussus-le-Noble, Paris et Orly.....	113
Figure 63 : Ensoleillement moyen en France (en kWh/m ²)	114
Figure 64 : Ensoleillement moyen entre 1991 et 2000 à Trappes et Paris	114
Figure 65 : Roses des vents saisonnières entre 1974 et 2000, station météorologique de Trappes.....	115
Figure 66 : Zonage des PLU en vigueur	117
Figure 67 : Localisation du périmètre de la révision simplifiée de 2013 sur le PLU de Gif-sur-Yvette de 2007	119
Figure 68 : Carte des servitudes	121
Figure 69 : Localisation du site du forage de production.....	122
Figure 70: Photos du site du forage de production.....	123
Figure 71 : Localisation du site du forage d’injection	124
Figure 72 : Photos du site du forage d’injection	125
Figure 73 : Localisation des habitations et des installations proches du site du forage de production.....	126
Figure 74 : Localisation des habitations et des installations proches du site du forage d’injection.....	127
Figure 75 : Localisation des ICPE de la ZAC du quartier du Moulon.....	128
Figure 76 : Accès au site du forage de production par le chemin du Moulon	129
Figure 77 : Accès au site du forage d’injection par rond-point à l’entrée de la ZAC du quartier du Moulon	129
Figure 78 : Protections et inventaires du milieu naturel.....	131
Figure 79 : Localisation des espaces boisés classés	133
Figure 80 : Site pittoresque du domaine classé de Launay (en bleu).....	135
Figure 81 : Localisation du site inscrit de la vallée de Chevreuse	136
Figure 82 : ZNIEFF de la vallée de l’Yvette Aval	138
Figure 83 : Carte de situation des zones NATURA 2000	140



Figure 84 : Zones humides de la ZAC du quartier du Moulon	141
Figure 85 : Localisation des zones humides.....	142
Figure 86 : Photo de la zone humide 48.....	145
Figure 87 : Photo de la zone humide 48bis	145
Figure 88 : Carte des enjeux pour les amphibiens	148
Figure 89 : Carte des enjeux pour les oiseaux.....	150
Figure 90 : Carte des enjeux pour la mésofaune et la macrofaune	152
Figure 91 : Carte des enjeux pour les chiroptères	154
Figure 92 : Carte d'intérêt phytoécologique	156
Figure 93 : Carte de synthèse des enjeux	158
Figure 94 : Aléas retrait gonflement des argiles	161
Figure 95 : Sources potentielles de pollution.....	163
Figure 96 : Concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote.....	166
Figure 97 : Concentration moyenne annuelle en PM2,5.....	166
Figure 98 : Concentration moyenne annuelle en PM10.....	167
Figure 99 : Emissions globales calculées sur la bande d'étude.....	168
Figure 100 : Fonctionnement des écoulements de surface.....	170
Figure 101 : Piézométrie de la nappe du Fontainebleau	173
Figure 102: Localisation des forages d'eau dans un rayon de 2 km autour du site	175
Figure 103 : Niveaux sonores diurnes.....	179
Figure 104 : Niveaux sonores nocturnes	180
Figure 105 : Réseaux existants à proximité du forage de production	182
Figure 106. Réseaux existants à proximité du forage de production	183
Figure 107 : Circulation des camions pendant la phase chantier	186
Figure 108 : Organisation du chantier vis-à-vis des boues et des eaux géothermales et de ruissellement.....	191
Figure 109 : Contours et prescriptions du SDAGE AESN relatifs à la nappe de l'Albien/Néocomien.....	197
Figure 110 : SAGE concernés par le projet.....	199



TABLEAUX

Tableau 1 : Financement du projet	23
Tableau 2 : Coût global d'investissement du réseau de chaleur	26
Tableau 3 : Coûts d'investissements spécifiques aux forages.....	26
Tableau 4 : Coûts d'investissements de la chaufferie centrale d'appoint/secours	27
Tableau 5 : Budget prévisionnel d'exploitation	28
Tableau 6 : Postes P2 et P3 spécifiques à la boucle géothermale	28
Tableau 7 : Bilan énergétique et performance du réseau	29
Tableau 8 : Coupes géologiques retenues au droit de la ZAC du quartier du Moulon	41
Tableau 9 : Composition chimique de l'eau de l'Albien prélevée au forage d'Orsay	50
Tableau 10 : Besoins en puissance	60
Tableau 11 : Répartition de la production de chaud.....	60
Tableau 12 : Répartition de la production de froid	61
Tableau 13 : Caractéristiques de la pompe de production de la ZAC du quartier du Moulon.	69
Tableau 14 : Sélection de la pompe exhaure.....	70
Tableau 15 : Coordonnées du périmètre de recherche des forages	81
Tableau 16 : Débits et delta de température envisagés	81
Tableau 17 : Coordonnées des têtes de puits et des impacts (Lambert II étendu)	82
Tableau 18 : Paramètres de réservoir utilisés pour la simulation.....	88
Tableau 19 : Débits d'exploitation rentrés dans le modèle	88
Tableau 20 : Paramètres et fréquences des analyses d'eau	95
Tableau 21 : Programme de forage et de complétion.....	104
Tableau 22 : Programme forage / boue / diagraphies / cimentation.....	105
Tableau 23 : Caractéristique de la crépine pré-packée.....	106
Tableau 24 : Inventaire des forages d'eau dans un rayon de 2 km	176
Tableau 25 : Niveaux sonores à prendre en compte pour la construction des bâtiments inclus dans les secteurs affectés par le bruit	178
Tableau 26 : Estimation du nombre de camions desservant le site selon les périodes de travaux	187
Tableau 27 : Impact des travaux de forage	188
Tableau 28 : Enjeux du SAGE Orge / Yvette	201
Tableau 29 : Paramètres et fréquences des analyses d'eau	204



ANNEXES

- Annexe 1 : Rapport d'activité EPA Paris-Saclay
- Annexe 2 : Présentation Générale d'IDEX
- Annexe 3 : Présentation direction générale
- Annexe 4 : Présentation Géofluid
- Annexe 5 : Délibération du SEDIF



1 RESUMÉ NON TECHNIQUE

La ZAC du quartier du Moulon s'étend sur plus de 250 hectares sur lesquels 870 000 mètres carrés seront aménagés. Les besoins énergétiques de cette programmation immobilière sont estimés à 37 GWh/an.

Face aux enjeux du changement climatique, dans un contexte où la sobriété énergétique est recherchée, l'Etablissement Public d'Aménagement Paris-Saclay (EPA Paris-Saclay), aménageur de la ZAC, a décidé la réalisation d'un réseau de chaleur et de froid alimenté par un doublet de forages géothermiques sur la nappe de l'Albien. La production de chaleur sera assurée à environ 60% par cette énergie renouvelable.

En accord avec les dispositions 42 et 114 du SDAGE du bassin Seine Normandie, le Syndicat des Eaux d'Ile de France (SEDIF) a identifié un potentiel d'approvisionnement en eau d'ultime secours dans le secteur de la ZAC du quartier du Moulon. Ainsi, le SEDIF s'est associé à l'EPA Paris-Saclay afin de pouvoir disposer, en cas de crise majeure, de la production d'un des forages du doublet pour alimenter son réseau d'eau potable.

Le présent document constitue le dossier technique relatif à la demande d'autorisation de recherche d'un gîte géothermique et à la demande d'autorisation d'ouverture de travaux de forage conformément aux exigences du Code minier et de ses décrets d'application qui considèrent un gîte géothermique comme une mine.

Le principe des forages géothermiques repose sur la création d'un doublet de forages verticaux réalisés depuis deux plateformes distinctes. L'un des forages est utilisé pour la production de l'eau géothermale (au sud) et l'autre (au nord) pour sa réinjection après passage dans les échangeurs thermiques. Ce positionnement et la distance entre les forages d'environ 1200 m assurent la pérennité thermique de l'installation. En surface, la liaison entre les deux forages et la centrale thermique, dans laquelle aura lieu l'échangeur de chaleur, est assurée par un réseau primaire calorifugé.

Au droit du projet, la nappe des sables de l'Albien sera exploitée à une profondeur de l'ordre d'environ 720 m. L'eau géothermale sera exploitée à un débit de pointe de 200 m³/h à une température au réservoir d'environ 31°C par pompage dans le puits de production et traversera le réseau primaire jusqu'à l'échangeur de chaleur, avant d'être réinjectée dans le puits d'injection à une température voisine de 10°C. Ainsi, la puissance calorifique maximum soutirée à la nappe de l'Albien sera de 4,9 MW. La pompe immergée sera installée à environ 180 m de profondeur pour obtenir les débits nécessaires à l'alimentation du réseau. Le réseau primaire dans lequel circulera l'eau de l'Albien sera maintenu sous pression et l'eau de la nappe ne subira aucune modification chimique.

Les travaux commenceront par l'aménagement du site de forage. Les travaux de terrassement (nivellement et creusement) nécessaires à la création des plateformes de forage impliqueront l'emploi d'engins conventionnels de travaux publics. La plateforme sera ensuite aménagée par apport extérieur de matériaux propres et compactés en couches successives puis totalement imperméabilisée.



La phase de forage est une opération d'environ un mois par forage fonctionnant en trois postes de 8 heures, 7 j/7. Les travaux seront réalisés par un appareil de forage (ou derrick) de capacité adaptée à l'ouvrage à réaliser.

Ses principaux éléments incluent :

- Un mât de forage,
- Un treuil de forage et son câble pour la manutention du train de tiges et des cuvelages,
- Une table de rotation pour entraîner les tiges de forage en surface et provoquant la rotation de l'outil en fond de puits,
- Les pompes de forage pour la circulation du fluide de forage depuis la surface jusqu'au fond du puits,
- Un ensemble moteurs thermiques/génératrice fournissant l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'appareil,
- Un ensemble de bacs hors sol pour la fabrication du fluide de forage et pour séparer en surface les déblais de forage (solides) des fluides avant réinjection de ces derniers dans le puits.

Le principe de réalisation d'un forage géothermique à l'Albien est le suivant :

On installe tout d'abord le mât de forage, une tour métallique qui sert de support aux tiges de forage. Ces longues tiges métalliques, mesurant environ 9 mètres, sont solidement reliées bout à bout entre elles (train de tiges). L'outil de forage (le trépan) fixé au bout de la première tige, tourne et pénètre la roche tout en la broyant en petits morceaux (les déblais).

Pendant que l'on creuse le puits, on y fait circuler en permanence un fluide de forage ayant des propriétés de suspension des solides. C'est un élément indispensable, qui assure deux fonctions : le refroidissement de l'outil et la remontée des déblais. Il consolide également les parois du puits et équilibre la pression qui s'exerce sur les parois du puits. Ainsi, le fluide de forage contribue grandement à la réussite de l'opération. Sa composition est soigneusement élaborée par un spécialiste, ingénieur des fluides, qui contrôle constamment sa densité, sa stabilité et sa composition. Ce fluide est injecté depuis la surface dans les tiges de forage et pénètre dans le puits au fond du trou au niveau du trépan grâce à des événements aménagés sur l'outil de forage. Ce fluide remonte ensuite depuis le fond jusqu'en surface par l'espace annulaire (espace existant entre les tiges de forage et les parois du trou) en entraînant avec lui les déblais de roche broyée. En surface, ce fluide de forage passe par un circuit de traitement approprié destiné à le débarrasser des particules de roche solides avant sa réinjection dans le puits. Les déblais de forage sont temporairement stockés dans des bacs de rétention avant d'être transportés sur un site de traitement et d'élimination dûment agréé.

Pendant l'exécution du forage, pour éviter l'effondrement du trou et surtout rendre possible l'approfondissement du forage dans des conditions parfaites de sécurité, on descend régulièrement des cuvelages en acier à différentes profondeurs. Ceux-ci sont ensuite cimentés aux parois du trou afin de stabiliser celles-ci et d'isoler les unes des autres les différentes zones perméables rencontrées lors du forage. La qualité de cimentation des cuvelages en acier est obligatoirement et réglementairement contrôlée par des enregistrements successifs (appelés diagraphies) puis approuvée par la DRIEE



avant chaque phase d'approfondissement du forage. La nappe est captée à l'aide d'une crépine pré-équipée d'un système de filtration afin d'éviter l'entraînement de sable.

Il est donc primordial de mesurer l'impact environnemental des opérations prévues afin de pouvoir prendre toutes les mesures qui s'imposent.

L'étude d'impact repose sur trois volets:

- La présentation de l'état initial des sites de forage,
- L'inventaire des impacts probables générés sur les sites autant en phase de travaux qu'en phase d'exploitation,
- La description des mesures envisagées pour compenser les impacts.

Les sites choisis pour la réalisation des forages se situent au sud et au nord de la ZAC du quartier du Moulon. La superficie de chaque site de forage en phase travaux sera de 3 500 m².

L'étude d'impact montre qu'il y aura peu d'impacts notables lors de la réalisation ou de l'exploitation des forages étant donnée la situation des sites. Les principaux impacts, pour lesquels des mesures seront prises, concernent:

- La ressource en eau,
- Le sol,
- Les nuisances sonores,
- L'aspect visuel du site,
- La circulation routière.

Les nuisances sonores seront limitées par le respect des normes en vigueur et par l'exécution des phases les plus bruyantes pendant la journée. La principale gêne sonore sera liée, de jour comme de nuit, aux chocs des tiges métalliques et au bip de recul des engins de chantier. A titre de comparaison, la nuisance sonore d'un tel chantier correspond au bruit d'une salle de classe et le bruit ambiant résultant de la circulation routière à proximité des chantiers couvrira en grande partie le bruit généré par le chantier.

Ainsi des mesures seront prises pendant les travaux pour permettre de limiter les impacts et se définissent entre autres par :

- La mise en place d'une clôture de 2,50 m de haut pour limiter l'impact visuel du site et interdire l'accès au public,
- La mise en place d'une signalisation routière pour ne pas entraver la circulation routière à proximité du chantier,
- La réalisation d'une plateforme étanche aux eaux de ruissellement et de caniveaux pour collecter les eaux de pluie et l'eau géothermale vers un bac de rétention étanche avec déshuileur,
- La mise en place d'un double de tubage sur les 200 premiers mètres pour éviter toute contamination de la nappe de l'Albien par les aquifères superficiels,
- L'utilisation de ciments bien adaptés aux terrains traversés et le contrôle de la qualité de la cimentation à l'aide d'outils spécifiques,
- L'utilisation d'une boue de forage non polluante,
- La désinfection des outils de forage et de tous les organes en contact avec l'eau de l'Albien.

De plus afin d'assurer la protection de la nappe de l'Albien pendant l'exploitation du doublet de forage, les mesures suivantes seront prises :



- Les têtes de forages seront protégées par des caves enterrées dont l'accès sera réservé au personnel de maintenance et placé sous alarme anti-intrusion. Par ailleurs, de par leur conception ces caves et les équipements hydrauliques équipant la tête des forages permettront d'éviter toute infiltration d'eau superficielle dans la nappe de l'Albien,
- Le réseau primaire dans lequel circulera l'eau de l'Albien sera maintenu sous pression et soumis à détection de fuite afin d'assurer le confinement de l'eau de l'Albien pendant son transit dans le réseau de surface,
- Les installations de la boucle primaire seront soumises à une surveillance réglementaires dont les résultats seront transmis à la DRIEE (suivi régulier de la qualité de l'eau et des paramètres d'exploitation de la boucle primaire donnant lieu à un compte rendu annuel d'exploitation et des inspections périodiques plus approfondi a minima tous les 7 ans).



2 INTRODUCTION AU PROJET

2.1 Le projet d'aménagement de Paris Saclay

2.1.1 L'Etablissement Public d'Aménagement Paris-Saclay

L'Etablissement public Paris-Saclay a été créé par la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris et son organisation précisée par le décret du 3 août 2010 relatif à l'établissement public Paris Saclay. La loi du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles porte création de l'Etablissement public d'aménagement de Paris-Saclay et dissolution de l'Etablissement public de Paris-Saclay.

L'EPA Paris-Saclay a pour mission de révéler tout le potentiel du territoire et de définir une stratégie de développement cohérente. Ses attributions sont de plusieurs ordres : outre les attributions classiques de l'aménageur, l'EPA Paris-Saclay assure la maîtrise d'ouvrage ou la conduite de plusieurs opérations immobilières. Il est également doté de compétences en matière de développement économique.

Son objectif est donc la création d'un pôle scientifique et technologique sur le plateau de Saclay et de promouvoir le développement de l'enseignement, la recherche et l'innovation à travers l'aménagement de la zone qui lui est confiée.

L'EPA Paris-Saclay s'étend sur 49 communes et 2 départements (Essonne et Yvelines) Les sites stratégiques du périmètre de l'établissement ont été classés comme Opération d'Intérêt National (OIN), donnant ainsi le pouvoir à l'EPA Paris-Saclay le pouvoir de prendre des initiatives de Zone d'Aménagement concerté (ZAC).

Le territoire de l'EPA Paris-Saclay est composé de deux zones :

1. La zone d'aménagement du Sud Plateau avec les ZAC du quartier l'Ecole Polytechnique et du quartier du Moulon sur laquelle les forages s'implanteront,
2. La zone d'aménagement des Yvelines avec les ZAC de Satory et de Trappes, qui ne seront pas abordées ici.

2.1.2 Les ZAC du Sud Plateau

La zone du Sud Plateau s'étend sur les communes de Gif-Sur-Yvette, Saint-Aubin, Orsay, Palaiseau, Saclay et Vauhallan au sud du département de l'Essonne.

Elle est composée de deux ZAC :

1. La ZAC du quartier de l'Ecole polytechnique sur les communes de Palaiseau et Saclay à l'est de la zone,
2. La ZAC du quartier du Moulon sur la commune de Gif-sur-Yvette située à l'ouest de la zone.

La figure suivante présente les territoires des ZAC et leur implantation géographique.

Ces deux ZAC sont impliquées dans le déploiement du réseau de chaleur. Le présent dossier ne traite cependant que des forages sur la **ZAC du quartier du Moulon**.

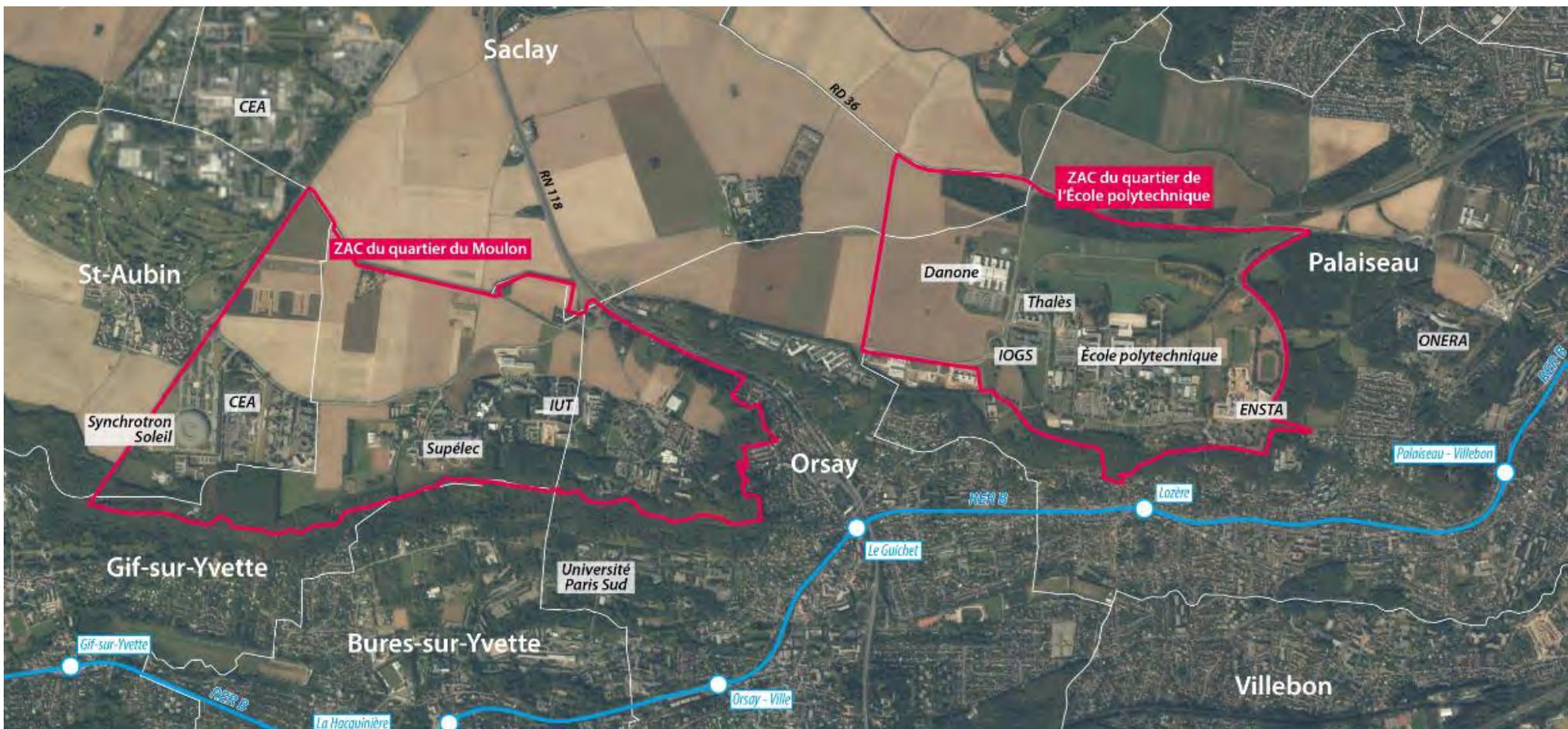


Figure 1. Périmètre des ZAC du Sud Plateau



2.1.3 La ZAC du quartier du Moulon

La ZAC du quartier du Moulon s'étend sur plus de 330 hectares sur lesquels 850 millions de mètres carrés seront aménagés. Même si la mission de l'EPA Paris-Saclay concerne la création d'un pôle scientifique et technologique avec l'implantation de 556 000 m² dédiés aux entreprises et aux écoles, une part importante est également consacrée aux logements et au développement des commerces et services.

Le graphique ci-dessous résume cette répartition :

Activités	Surface
Programmes scientifiques	350 000 m ²
Activités économiques	200 000 m ²
Logements familiaux	180 000 m ²
Logements étudiants	90 000 m ²
Commerces, services et équipements publics de quartier	50 000 m ²

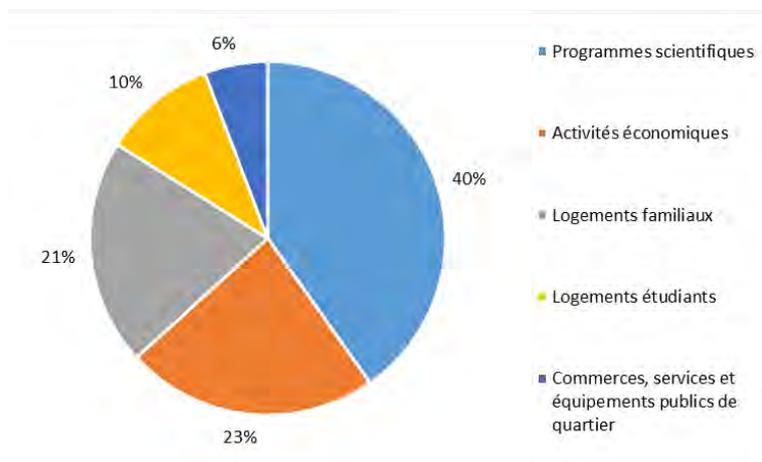


Figure 2. Répartition des programmes sur la ZAC du Moulon

2.1.4 Stratégie énergétique du projet d'aménagement - Une mise en œuvre de la transition énergétique

Face aux enjeux du changement climatique, dans un contexte où la sobriété énergétique est recherchée, où la question de la précarité énergétique est une réalité et où l'attractivité du territoire dans le futur sera liée à son empreinte énergétique et à sa capacité de s'adapter à l'offre énergétique, le volet « énergie » de la démarche EcoTerritoire vise à mettre en œuvre la transition énergétique à l'échelle du territoire, sur la base d'une conception énergétique claire et partagée par les collectivités locales et l'aménageur.

L'ambition est de faire de Paris-Saclay un territoire à énergie positive, en poursuivant simultanément trois objectifs : la sobriété des consommations énergétiques, la mise en valeur d'énergies locales et renouvelables, et un pilotage intelligent fondée sur la communication entre tous les acteurs de l'énergie.

Pour réussir localement la transition énergétique, la question énergétique doit être territorialisée : il ne faut pas se contenter d'agir à l'échelle du bâtiment (BEPOS), mais s'efforcer de construire un équilibre énergétique au niveau du territoire (TEPOS), où la mise en réseaux et la mutualisation sont essentielles. La volonté de faire du campus Paris-Saclay un



territoire entièrement connecté avec le projet de plateforme numérique de services et la présence d'une filière « énergie » à Paris Saclay (EDF, CEA, IPVF, AREVA, Paris-Saclay Efficacité Énergétique, laboratoires des établissements d'enseignement supérieur et de recherche...) sont des formidables atouts pour la réussite de ce territoire à énergie positive.

La dimension territoriale de cette stratégie sera intégrée dans un schéma directeur énergie qui prendra simultanément en compte le patrimoine actuel et futur, en anticipant l'évolution des besoins et usages énergétiques, des ressources, des réseaux, des mobilités. Les investissements énergétiques à réaliser sur Paris Saclay étant considérables, les synergies sont privilégiées et le dimensionnement optimisé.

Le premier axe de la stratégie énergétique du territoire sud concerne la réduction des consommations énergétiques : agir sur la demande. La sobriété énergétique est un objectif clair de la démarche Ecoterritoire : construire des bâtiments peu consommateurs et favoriser la rénovation énergétique du parc actuel.

Le second axe de la stratégie énergétique du territoire sud concerne la production d'énergie, sa distribution et l'optimisation de l'offre énergétique qui s'articulent autour d'infrastructures et de systèmes énergétiques bas carbone mobilisant les énergies locales et renouvelables, tout en assurant un rôle de catalyseur de l'innovation.

Les infrastructures et systèmes énergétiques qui seront mis en œuvre sont :

- Le réseau de chaleur, de froid et de récupération
- Des installations solaires photovoltaïques en toiture des nouveaux programmes immobiliers
- La construction de bâtiments efficaces et intelligents (architecture bioclimatique, panneaux photovoltaïques, Smart Grid ready...)
- Le développement de services de mobilité décarbonnés et leurs infrastructures énergétiques associées

La gestion locale des problématiques énergétiques (planification, organisation des réseaux et moyens de production, gestion de l'équilibre offre / demande tout en garantissant la meilleure économie possible etc.) nécessite le développement d'une gestion intelligente de l'énergie, également présenté comme le « Smart Energy Paris Saclay », véritable système de management énergétique de territoire.

Ces infrastructures sont mutualisées et mises en réseau (réseaux de chaleur, gestion intelligente de l'énergie, solaire photovoltaïque) et créent un écosystème favorisant les synergies entre les différents bâtiments et une complémentarité de leurs besoins énergétiques (favorisée par la mixité de la programmation : enseignement supérieur, bâtiments tertiaires, logements).

2.1.5 Le réseau de chaleur et de froid de Paris Saclay

Sur la frange sud, un réseau d'eau tempérée circulera dans les deux quartiers. Ce réseau sera réchauffé grâce à un forage géothermique sur la nappe de l'Albien. Ce réseau permettra également de véhiculer les calories issues de productions frigorifiques pour les valoriser ou, à défaut, les évacuer grâce à des installations centralisées. Enfin il permettra la récupération d'énergie fatale dégagée par certains bâtiments (process, évacuation de chaleur par les groupes frigorifiques...) et sa valorisation au sein d'autres bâtiments.

Le réseau de chaleur qui sera ainsi mis en œuvre permettra :



- La valorisation de la géothermie profonde, le potentiel d'énergie renouvelable le plus pertinent pour assurer la fourniture d'énergie aux projets immobiliers,
- Une mutualisation et foisonnement des différents besoins énergétiques du campus urbain,
- La sécurisation de l'approvisionnement à un coût maîtrisé et stable dans la durée.

2.2 Le recours à la nappe de l'Albien : un choix adapté aux enjeux du territoire

Les différents acteurs du projet, l'aménageur (EPA Paris-Saclay), opérateur du réseau de chaleur ainsi que le SEDIF ont conclu à l'opportunité d'investir dans des forages géothermiques à l'Albien permettant :

- D'assurer une alimentation en eau potable en cas de crise,
- De valoriser les calories de la nappe de l'Albien.

Ce choix sera détaillé dans la partie 4.2 sur la justification des forages à l'Albien.

3 RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

3.1 Renseignements sur le demandeur

3.1.1 L'EPA Paris-Saclay, exploitant du réseau de chaleur

L'aménageur (EPA Paris-Saclay) assure la maîtrise d'ouvrage du réseau de chaleur et de froid dans le cadre de ses missions. Il est donc exploitant de ce réseau. L'établissement public a mené jusqu'à maintenant l'ensemble des études sur le réseau de chaleur, inscrit comme équipement public des ZAC du quartier de l'Ecole polytechnique et du quartier du Moulon. L'EPA Paris-Saclay assure la maîtrise d'ouvrage de la première phase opérationnelle du réseau de chaleur pour laquelle il s'est adjoint les compétences d'une assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO).

3.1.2 Marché CREM

L'EPA Paris-Saclay assure la première phase de construction du réseau de chaleur par la passation d'un contrat CREM (conception-réalisation-exploitation-maintenance) de sept ans. A l'issue de ce CREM en 2022, la gestion du réseau de chaleur sera assurée par la collectivité. Le schéma ci-dessous représente les deux phases de gestion du réseau de chaleur :

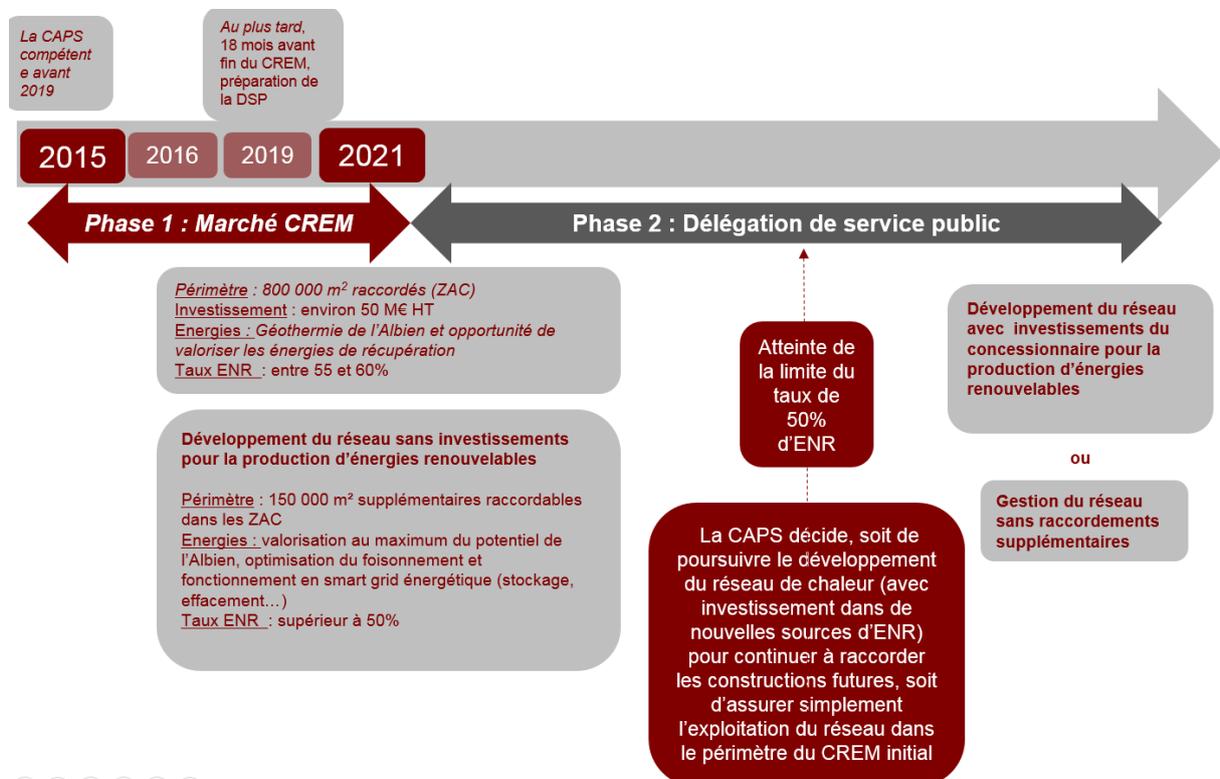


Figure 3. Phase d'exploitation du réseau de chaleur



3.1.3 Acteurs et rôles du projet

Les acteurs de ce projet sont donc multiples :

- D'une part, l'EPA Paris-Saclay, qui assume les deux rôles d'aménageur et d'exploitant du réseau de chaleur assisté par TILIA en AMO et GEOTHER pour la partie forages,
- L'entreprise IDEX Energies, lauréate du marché CREM, qui sous-traite la conception et la réalisation du réseau au groupement momentané d'entreprise IDEX Energies/EGIS,
- Le bureau d'études GEOFLUID qui assurera la maîtrise d'œuvre des forages.

3.1.3.1 TILIA / ALTO INGENIERIE

TILIA est le partenaire des villes, des collectivités, des services publics, des entreprises industrielles et de co-investisseurs qui développent de nouveaux projets, réalisent de nouveaux investissements, améliorent leurs opérations, redéfinissent leur stratégie et gèrent des défis de plus en plus complexes dans les domaines de l'énergie, de l'eau et des services environnementaux.

Le modèle de TILIA peut aller du conseil et de l'assistance à maîtrise d'ouvrage à la co-réalisation et éventuellement au co-investissement. Il porte sur l'ensemble des sujets liés aux services locaux essentiels : stratégie et gouvernance, optimisation opérationnelle, développement de nouveaux investissements.

Créée en 2009, à partir d'une expérience internationale et d'une vision commune de la modernisation des services publics, TILIA compte aujourd'hui plus de 70 références contractuelles dans 7 pays. Son activité est principalement concentrée en France et en Allemagne.

3.1.3.2 GEOTHER

Concernant l'ingénierie du sous-sol, GEOTHER a réalisé l'étude de faisabilité du projet de géothermie sur la nappe de l'Albien et la rédaction du présent document. GEOTHER est un bureau d'études composé de spécialistes de la géothermie et plus particulièrement de spécialistes de la géothermie profonde qui ont l'habitude de travailler sur des projets comme celui des forages du réseau de chaleur et disposent d'une longue expérience de la géothermie profonde.

3.1.3.3 IDEX Energies / EGIS

Depuis 1963, le groupe IDEX se place en tant qu'opérateur de réseaux de chaleur et froid en gérant plus de 11 000 installations énergétiques et en alimentant l'équivalent de 33 millions de m² en chauffage et/ou climatisation. Avec depuis les années 70 le doublet au Dogger du Mée-sur-Seine, celui de Neuilly-sur-Marne en exploitation et le site de production combinée chaud/froid sur géothermie peu profonde prochainement en exploitation, IDEX Energies fait partie des exploitants de géothermie en France.

Pour mener à bien cette opération, IDEX Energies s'est associé en groupement avec EGIS pour associer à l'expérience d'opérateur énergétique d'IDEX Energies celle d'ingénierie

projets d'EGIS en tant qu'opérateur majeur en ingénierie en France et dans le monde, aussi bien sur les sujets d'ingénierie que sur la gestion de projets.

3.1.3.4 GEOFLUID

GEOFLUID est une société d'ingénierie et de services, créée en 2013, filiale de GPC IP (créée en 1998) à partir d'un noyau d'ingénieurs expérimentés dans l'exploration et l'exploitation des fluides du sous-sol (eau, hydrocarbures, géothermie) avec pour objectif la promotion de technologies de forage/complétion/production innovants.

Le champ d'intervention de GPC IP couvre les domaines d'activité suivants :

- Forage/complétion,
- Réparations (« workovers ») de puits et complétions endommagées.

Celui de GEOFLUID couvre les domaines d'activité suivants :

- Ingénierie de réservoirs et évaluation de ressources et réserves,
- Essais de puits/simulations de réservoirs et gestion des ressources,
- Suivi et maintenance des installations de production,
- Services « coiled tubing»,
- Traitement/abattement des effluents et rejets,
- Inhibition chimique anti-corrosion/dépôts/bactérienne,
- Etudes de faisabilité et montages financiers,
- Etudes d'impact environnemental,
- Aspects légaux et réglementaires.

3.2 Capacités financières du demandeur

Les investissements de l'opération réseau de chaleur dans son ensemble s'élèvent à 51,7 M€ et seront financés par le coût de raccordement des futurs abonnés au service de distribution d'énergie, des subventions et le recours à un emprunt.

Tableau 1 : Financement du projet

INVESTISSEMENT		EXPLOITATION	
Dépenses	Recettes	Charges	Produits
Etudes préalables Ressources du projet Conception réalisation des ouvrages	Subventions	P1 (fourniture d'énergie)	R1
	Emprunt	P2, P3 (exploitation maintenance)	R2
	R0	Prestation du suivi (interne / externe)	

3.3 Fonctionnement global du réseau de chaleur et de froid

La solution technique de production de chaleur et de froid pour les futurs réseaux alimentant les bâtiments de la ZAC est basée sur le principe de valorisation de l'énergie issue de la nappe sur l'Albien.

Il est prévu 3 niveaux de production/distribution d'énergie pour desservir les différentes parcelles de la ZAC :

- Une **installation centralisée**: échange avec l'Albien, appoints de chaleur et refroidissement du réseau tempéré.
- Des installations semi-centralisées (**SSTI**) localisées au niveau des îlots regroupant plusieurs parcelles,
- Des installations décentralisées (**SSTP**) au niveau des parcelles.

Le schéma ci-dessous représente le principe général de la production de chaud et de froid sur la ZAC.

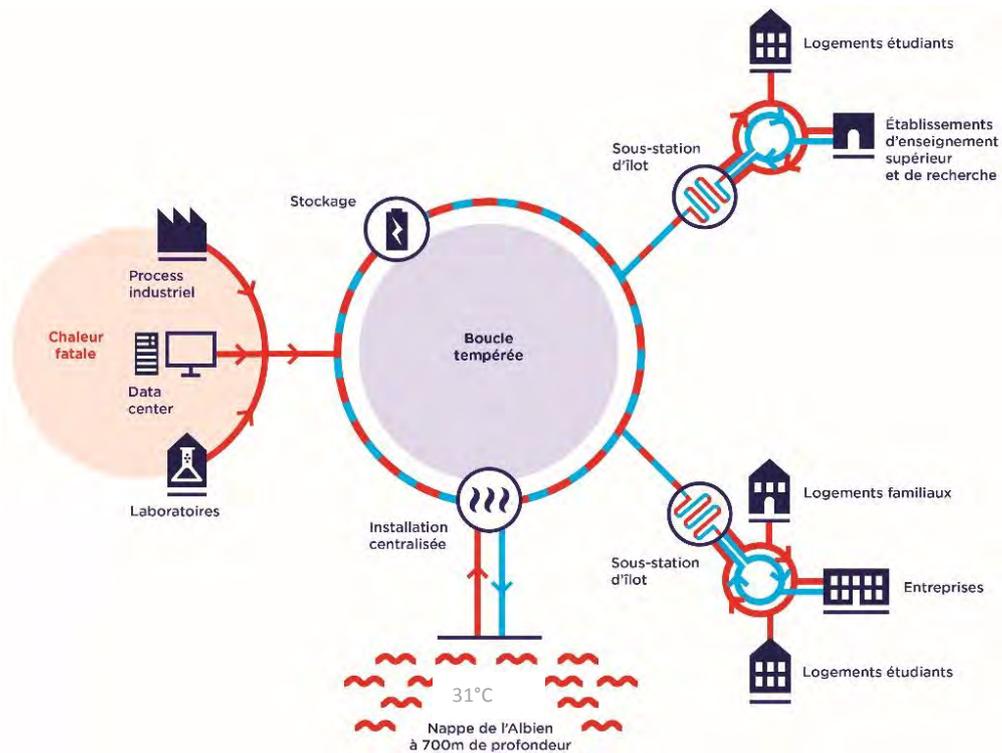


Figure 4. Principe de fonctionnement du réseau de chaleur

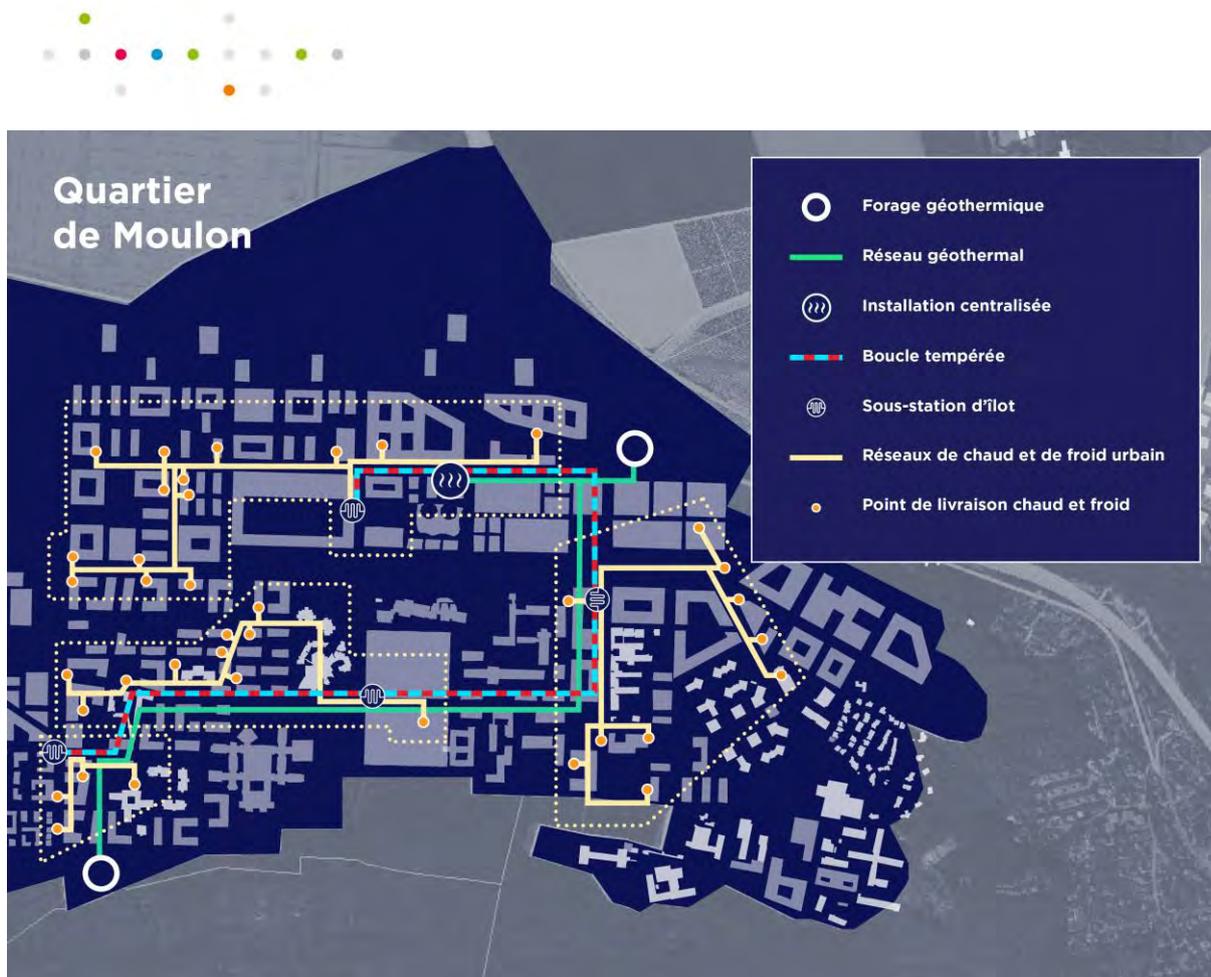


Figure 5 : Principe général du réseau de chaleur – ZAC du quartier du Moulon

Le fonctionnement de ce réseau de chaleur et de froid est donc basé sur la mise en œuvre d'une série d'ouvrages :

- Deux forages,
- Une centrale thermique,
- Une boucle géothermale,
- Un réseau de chaud et de froid,
- Plusieurs SSTI (4 au minimum sur la ZAC),
- Une SSTP par projet immobilier.

Ce fonctionnement et chacun des organes du réseau sont détaillés dans la partie 4.5.

3.4 Budget de l'opération réseau de chaleur

3.4.1 Budget d'investissements

3.4.1.1 Montant global des investissements

Le tableau suivant intègre les coûts des études de conception, contrairement à ceux de focus sur les investissements associés à la production géothermale.



Tableau 2 : Coût global d'investissement du réseau de chaleur

ZAC	Ouvrage	Coût (M€) HT
ZAC du quartier du Moulon	Puits géothermal	6,9
	Centrale thermique	6,1
	Réseau de distribution chaud froid	3,8
	SSTP	1,4
	SSTI	5,1
	Génie civil et terrassement	4,3
	Etudes réglementaires	0,2
	TOTAL Moulon	27,8

3.4.1.2 Focus sur les investissements associés à la production géothermale

Les investissements liés aux puits géothermaux sont répertoriés dans le tableau ci-après.

Tableau 3 : Coûts d'investissements spécifiques aux forages

Désignation des ouvrages	U	Qté	MONTANT EUROS H.T.
Géothermie (puits géothermaux)			
<u>Forages géothermiques</u>			
Réalisation de la plateforme et avant-trou puits 1	Ens	1	395 000,00 €
Réalisation de la plateforme et avant-trou puits 2	Ens	1	395 000,00 €
Préparation et mobilisation de l'appareil de forage	Ens	1	175 000,00 €
Opérations de forage, équipements et services puits 1	Ens	1	2 305 000,00 €
Ripage de l'appareil de forage entre puits	Ens	1	150 000,00 €
Opérations de forage, équipements et services puits 2	Ens	1	2 305 000,00 €
Démobilisation appareil de forage	Ens	1	160 000,00 €
Essais de puits	Ens	1	70 000,00 €
Sous-Total : Géothermie			5 955 000 €
Management transverse pour la réalisation et frais divers associés			
Frais généraux	Ens	5%	297 750 €
Aléas + Bénéfice	Ens	2,13%	126 742 €
Sous-Total : Frais généraux, Aléas, Assurances, Bénéfices			424 492 €
Sous - Total : GEOTHERMIE (puits géothermal)			6 379 492 €
Etudes	Ens		390 000 €
Total général			6 769 492 €



Les investissements liés à la centrale thermique sont répertoriés dans le tableau ci-après.

Tableau 4 : Coûts d'investissements de la chaufferie centrale d'appoint/secours

Désignation des ouvrages	Unité	Qté	MONTANT EUROS H.T.
Ensemble chaudières Gaz à condensation	U	2	537 104 €
Echangeurs géothermie - 4 650kW	Ens	2	92 000 €
Tour Aéroréfrigérante à circuit ouvert	U	2	156 758 €
Puissance unitaire 4MW	U	2	138 000 €
Echangeurs intermédiaire (réseau TAR)	U	2	138 000 €
Pompes de réinjection eau de puits	Ens	1	80 500 €
Pompes circulation chaudières	Ens	3	25 875 €
Pompes circulation TAR	Ens	3	51 750 €
Groupe de pompes de cication réseau tempéré	Ens	3	241 500 €
Tuyauteries/calorifuge	Ens	1	249 320 €
Organes hydrauliques	Ens	1	426 650 €
Electricité process : Alimentation et régulation	Ens	1	199 293 €
Electricité HTA	Ens	1	805 000 €
Réalisation des installations provisoires			
Mise en place d'alimentation provisoire pour ZAC quartier du Moulon - îlot 2 (80 jours)	Ens	1	inclus
Mise en place d'alimentation provisoire pour ZAC quartier du Moulon - îlot 3 (80 jours)	Ens	1	inclus
Sous-Total : CHAUFFERIE CENTRALE			3 003 750 €
Système de suivi et pilotage global des installations	Ens	1	630 385 €
Management transverse pour la réalisation et frais divers associés			
Frais généraux	Ens	5%	150 187 €
Aléas + Bénéfice	Ens	3,50%	105 131 €
Installation de chantier et coordination travaux	Ens	1	318 061 €
Sous-Total : Frais généraux, Aléas, Assurances, Bénéfices			573 380 €
Total : CHAUFFERIE CENTRALE D'APPOINT/SECOURS			4 207 514 €
Etudes	Ens		710 000 €
Total général			4 917 514 € €



3.4.2 Budget prévisionnel d'exploitation

3.4.2.1 Budget prévisionnel d'exploitation du réseau de chaleur

Le budget prévisionnel d'exploitation du réseau de chaleur de la ZAC du quartier du Moulon est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Budget prévisionnel d'exploitation

ZAC	Poste	Coût (M€) HT
ZAC du quartier du Moulon	P1	1,0
	P2	0,5
	P3	0,2

3.4.2.1 Budget prévisionnel d'exploitation spécifique à la boucle géothermale

Le tableau suivant reprend les dépenses liées à la géothermie uniquement, ventilées sur le P2 et le P3.

Tableau 6 : Postes P2 et P3 spécifiques à la boucle géothermale

ZAC	Ouvrage	Montant (k€) HT
ZAC du quartier du Moulon	P2	
	GEOOTHERMIE (puits et réseau géothermal)	2021
	<i>Forages géothermiques</i>	116 502 €
	<i>Réseau géothermal (depuis les puits vers la centrale)</i>	
	P3	
	GEOOTHERMIE (puits et réseau géothermal)	2021
<i>Forages géothermiques</i>	125 753 €	

3.5 Bilan énergétique et performance environnementale à horizon 2021

Le bilan énergétique et la performance environnementale du réseau de chaleur de la ZAC du quartier du Moulon est résumé dans le tableau suivant.



Tableau 7 : Bilan énergétique et performance du réseau

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DE LA CHALEUR LIVREE				
ZAC du quartier du Moulon	% ENR chaleur livrée	%	62%	
	Contenu CO2 de chaleur livrée	<i>g CO₂ / kWh Chaud</i>	72	
	CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU RESEAU			
	Gaz naturel centrale thermique	<i>MWh</i>	574	
	Electrique des Pompes à chaleur	<i>MWh</i>	5 394	
	Prélevé sur l'Albien	<i>MWh</i>	8 523	
	Chaleur évacuée par tours aéros (centrales thermiques)	<i>MWh</i>	1 637	
	<u>Consommation Auxiliaires</u>			
	Consommation électrique Forage	<i>MWh</i>	568	
	Consommation électrique Chaufferie centralisée (chaud et froid)	<i>MWh</i>	307	
	Consommation électrique Pompage	<i>MWh</i>	1 352	

3.6 Contexte réglementaire du projet

La recherche d'un gîte géothermique à basse température à l'Albien, les travaux de forage et son exploitation sont réglementés par les textes suivants :

- Le Code de l'environnement, en particulier son article L214,
- Le Code minier (un gîte géothermique est considéré comme une mine), en particulier son article L112-1, et ses décrets d'application suivants :
 - Le décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015 modifiant le décret n°78-498 du 28 mars 1978 (version consolidée au 08/01/2016) qui précise les conditions administratives d'obtention des titres de recherche et d'exploitation,
 - Le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 (version consolidée au 13/01/2016) relatif à l'ouverture des travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains,
- Le Règlement Général des Industries Extractives (RGIE) : ce décret introduit le titre « Recherche par forage, exploitation de fluides par puits et traitement de ces fluides ».



3.6.1 Autorisation au titre de la loi sur l'eau – Article L214 du code de l'environnement

La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques n° 2006- 1772 du 30 décembre 2006 régit et définit la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau.

Dans ce contexte, le livre II du Code de l'Environnement, et notamment les articles L214-1 à 6, soumettent un certain nombre d'installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA) à des procédures de déclaration ou d'autorisation auprès du Préfet du Département.

Ces procédures d'autorisation et de déclaration sont explicitées dans les articles R214-6 à 56 du Code de l'Environnement. L'article R214-1 du Code de l'Environnement définit, dans une nomenclature, la nature et l'importance des installations, ouvrages, travaux et activités concernés, et précise le régime dont ils relèvent (déclaration (D) ou autorisation (A)).

La réalisation d'un forage intéressant la nappe de l'Albien est régie par cette nomenclature selon les rubriques suivantes :

- Pour l'alimentation en eau potable, la rubrique 1.3.1.0 :
« A l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L214-9, ouvrages, installations, travaux permettant un prélèvement total d'eau dans une zone où des mesures permanentes de répartition quantitative instituées, notamment au titre de l'article L.211-2, ont prévu l'abaissement des seuils :
 - Capacité supérieure ou égale à $8\text{m}^3/\text{h}$: autorisation.
 - Dans les autres cas : déclaration. »

- Pour la géothermie, la rubrique 5.1.1.0 :
« Réinjection dans une même nappe des eaux prélevées pour la géothermie :
 - Supérieure ou égale à $80\text{m}^3/\text{h}$: autorisation.
 - Supérieure ou égale à $8\text{m}^3/\text{h}$, mais inférieure à $80\text{m}^3/\text{h}$: déclaration. »

- Pour la géothermie également, hors géothermie dite de minime importance, la rubrique 5.1.2.0 :
« Travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques (autorisation). »

Ces activités prévues à la nomenclature IOTA sont soumises à autorisation au titre de cette nomenclature, mais sont également régies par les dispositions imposées par le Code minier.

Il est prévu que l'autorisation de travaux au titre du code minier équivaille à l'autorisation IOTA. Cependant, les principes de gestion équilibrée de l'eau sont applicables et l'autorisation doit respecter les dispositions locales de protection des aquifères.

Ainsi, le présent dossier étudiera les incidences directes et indirectes prévues dans le cadre d'une demande d'autorisation IOTA (compatibilité du projet avec le SDAGE et le SAGE, gestion équilibrée et durable de la ressource en eau).



3.6.2 Permis de recherche minier et d'exploitation

Etant donnée la nature de la demande, l'article L112-1 du Code minier s'applique pour la demande de permis de recherche et d'exploitation. Dans le cas présent, en raison d'une température de l'eau dans le gisement inférieure à 150 °C, le gîte géothermique constitué de l'aquifère de l'Albien est considéré comme un gîte géothermique à basse température (article L112-2 du Code minier et article 3 du Décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015).

Au titre du Code minier, les articles suivants s'appliquent au projet :

- Article L124-4: « *Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse énergie sans une autorisation de recherche accordée par l'autorité administrative. Cette autorisation détermine soit l'emplacement du ou des forages que son titulaire est seul habilité à entreprendre, soit le tracé d'un périmètre à l'intérieur duquel les forages peuvent être exécutés. Sa validité ne peut excéder trois ans.* »,
- Article L134-5: « *Le titulaire d'une autorisation de recherche peut seul obtenir, pendant la durée de cette autorisation, un permis d'exploitation qui englobe les emplacements des forages autorisés ou qui est situé en tout ou en partie à l'intérieur du périmètre de ladite autorisation. De plus, si ses travaux ont fourni la preuve qu'un gîte est exploitable et s'il en fait la demande avant l'expiration de l'autorisation, le titulaire a droit à l'octroi d'un permis d'exploitation* ».
- Article L 134-6: « *Le permis d'exploitation confère un droit exclusif d'exploitation dans un volume déterminé, dit volume d'exploitation défini par un périmètre et deux profondeurs. L'arrêté institutif peut limiter le débit calorifique qui sera prélevé* ».
- Article L134-8 du Code minier : « *La durée initiale de validité du permis d'exploitation ne peut excéder trente ans* ». Il peut être prolongé par périodes ne pouvant chacune excéder quinze ans.

L'arrêté portant autorisation de recherches ou permis d'exploitation, ou un arrêté ultérieur pris après enquête publique, peut fixer un périmètre de protection à l'intérieur duquel peuvent être interdits ou réglementés tous travaux souterrains susceptibles de porter préjudice à l'exploitation géothermique.

Le décret n°78-498 du 28 mars 1978 (version consolidée au 01/03/2011) décrit les points à aborder dans le cadre d'une demande d'autorisation de recherches ou de permis d'exploitation. Ce décret indique que toute demande doit être accompagnée d'une étude d'impact définie à l'article 2 du décret du 12 octobre 1977 et par les articles R122-1 à R122-16 du Code de l'Environnement.

La DRIEE accepte que les deux demandes d'autorisations de recherche du gîte et d'ouverture des travaux soient présentées conjointement dans un seul document.

Dans le cadre du présent projet et conformément à la réglementation en vigueur, le titre de recherche est sollicité pour la durée maximale de 3 ans.

Le dossier de demande d'autorisation est adressé au Préfet. Lorsque la demande est jugée recevable, une enquête publique d'une durée minimale de 15 jours est diligentée dans chaque commune concernée par la demande.



Les travaux de forage seront réalisés, après réception de l'autorisation préfectorale d'ouverture des travaux, dans un délai maximum de 3 ans et en tout état de cause dans le cadre du permis de recherche.

En cas de non réalisation des travaux au cours de cette période, le permis de recherche peut être renouvelé, dans la mesure où la justification de non réalisation du forage est argumentée et recevable.

A l'issue des travaux de forage, en cas de succès des forages, une demande de permis d'exploitation pour une durée de trente ans sera formulée. Cette demande tiendra compte des caractéristiques de la ressource mobilisée (température, débit) et des caractéristiques exactes du réseau géothermique (puissance calorifique et de prévisions de consommation sur le réseau). Sauf modification significative des emplacements des forages, des périmètres d'exploitation ou des débits calorifiques extraits, le permis d'exploitation ne nécessite pas de nouvelle enquête publique.

3.6.3 Demande d'ouverture de travaux miniers

Le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 (version consolidée du 13/01/2016) soumet les travaux de recherche d'un gîte géothermique mentionnés à l'article L112-2 du Code minier à autorisation.

Ce décret mentionne les points à aborder dans le cadre du dépôt d'une telle demande d'autorisation. Cette demande doit notamment comporter un mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus ainsi que les méthodes d'exploration.

De plus, ce document doit être accompagné d'un document de sécurité et de santé dans lequel sont déterminés les risques auxquels le personnel est susceptible d'être exposé.

Enfin, cette demande doit intégrer un document indiquant les incidences des travaux sur la ressource en eau et, le cas échéant, les mesures compensatoires envisagées ainsi que la compatibilité du projet avec le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) mentionné à l'article L.212-1 du code de l'Environnement.

Toute demande d'autorisation vaut également demande d'autorisation au titre du Code de l'Environnement (loi sur eau). Il n'y a pas double procédure.

4 DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GÎTE

GÉOTHERMIQUE À L'ALBIEN

4.1 Localisation géographique du projet

La ZAC du quartier du Moulon est située à l'ouest du département de l'Essonne, sur le plateau de Saclay à environ 16 km au sud-ouest de Paris. Le périmètre de cette ZAC se situe sur le territoire des communes de Gif-sur-Yvette et d'Orsay.

Les communes voisines sont :

- A l'ouest : Saint-Rémy-lès-Chevreuse (département des Yvelines),
- Au nord : Saint-Aubin, Saclay et Villiers-le-Bacle,
- Au sud : Bures-sur-Yvette et Gometz-le-Chatel,
- A l'est : Palaiseau.

Ce plateau est délimité au nord par la Bièvre et au sud par l'Yvette.

La figure suivante présente les communes de Gif-sur-Yvette et d'Orsay par rapport aux communes voisines.

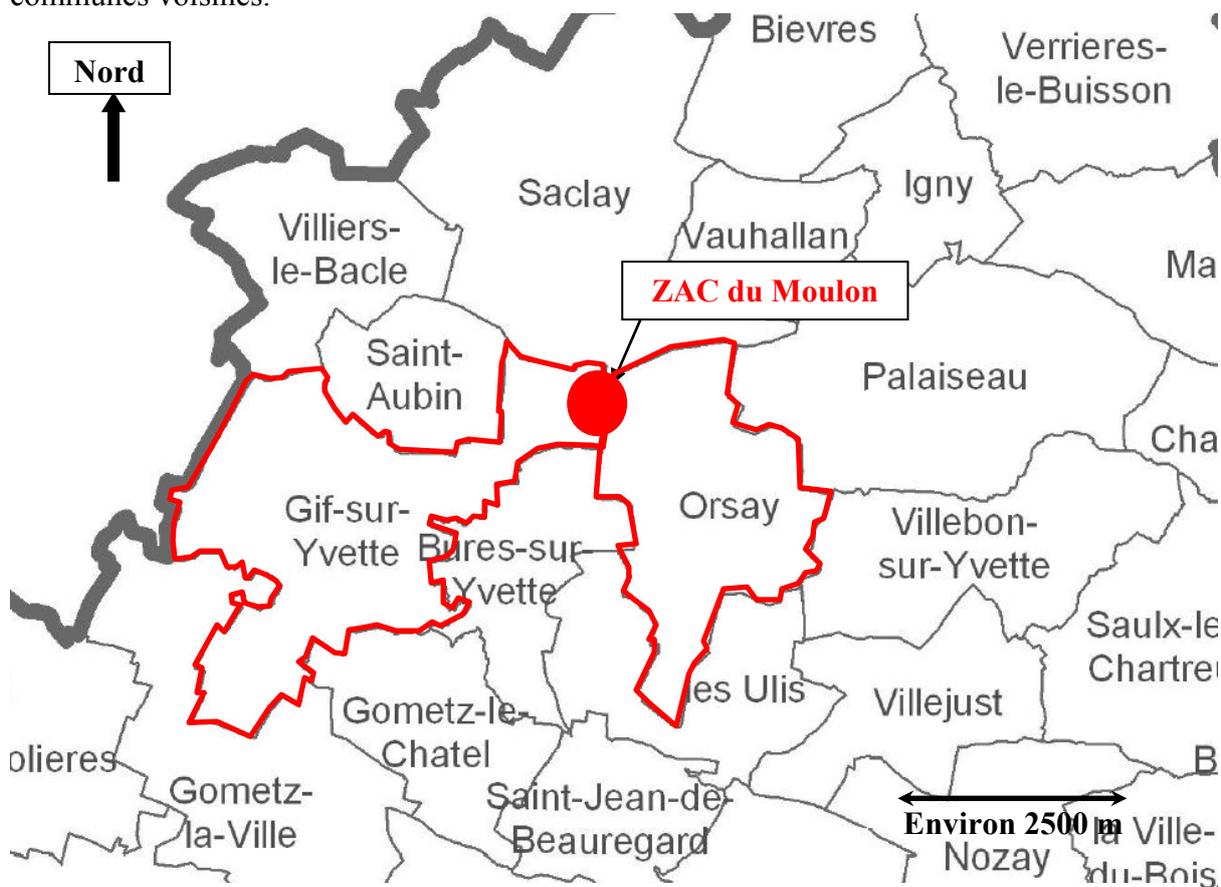


Figure 6. Localisation des communes de Gif-sur-Yvette et d'Orsay

La commune de Gif-sur-Yvette est située essentiellement dans et sur les flancs de la vallée de l'Yvette. Sa partie nord-est s'étend sur le plateau de Saclay. C'est sur cette zone que se situe la ZAC du quartier du Moulon.

Au droit de cette ZAC, le plateau de Saclay culmine à une altitude maximale d'environ +160 m NGF.

Les forages géothermiques objet du présent dossier seront situés sur cette zone. La figure ci-dessous précise les implantations sur la ZAC.

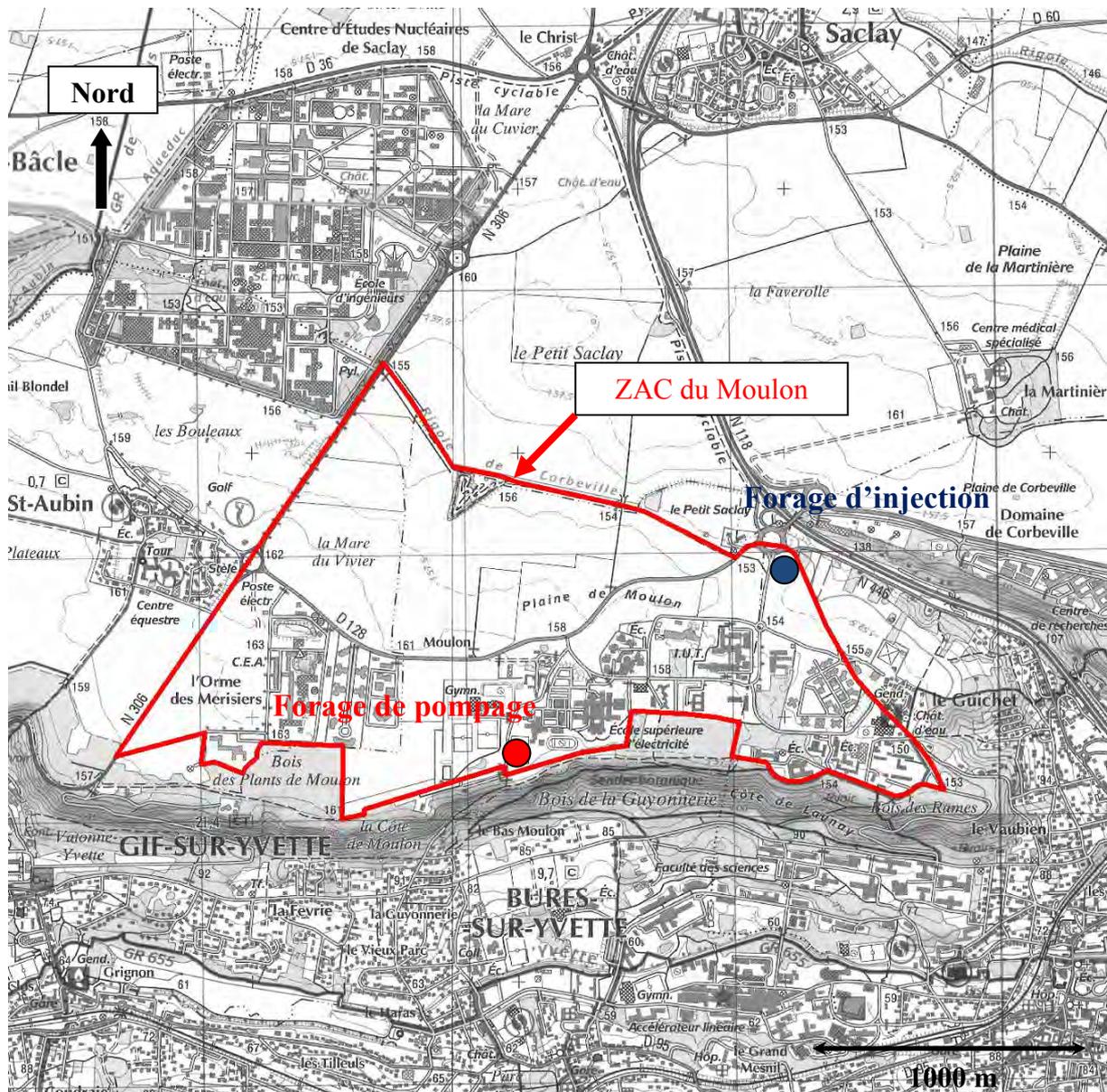


Figure 7. Localisation du site de travaux



4.2 Justification de la réalisation de forages dans la nappe de l'Albien

Le recours à la nappe de l'Albien permet de répondre à deux finalités :

1. L'alimentation du réseau de chaleur et de froid de Paris Saclay sur la ZAC du quartier du Moulon par une énergie renouvelable et locale, à savoir la valorisation des calories de la nappe de l'Albien,
2. La création d'un nouveau point d'accès à la nappe de l'Albien pour la gestion de crise et besoin en ultime secours.

4.2.1 Le recours à la nappe de l'Albien comme source d'énergie du futur réseau de chaleur

Les études de faisabilité réalisées en 2010/2011 identifient notamment la ressource géothermale de la nappe de l'Albien comme un des scénarios techniques possibles pour l'alimentation en énergie du futur réseau de chaleur de la ZAC.

La température de cette nappe est d'environ 31 °C ce qui permettra d'assurer la production de chaud et de froid grâce à des pompes à chaleur. Un des avantages de la solution est aussi de pouvoir valoriser des énergies résiduelles de certains process ou activités de recherche actuellement non valorisées (énergies dites fatales).

Le projet, présenté à la DRIEE sous-sol dès 2012 a attiré l'attention de l'Administration dans la mesure où le territoire de développement du projet d'aménagement se trouvait à proximité d'une zone nécessitant l'implantation de forages de secours complémentaires à l'Albien (voir paragraphe suivant).

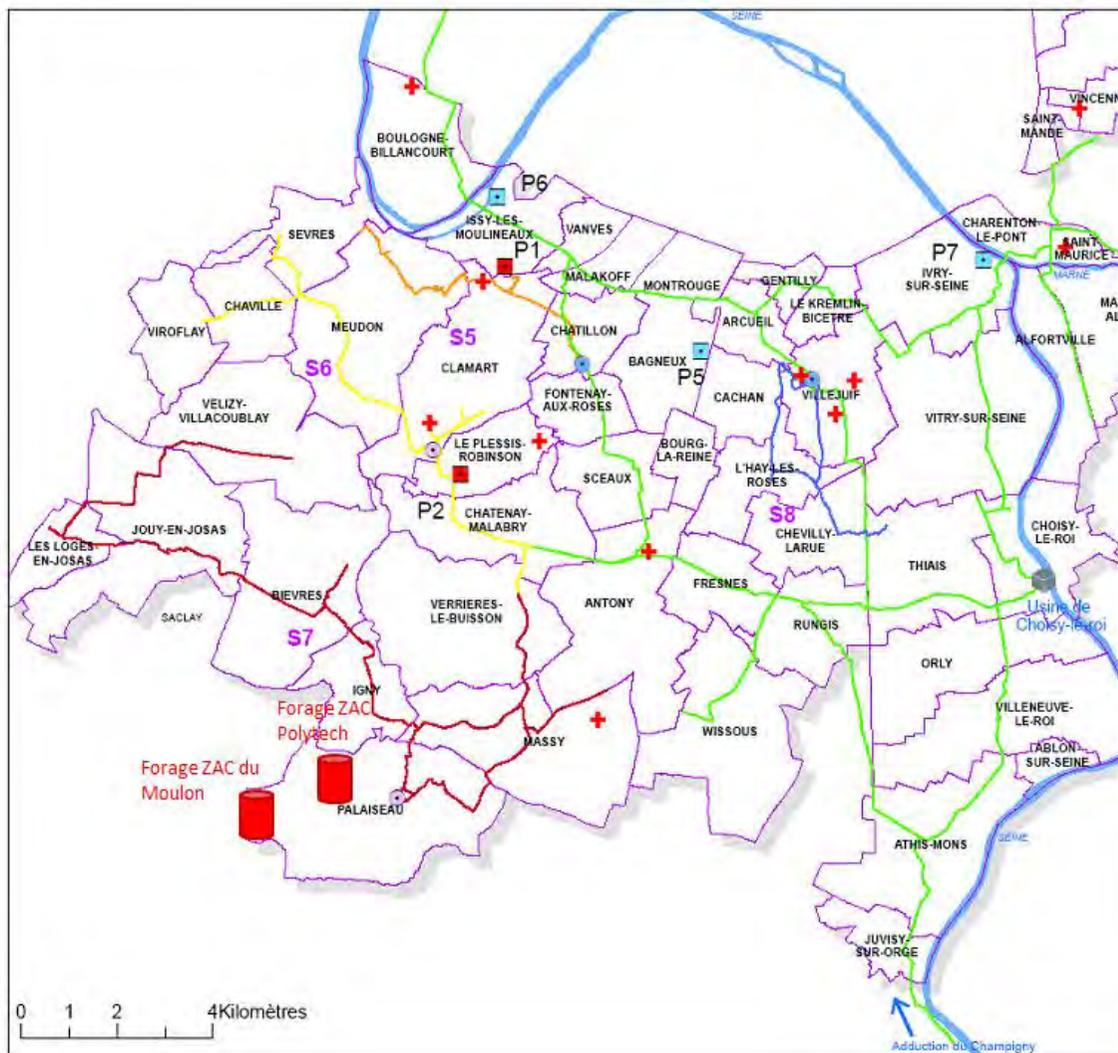
Une rencontre organisée par la DRIEE avec l'ARS en novembre 2012 a confirmé l'intérêt d'une telle solution ainsi que l'opportunité que représentait le projet d'aménagement. L'EPA Paris-Saclay a choisi de privilégier cette ressource géothermique pour l'alimentation en énergie renouvelable et bas carbone du réseau de chaleur.

4.2.2 L'intégration d'un forage de secours dans le plan du SEDIF

Le SDAGE du bassin Sud-Normandie définit la nappe de l'Albien comme une ressource exploitable en eau potable pour l'ultime secours. Les dispositions du SDAGE sont décrites plus précisément au paragraphe 6.3.6 portant sur l'impact des forages sur les ressources en eau.

Le doublet de forages sur la ZAC du quartier du Moulon se trouve sur la zone déficitaire en accès pour l'ultime secours. Le projet d'aménagement de la ZAC du quartier du Moulon et la réalisation de ce réseau de chaleur constitue une opportunité de réaliser un nouveau forage.

Le SEDIF a prévu d'intégrer ce nouveau forage dans son plan de secours (figure suivante).



SEDIF
SERVICE PUBLIC DE L'EAU
VEOLIA
Eau d'Île-de-France
Téléphone du SEDIF

Légende carte 22 04 2013

- Usines principales (hors service)
- +
- Centre Hospitalier
- P1 Issy les Moulineaux Géothermie (En projet)
- P2 Le Plessis Robinson Géothermie (En projet)
- P5 Bagneux Albien Aep (A rénover)
- P6 Issy les Moulineaux Albien Aep (A rénover)
- P7 Ivry sur seine Albien Aep (A rénover)
- Ossature principale
- Réservoirs sur Ossature Principale
- Réservoirs sur Ossature secondaire
- Ossature secondaire Fort d'Issy-les-Moulineaux
- Ossature secondaire Le Plessis-Robinson
- Ossature secondaire Palaiseau
- Ossature secondaire Villejuif
- Communes
- S5 SECTEUR S5 du Fort d'Issy = 108 000 habitants
+1600 logements projetés - Population localisée
dans un rayon de 1000m à proximité du réseau
- S6 SECTEUR S6 du Plessis = 148 000 habitants
Population localisée dans un rayon de 1000m
à proximité du réseau
- S7 SECTEUR S7 de Palaiseau = 160 000 habitants
Population localisée dans un rayon de 1000m
à proximité du réseau
- S8 SECTEUR S8 de Villejuif = 23 000 habitants
Population localisée dans un rayon de 1000m
à proximité du réseau

Bassin SUD
en situation d'ultime secours

Carte N° 3

Figure 8. Plan du bassin Sud du réseau d'ultime secours SEDIF

4.3 Contexte géologique et hydrogéologique

4.3.1 Contexte géologique

4.3.1.1 Cadre structural

Les épaisseurs des formations géologiques antérieures aux sables et grès de Fontainebleau (d'âge stampien) dans la région du projet sont variables en raison des conditions tectoniques.

En effet, plusieurs axes structuraux (ondulations tectoniques) s'établissent sur la région du projet parmi lesquels on peut citer l'anticlinal de Beynes et le synclinal de l'Eure. Ce dernier se ramifie en deux axes synclinaux que sont le synclinal de Trappes qui se confond approximativement avec le tracé de la Bièvre et le synclinal de Chevreuse qui correspond à l'axe d'écoulement de l'Yvette.

La ZAC du quartier du Moulon se situe sur le flanc nord du synclinal de Chevreuse.

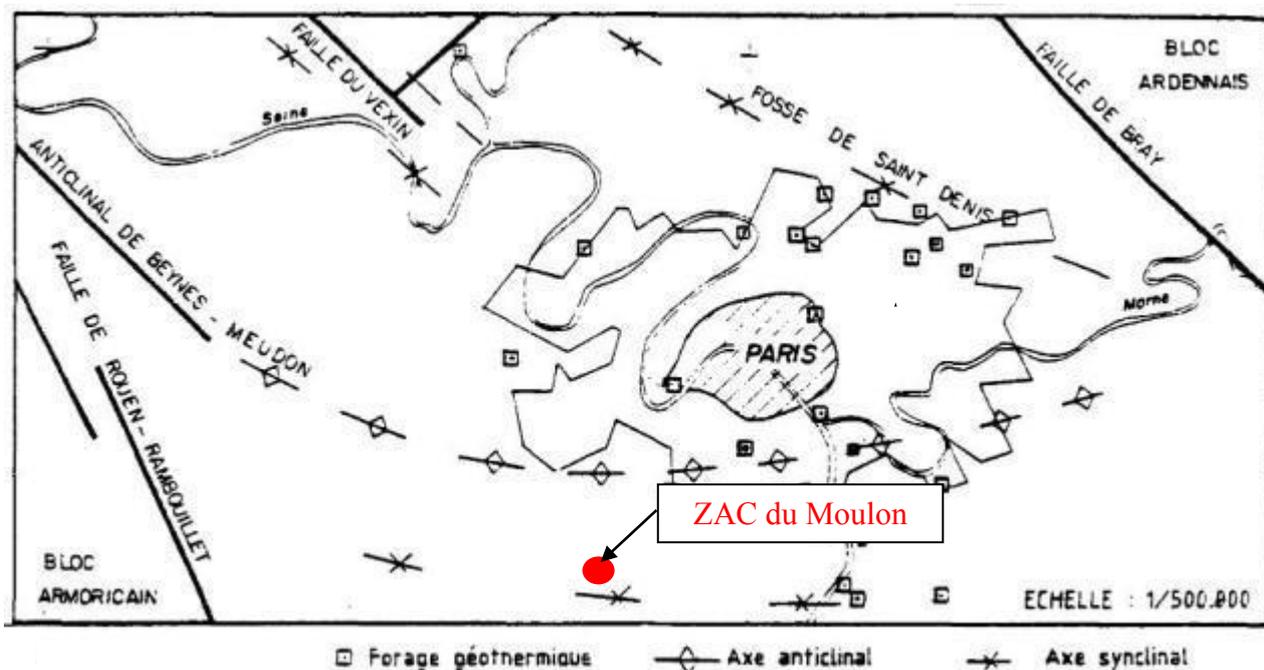


Figure 9. Carte structurale simplifiée du bassin de Paris

D'après les cartes géologiques n°218 et 219, le rapport BRGM SGR.64.A48 et les coupes des ouvrages BSS du secteur, la succession lithologique tertiaire est la suivante :

- Les Limons des plateaux (LP) : limon renfermant des débris de roches dures.
- Les Meulières de Montmorency (g3) : argile bariolée et meulière.
- Les Sables de Fontainebleau (g2b) : sable fin jaune à ocre au sommet, vert et plus argileux à la base.
- Les Marnes à Huîtres (g2a) : marne argileuse gris-vert.
- L'Argile verte de Romainville (g1) : argile verte avec des niveaux de calcaire beige.
- Les Marnes supragypseuses et les Masses et Marnes du Gypse (e7) : marne argileuse bleu-verdâtre et marno-calcaire beige.
- Le Calcaire de Saint-Ouen (e6b) : marno-calcaire beige.



- Les Sables de Beauchamp (e6a) : sables fins à très fins, vert, et plus ou moins argileux avec présence de grés.
- Les Marnes et Caillasses et le Calcaire Grossier (e5) : marnes blanches plus ou moins argileuses et magnésiennes au sommet et alternance de caillasses calcaire beige très dures. Calcaire grossier beige à grisâtre reposant sur des calcaires glauconieux parfois très durs et compacts, parfois tendres et sableux.
- Le sable de Cuise (e4) : sable blanchâtre à galets noirs.
- L'Argile plastique (e3) : argile plastique bariolée.
- Le Calcaire pisolitique et les Marnes de Meudon (e1) : calcaire granuleux, concrétionné, jaune ou blanc, en bancs très durs parfois fossilifères et marnes.
- La Craie (c6-5) : craie blanche tendre avec quelques lits de silex noirs.

La localisation de la ZAC du quartier du Moulon sur la carte géologique du BRGM au 1/50 000 de Corbeil (n°219) est présentée sur la figure suivante.

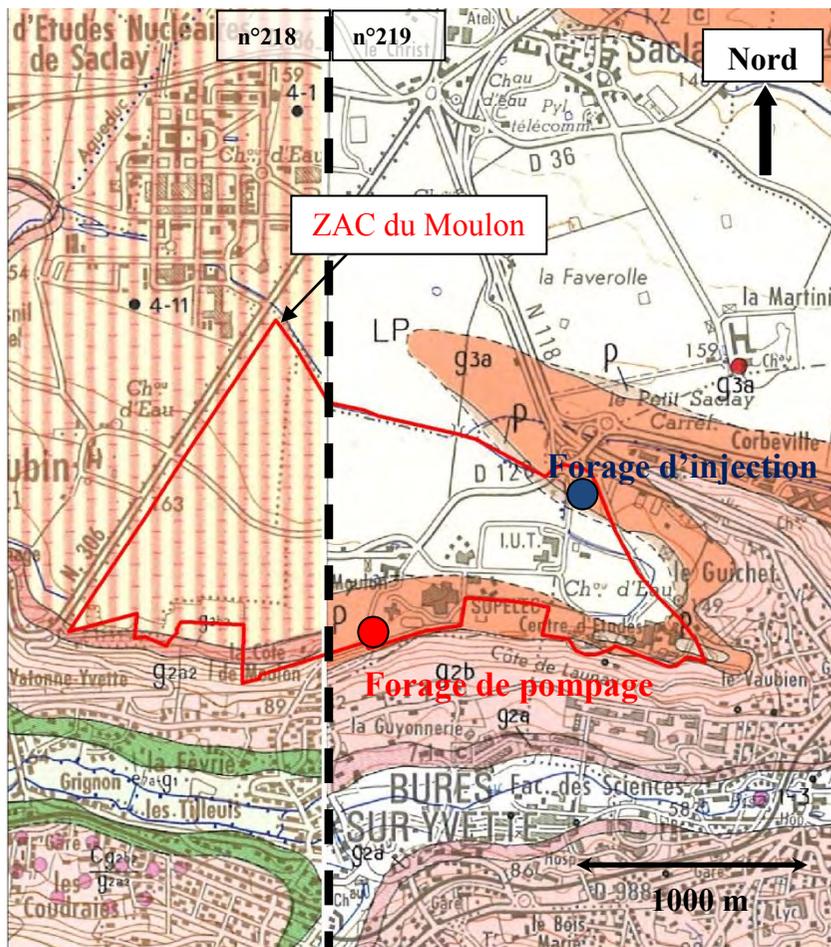
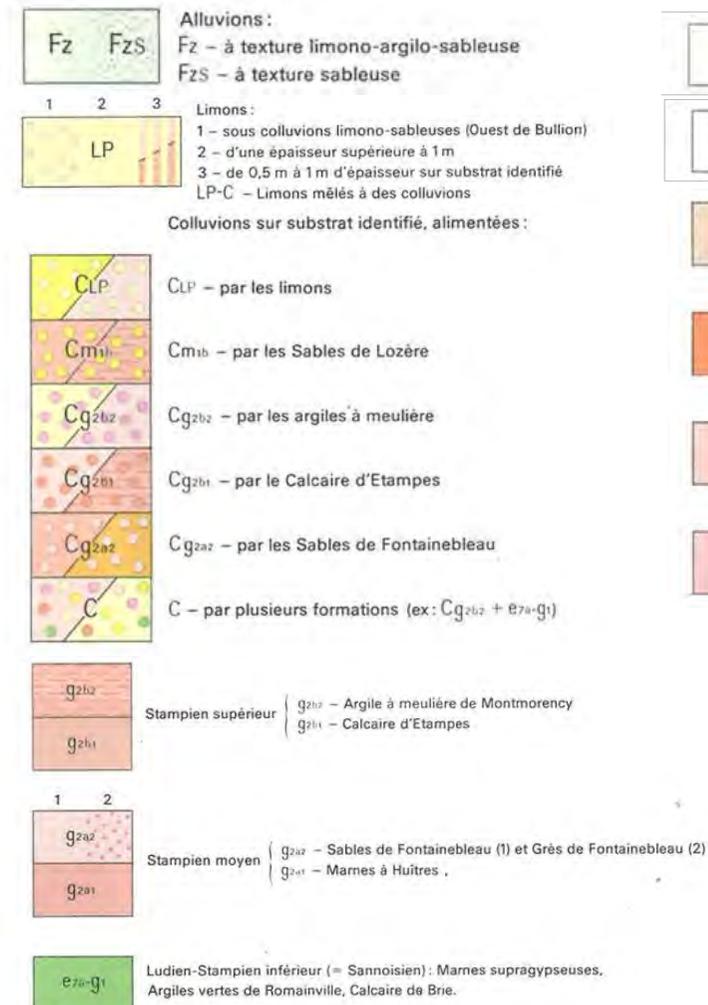
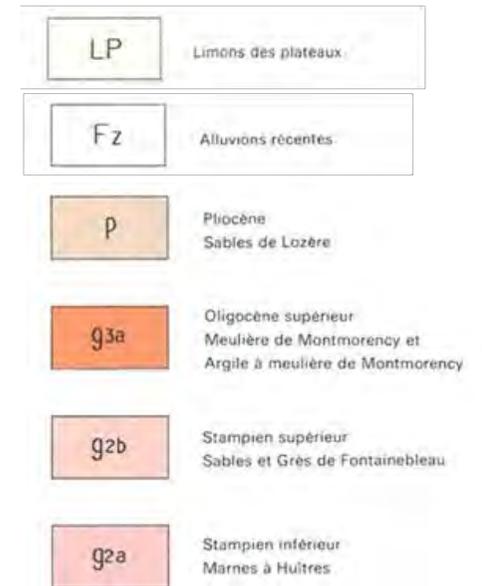


Figure 10. Carte géologique au droit de la zone d'étude

Carte géologique de Rambouillet



Carte géologique de Corbeil





4.3.1.3 Géologie de l'Albien

Situé en profondeur sous la série tertiaire et les faciès crayeux du Crétacé supérieur, l'Albien est rencontré entre 450 et 750 m de profondeur en région Ile-de-France.

Dans la partie centrale du bassin parisien, l'Albien repose sur les argiles de l'Aptien et est limité au sommet par des marnes sablo-gréseuses et glauconieuses du Cénomanién.

Du point de vue hydrogéologique, on peut subdiviser l'Albien en deux parties :

- Les niveaux supérieurs marneux et argileux appelés Marnes de Brienne (marnes plastiques ou indurées, noirâtres et glauconieuses) et Argile de Gault (localement sableuses), constituant le toit de l'aquifère. Ces deux niveaux sont souvent indifférenciés,
- Le niveau inférieur formé de niveaux sableux et de passages argileux appelé Albien inférieur. Il constitue le réservoir aquifère albien.

L'Albien inférieur est représenté par une alternance de niveaux sableux (sables moyens à grossiers jaune – vert) et de niveaux argileux qui sont de haut en bas :

- Les Sables de Frécambault, marqués par la présence de grés blancs, peu cimentés, à grains anguleux au sommet, et de sables jaunes, grossiers, hétérogènes et glauconieux au sommet. De plus, des passées d'argiles noirâtres discontinues peuvent être présentes à la base,
- Les Argiles tégulines, noires, parfois sableuses et relativement peu épaisses,
- Les Sables des Drillons, grés glauconieux au sommet et des sables fins gris verts, glauconieux et argileux à la base,
- L'Argile de l'Armanche, argilites noires légèrement sableuses avec localement des passées dolomitiques brunes,
- Les Sables verts, très glauconieux et mélangés à des argiles vertes, la base étant souvent la plus argileuse.

Ces appellations stratigraphiques ne représentent pas obligatoirement en tout lieu les faciès correspondant à leur dénomination lithologique. Les niveaux sableux peuvent être en partie ou totalement envahis par de l'argile.

De plus, suivant les sites, il apparaît que les trois niveaux sableux de l'Albien inférieur peuvent être bien distincts ou au contraire se fondre en un banc unique.

D'après la coupe du forage à l'Albien le plus proche du site (forage AEP d'Orsay), il semble qu'à proximité de la ZAC du quartier du Moulon, on se trouve plutôt dans le premier cas de figure (niveaux sableux distincts).

4.3.1.4 Coupe géologique prévisionnelle au droit de la ZAC du quartier du Moulon

La ZAC du quartier du Moulon se situe sur les communes de Gif-sur-Yvette et d'Orsay à une cote comprise entre +150 et +163 m NGF environ.

A partir des coupes géologiques des forages répertoriés à la BSS, de l'étude BRGM SGR.64.A48 et l'étude BRGM 97-D-411 (R 39702) (cartes du toit et du mur de l'Albien sableux, voir figures suivantes), deux coupes géologiques prévisionnelles peuvent être proposés au droit des zones pressenties pour accueillir les forages (sud et nord de la ZAC).



Tableau 8 : Coupes géologiques retenues au droit de la ZAC du quartier du Moulon

Profondeur approximative (sud) (m/TN à +161 m NGF)	Profondeur approximative (nord-est) (m/TN à +151 m NGF)	Formation géologique	Age
0 à 2	-	Limons des plateaux	Quaternaire
2 à 13	0 à 6	Argiles à Meulières	Stampien
13 à 75	6 à 68	Sables de Fontainebleau	
75 à 81	68 à 71	Marnes à Huîtres	
81 à 87	71 à 77	Argile verte	
87 à 100	77 à 92	Marnes supragypseuses	
100 à 138	92 à 125	Masse et Marnes du Gypse, Calcaire de Saint Ouen, Sable de Beauchamp	Bartonien
138 à 170	125 à 160	Marnes et caillasses Calcaire grossier	Lutétien
170 à 185	160 à 172	Sable de Cuise, Argile plastique	Yprésien
185 à 530	172 à 532	Craie blanche et grise	Séno-Turonien
530 à 591	532 à 593	Craie grise argileuse	Cénomaniens
591 à 636	593 à 638	Marnes de Brienne et Argile de Gault	Albien supérieur
636 à 698	638 à 701	Sables de Frécambault, Argiles tégulines, Sables des Drillons, Argile de l'Armanche, Sables verts	Albien inférieur
698 à 726	701 à 729	Sables et argiles	Aptien

Précision des cotes : +/- 5 m jusqu'au toit de la craie et +/- 10 m pour le Crétacé supérieur et l'Albien.

D'après le rapport BGRM 97-D-411 (R 39702), la puissance cumulée des sables de l'Albien inférieur est d'environ 50 m sur l'ensemble de la ZAC du quartier du Moulon.

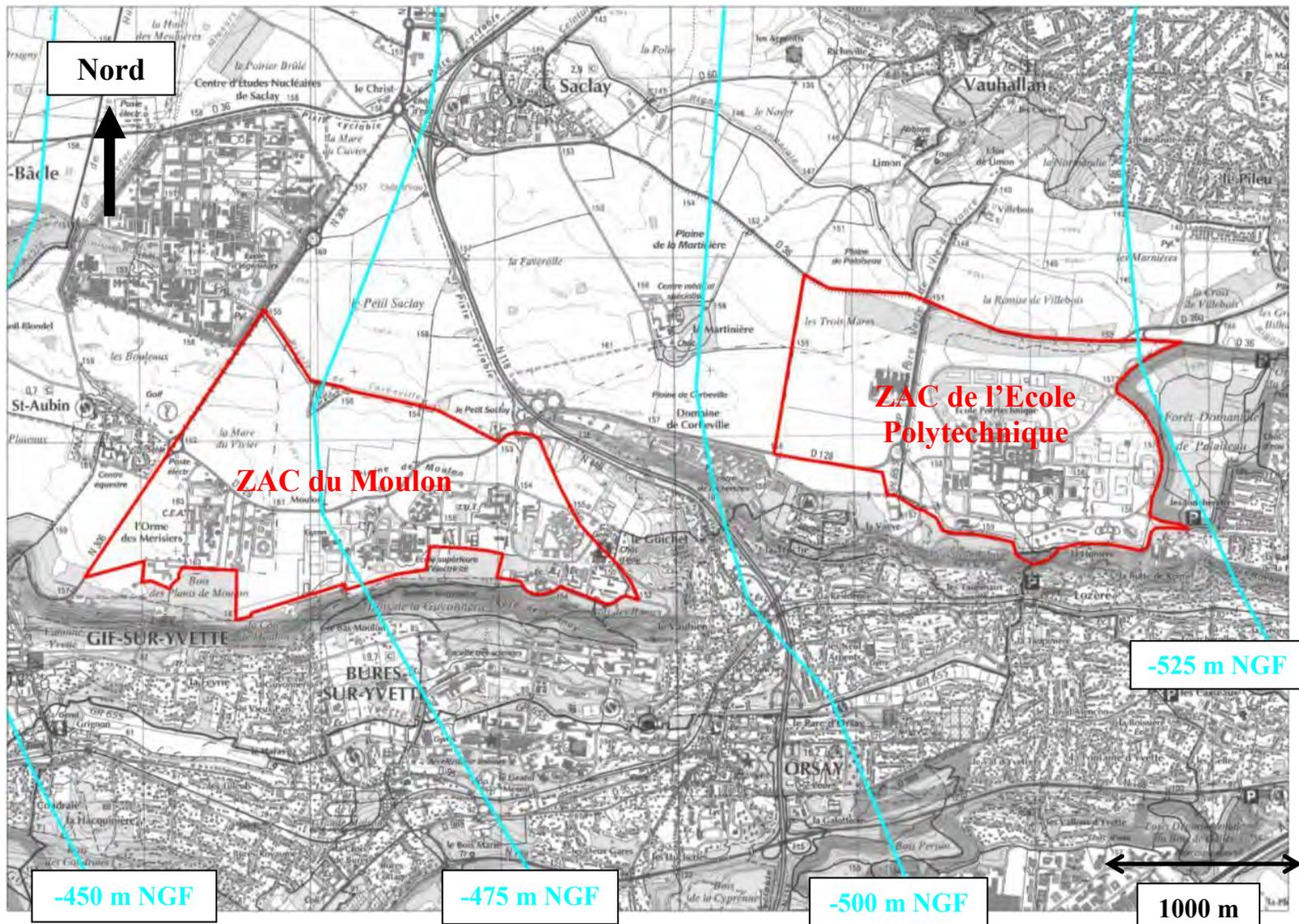


Figure 11. Carte des isohypses du toit des sables de l'Albien

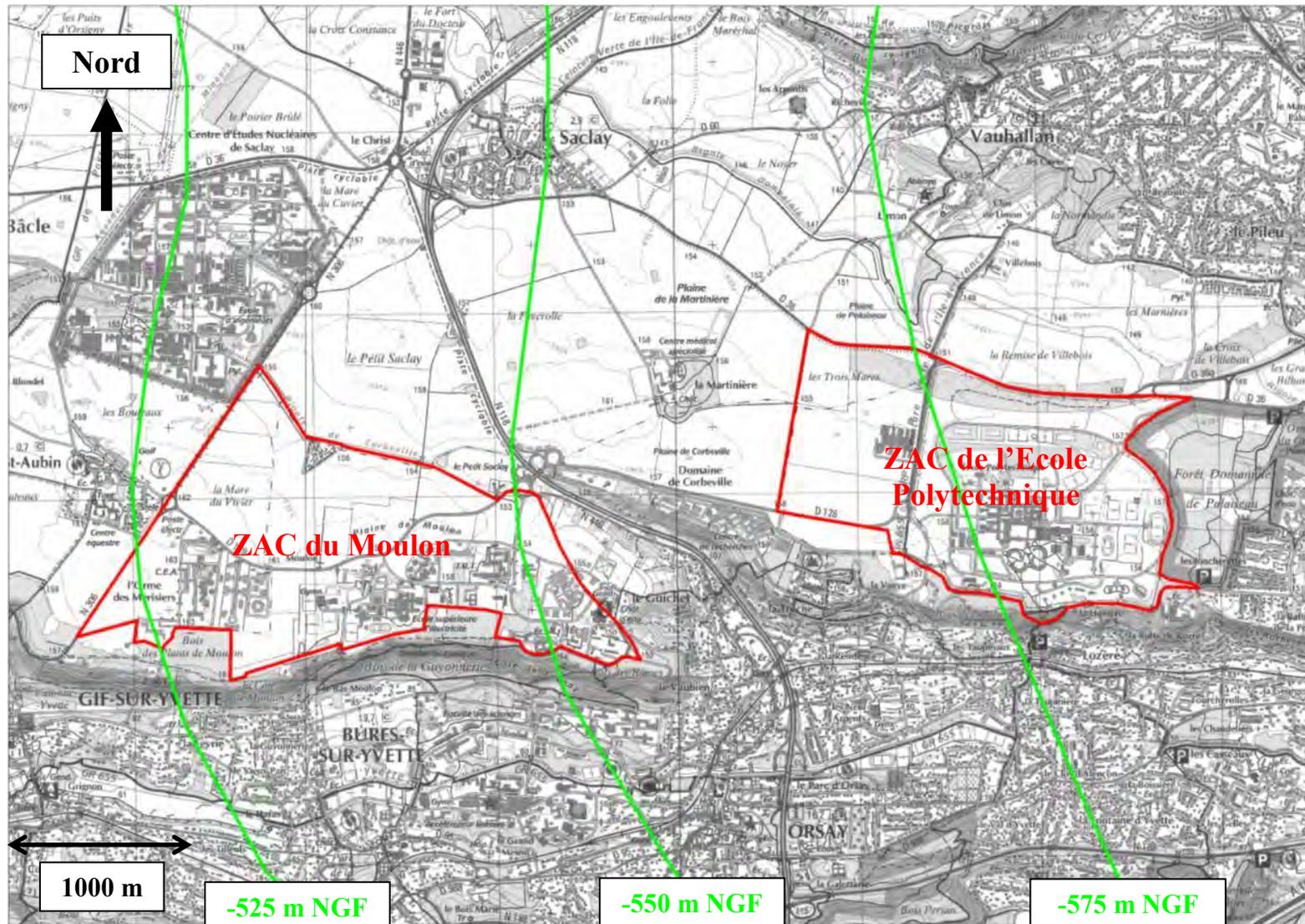


Figure 12. Carte des isohypses du mur des sables de l'Albien



4.3.1.5 Contexte hydrogéologique

Dans la région du projet, plusieurs réservoirs aquifères ont été identifiés :

- Les formations superficielles (limons des plateaux, sables de Lozère et argiles à meulière de Montmorency),
- Les Sables et grès de Fontainebleau de l'Oligocène,
- Les Calcaires de Saint-Ouen du Marinésien,
- Les Sables de Beauchamp de l'Auvervien,
- Les Calcaires du Lutétien,
- Les Sables de Cuise de l'Yprésien (plutôt argileux voire inexistant localement),
- La Craie du Sénonien.

Les principales caractéristiques de ces réservoirs sont les suivants :

- Une nappe située dans les formations superficielles (limons des plateaux, sables de Lozère et argiles à meulière de Montmorency). Il s'agit en réalité d'un ensemble de « lentilles aquifères perchées » en discontinuité hydraulique les unes des autres, ce qui va à l'encontre de la définition exacte d'une nappe. Il faut donc l'envisager comme un milieu discontinu, d'épaisseur variable, comportant localement des massifs de meulière compacte ou seulement des fragments, des lentilles argileuses imperméables et des poches sableuses.
- La nappe des sables de Fontainebleau est une nappe d'importance régionale présente au niveau du projet. Les débits prélevés pourraient être compris entre 10 et 40 m³/h au droit du secteur d'étude.
- La nappe de l'Eocène supérieur (composée principalement du calcaire de Saint-Ouen au niveau du secteur d'étude) est présente presque exclusivement à l'est de la zone d'étude (soit en direction de la fosse de Draveil) et principalement dans les axes des vallées (zones plus fracturées). Du fait de sa géométrie, ce réservoir présente, au niveau de la zone d'étude, de faibles débits (débit maximum de l'ordre de quelques m³/h).
- La nappe du Lutétien est assez reconnue au nord et à l'est du plateau de Saclay. Les débits d'exploitation envisageables s'échelonnent entre 20 et 40 m³/h au droit du secteur d'étude.
- La nappe de l'Yprésien est absente dans le secteur du projet.
- La nappe de la craie est réputée improductive lorsqu'elle est recouverte par une épaisseur importante de terrains tertiaires comme c'est le cas au droit du plateau de Saclay.

4.3.1.6 Ecoulement et pression hydrostatique de l'Albien

Au droit de la ZAC du quartier du Moulon, l'écoulement de la nappe de l'Albien converge vers Paris et la petite couronne où se concentrent la majorité des prélèvements. D'après



l'étude BRGM 97-D-411 (R 39702), la nappe de l'Albien s'écoule du Sud-Ouest vers le Nord-Est avec un gradient moyen d'environ 1‰.

De plus, d'après cette étude, le niveau statique de la nappe s'établit à environ +40 m NGF au droit de la ZAC du quartier du Moulon.

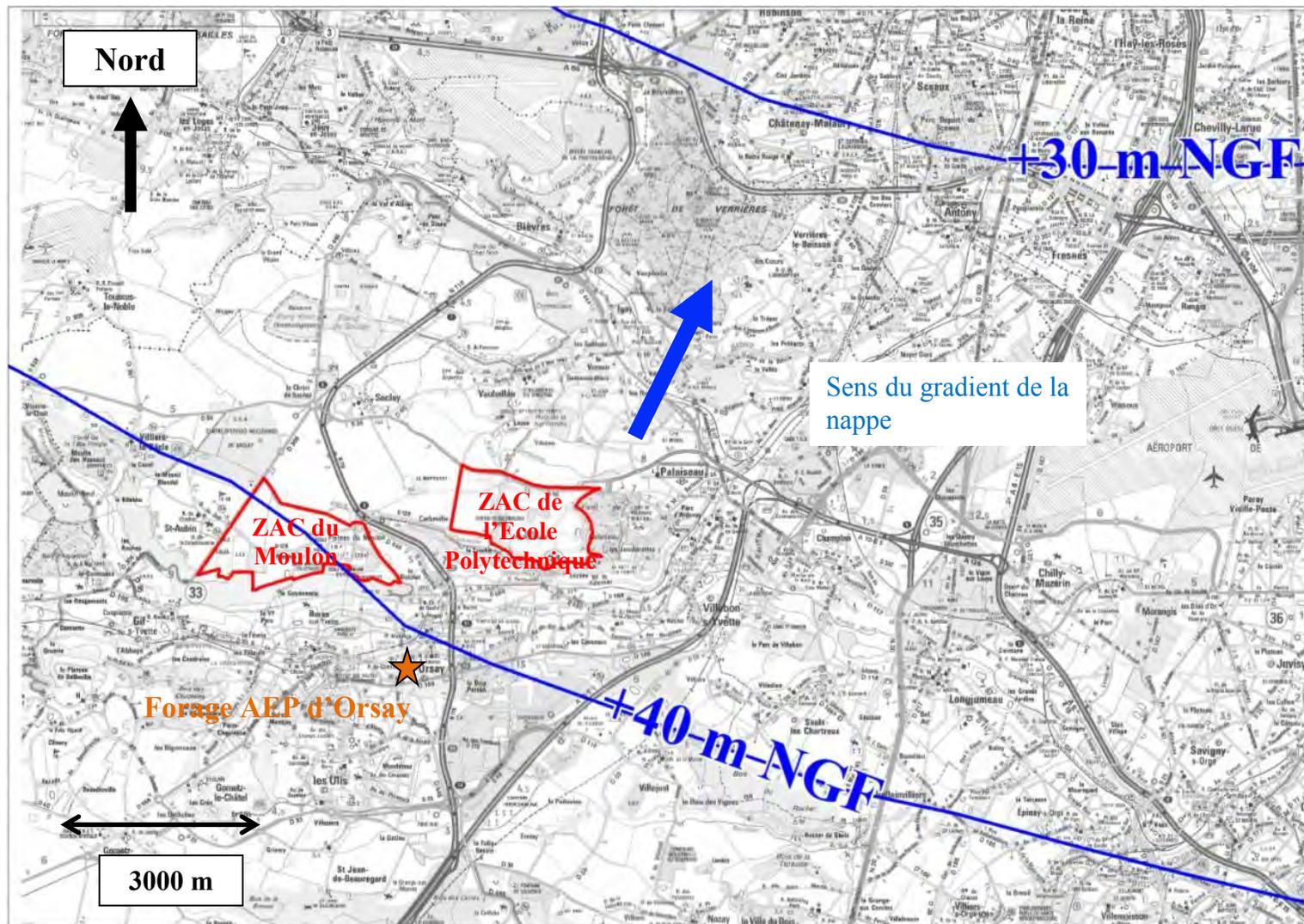


Figure 13. Carte piézométrique de la nappe de l'Albien



4.3.1.7 Paramètres hydrodynamiques de l'Albien et débit exploitable

D'après l'étude BRGM 97-D-411 (R 39702) et l'étude de la gestion des aquifères de l'Albien et du Néocomien (Hydroexpert, 2000), la transmissivité des sables de l'Albien au droit de la ZAC du quartier du Moulon serait respectivement comprise entre $3,5 \cdot 10^{-3}$ et $4,5 \cdot 10^{-3}$ m²/s et entre $3 \cdot 10^{-3}$ et $4 \cdot 10^{-3}$ m²/s. Ces deux cartes de transmissivité (figures suivantes) ont été réalisées à partir des données recueillies sur l'ensemble des forages à l'Albien du Bassin Parisien.

Le projet de ZAC se situe à proximité du forage d'eau potable de la commune d'Orsay qui a servi à l'élaboration de ces cartes. On peut donc estimer que les fourchettes de transmissivité sont fiables sans pour autant pouvoir quantifier cette fiabilité puisqu'il n'existe pas d'autre forage à proximité.

Ainsi, en prenant l'intervalle commun de ces deux fourchettes, on peut penser que la transmissivité au droit du projet sera vraisemblablement comprise entre $3,5 \cdot 10^{-3}$ et $4 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

Sur la base de cette fourchette de transmissivité, on peut donner une fourchette de débit probable comprise entre 190 et 215 m³/h.

La mesure du coefficient d'emmagasinement nécessite la mesure du rabattement induit sur un piézomètre. Elle n'a pas été réalisée sur la nappe de l'Albien.

La mesure de ce paramètre la plus proche du projet a été réalisée à Neuilly-sur-Seine ($1 \cdot 10^{-4}$).

D'après l'étude BRGM 97-D-411 (R 39702), la porosité des sables Albien serait d'environ 30%.

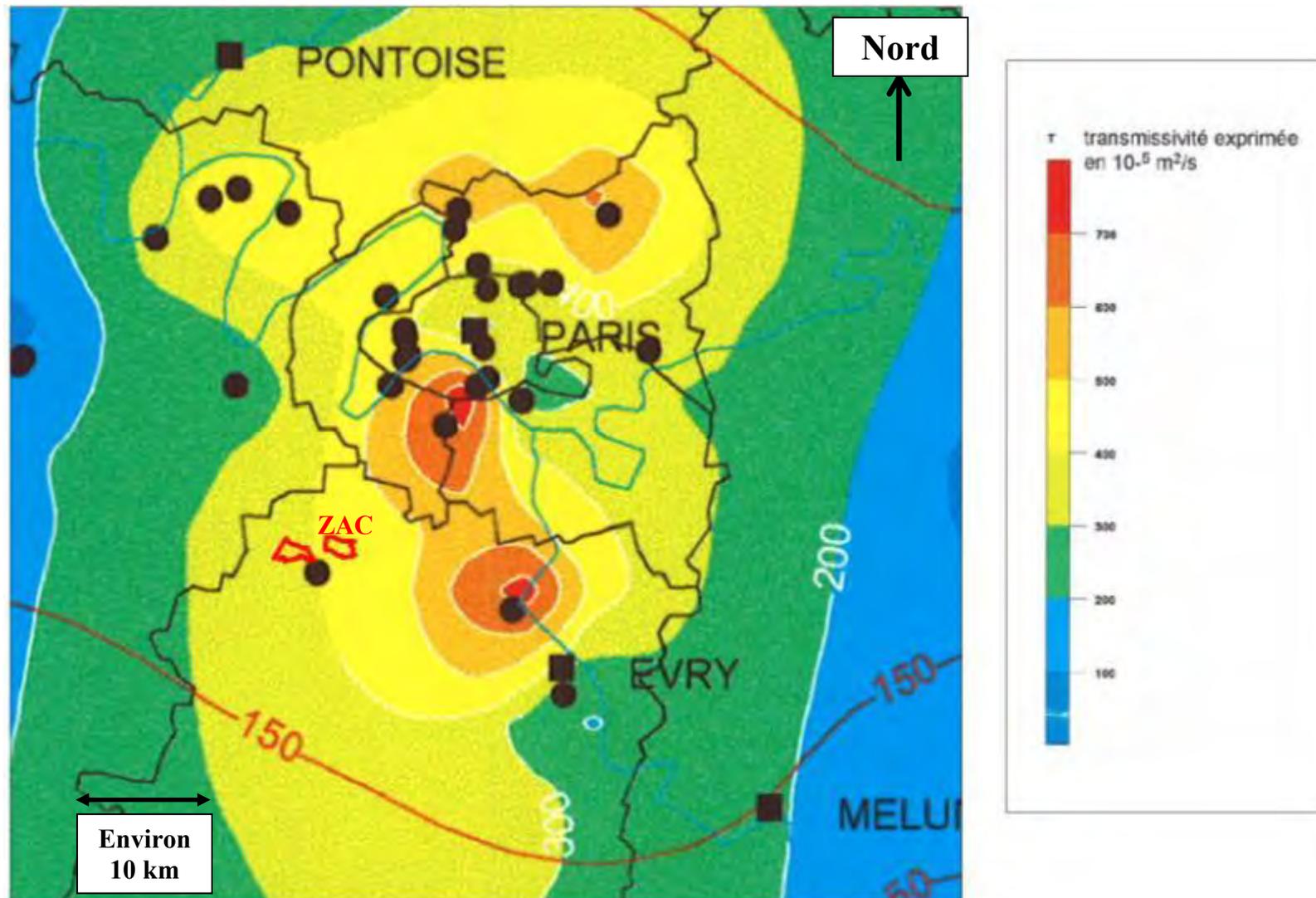


Figure 14. Répartition des transmissivités (rapport BGRM IDF R39702)

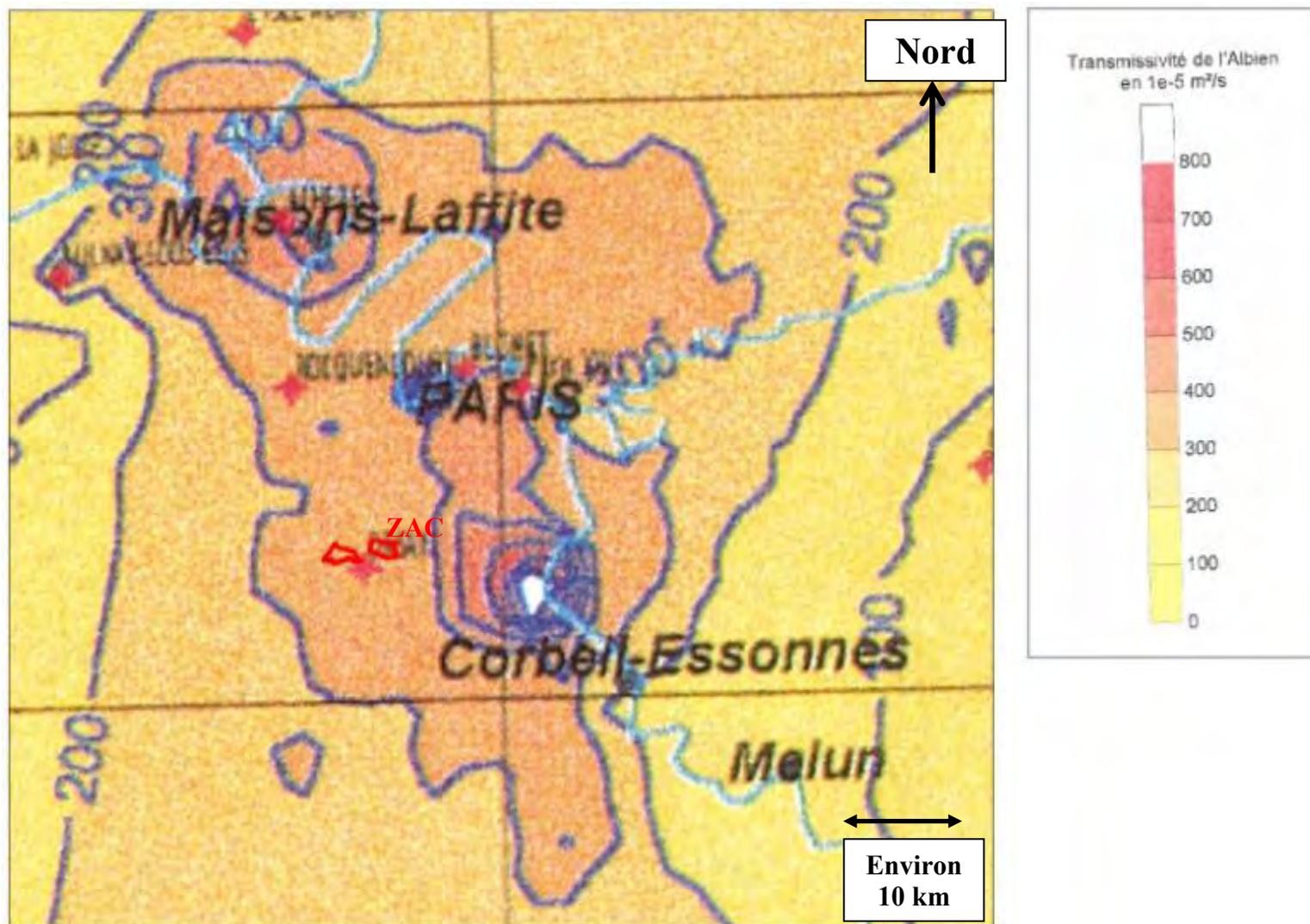


Figure 15. Répartition des transmissivités (rapport Hydroexpert)



4.3.1.8 Température

Compte tenu du gradient géothermique moyen en Ile de France et de la profondeur du toit de l'Albien au droit de la ZAC du quartier du Moulon, la température du réservoir est estimée à environ 31°C +/- 1°C.

Les données collectées sur le forage AEP d'Orsay sur le site de l'ADES pour 28 échantillons (température mesurée en surface) confirment une fourchette de température en tête de puits comprise entre 29 et 31°C (en excluant une valeur anormalement basse).

Ainsi, en tenant compte en première approximation d'une baisse de température de l'ordre de 1°C du réservoir à l'exhaure, on retiendra une température moyenne de l'eau d'exhaure en surface de 30°C +/-1°C au producteur. Afin de ne pas descendre sous une valeur de principe de 10°C à l'injecteur, on peut donc compter sur un ΔT° de l'ordre de -20°C.

4.3.2 Caractéristiques physico-chimique du fluide

Le forage à l'Albien le plus proche de la ZAC du quartier du Moulon est celui appartenant à la commune d'Orsay (91). L'eau de ce forage étant utilisée pour l'approvisionnement en eau potable, la chimie de l'eau de ce forage est particulièrement suivie et les données de ce suivi sont disponibles sur le site ADES.

Le tableau suivant indique la composition chimique en ions majeurs du forage d'Orsay qui devrait être proche de la composition chimique de l'eau de l'Albien au droit de la ZAC du quartier du Moulon.

Tableau 9 : Composition chimique de l'eau de l'Albien prélevée au forage d'Orsay

Paramètres	Nombre d'analyses	Références ou limites de qualité	Valeur minimum	Valeur maximum	Valeur moyenne
Calcium (mg/l)	31	-	27,1	32,5	29,8
Magnésium (mg/l)	31	-	3,8	8	6,5
Sodium (mg/l)	30	200	4,6	6,6	5,7
Potassium (mg/l)	31	-	2,7	9,8	8,5
Chlorures (mg/l)	24	250	4,4	8	5,2
Sulfates (mg/l)	30	250	9,5	14,1	11,6
Hydrogénocarbonates (mg/l)	31	-	110	322	133
Dureté (°F)	17	-	9,2	11	10,1
pH (à 20°C)	32	$\geq 6,5$ et ≤ 9	6,7	8	7,6
Conductivité à 25°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	31	≥ 200 et ≤ 1100	207	283	242,7
Fer ($\mu\text{g}/\text{l}$)	20	200	135	300	150

Selon l'arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaines

Ces analyses montrent que l'eau de l'Albien est dans le secteur d'étude faiblement minéralisée (salinité d'environ 200 mg/l), en quasi équilibre calco-carbonique ce qui réduit le risque de corrosion et le risque de formation de dépôt.

D'autre part, des analyses sur l'eau du forage à l'Albien de la Maison de la Radio à Paris avant passage dans l'échangeur (27°C) et après passage dans l'échangeur (8°C) ont permis de montrer que la minéralisation des eaux rejetées a peu varié par rapport à celle des eaux prélevées.



Ces différentes études montrent que la composition des eaux de l'Albien est assez constante au cours du temps.

Les eaux de l'Albien sont réputées pour contenir du fer, ce que les analyses sur le forage d'Orsay confirment. La présence de glauconie dans les sables albiens et/ou de niveaux argileux dans les sables peuvent être à l'origine de cette présence de fer. Les teneurs en fer observées sur le forage d'Orsay sont relativement élevées ce qui nécessite de maintenir le fluide dans des conditions d'anaérobie pour éviter toute précipitation sous la forme d'hydroxyde de fer. La présence de fer est aussi propice au développement des bactéries du fer.

Le maintien en pression du réseau géothermal évitera toute oxygénation et permettra de remplir cet objectif.

4.3.3 Historique de l'exploitation de l'Albien

Dans un rayon de 20 kilomètres, il existe 9 captages fonctionnant ou susceptibles de fonctionner actuellement :

- Le captage AEP d'Orsay, le plus proche, situé à environ 1700 m au Sud-Ouest,
- Le captage de Viry-Châtillon situé à environ 13 km à l'Est,
- Le forage de Brétigny-sur-Orge situé à environ 14 km au Sud,
- Le forage d'Evry situé à environ 19 km au Sud-Est,
- Les forages de St Lambert situés à environ 13 km à l'Ouest,
- Le forage de Rocquencourt situé à environ 14 km au Nord-Ouest,
- Le forage d'Issy SEDIF situé à environ 12,5 km au Nord,
- Le forage de Bagneux situé à environ 12 km au Nord-Est,
- Le doublet de forages géothermiques d'Issy les Molineaux situé à environ 11,5 km au Nord.

Les forages à l'Albien cités ci-dessus sont localisés sur la figure suivante.

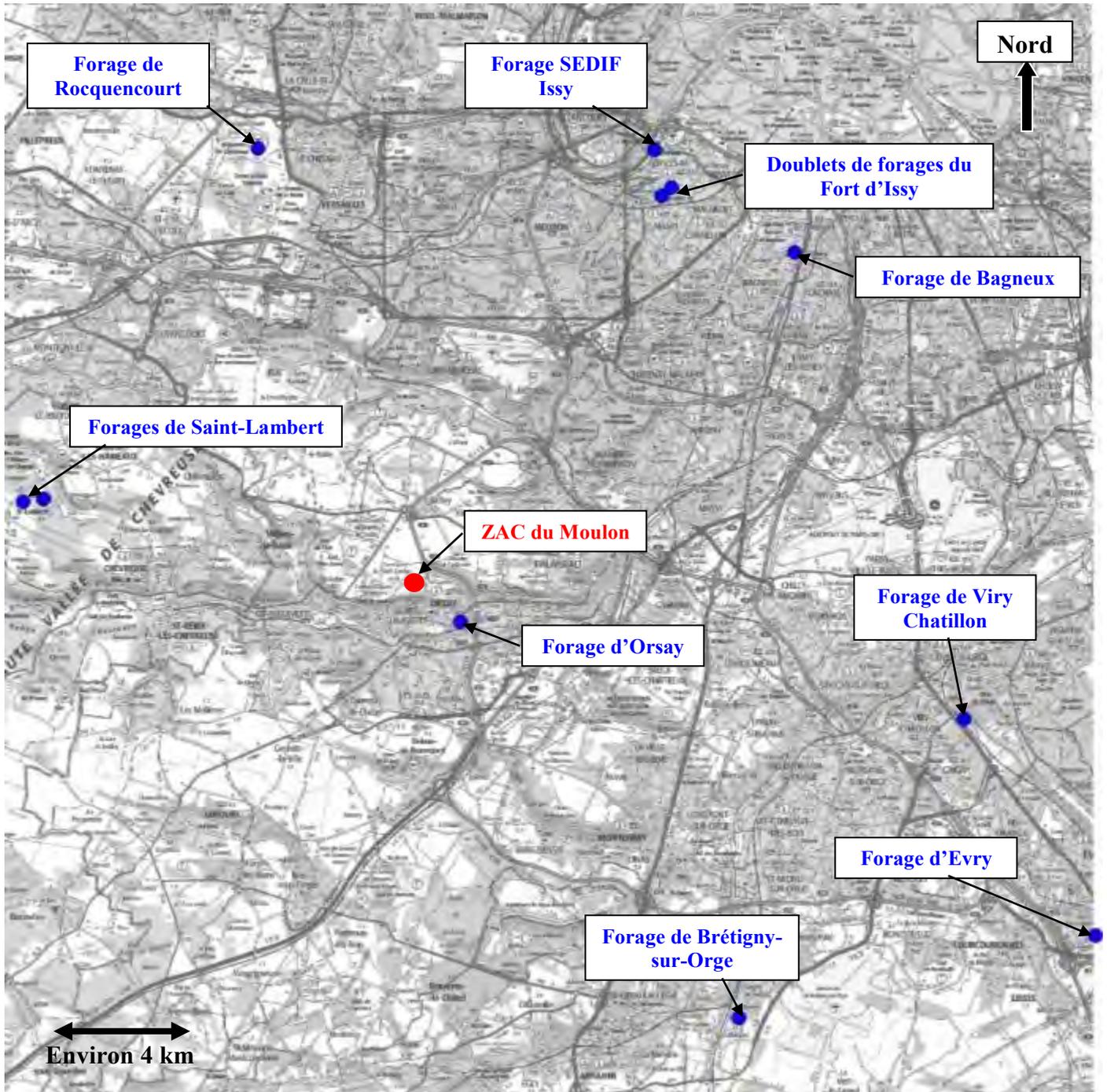


Figure 16. Localisation des forages à l'Albien voisins

4.4 Alimentation en eau potable de secours

La situation d'Ultime Secours correspond à une crise majeure durant laquelle l'essentiel des moyens du système de production-distribution sont indisponibles de manière durable.

Pour faire face à une telle situation, le SEDIF s'est doté d'un plan de gestion de crise interne appelé « plan d'ultime secours », qui apporte une première réponse aux prescriptions du Plan



Régional d'Alimentation en Eau Potable (PRAEP) édicté par les services de l'Etat. Les principes du plan d'ultime secours ont été validés par ses instances le 05 juillet 2013.

4.4.1 Stratégie adoptée par le SEDIF pour son plan d'ultime secours

4.4.1.1 Ressource en eau

Dans le cas du SEDIF, l'hypothèse de crise retenue devant recourir à une solution d'Ultime Secours est l'arrêt simultané, quelle qu'en soit la cause et pour une durée indéterminée, des 3 usines de production d'eau potable du SEDIF, sans secours possible de la part des autres distributeurs. Ces trois usines qui produisent de l'eau potable à partir d'eau de surface (Seine, Marne et Oise) assurent en temps normal 95 % des besoins en eau sur le territoire du SEDIF. Pour pallier le déficit en ressource causé par la perte de ces usines, le SEDIF doit recourir aux ressources souterraines qui sont moins vulnérables aux crises que les eaux de surface.

Les besoins prioritaires en eau de qualité potable sont établis dans le PRAEP entre 5 l/j/hab. (minimum vital) et 20 l/j/hab. Ce même document établit une base de 10 l/j/hab dès lors que la distribution d'eau ne provient plus d'un réseau d'adduction conventionnel. En limitant donc à 10 l/j/hab la quantité d'eau distribuée en cas de crise, le besoin total en eau sur le territoire du SEDIF en situation d'ultime secours a été estimé à 111 000 m³/j, soient 13% des ressources prélevées en moyenne en situation normale.

Aujourd'hui le SEDIF compte déjà dans son patrimoine des ressources souterraines mobilisables. Il s'agit des usines à puits d'Arvigny, d'Aulnay-sous-Bois, de Neuilly-sur-Seine et Pantin. La production de ces usines (associée à la production de quelques forages tiers existants et réquisitionnables), couvre aujourd'hui 73% des besoins nécessaires en cas d'Ultime Secours. Pour atteindre les 100%, il a été estimé que le SEDIF devait construire et équiper 9 nouveaux forages.

Les forages dans l'Albien sont à privilégier car, de par sa profondeur, cette nappe est protégée des pollutions de surface et l'eau puisée ne nécessite pas de traitement avant distribution (voir partie 4.3.2 sur la qualité de l'eau de l'Albien).

Le SDAGE en vigueur (décrit dans la partie 6.4.6) réserve l'usage de la ressource à l'ultime secours. Les autorisations de prélèvement sont gérées par la DRIEE qui assure la police de l'eau sur cette nappe.

Afin de réduire les coûts d'investissement pour ces nouveaux forages, le SEDIF est à la recherche de partenariats sur des projets de géothermie à l'Albien. L'eau puisée dans un forage géothermique qui est en temps normal réinjectée dans la nappe, pourra être distribuée, en cas d'ultime secours, soit par un raccordement à un réseau de distribution situé à proximité, soit par camion-citerne.

C'est le cas de deux projets de géothermie déjà en exploitation, à Issy-Les-Moulineaux et au Plessis Robinson, pour lesquels le SEDIF bénéficiera des droits de puisage lors des situations d'ultime secours à la demande des services de l'Etat. Un raccordement entre le réseau géothermique et le réseau du SEDIF est à l'étude et devrait permettre dans le futur l'utilisation de cette eau en ultime secours.



4.4.1.2 Transport

En cas de crise, il n'est pas possible de maintenir en service le réseau de distribution de manière complète, car cela ne permettrait pas de restreindre la consommation individuelle à 10 l/j/hab. Il n'est pas non plus imaginable de transporter l'eau par camion, compte tenu d'une part du nombre de camions qui serait nécessaire, et d'autre part des difficultés probables de circulation en ces circonstances.

Le SEDIF a donc envisagé de mettre à disposition l'eau en des points de distribution judicieusement repartis sur l'ensemble du territoire. L'eau produite par les forages serait transportée vers ces points de distribution par des réseaux spécialisés appelés ossatures.

Le transport de l'eau en cas d'ultime secours serait donc assuré de la sorte :

- Une ossature principale, alimentée principalement par les usines à puits existantes et qui s'étend sur un linéaire de 250 km dans les zones les plus basses (zones actuelles de 1^{ère} élévation) du territoire du SEDIF. Elle permet de desservir environ 80% de la population à secourir (voir figure suivante).
- Des ossatures secondaires constituées autour de forages à créer. Les ossatures secondaires permettent d'amener l'eau dans les différentes zones d'altitude plus élevée (zones actuelles de 2^{ème} et 3^{ème} élévation)
- Un transport par camion pour les zones situées à plus de 1 km des ossatures. Le besoin pour cette partie limitée du territoire est évalué à 150 camions citernes de 10 m³ qui viendront s'approvisionner sur les bornes ou postes incendie encore en service.

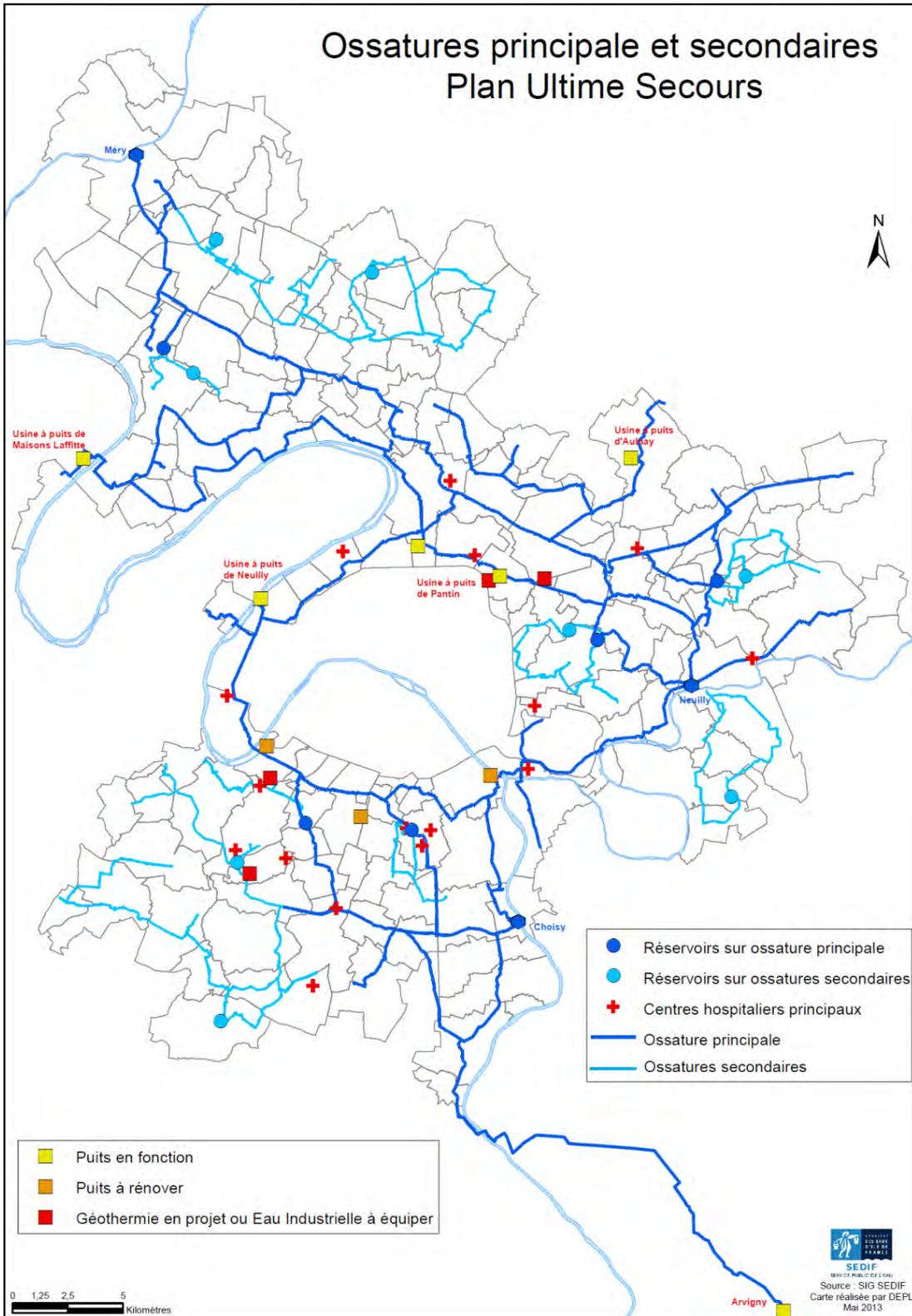


Figure 17 : Ossatures principales et secondaires du réseau SEDIF



4.4.2 Intérêt des forages du plateau de Saclay dans la réalisation du plan d'ultime secours.

4.4.2.1 Plan d'ultime secours dans le secteur sud

Dans le secteur sud du territoire du SEDIF, l'architecture du plan d'ultime secours est la suivante (cf carte de la figure suivante) :

- L'ossature primaire (en vert) couvre la partie la moins élevée du réseau du SEDIF est alimentée par les usines de production.
- L'ossature secondaire d'Issy-Les-Moulineaux (en jaune) et l'ossature secondaire du Plessis Robinson (en orange) seront alimentées par les forages géothermiques déjà exploités.
- Enfin une ossature secondaire (en rouge) en équilibre sur le réservoir de Palaiseau qui transporterait l'eau vers des points de distribution situés dans les communes de Palaiseau, Massy, Igny, Verrière le Buisson, Bièvre, Jouy en Josas, Les loges en Josas et Vélizy-Villacoublay.

Le plan d'ultime secours prévoyait initialement la construction d'un forage pour alimenter cette ossature. Cette fonction pourrait être assurée par le forage de la ZAC du quartier du Moulon.

4.4.2.2 Utilisation des forages du plateau de Saclay pour l'ultime secours.

Les doublets géothermiques de la ZAC du quartier de l'Ecole polytechnique et de la ZAC du quartier du Moulon seront implantés sur le plateau de Saclay à proximité du réservoir de Palaiseau (cf. carte de la figure suivante). Il est donc prévu que ces deux forages alimentent l'ossature secondaire en équilibre sur ce réservoir en remplacement du forage à construire.

De plus la présence à proximité immédiate de canalisations appartenant au SEDIF, limite les aménagements nécessaires pour le transport de l'eau produite vers le réservoir de Palaiseau.

Le plan d'ultime secours estime à 160 000 le nombre de personnes alimentées par l'ossature secondaire de Palaiseau. Le débit de production demandé d'un forage à l'Albien étant de 150 m³/h, un seul forage serait en théorie suffisant pour leur fournir 10 litres par jour et par personne. Néanmoins, cette estimation ne prenait pas en compte les besoins, de la future population de la ZAC du quartier du Moulon et de la ZAC du quartier de l'Ecole polytechnique (environs 5000 logements) qui aura également besoin d'eau en cas de crise.

Une étude menée par le SEDIF a montré qu'un deuxième forage était nécessaire pour couvrir, les besoins de l'ossature de Palaiseau, et de celles des deux ZAC.

L'étude a également démontré que l'excédent éventuel d'eau produit par le second forage, pouvait, moyennant quelques aménagements, être transféré via l'ossature primaire vers d'autres zones du périmètre SEDIF non encore pourvues en forage ou mises à disposition par camion-citerne dans d'autres secteurs ne disposant pas de ressources souterraines.

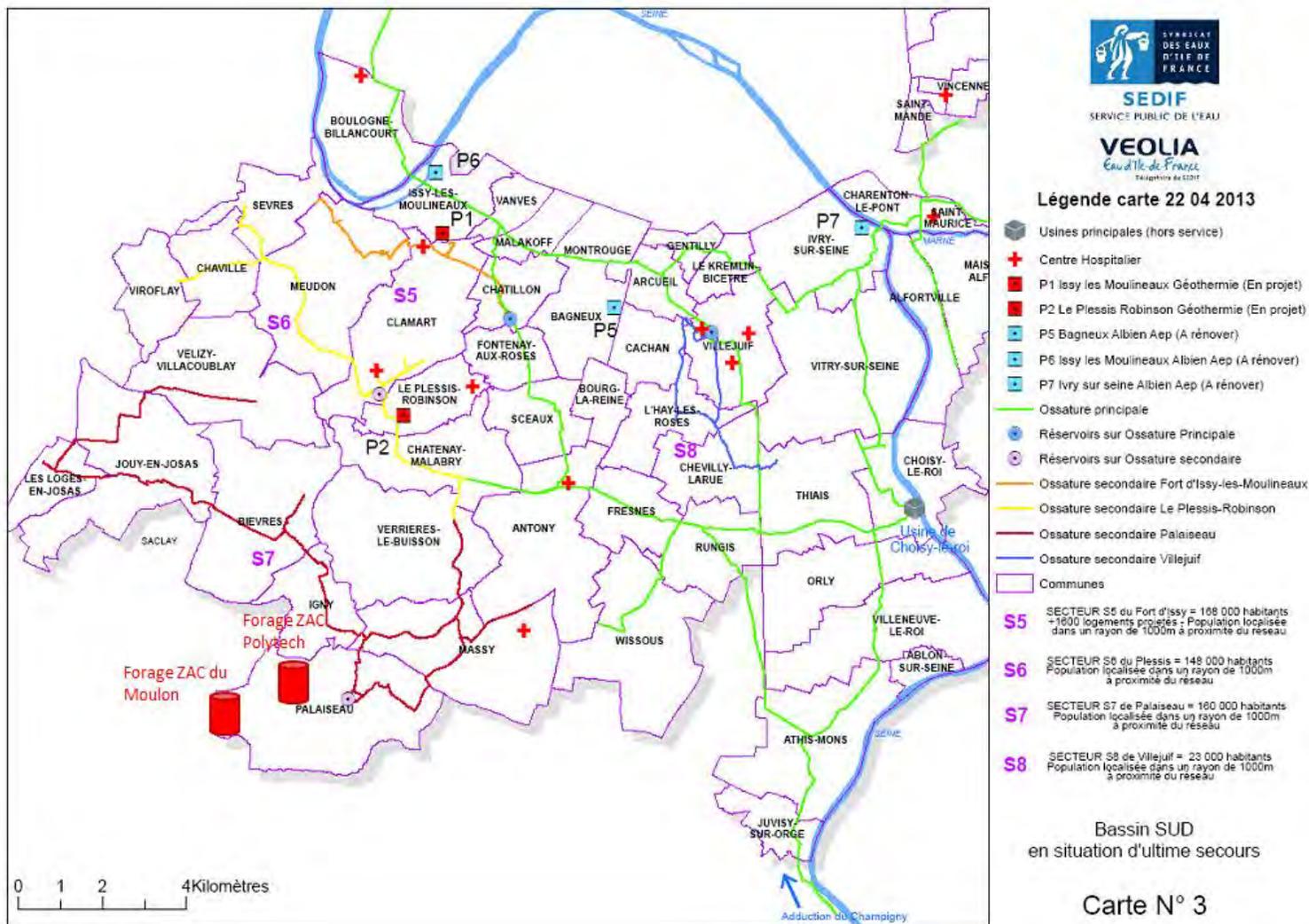


Figure 18 : Plan d'ultime secours du SEDIF pour le secteur Sud

4.4.3 Principe de raccordement au réseau

Le principe de raccordement proposé par le SEDIF est le suivant :

- Piquage direct sur la conduite géothermale au niveau du forage de réinjection (au nord de la ZAC),
- Pose d'une conduite jusqu'à une chambre de raccordement, incluant tous les équipements nécessaires à la maîtrise et au contrôle de l'alimentation en eau potable,
- Pose d'une conduite de raccordement jusqu'au réseau principal d'alimentation en eau.

Le schéma ci-dessous illustre le principe du raccordement entre les deux réseaux et les équipements nécessaires pour la gestion de celui-ci

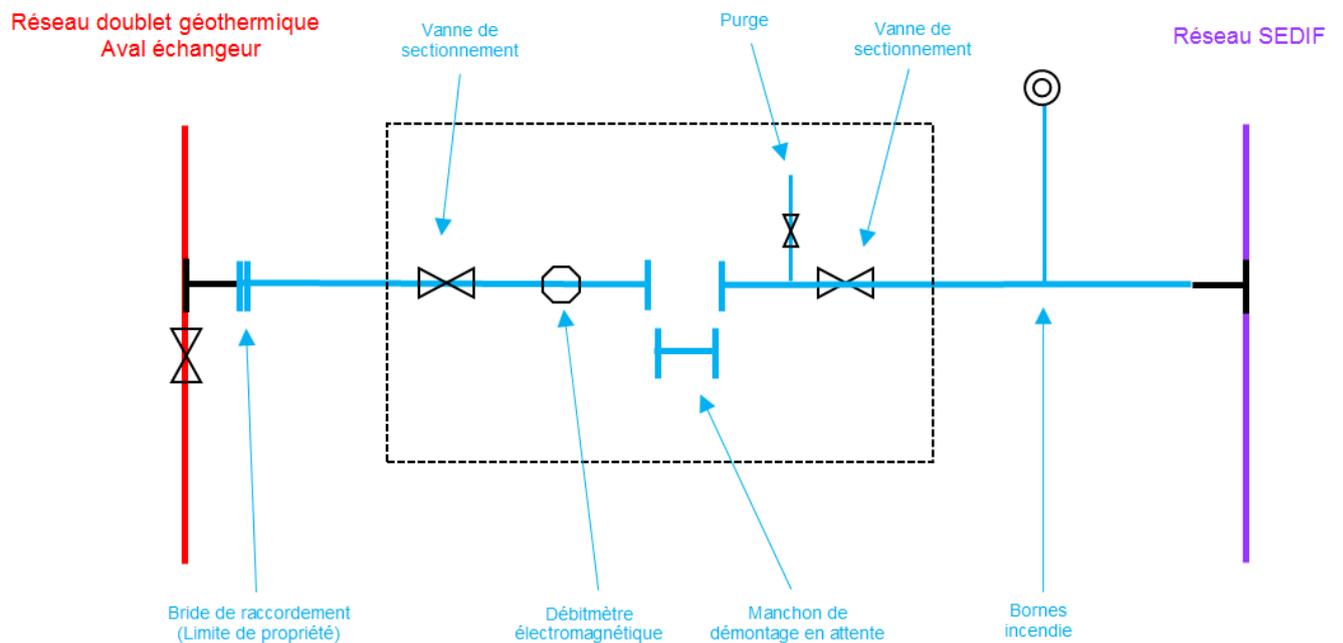


Figure 19. Principe de raccordement réseau géothermique / réseau SEDIF

Comme montré sur la figure précédente, le raccord ne sera effectif qu'en cas de pose du manchon de raccordement. La chambre sera sécurisée et étanche.

Le croquis ci-dessous place le raccordement entre les réseaux sur le site de la ZAC du quartier du Moulon.

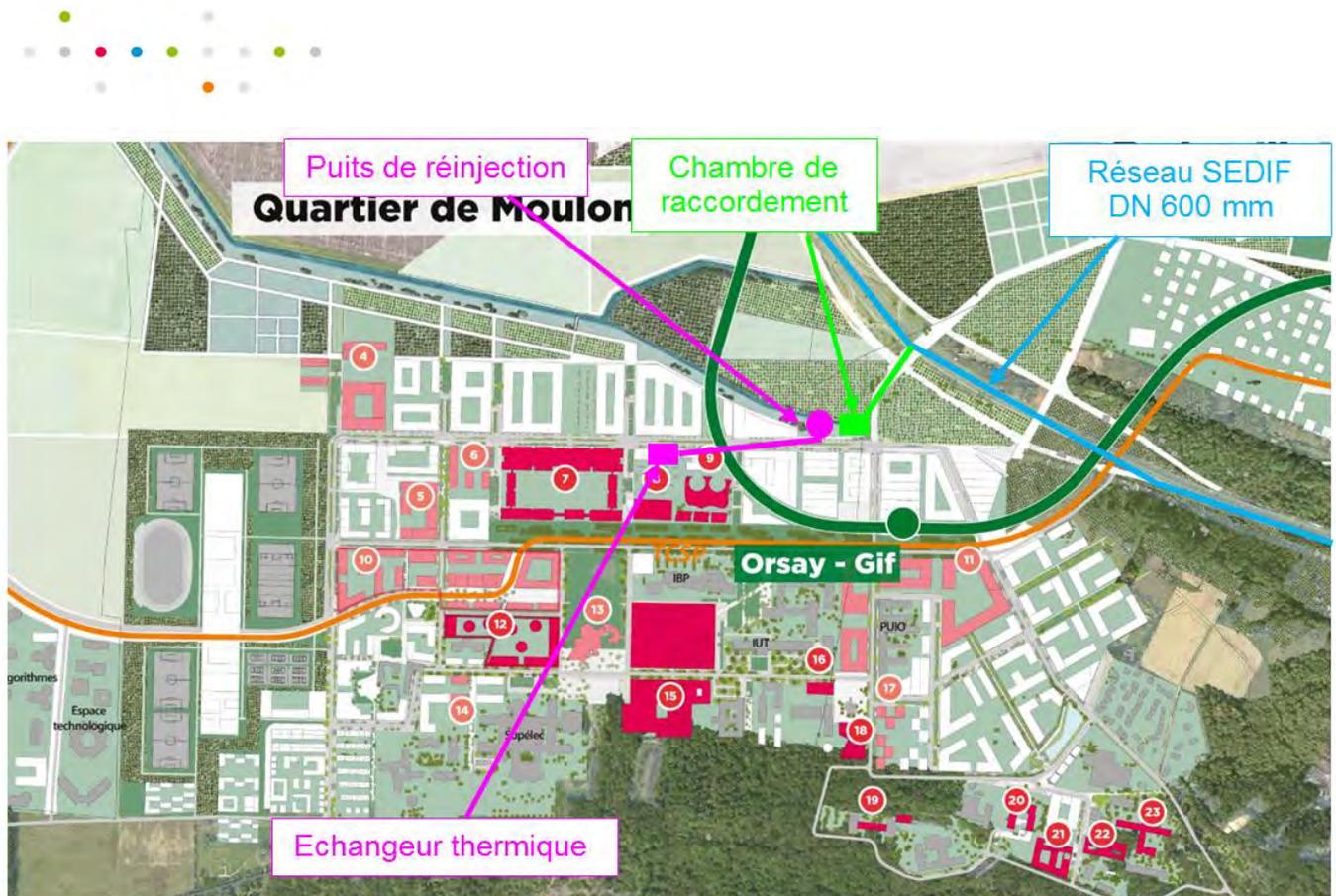


Figure 20. Implantation du raccordement en ultime secours SEDIF

4.5 Ouvrages de surface : le réseau de chaleur et de froid de Paris

Saclay

4.5.1 Introduction

Comme évoqué dans l'introduction de ce document, l'EPA Paris-Saclay s'est orienté vers le choix d'un réseau de chaleur et de froid sur la ZAC du quartier du Moulon.

Afin d'en assurer la performance énergétique et d'en faciliter le dimensionnement, l'ensemble des futurs projets immobiliers y seront raccordés.

4.5.2 Les besoins énergétiques de la ZAC

Sur la base des ratios de puissance au mètre carré, le tableau ci-dessous présente les besoins (kW) en chauffage, ECS et froid de la ZAC du quartier du Moulon. Ces besoins sont traduits en puissance appelée au niveau des ilots et de l'installation centralisée en prenant en compte les pertes réseaux et le foisonnement.



Tableau 10 : Besoins en puissance

	Total ZAC M	lot 1	lot 2	lot 3	lot 4	lot 5
<i>P chaud ratios (W/m²)</i>		9 765	6 490	4 930	921	150
<i>P chaud tenant compte du foisonnement</i>		7 812	5 192	3 944	737	120
<i>P chaud tenant compte des pertes réseaux</i>		8 223	5 466	4 151	776	126
<i>P ECS ratios (W/m²)</i>		1 344	675	138	50	45
<i>P ECS tenant compte du foisonnement</i>		1 076	540	110	40	36
<i>P ECS tenant compte des pertes réseaux</i>		1 132	568	116	42	38
<i>P froid ratios (W/m²)</i>		2 401	2 529	3 182	464	-
<i>P froid tenant compte des pertes réseaux</i>		2 450	2 581	3 247	473	-
Total Chaud appelé	20 638	9 355	6 034	4 267	818	164
Total Froid appelé	8 761	2 450	3 581	3 247	473	

Sur la base des profils types, le bilan prévisionnel de production donne la répartition suivante entre les différentes ressources pour les productions de chaleur et de froid. Elle met en évidence que la ressource géothermique de l'Albien est indispensable pour l'atteinte du taux de 50% EnR à l'échelle de la ZAC.

Tableau 11 : Répartition de la production de chaud

CHAUD	Besoins chaud	Albien	Valorisation combinée chaud et froid	Récupération autres îlots	Electricité TFP et auxiliaires	Electricité géothermie et auxiliaires	Gaz	Taux ENR
2 017	5 409	2 431	1 330	96	1 606	205	23	66%
2 018	13 123	5 968	3 024	164	3 923	506	230	64%
2 019	16 857	7 362	3 767	345	5 017	629	605	63%
2 020	22 427	8 702	5 190	740	6 578	757	1 530	60%
2 021	23 567	9 031	5 159	988	7 080	786	1 646	60%

Figure 21 : Mix énergétique prévisionnel ZAC du quartier du Moulon chaud 2021



Chaleur : bilan Mix énergétique ZAC M (2021)

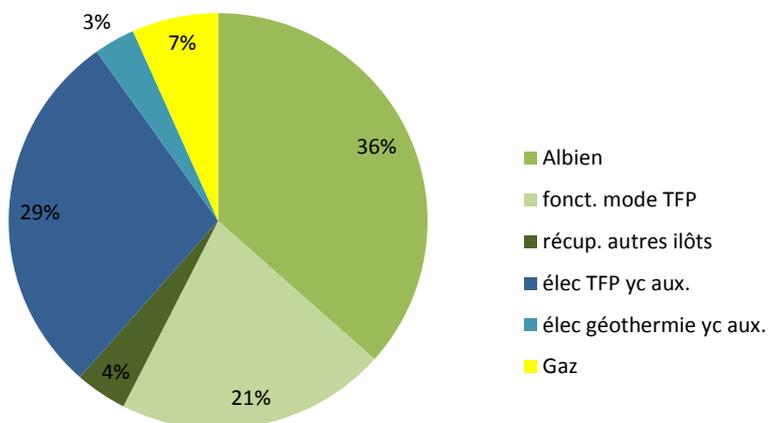
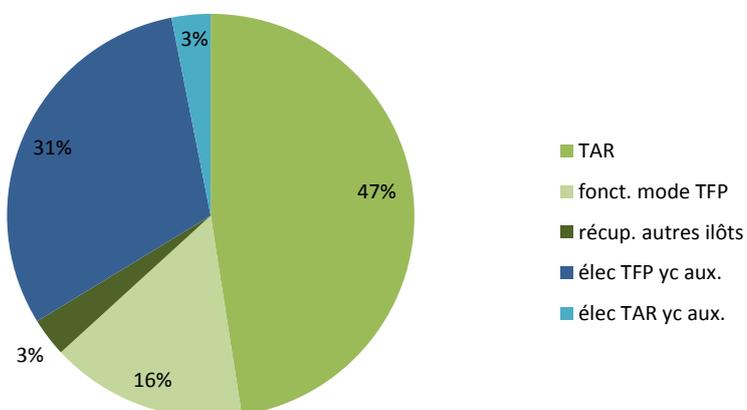


Tableau 12 : Répartition de la production de froid

FROID	Besoins froid	TAR	Valorisation combinée chaud et froid	Récupération autres îlots	Electricité TFP et auxiliaires	Electricité TAR et auxiliaires	Taux ENR
2017	1 818	1 058	98	18,03	675	69	59%
2018	3 696	1 859	559	32,87	1 306	121	61%
2019	4 483	2 145	809	38,50	1 565	139	62%
2020	6 426	3 247	940	57,49	2 291	211	61%
2021	6 606	3 292	1 236	56,30	2 123	214	65%

Figure 22 : Mix énergétique prévisionnel ZAC du quartier du Moulon froid 2021

Froid : bilan Mix énergétique ZAC M (2021)



4.5.3 Solution technique pour assurer les besoins de la ZAC

La solution technique de production de chaleur et de froid pour les futurs réseaux alimentant les bâtiments de la ZAC est basée sur le principe de valorisation de l'énergie issue de la nappe sur l'Albien.

Il est prévu 3 niveaux de production/distribution d'énergie pour desservir les différentes parcelles de la ZAC :

- Une installation centralisée : échange avec l'Albien, appoints de chaleur et refroidissement du réseau tempéré,
- Des installations semi-centralisées (SSTI) localisées au niveau des îlots regroupant plusieurs parcelles,
- Des installations décentralisées (SSTP) point de livraison d'énergie au niveau des parcelles.

Le schéma ci-dessous représente le principe général de la production de chaud et de froid sur la ZAC. Le plan qui suit présente le tracé du réseau, des forages et des sous-stations.

Figure 23. Principe général de fonctionnement du réseau de chaleur

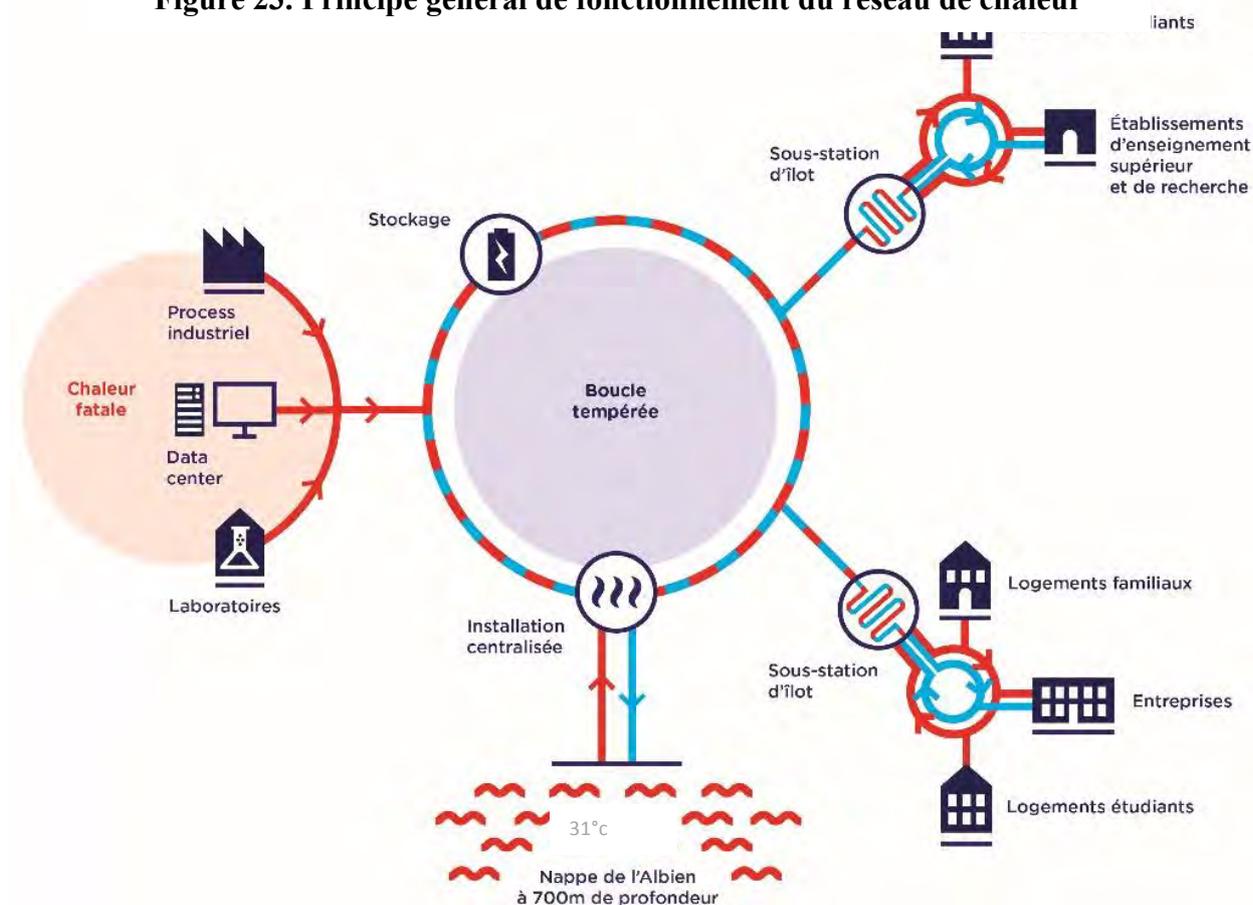




Figure 24. Plan du réseau de chaleur de la ZAC du Moulon



4.5.4 Fonctionnement de l'installation

En hiver et demi-saison, le réseau tempéré à un régime de 10-30°C fera profiter de la géothermie à l'ensemble des utilisateurs. L'excédent de froid produit par les SSTI sera soit récupéré au niveau des autres SSTI soit évacué dans la nappe de l'Albien.

Si la capacité de la nappe n'est pas suffisante, un appoint de chaleur sera réalisé en centrale par les chaudières.

En hiver, en cas de très forte demande, la production de chaleur des SSTI par les PAC est complétée par celle des chaudières centralisées qui est alors distribuée à 70-100°C via le réseau tempéré.

En été, la chaleur excédentaire des SSTI ne peut être absorbée par la géothermie car elle réchaufferait alors la ressource, elle est alors distribuée entre les SSTI pour revalorisation par le réseau tempéré et évacuée sur les tours de refroidissement situées dans l'installation centralisée de la ZAC.

Ce schéma énergétique permet de garantir un taux EnR&R de 50% et un contenu CO2 inférieur à 100g/kWh.

4.5.4.1 Fonctionnement installation centralisée

L'installation centralisée de la ZAC a les deux fonctions suivantes :

- Prélever l'énergie de l'Albien pour en faire profiter chacun des preneurs au travers du réseau d'eau tempérée et des SSTI,
- Traiter le surplus de chaud ou de froid véhiculé par le réseau tempéré par des tours de refroidissement ou des chaudières gaz.

L'installation centralisée est pilotée selon 3 modes de fonctionnement à savoir :

- Le fonctionnement mi-saison (fonctionnement Enr&R sur l'Albien),
- Le fonctionnement hiver avec appoint,
- Le fonctionnement été (fonctionnement en froid prédominant).



4.5.4.2 Fonctionnement des sous-stations d'îlot (SSTI)

En mode hiver avec appoint et tempéré, les PAC des SSTI permettent d'assurer la récupération de chaleur entre les besoins de chaleur et de froid de son îlot et aussi entre îlots au travers du réseau tempéré. Ce dernier permet aussi la revalorisation de la géothermie par les PAC.

La récupération de chaleur se fait en hiver avec les besoins de froid des preneurs dit de process, mais aussi en été entre les besoins de climatisation et d'ECS.

Les pompes à chaleur sont gérées de manière globale par l'exploitant du réseau, afin d'optimiser les flux énergétiques en tenant compte des différents usages et des contraintes sur le réseau électrique, dans une logique Smart Grid et en utilisant au mieux ses installations. Le réseau de chaleur constituera donc une brique du futur smart grid énergétique, le « Smart Energy Paris-Saclay ».

De la même manière que pour l'installation centralisée, les SSTI sont pilotées selon 3 modes de fonctionnement à savoir :

- Le fonctionnement tempéré ou mi-saison,
- Le fonctionnement été ou production de froid prédominante,
- Le fonctionnement hiver avec appoint ou production de chaleur prédominante avec appoint,

Afin de limiter les encombrements en voirie, la distribution de chaleur et d'ECS depuis les SSTI se fait sur un réseau 2 tubes et non avec un réseau dédié au chauffage et une autre dédié à l'ECS. La température de livraison sera optimisée en fonction des besoins des preneurs.

4.5.4.3 Fonctionnement des sous-stations de parcelle (SSTP)

Chaque parcelle raccordée est alimentée par une sous-station de parcelle (SSTP) équipée en fonction des besoins :

- d'échangeur (s) de chauffage,
- d'échangeur (s) d'eau glacée,
- de préparateurs ECS.

Chaque SSTP est installée dans un local technique mis à disposition par le preneur appelé «sous-stations de livraison». Dans le cas où le preneur dispose d'une SSTI, la SSTP sera installée dans un local technique contigu.

L'installation peut accueillir des solutions de récupération d'énergie propre au bâtiment par préchauffage de la boucle ECS avant le préparateur. Ces solutions particulières seront étudiées au cas par cas.

Selon les parcelles sont identifiées 3 typologies de SSTP :

- Type A : Besoin en chauffage, froid et ECS.
- Type B : Besoin en chauffage et ECS.
- Type C : Besoin en chauffage et froid.

4.6 Description de la boucle géothermale

4.6.1 Définition de la production géothermale

La boucle géothermale se compose de :

- Deux forages (production et injection)
- D'un local enterré au droit de chaque forage,
- D'un réseau de transport de l'eau de l'Albien (voir figure19),
- De l'échangeur géothermique et des filtres situés dans la centrale thermique.

La figure ci-après schématise le fonctionnement et les différents éléments de cette boucle géothermale qui seront détaillés dans la suite du paragraphe.

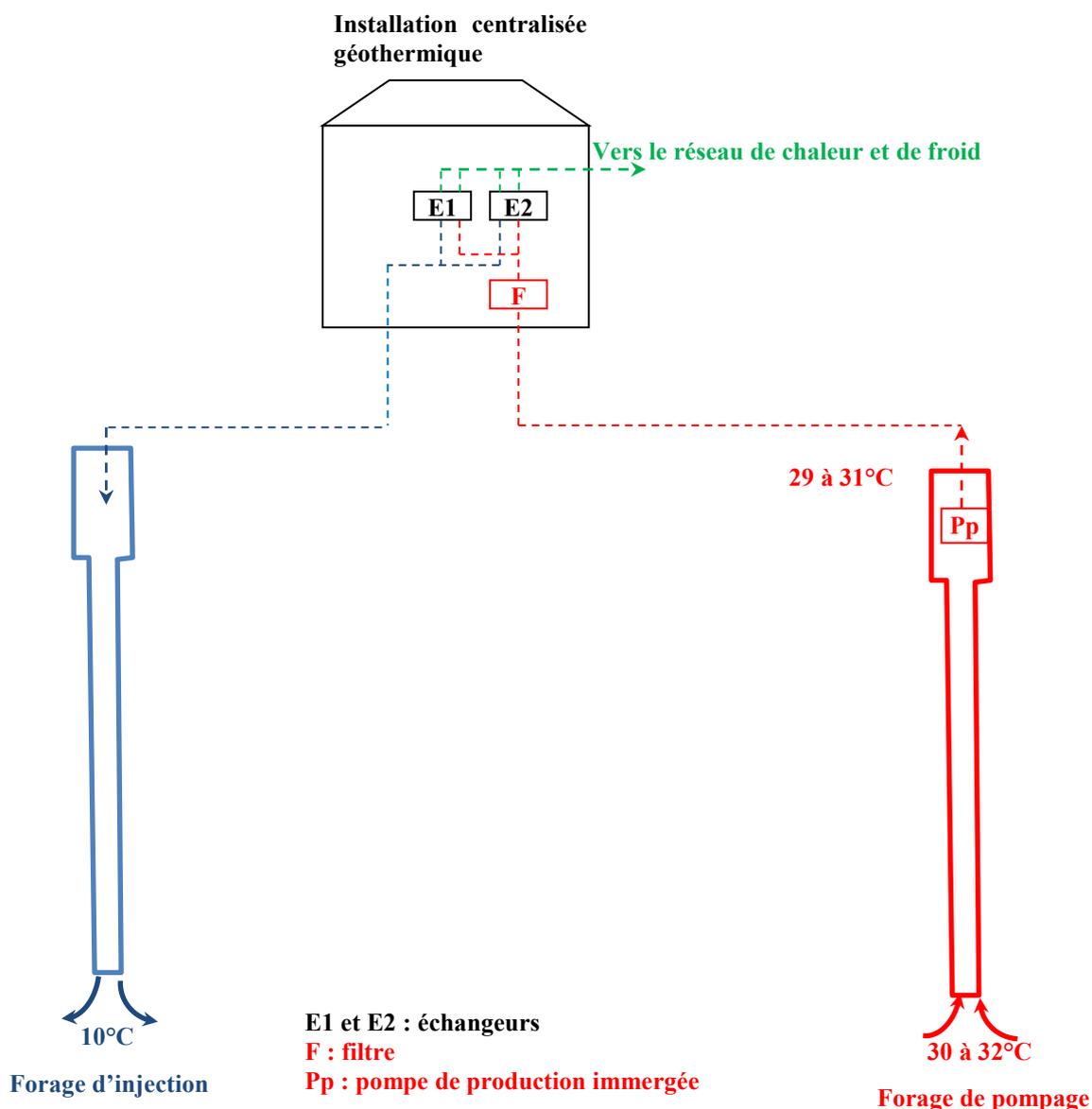


Figure 25 : Schéma de fonctionnement de la boucle géothermale

4.6.2 Description des forages

Il s'agit de deux forages de 720 m de profondeur permettant de capter la nappe de l'Albien.

La description des techniques de forages et de leur géométrie est détaillée dans la demande d'autorisation d'ouverture de travaux (§5).

4.6.3 Description des locaux enterrés

Les forages n'étant pas déviés, ils seront situés sur des sites distants de plus de 1000 mètres et seront situés dans une tête de puits.

Afin de faciliter leur insertion dans l'espace public, les caves de ces têtes seront totalement enterrées. Les accès dédiés à ces caves sont étudiés pour l'exploitation avec un accès et regard au droit des équipements principaux.

Les plans ci-après présentent les ouvrages qui seront construits. Ils abriteront les armoires de communication permettant la remontée d'informations des différents capteurs et des organes (vannes, variateur, puisard...) et l'alimentation électrique comprenant le variateur de la pompe de production le cas échéant et assurant l'alimentation des différents organes y compris l'éclairage.

Les accès seront équipés d'un système anti-intrusion avec alarme.

Chaque cave sera munie d'un puisard avec pompe et donc d'un raccordement à l'assainissement.

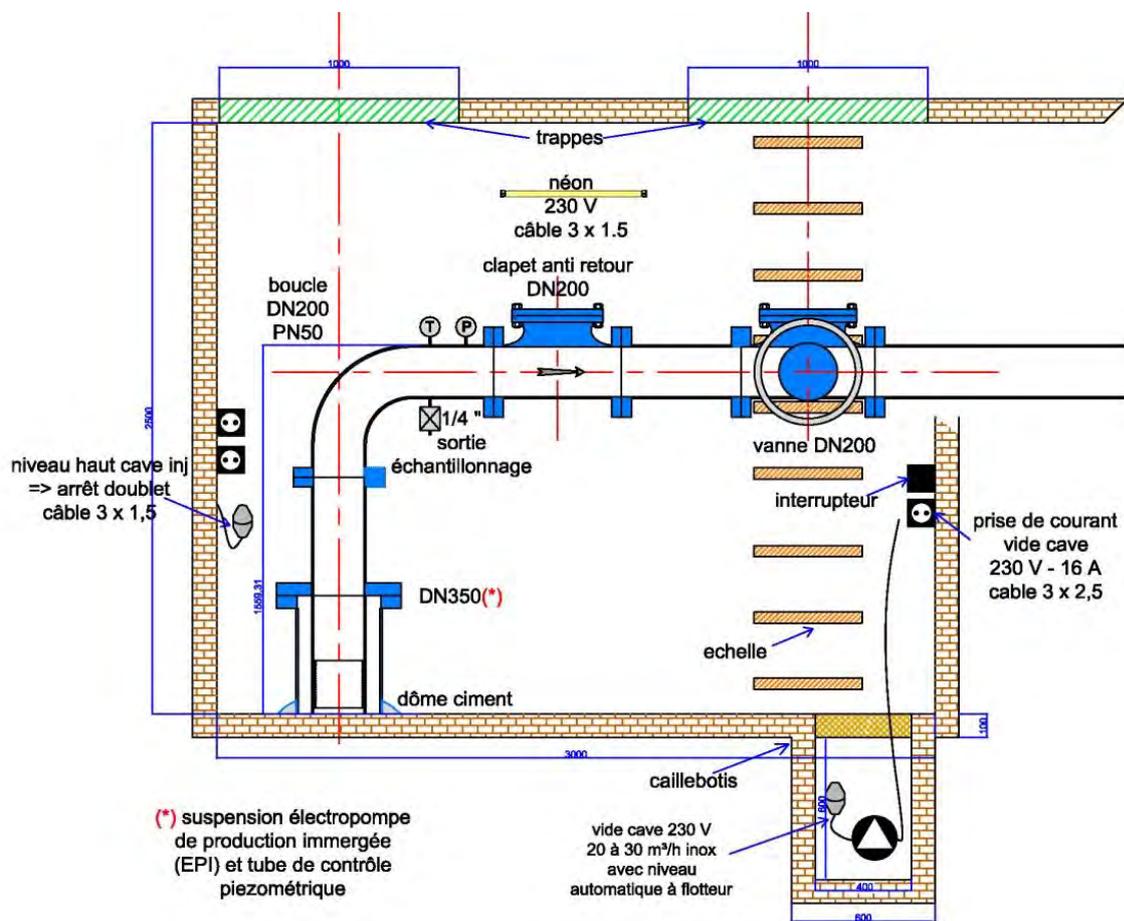


Figure 26 Plan de cave – vue en coupe

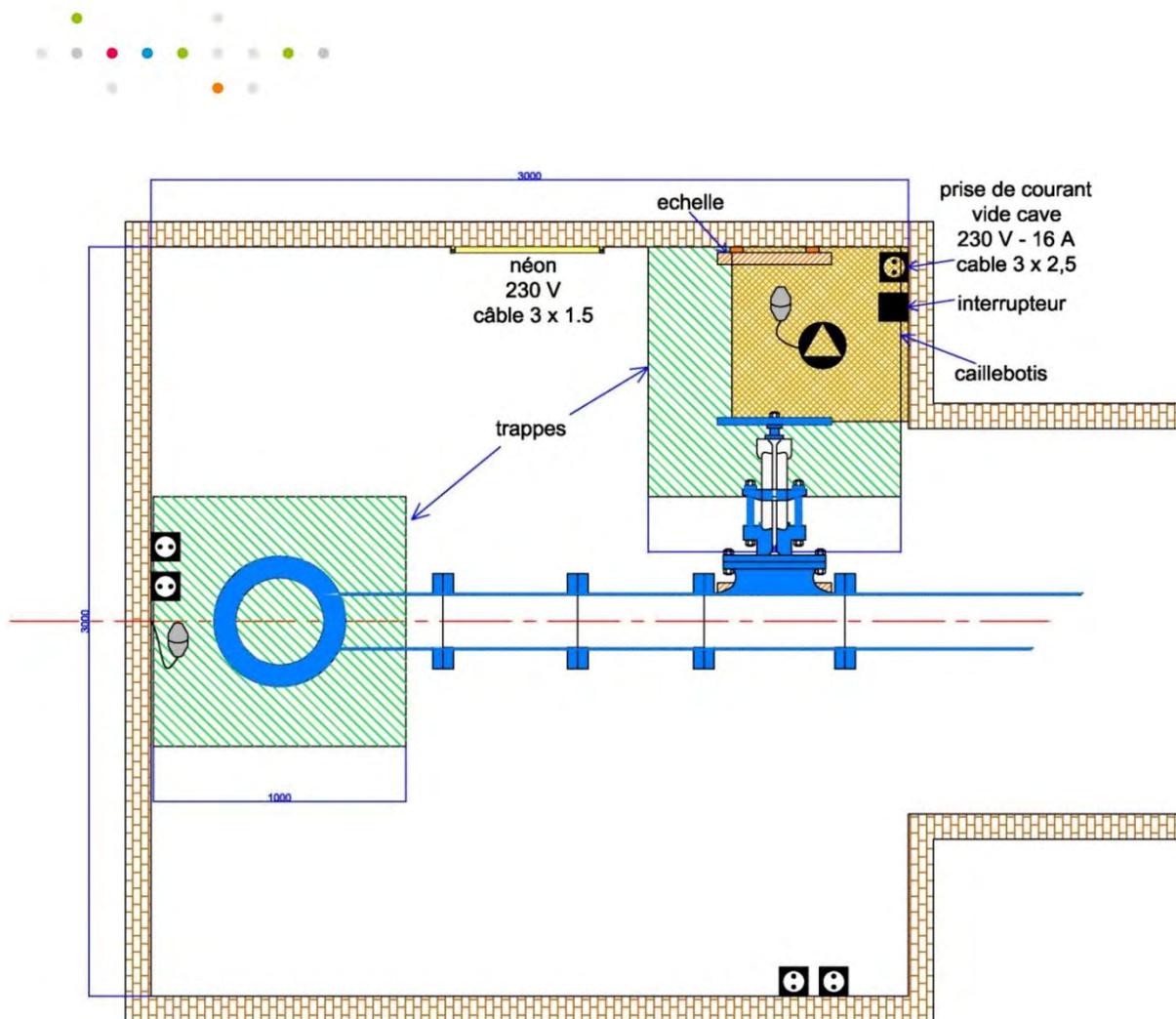


Figure 27. Plan de cave – Coupe en travers

Diverses mesures ont été prises pour éviter toute contamination de l'eau circulant dans le réseau géothermal suite à une fuite au niveau de la cave :

- Un vide cave est mis en œuvre, avec une pompe,
- Au niveau de l'entrée d'eau dans la cave, la canalisation est protégée par un dôme de ciment, puis rendue totalement étanche jusqu'à une hauteur de 50cm.



4.6.4 Description de la pompe immergée et des colonnes

Le tableau suivant présente les calculs de HMT de la pompe de production et sa puissance.

Tableau 13 : Caractéristiques de la pompe de production de la ZAC du quartier du Moulon

Grandeur	Unités	Production	Injection
Pression statique de réservoir en tête de puits	Bars	-12,1	-12,1
Rabattement calculé par le modèle et corrigé par une formule analytique	Bars	-1,6	1,5
Skin effect	Bars	0,0	0,0
Pertes de charges dans le casing	Bars	0,1	0,1
Pertes de charges dans la colonne d'exhaure	Bars	0,4	0,4
Effet thermosiphon	Bars	0,0	-0,3
Pertes de charges dans les canalisations en DN 200 de la tête de puits à la géo	Bars	5,1	1,8
Longueur de canalisation considérée (marge de sécurité de 20%)	m	1560	540
Pression de consigne en entrée (production)/sortie (injecteur) d'échangeur	Bars	5,0	3,0
Pression totale que doit exercer la pompe P_{tot}	Bars	24,3	-11,0
Rendement pompe	-	0,6	0,65
Hauteur manométrique pompe immergée	m	243	
Profondeur pompe	m/sol	180	
Puissance électrique associée	kW	225	$P_{inj} < 0 \Rightarrow$ pas besoin de pompe d'injection

Ainsi la pompe d'exhaure sera placée à 180 m de profondeur, le débit attendu est de 200 m³/h avec une hauteur manométrique de 25 bars environ.

A noter que ce débit est en accord avec les demandes du SEDIF pour l'ultime secours, demandes qui s'élèvent à 150 m³/h.



Le tableau suivant présente une première sélection de pompe répondant à ce besoin.

Tableau 14 : Sélection de la pompe exhaure

Modèle/série	UPA 250C
Débit	200 m ³ /h
HMT	250 m
Nombre d'étages	7 à 8 (si dépassement débit)
Diamètre	10" (250 mm)
Alimentation	400 V / 50 Hz
Vitesse variable	Variateur de fréquences 400 V / 240 kVA
Gamme de débits	50 - 250 m ³ /h

Les colonnes de refoulement auront les caractéristiques suivantes :

- Matériel : Inox 304/304L voire 316L
- Colonne de refoulement : DN 200
- Raccordement des éléments par embouts mâles et femelles JSL (Nouvelle appellation du ZSM) 2 joncs 316L et 2 joints inclus par raccords
- Tubes décapés/passivés avant soudure- Soudures brossées
- Soudure intérieur et extérieur des raccords sur tube
- Tubes soudés longs selon norme EN10217-7
- Tubes diamètre extérieur 219,1mm
- Tubes épaisseur nominale 3,00mm
- Diamètre extérieur du raccord femelle : 248 mm
- Traction maximale à la rupture du raccord: 336 KN
- Pression de service maximale des raccords: 25 bars
- Débit max théorique ascensionnel: 192,6 m³/h avec une vitesse ascensionnelle de 1,5m/s

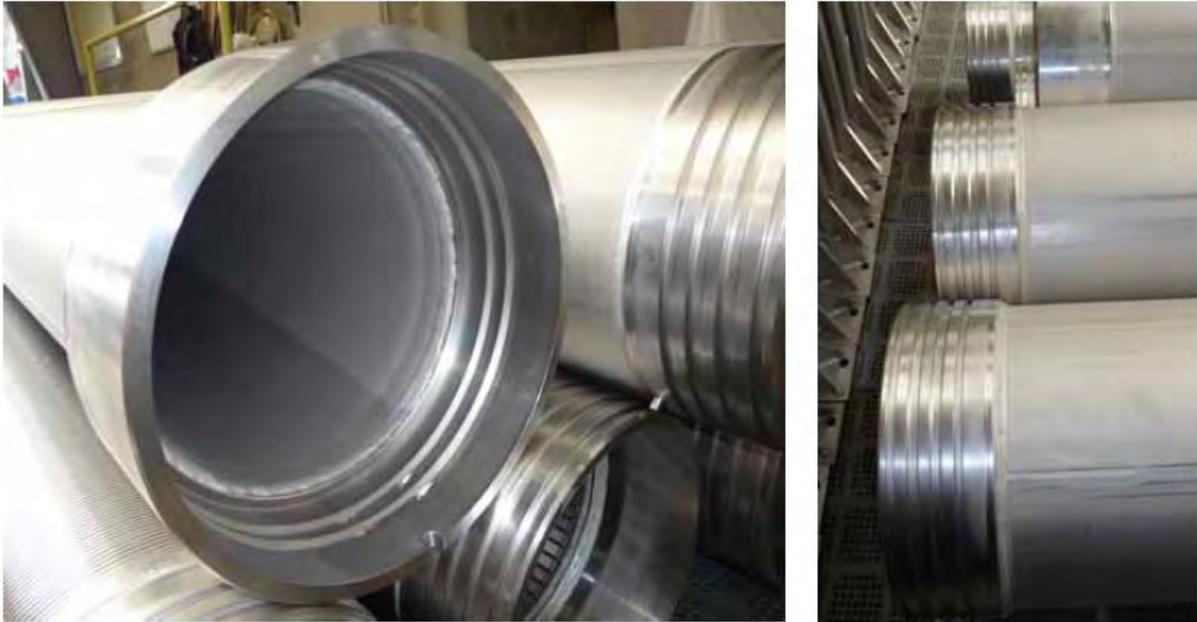


Figure 28. Raccords colonne de refoulement

Le schéma suivant présente la complétion classique d'un forage producteur.

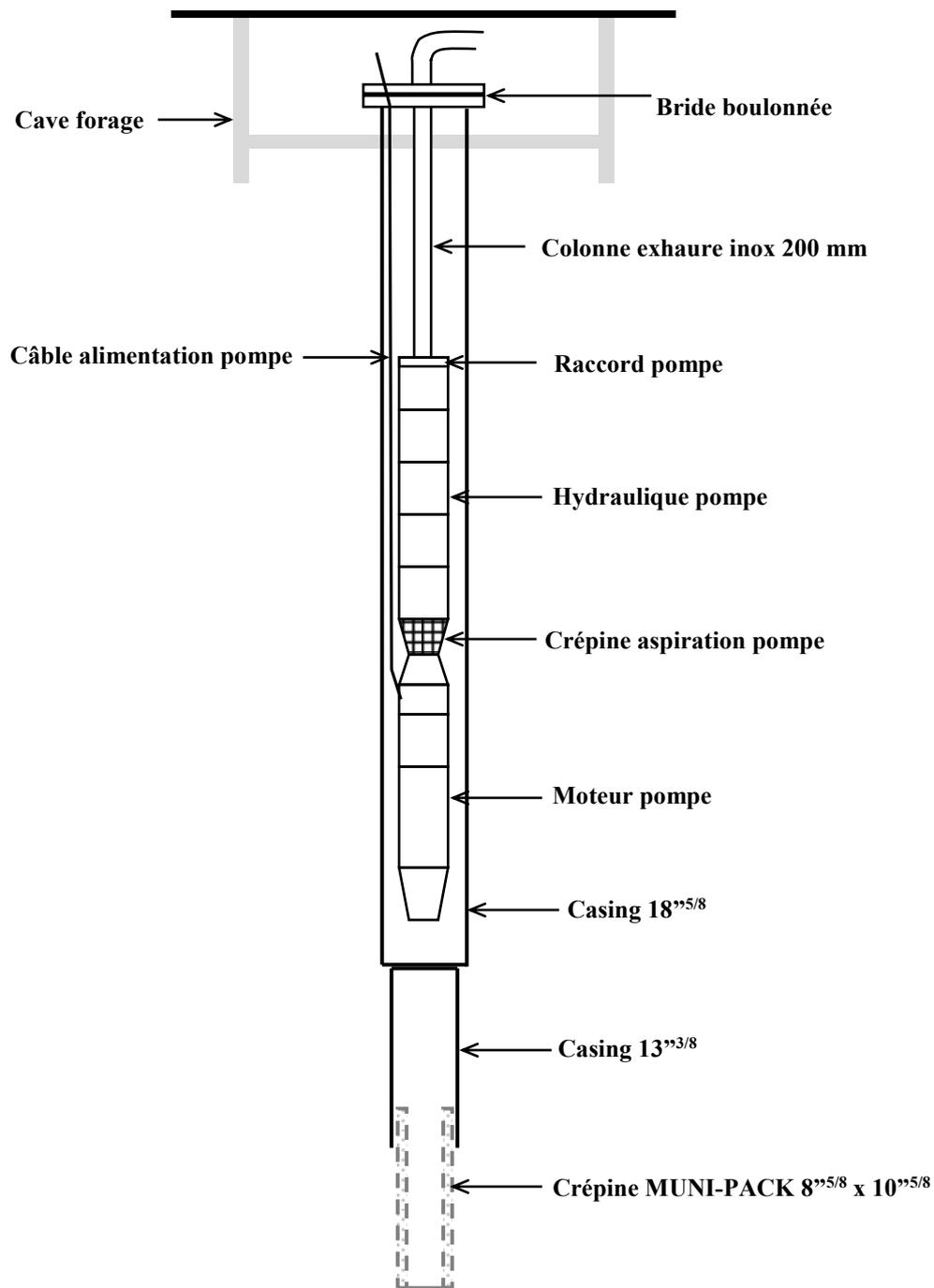


Figure 29 : Coupe schématique d'un forage producteur

4.6.5 Description de la gestion du réseau géothermal

Les têtes de puits étant distantes et distinctes des centrales abritant les équipements de surface de la boucle géothermale, un système de gestion du réseau est mis en place afin d'assurer la non pollution de la ressource.



La détérioration de la ressource pourrait venir de l'insertion de corps étrangers dans la boucle. Le principe est donc d'assurer en permanence une surpression du réseau par rapport à l'atmosphère et au réseau tempéré en centrale. En cas de percement sur le circuit, une telle mesure engendre une perte d'eau plutôt qu'une aspiration de corps étrangers pouvant détériorer la ressource.

C'est pourquoi des capteurs de pression seront installés sur les têtes de puits et en centrale et relèveront en continu la pression dans la canalisation. En cas de chute de pression non liée à un changement de point de fonctionnement de la pompe d'exhaure, la chaîne de sécurité mise en place ordonnera l'arrêt des pompes et la fermeture des vannes d'isolement motorisées en caves de puits et en centrale pour circonscrire l'impact de la fuite.

En cas d'arrêt de la géothermie, les chaudières de production permettront la continuité de service pour la fourniture de la chaleur.

Pour permettre des interventions, des vannes intermédiaires seront installées entre les caves et la centrale de production afin de ne pas avoir à vider l'ensemble du réseau géothermal pour réparation.

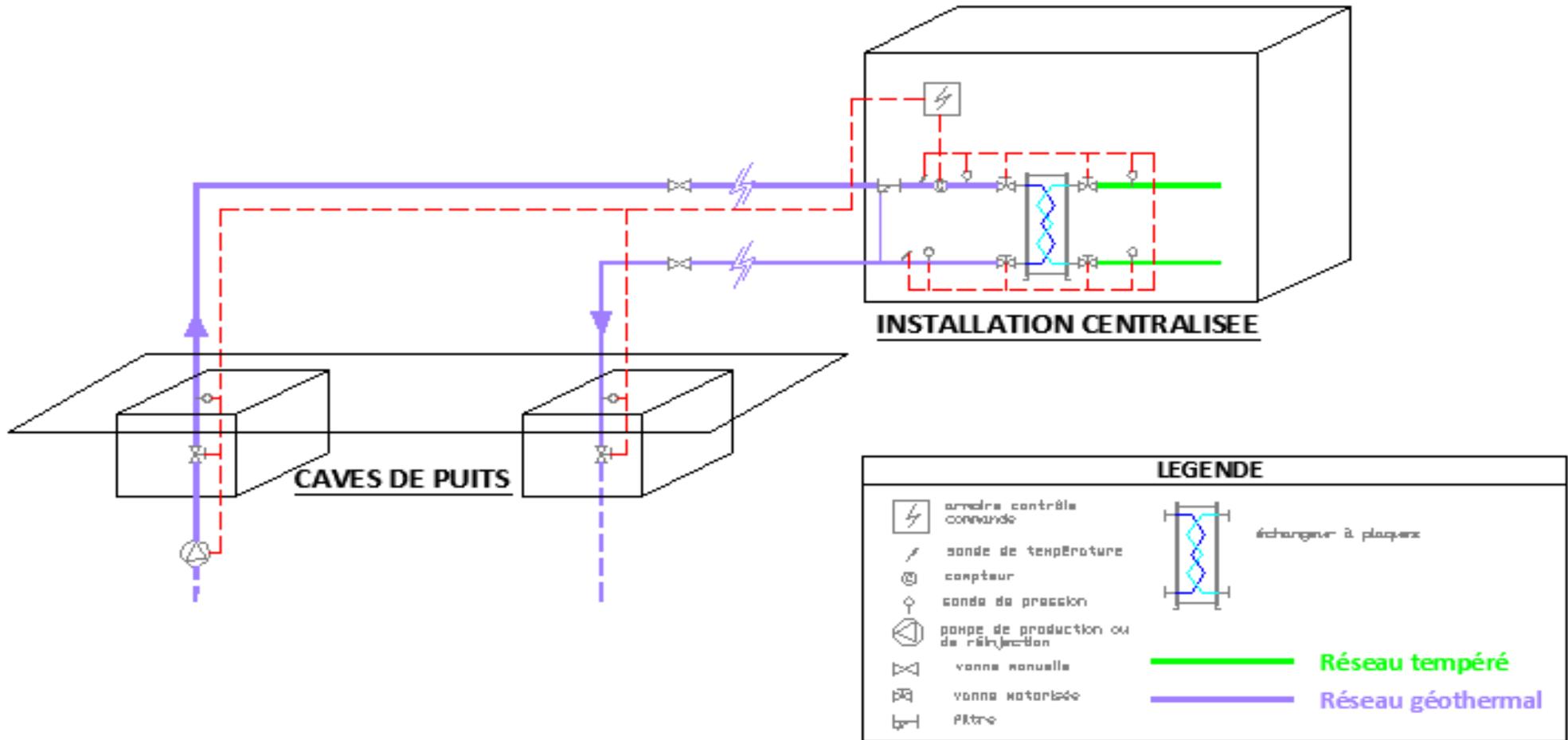
Tous les organes de mesures et les actionneurs sont reliés par le réseau de communication pour assurer le bon fonctionnement de la chaîne de sécurité.

Le réseau géothermal sera désinfecté avant sa mise en service.

Le schéma ci-dessous représente ce système de gestion :



Figure 30 : Réseau géothermal – schéma de principe



4.6.6 Description de l'échangeur

La centrale de production abritera la station d'échange entre le réseau géothermal et le réseau tempéré qui fait profiter des calories de l'Albien aux SSTI.

L'organe principal de cette station est l'échangeur. Il sera de type à plaques et joints collés (pour limiter le risque de fuite). Les plaques seront en inox 304 ou 316 pour assurer aucun risque de percement au regard des caractéristiques des eaux des réseaux géothermal et tempéré. Ce dernier sera un réseau d'eau adoucie traité contre le tartre et la corrosion.

Les pressions entrée et sortie sur les 2 circuits de l'échangeur seront contrôlées en continu pour éviter tout risque de pollution du réseau géothermal par le réseau tempéré.

4.6.7 Description du réseau

Les canalisations enterrées faisant liaison entre les têtes de puits de production et l'installation centralisée seront calorifugées et protégées par une gaine en PEHD. Les canalisations de liaison entre le forage de réinjection et l'installation centralisée ne seront pas calorifugées. Posées sur lit de sable et enterrées dans un sablon fin, le cas échéant des coussins de dilatation seront mis en place, les risques de percement extérieur seront limités au maximum.



Figure 31. Réseau géothermal – tuyau pré-isolé

Pour maîtriser les risques de percement intérieur des canalisations, la qualité et la pression de l'eau du réseau géothermal sera suivie.



4.6.8 Description de la filtration

Pour assurer le bon comptage et la bonne qualité de l'échange thermique, une unité de filtration sera mise en place en entrée de centrale. Cette unité sera automatique et l'eau des opérations de nettoyage automatique sera rejetée dans la réinjection du puits.

La filtration sera à plein débit et malgré son nettoyage automatique, elle sera nettoyée manuellement chaque année.

4.6.9 Implantation des forages

4.6.9.1 Forage de production

Le forage de production sera implanté sur un terrain appartenant à l'Etat (Ecole d'ingénieurs SUPELEC) et en cours d'acquisition par l'EPA Paris-Saclay situé à proximité du complexe sportif de la ville de Gif-Sur-Yvette.

Ce terrain de 3500 m² se situe sur la parcelle CR 108 de la ZAC de quartier du Moulon (Commune de Gif-sur-Yvette).

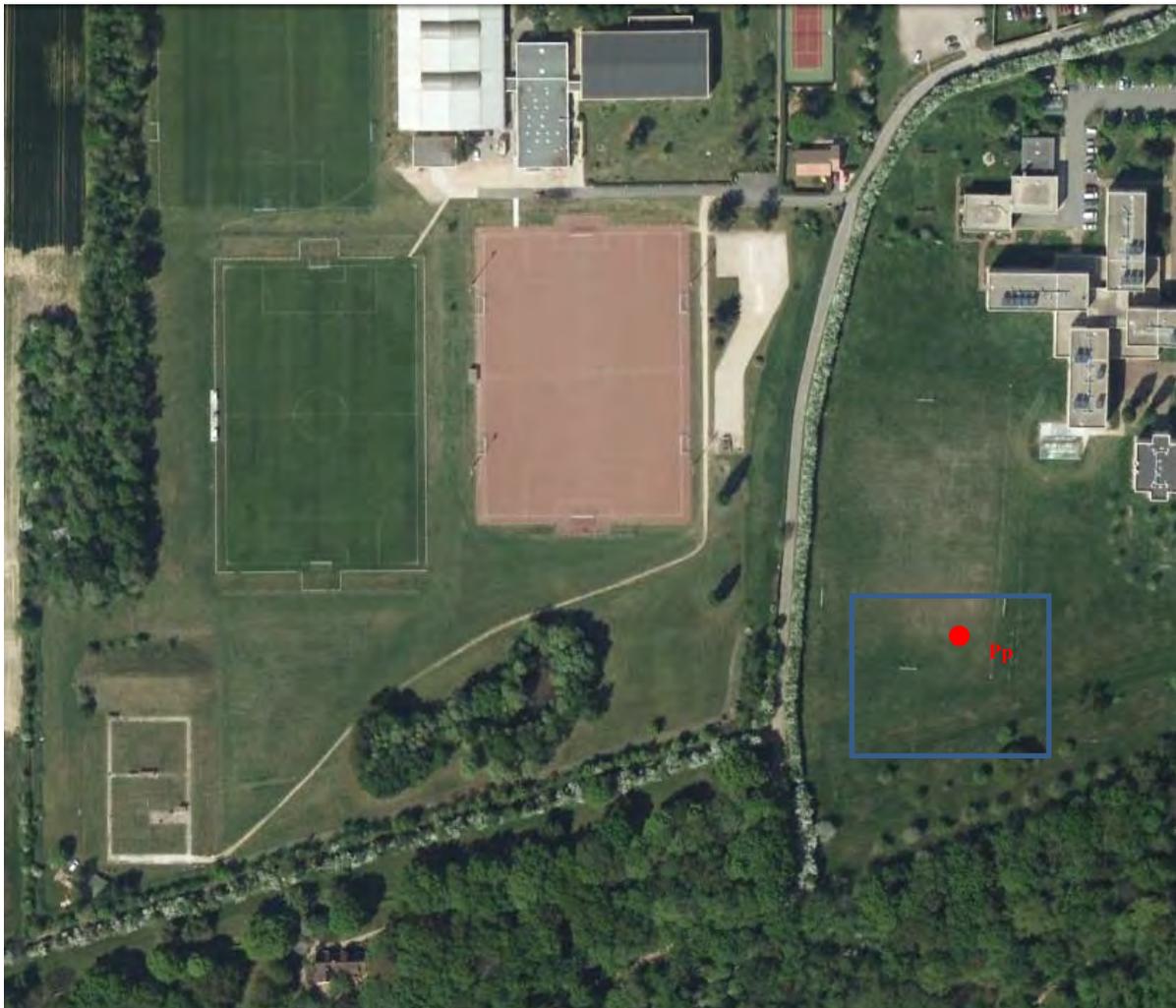
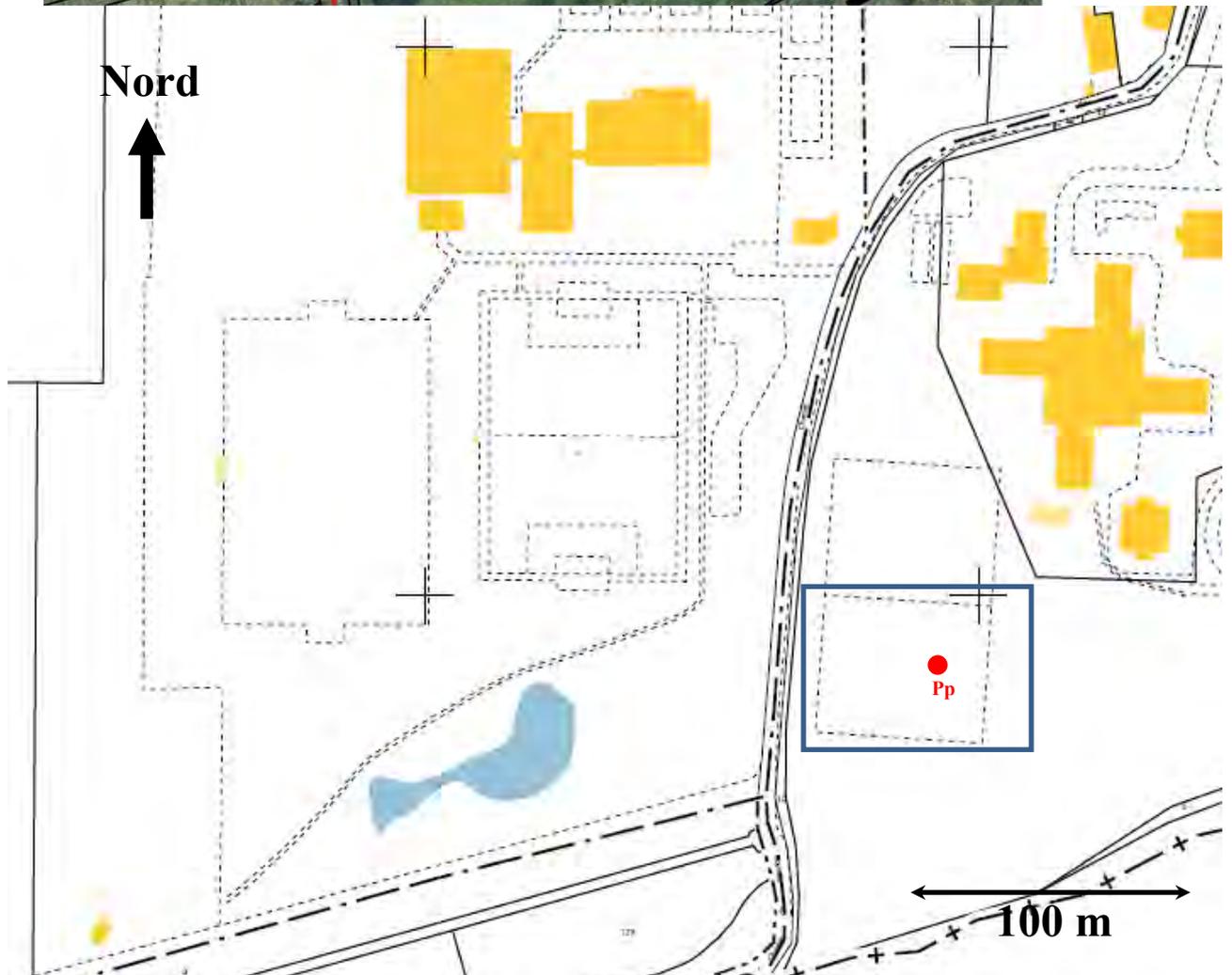


Figure 32. Localisation du forage de production



Figure 33. Plans cadastraux du site du forage de production





4.6.9.2 Forage d'injection

Le forage d'injection sera implanté sur un terrain appartenant à l'EPA Paris-Saclay situé sur une parcelle agricole à proximité de la RN118.

Ce terrain de 3500 m² se situe sur la parcelle ZR 35 de la ZAC sur la commune d'Orsay.

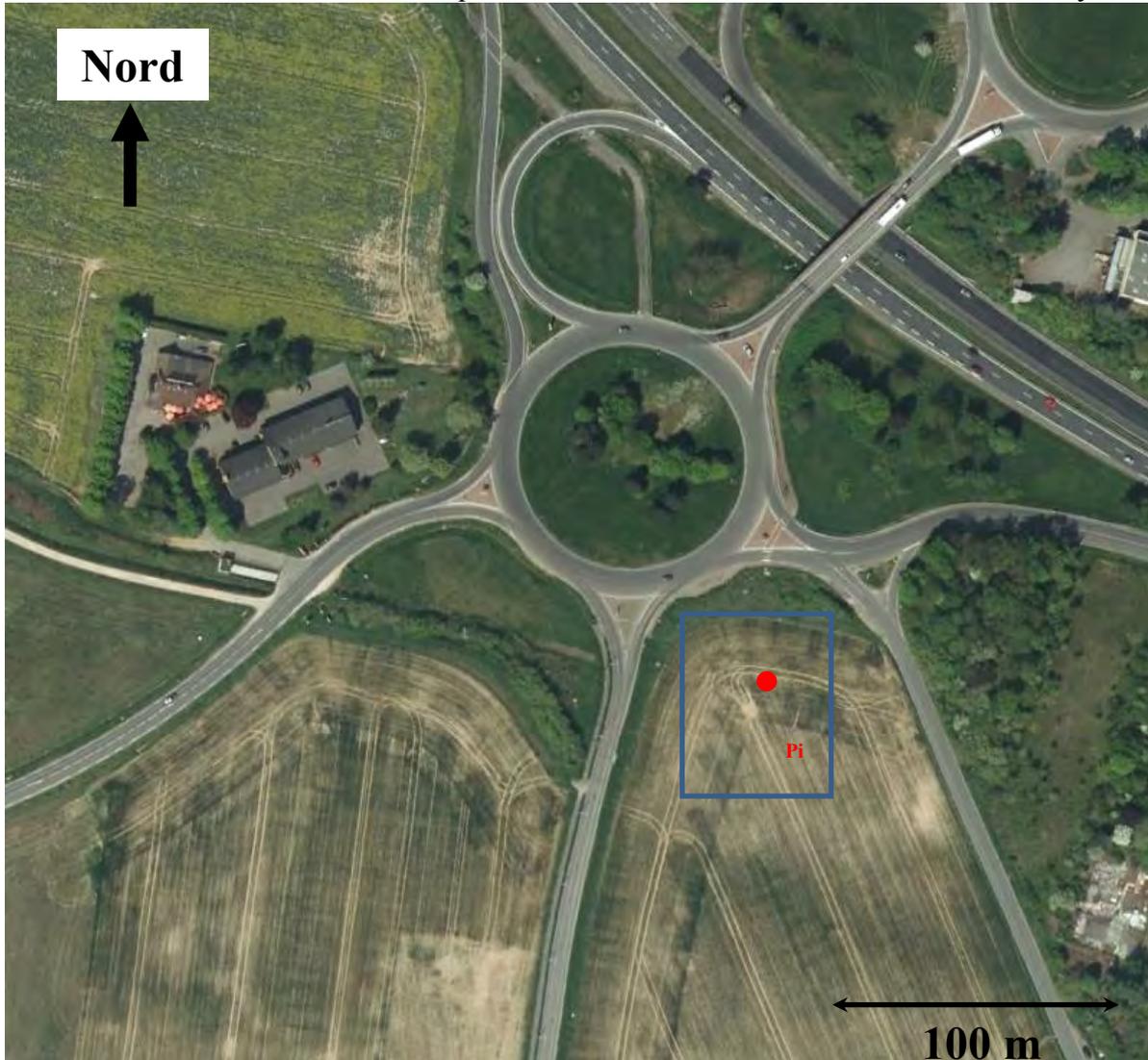
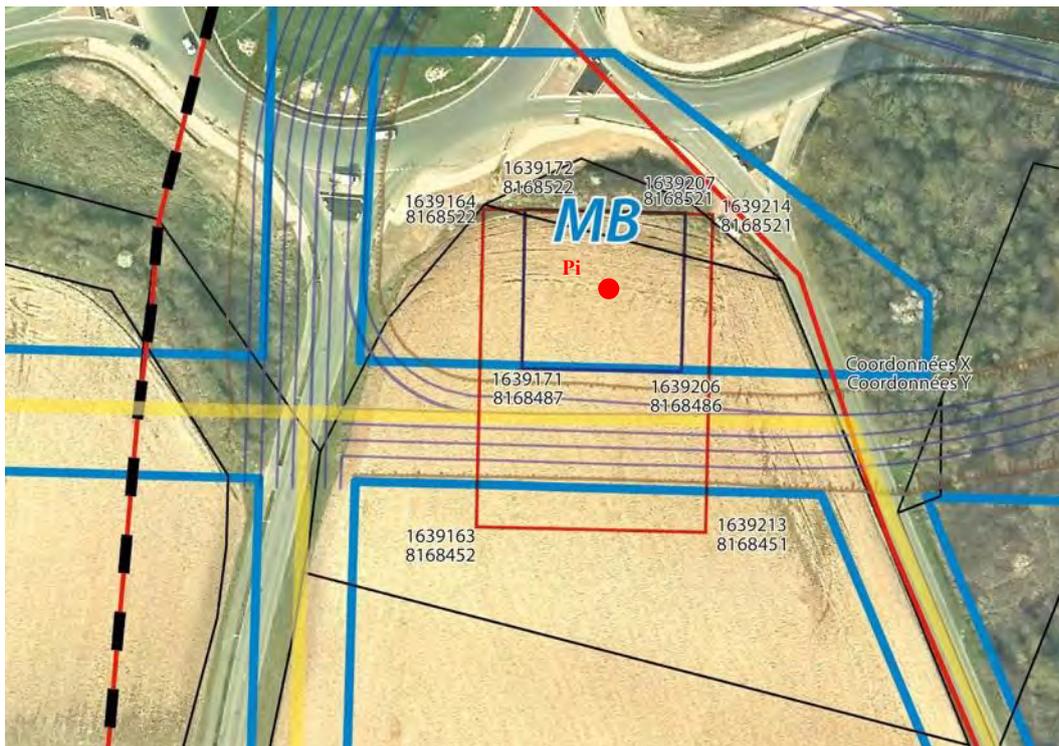
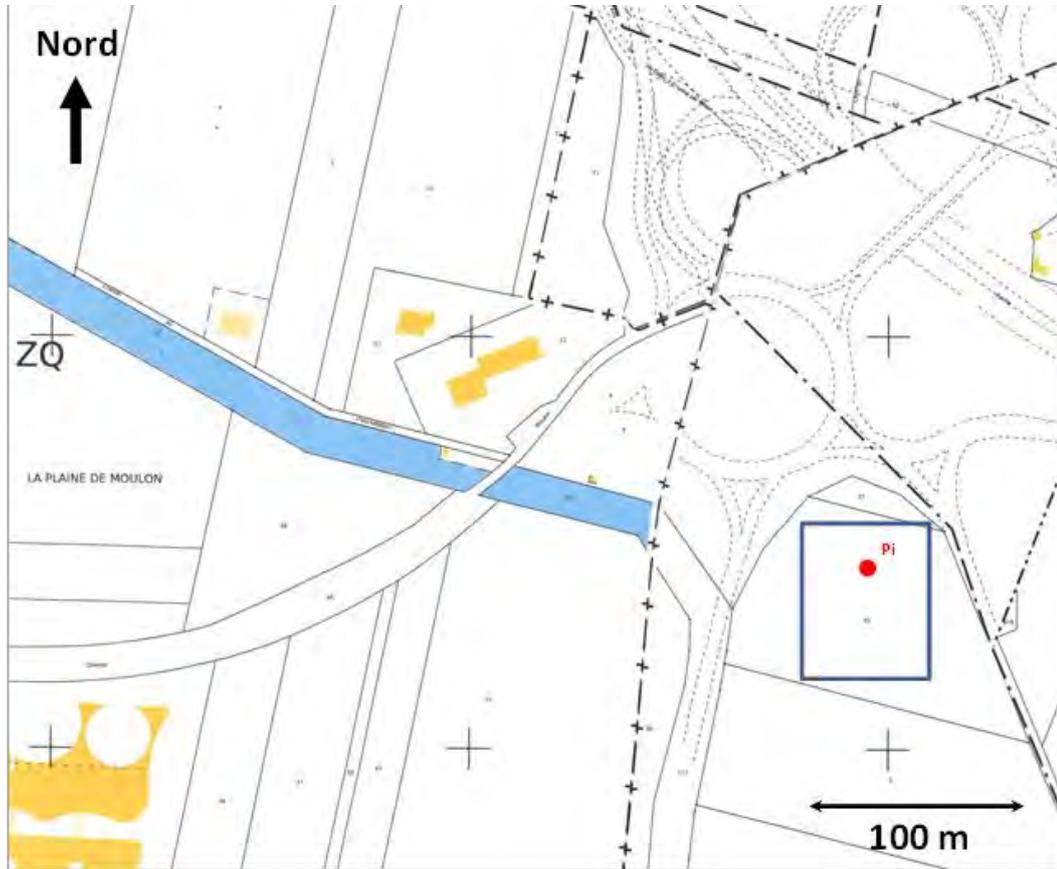




Figure 35. Plan cadastral du site du forage d'injection

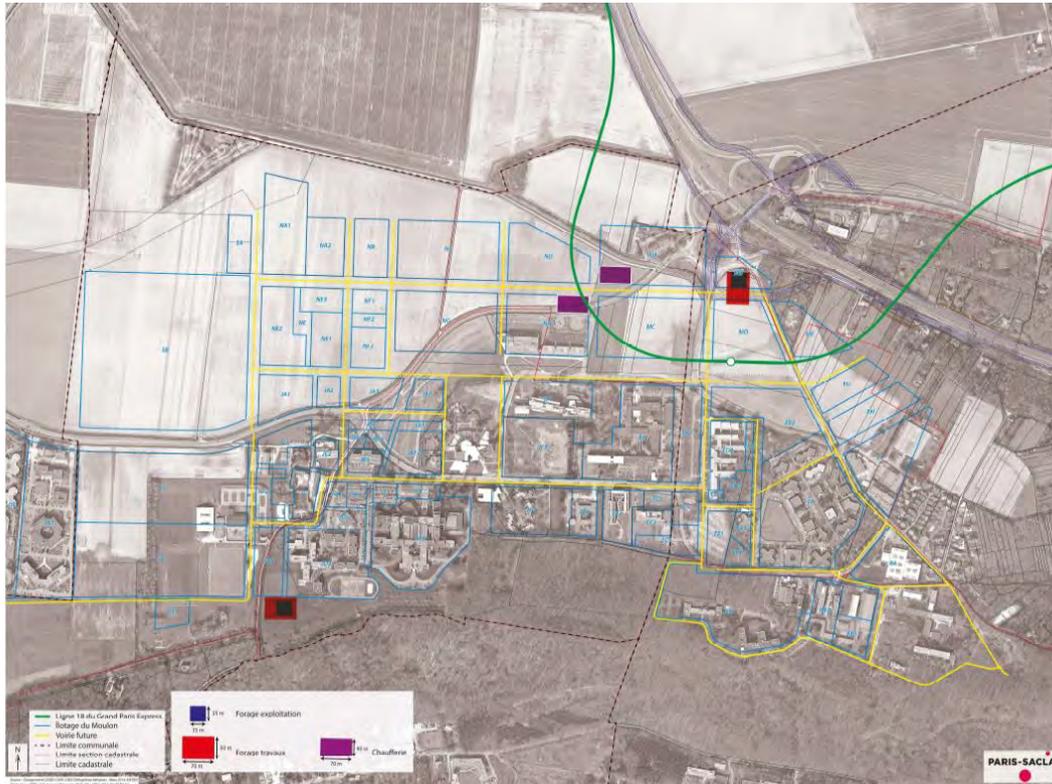




4.6.10 Implantation de la centrale

Les positions de la centrale géothermique sont indiquées sur la figure suivante. Deux positions sont à l'étude avec la commune de Gif-sur-Yvette et la communauté de communes.

Figure 36. Positions de la centrale thermique de la ZAC du quartier du Moulon



4.7 Description des limites des périmètres sollicités

4.7.1 Description de l'autorisation de recherche demandée et de sa durée

Le périmètre de recherche d'un gîte géothermique à l'Albien prend la forme d'un rectangle englobant le périmètre d'exploitation envisagé.



Les coordonnées du périmètre de recherche sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 15 : Coordonnées du périmètre de recherche des forages

Coordonnées des angles du périmètre sollicité	Coordonnées Lambert II étendu	
	X(m)	Y(m)
Nord	588 223,3	2 414 116,2
Est	589 299	2 412 627,6
Sud	586 818	2 410 786,5
Ouest	585 702,3	2 412 279,1

Ce périmètre de recherche s'étend sur l'emprise des communes d'Orsay, Saclay, Saint-Aubin, Gif-sur-Yvette et Bures-sur-Yvette.

Conformément à la réglementation en vigueur, le titre de recherche est sollicité pour une durée maximale de 3 ans.

4.7.2 Description du permis d'exploitation envisagé et de sa durée

Le débit et la température de réinjection souhaités dans le cadre du projet sont indiqués dans le tableau suivant.

Tableau 16 : Débits et delta de température envisagés

Paramètres	Données
Débit maximum en pointe	200 m ³ /h
ΔT maximum en pointe	21°C
Température correspondante de réinjection	10°C
Température de production	31°C
Puissance maximale	Puissance calorifique = 4,9 MW

Le périmètre d'exploitation du doublet devrait prendre la forme d'une gélule dont la représentation schématique est la suivante : il s'agit de l'enveloppe convexe autour des deux cercles centrés sur chaque impact des puits au toit du réservoir, de rayon $d/2$, d étant la distance entre les verticales passant par ces impacts. Les points P et I sont la représentation des impacts des forages de pompage et d'injection au toit du réservoir de l'Albien.

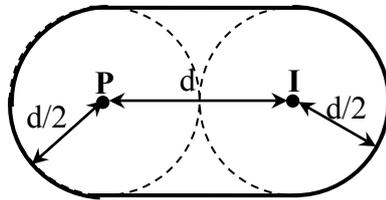


Figure 37. Représentation schématique d'un périmètre d'exploitation d'un doublet

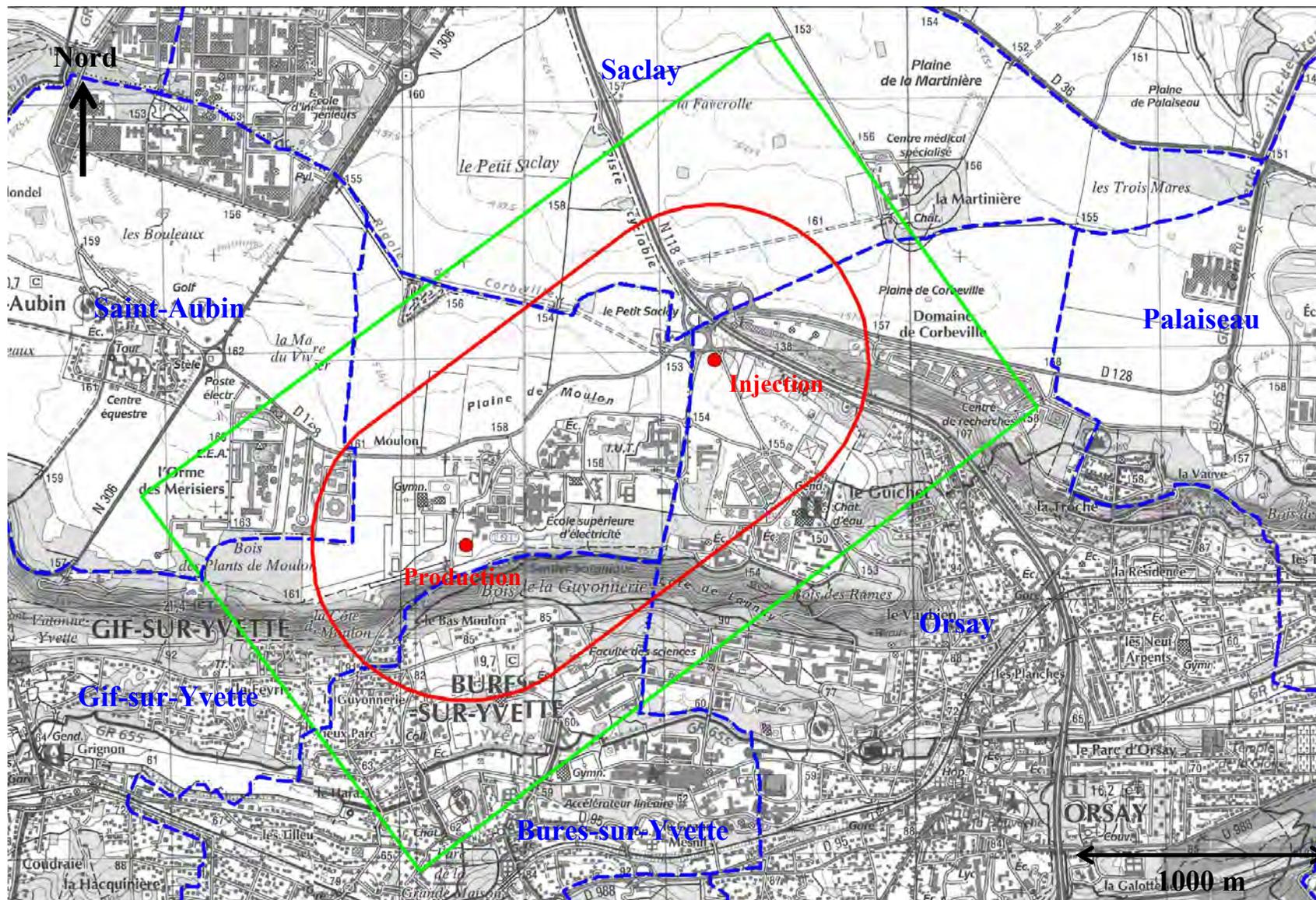
Dans le cadre du présent projet, les forages seront verticaux. Ainsi, la distance entre les impacts des forages au toit de l'Albien sera la même que la distance en surface soit environ 1240 m. Les coordonnées des têtes de puits et des impacts au toit de l'Albien sont reportées dans le tableau suivant.

Tableau 17 : Coordonnées des têtes de puits et des impacts (Lambert II étendu)

Puits producteur	X (m)	Y (m)	Z (m NGF)
Coordonnées prévisionnelles de la tête de puits	587 023	2 412 099	+161
Coordonnées prévisionnelles de l'impact au toit de l'Albien	587 023	2 412 099	-474
Puits injecteur	X (m)	Y (m)	Z (m NGF)
Coordonnées prévisionnelles de la tête de puits	587 986	2 412 801	+151
Coordonnées prévisionnelles de l'impact au toit de l'Albien	587 986	2 412 801	-485

Le volume d'exploitation correspondant à la surface du périmètre d'exploitation (2 725 000 m²) par la hauteur d'aquifère captée (50 m) est de 136,25 millions de mètres cubes.

La carte suivante illustre la localisation des impacts des forages du futur doublet et l'emprise des périmètres de recherche et d'exploitation envisagés.



- Forage
- Périmètre d'exploitation
- Périmètre de recherche
- Limite communale

Figure 38. Emprises des périmètres de recherche et d'exploitation envisagés



4.8 Modélisation hydrothermique - Construction du modèle

L'objectif de la simulation est d'évaluer l'évolution d'une « bulle froide » (diffusion d'eau plus froide que la nappe dans celle-ci) dans la nappe de l'Albien et son influence sur la thermodynamique de celle-ci.

4.8.1 Méthodologie de simulation

La simulation numérique des transferts de masse et de chaleur, visant à quantifier l'évolution des champs de pressions et températures, a été conduite selon la méthodologie développée dans le logigramme de la figure suivante qui présuppose un modèle structural cohérent.

Les simulations de calage et prévisionnelles ont fait appel au logiciel spécialisé TOUGH2 V2, qui résout par voie numérique les formes discrétisées (différences finies) des équations aux dérivées partielles décrivant les transferts de masse et de chaleur, assorties de leurs équations d'état et des conditions initiales et aux limites.

Le logiciel TOUGH2 V2 est un simulateur numérique de transferts de masse et de chaleur de fluides multicomposants, en conditions non isothermales, polyphasiques, et des environnements poreux bi ou tridimensionnels, fracturés ou non. Il est majoritairement utilisé dans l'ingénierie des réservoirs pour la géothermie, le stockage des déchets nucléaires ou encore la modélisation des domaines hydrogéologiques saturés et non saturés.

TOUGH2 étant peu ergonomique et rigide sur les formats des données d'entrée, l'interfaçage est assuré par le logiciel MVIEW de gestion des entrées/sorties, plus convivial. En effet, ce dernier facilite la préparation du fichier d'entrée, comme le maillage, les cellules dites génératrices (localisation des puits d'injection, de production, ainsi que leur débit et la température d'injection, par exemple). Les propriétés pétrophysiques des roches sont résumées dans le tableau du paragraphe 4.8.3.

Il est possible également d'appliquer les conditions aux limites, comme une température ou une pression imposées dans une éponte. Loin de s'arrêter à ces fonctions de construction du fichier de données, il permet aussi de lire les résultats de sortie des simulations de TOUGH2. Il est ainsi possible de visualiser l'évolution de paramètres sensibles comme la pression ou la température dans le réservoir en fonction du temps, exporter des tableaux de température de production, ou même de visualiser sur des coupes le trajet de l'eau froide injectée.

En conclusion, il s'agit d'un logiciel scientifique permettant aux géomodeleurs de visualiser les résultats des simulations numériques issues de TOUGH2 V2.

4.8.2 Domaine simulé

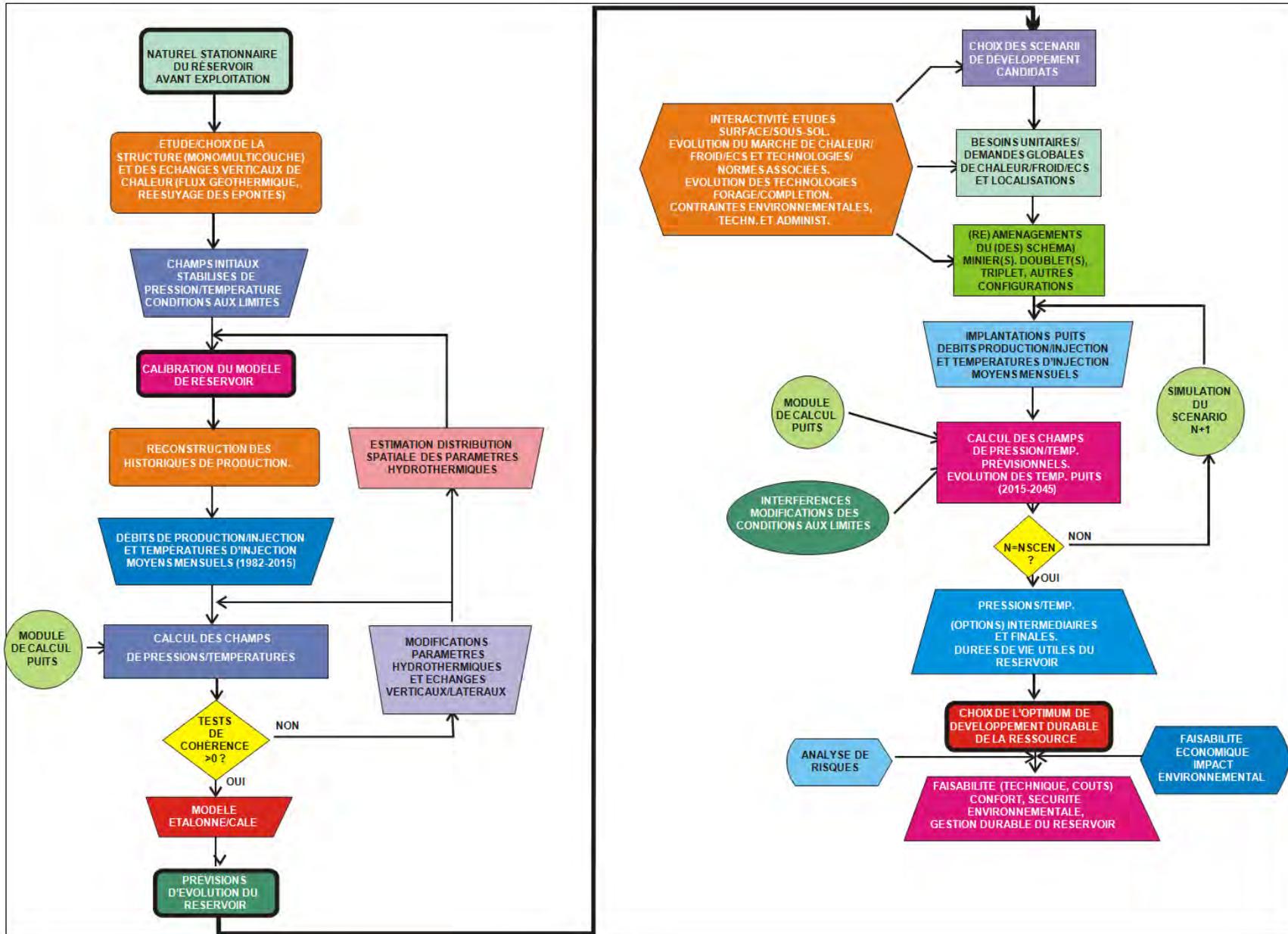
L'ensemble des forages réalisés dans la zone doit être pris en compte pour arriver à un cumul des incidences au niveau géothermique des travaux. Ainsi, le domaine simulé, un rectangle d'environ 40 km² de superficie, incorpore les deux doublets de Saclay respectivement de la ZAC du quartier du Moulon et de la ZAC du quartier de l'Ecole polytechnique. Le doublet de la ZAC du quartier de l'Ecole polytechnique ne fait pas partie du présent dossier, mais son influence doit être prise en compte dans la modélisation.

La modélisation ainsi réalisée permet de visualiser l'impact thermique cumulé des deux doublets et donc d'évaluer la pérennité de la ressource.



Les cellules de la grille ont une taille de 128 m×128 m. La transition entre les cellules autour des doublets et le reste du domaine discrétisé s'effectue via des cellules de 8 m×8 m puis 16 m×16 m puis 32 m×32 m et enfin 64 m×64 m (figure 35).

La modélisation verticale choisie schématisée en figure 42 correspond à un équivalent imperméable de 635 m d'épaisseur pour le toit, une couche réservoir de 65 m d'épaisseur pour le niveau producteur Albien et un mur de 100 m d'épaisseur imperméable. Ce modèle correspond à une simplification de l'aquifère multicouche Albien où les niveaux sableux sont interconnectés les uns avec les autres du fait que les formations semi-perméables discontinues ne constituent pas d'obstacles aux circulations verticales.



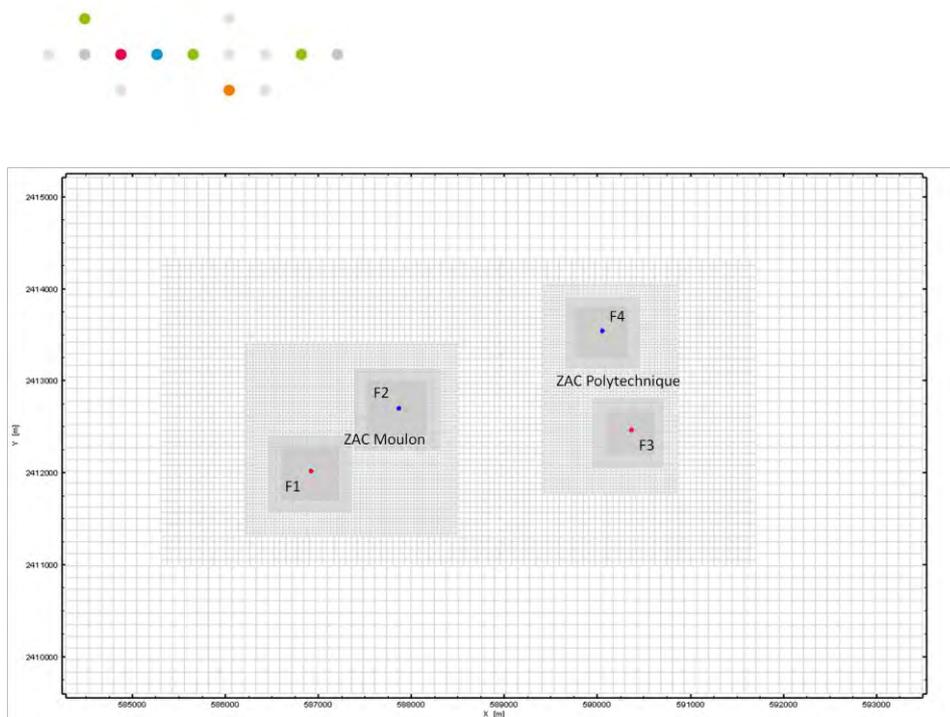


Figure 40 : Domaine simulé

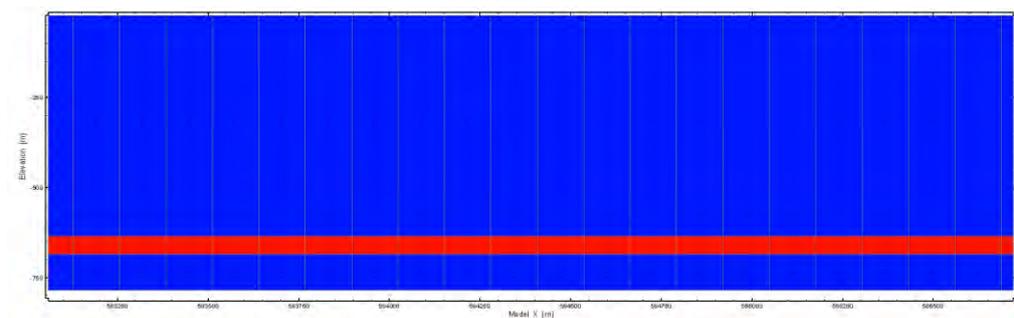


Figure 41 : Coupe du modèle réservoir (couche réservoir en rouge et épontes imperméables en bleu)

4.8.3 Paramètres hydrothermiques du réservoir et condition aux limites

Les paramètres du réservoir utilisés pour la modélisation sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Des conditions de Dirichlet (pressions et températures constantes) ont été imposées aux limites respectivement les épontes supérieure et inférieure ainsi que le périmètre du domaine simulé. L'état initial de la simulation, qui correspond à un état stabilisé des pressions et températures, a été calculé au moyen d'une modélisation en régime stationnaire, soumise aux seules sollicitations naturelles (flux de fluides et de chaleur latéraux et verticaux), hors toute exploitation géothermale.



Tableau 18 : Paramètres de réservoir utilisés pour la simulation

Pression	68,8 bars
Température de la nappe	31°C soit environ 30°C pour l'eau d'exhaure en surface
Porosité	30 %
Épaisseur utile	65 m
Masse volumique	2 300 kg/m ³
Conductivité hydraulique	8.10 ⁻⁵ m/s
Conductivité thermique	2,5 W/kg.K
Capacité calorifique	850 J/kg.K
Gradient hydraulique	1.10 ⁻³ m/m

4.9 Modélisation hydrothermique - Résultats des simulations – Cumul des incidences

4.9.1 Simulation à débit variable

Les débits de production et d'injection, qui varient au cours de l'année en fonction des besoins sont plafonnés à 200 m³/h. La simulation prend en compte ces variations. La température de réinjection fixée à 10°C correspond à une enthalpie de 48 723 kJ/kg.

Les forages notés F1 et F2 sont relatifs à la ZAC du quartier du Moulon et ceux notés F3 et F4 à celle du quartier de l'Ecole polytechnique.

Tableau 19 : Débits d'exploitation rentrés dans le modèle

Débit d'injection moyen pour une température d'injection de 10°C													
Année Type	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	
Débit ZAC quartier du Moulon (m ³ /h)	135	115	55	24	10	3	3	0	7	18	84	129	

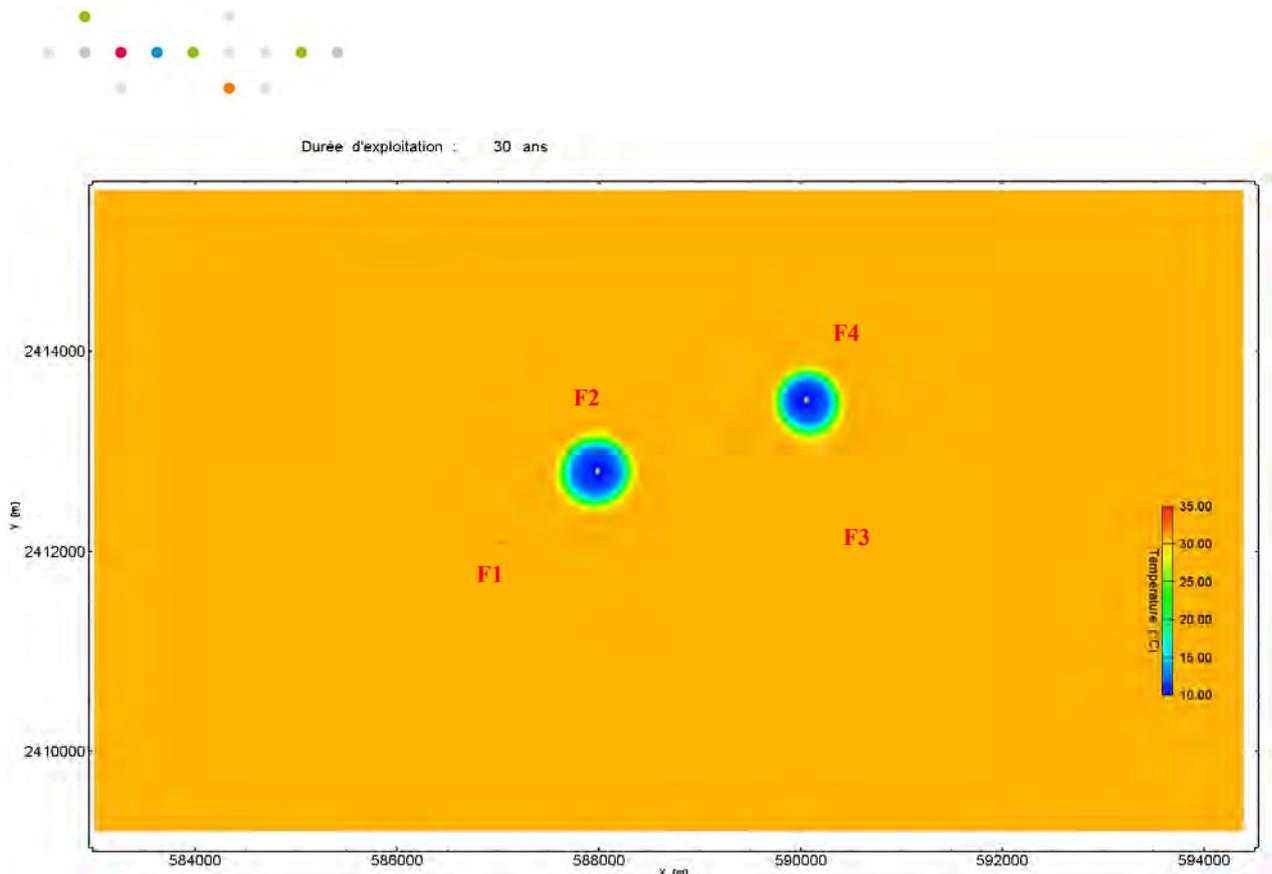


Figure 42 : Bulles froides simulées après 30 ans d'exploitation à débit variable

La figure précédente (champ de températures) et le graphique suivant (cinétiques de refroidissement) n'indiquent aucune percée thermique aux ouvrages producteurs consécutive à l'injection d'eaux refroidies à 10°C à l'issue de trente années d'exploitation à débits variables. Par ailleurs, l'écoulement dans la nappe se faisant sous un gradient faible, de l'ordre de 1‰, les bulles froides sont quasiment statiques.

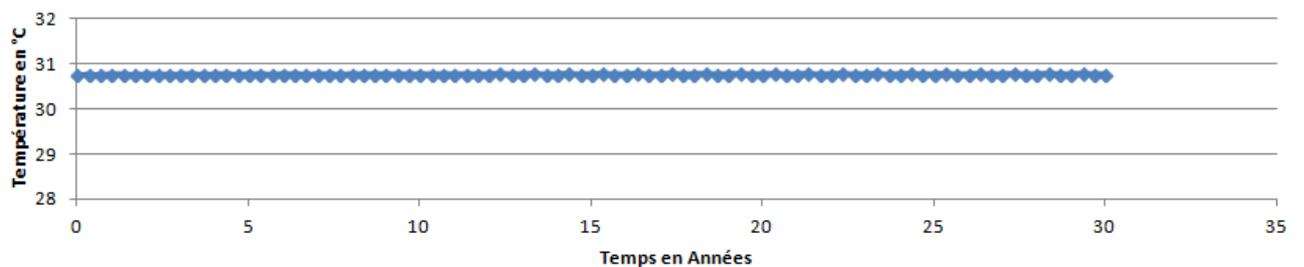


Figure 43 : Evolution de la température de production simulée au cours du temps pour un débit variable

La figure suivante cartographie les rabattements simulés pour une exploitation à débit variable au bout de 30 années. On notera un rabattement maximum de 0.05 bar à des distances variant de 2000 à 1000 m autour des puits de production F1 et F3 dont l'ex-centralisation traduit l'impact de l'hydrodynamisme (gradient de 10^{-3} m/m, de la nappe de l'Albien)

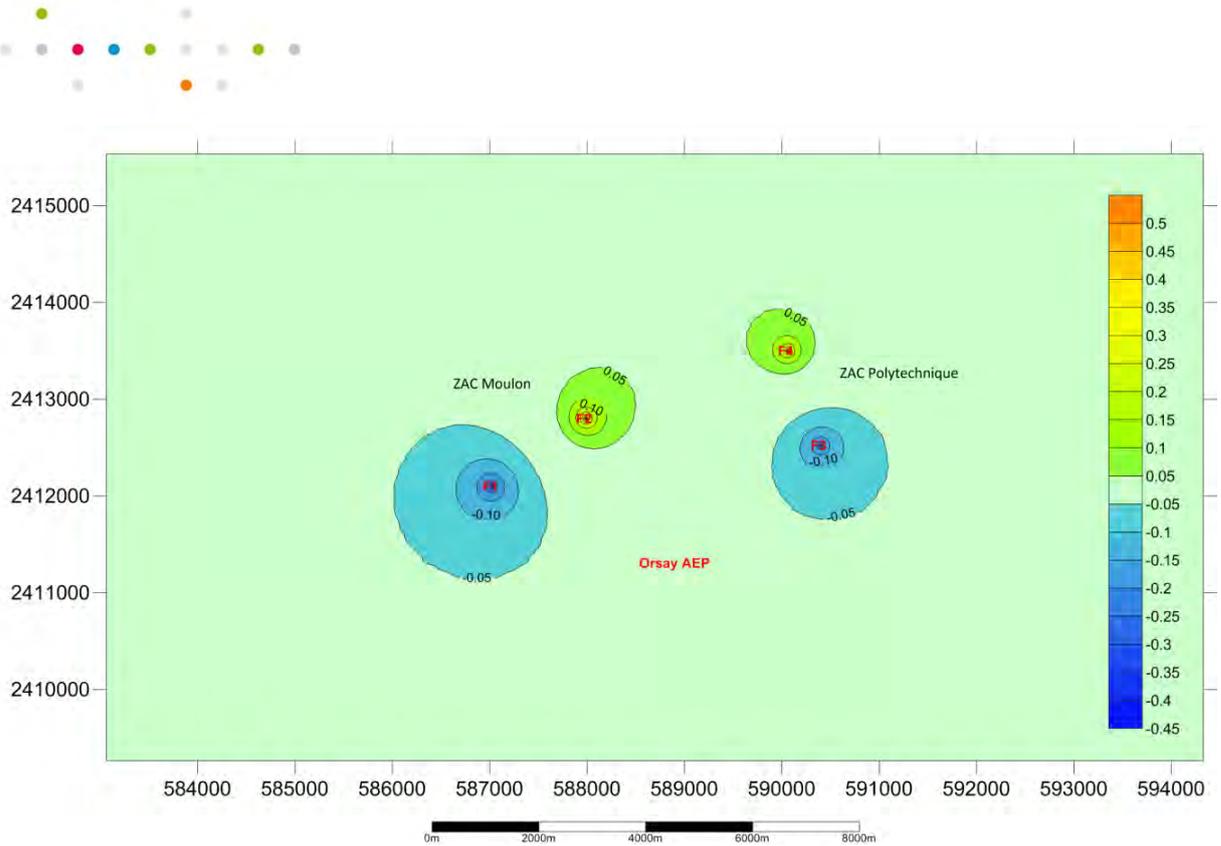


Figure 44 : Rabattements simulés en bars autour des puits

4.9.2 Simulation à débit maximal constant sur l'année

4.9.2.1 Impacts mutuels des doublets

Afin de simuler l'impact mutuel (soit les interférences induites par un doublet sur l'autre) des doublets, deux simulations ont été réalisées, avec pour chacune un seul doublet en fonctionnement produisant constamment sur l'année 200 m³/h sous une température de réinjection de 10°C (hypothèse maximaliste).

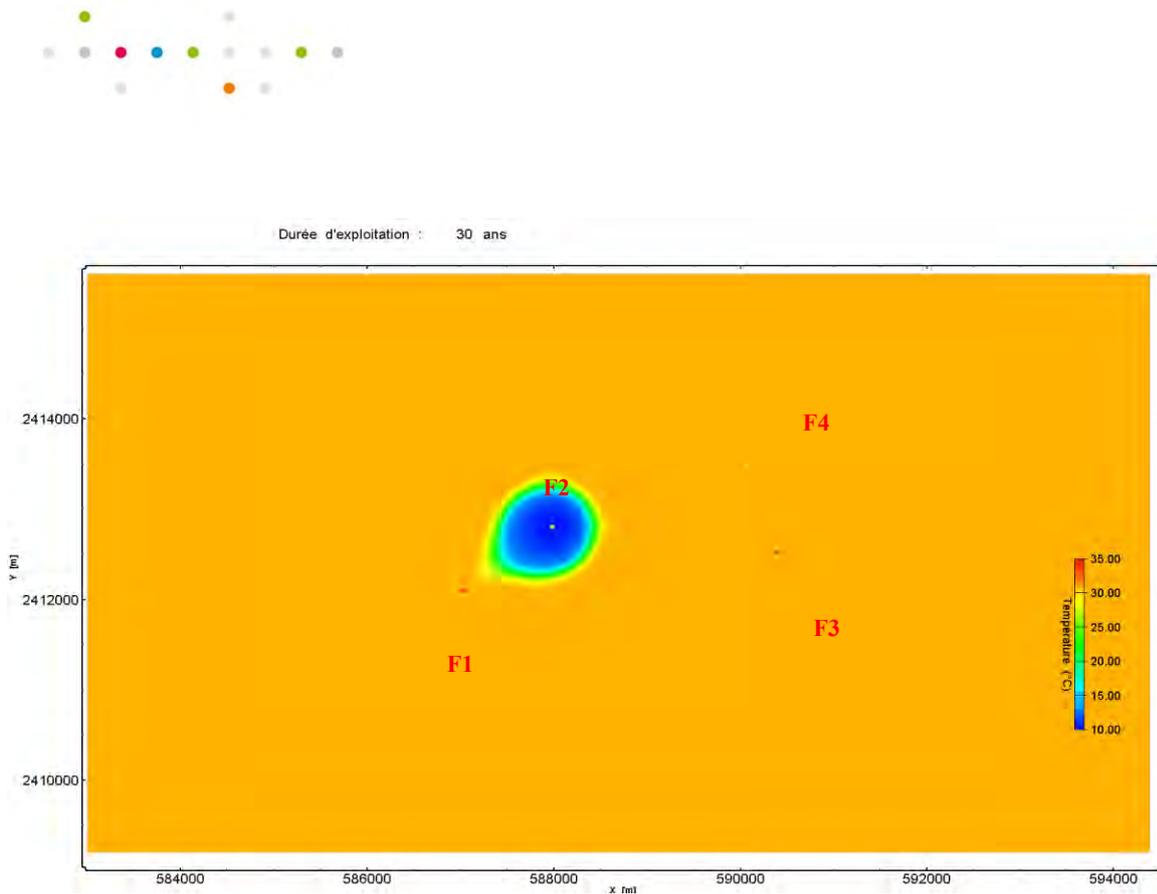


Figure 45 : Impacts thermiques simulés de la réinjection de la ZAC du quartier du Moulon après 30 ans d'exploitation (températures en °C)

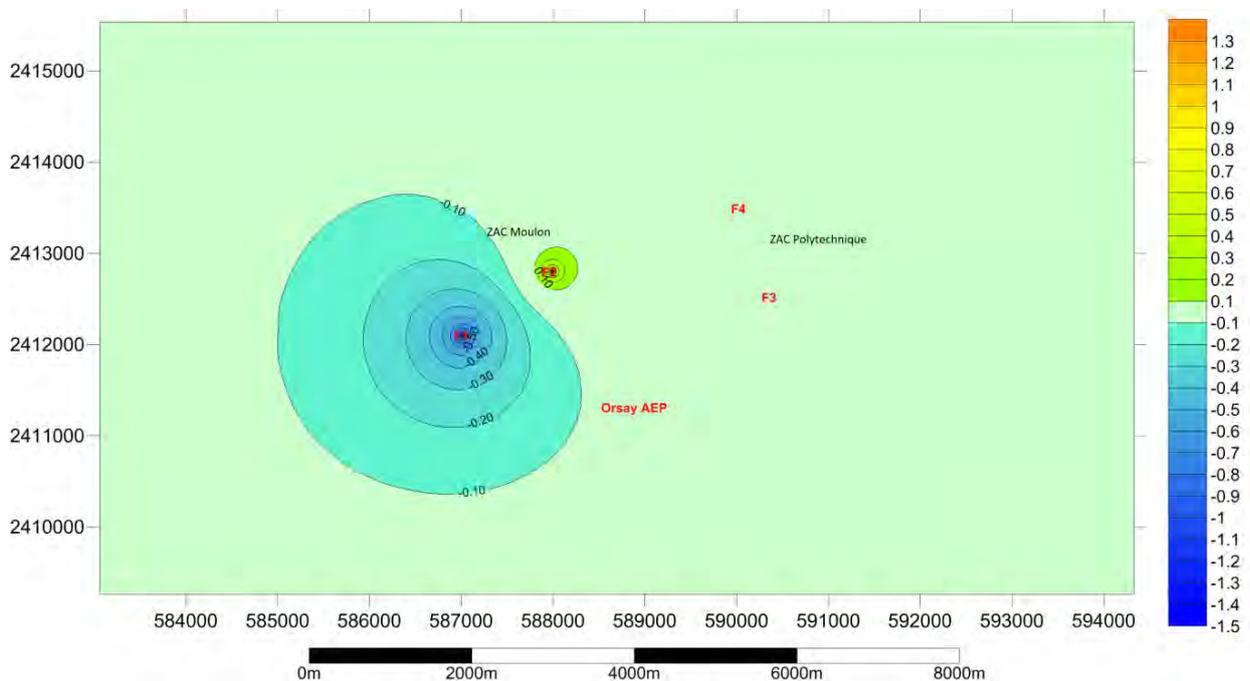


Figure 46 : Rabattements simulés (bars) après 30 ans d'exploitation de la ZAC du quartier du Moulon

L'impact thermique et les rabattements se circonscrivent au doublet en fonctionnement, sans influencer le second doublet ni le puits AEP d'Orsay. La percée thermique au puits producteur apparaît au bout de 28 années et se révèle très faible ($\approx 0,05^\circ\text{C}$) à l'issue des 30 années



d'exploitation. Le rabattement maximum en périphérie du puits est limité à 0.1 bar (soit 1 m) au puits AEP d'Orsay.

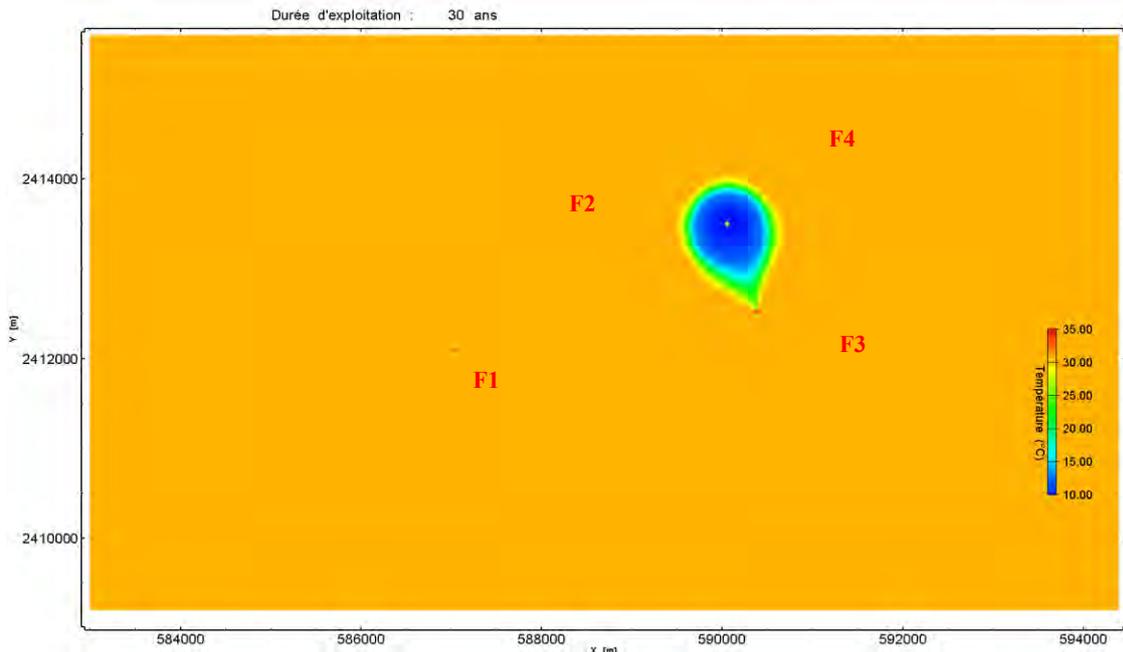


Figure 47 : Impacts thermiques simulés de la réinjection de la ZAC du quartier de l'Ecole polytechnique après 30 ans d'exploitation

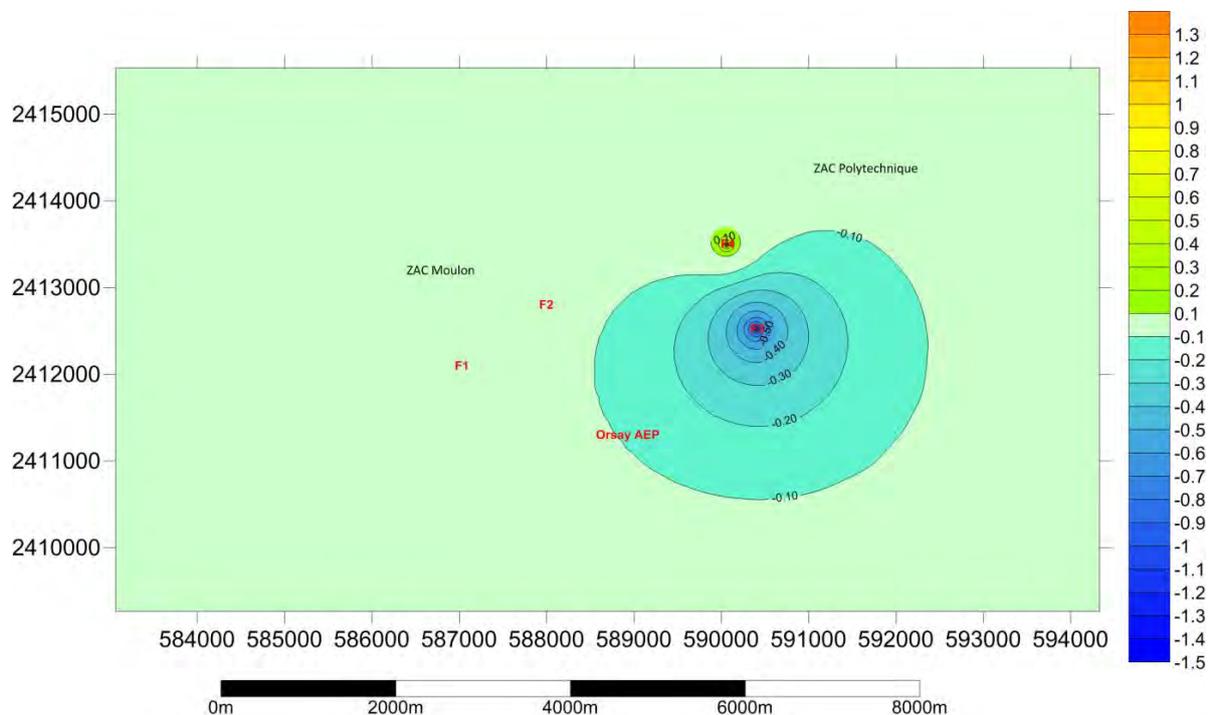


Figure 48 : Rabattement (bars) - Impact des rabattements après une exploitation de 30 ans de la ZAC du quartier de l'Ecole polytechnique

L'impact thermique reste limité au doublet en fonctionnement et n'affecte pas le second doublet ni le puits AEP d'Orsay. La percée thermique y apparaît au bout de 23 années et se traduirait après 30 années d'exploitation par un refroidissement de 0,75°C. L'hypothèse



maximaliste de débit $200 \text{ m}^3/\text{h}$ continu sur l'année engendre un rabattement maximum de 0.1 bar (soit 1 m) au puits AEP d'Orsay.

4.9.3 Simulation avec les deux doublets produisant à $200 \text{ m}^3/\text{h}$ constamment sur l'année

Cette simulation prend ainsi en compte un fonctionnement des deux doublets à débit maximal de $200 \text{ m}^3/\text{h}$, sous une température de réinjection constante sur l'année de 10°C , sur une durée d'exploitation de 30 ans.

Elle montre que, malgré des hypothèses très sécuritaires, les impacts thermiques des deux puits sont indépendants, indice qu'ils n'interagissent pas l'un sur l'autre (figure suivante).

Les percées thermiques sont de ce fait identiques à celles calculées pour les doublets à fonctionnement unique :

- 28 ans pour le forage F1 ($0,05^\circ\text{C}$)
- 23 ans, sensiblement plus élevée pour le forage F3 ($0,75^\circ\text{C}$).

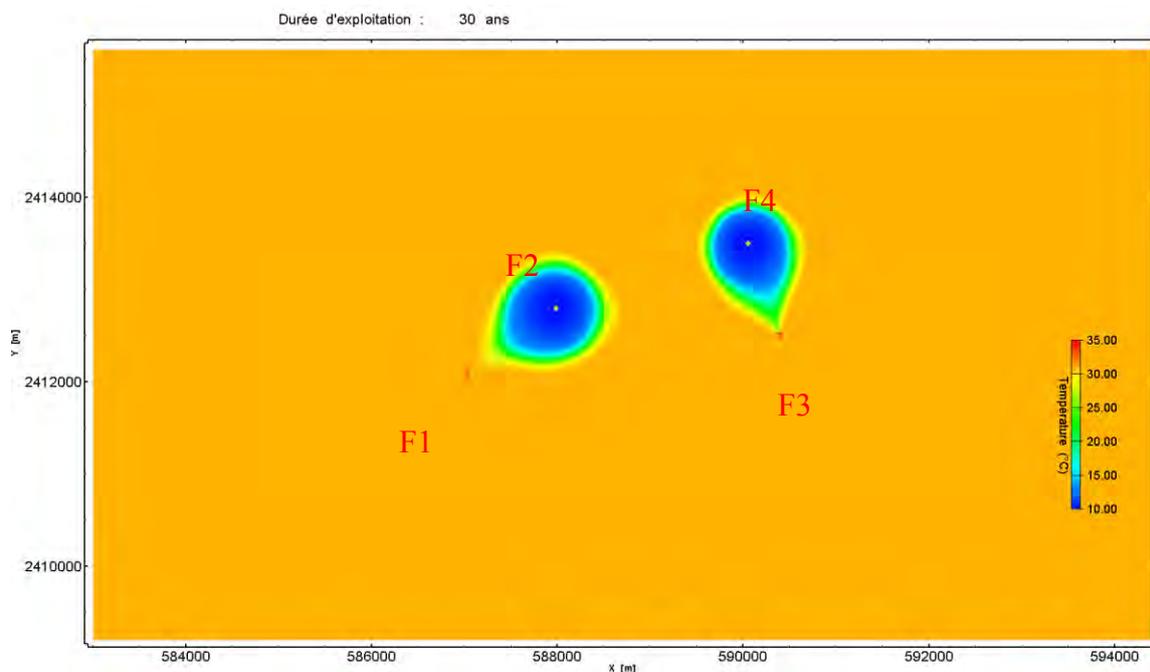


Figure 49 : Bulle froide ($^\circ\text{C}$) - Impact des températures après une exploitation de 30 ans

La configuration des rabattements, illustrée par la figure suivante, indique une interférence mutuelle interdoublés, faible cependant au vu de l'impact limité à 0,15 bar (soit 1,5 m) au puits AEP d'Orsay.

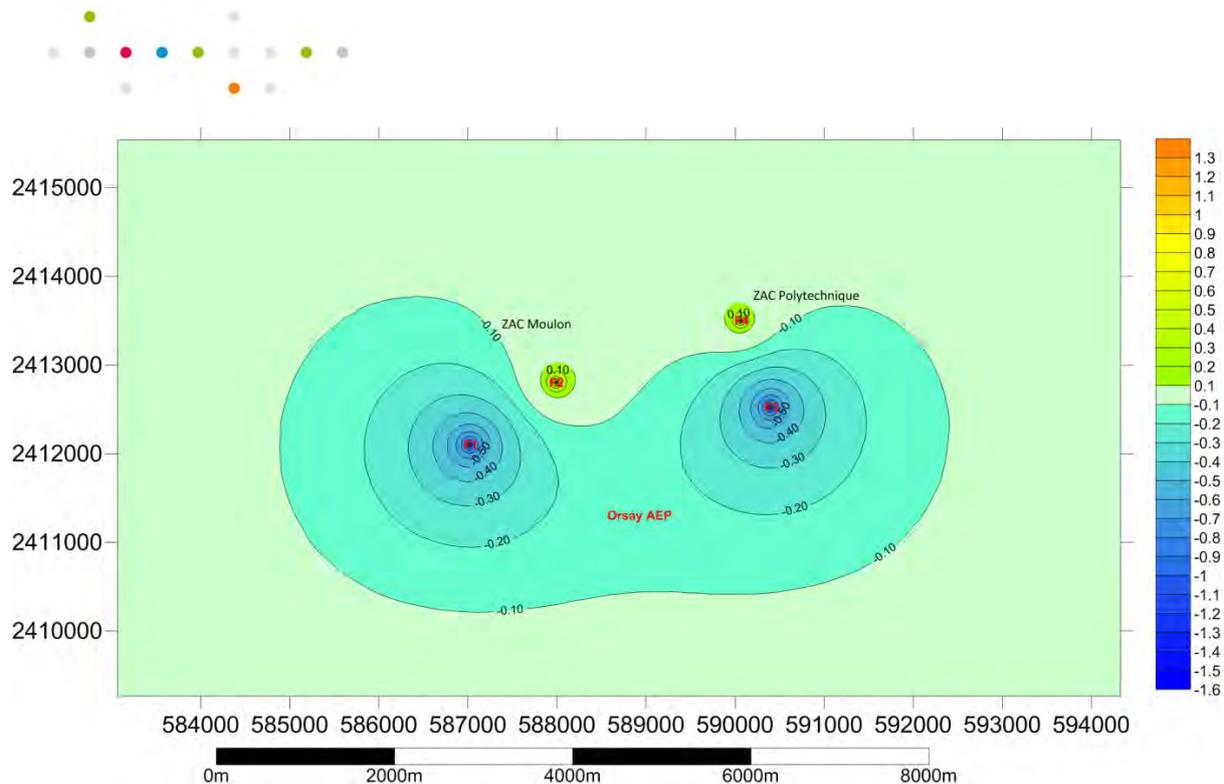


Figure 50 : Rabattement (bars) - Impact des rabattements après une exploitation de 30 ans

Ces valeurs sont à relativiser dans la mesure où elles correspondent à des hypothèses de production maximalistes fictives, assez éloignées de la réalité de l'exploitation dans l'état. En outre, les impacts simulés auraient relativement peu de conséquences sur les performances des ouvrages considérés (doublets et puits AEP d'Orsay).

4.10 Suivi et entretien des forages et de la boucle géothermale

4.10.1 Suivi de l'exploitation

4.10.1.1 Suivis périodiques

Le contrôle se conformera à l'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation. Il est prévu de réaliser l'ensemble des mesures suivantes.

Des mesures en continu seront réalisées sur la boucle géothermale :

- Températures aller et retour,
- Pressions aller et retour,
- Débits de la boucle,
- Etat de fonctionnement de la pompe de forage (tension, intensité, fréquence),
- Comptage d'énergie.

Ces mesures seront enregistrées numériquement et donneront lieu à la réalisation d'un bilan annuel qui sera transmis à la DRIEE. Ce document consignera également l'historique des contrôles, de la maintenance et des remplacements effectués sur la boucle géothermale.

De plus, une entreprise spécialisée aura en charge le suivi et le contrôle des équipements électromécaniques à raison de 4 passages annuels. Lors de ces 4 opérations annuelles, cette entreprise contrôlera :



- La productivité et l'injectivité des forages (niveaux dynamiques en fonction du débit d'exploitation),
- L'état de fonctionnement de la pompe immergée (consommations électriques, puissances, rendements),
- Le bilan thermique de l'échangeur (efficacité, pertes de charge),
- L'état des dispositifs de sécurité et de mesure : vannes de barrage en tête de puits, clapets anti-retour, manomètres, thermomètres,
- L'état des régulations et des sécurités électriques.

De plus, un contrôle de la sécurité des installations électriques de la boucle primaire sera programmé tous les ans.

Enfin, un suivi de la qualité de l'eau sera réalisé par un laboratoire spécialisé et certifié tous les 3 à 6 mois afin de contrôler le développement bactérien, le risque de dépôt et la potabilité. Ces résultats seront transmis à l'ARS et à la DRIEE.

Les paramètres analysés et les fréquences d'analyse seront a minima les suivants :

Tableau 20 : Paramètres et fréquences des analyses d'eau

Paramètres analyse complète		Fréquence
<ul style="list-style-type: none"> - Température - pH - Conductivité - Potentiel redox - Turbidité - Sulfates - Bicarbonates - Chlorures - Manganèse - Sodium - Potassium - Nitrates - Nitrites - Ammonium - Carbone organique total - Fer - Hydrogène sulfuré 	<ul style="list-style-type: none"> - Equilibre calcocarbonique - Magnésium - Titre alcalimétrique total - Carbonates - Calcium - Silice - Matière en suspension - Filtration étagée - Oxygène dissous - Escherichia coli - Entérocoques - Coliformes totaux - Germes aérobies revivifiables à 22°C et 36°C -Bactéries sulfito-réductrices et sulfato-réductrices - Ferrobactéries 	Tous les 6 mois pendant 4 ans à une fois par an, à partir de la 5 ^{ème} année, selon les résultats d'analyses obtenus
Paramètres analyse réduite		Fréquence
<ul style="list-style-type: none"> - Température - pH - Conductivité - Titre alcalimétrique complet 	<ul style="list-style-type: none"> - Germes aérobies revivifiables à 22°C et 36°C - Bactéries sulfito-réductrices 	Tous les 3 mois pendant 2 ans à une fois tous les 6 mois, à partir de la 3 ^{ème} année, selon les résultats obtenus

Ces contrôles réguliers ont pour but la détection rapide de la dégradation de l'un des éléments de la boucle géothermale (action préventive) mais également de prévenir toute dégradation de la ressource.

Les comptes rendus de ces visites de contrôle seront transmis à la DRIEE.



4.10.1.2 Inspections périodiques

Les opérations d'inspection suivantes seront réalisées au minimum tous les 7 ans :

- Inspection de l'état des tubages et des cimentations (caméra vidéo + CBL/VDL) ;
- Pompage par paliers (4x 2h avec remontée intermédiaires) ;
- Pompage de longue durée de 72h minimum.

En outre, une inspection caméra sera programmée à chaque sortie de pompe.
Le rapport d'interprétation de ces résultats sera transmis à la DRIEE.

4.10.2 Entretien des forages

Les différents suivis et diagraphies réalisés sur les forages peuvent amener à devoir procéder à une réhabilitation des ouvrages. En fonction des problèmes détectés, les solutions de réhabilitation pourraient être les suivantes :

- **Encrassement des tubages** : les dépôts sur les tubages pourront être enlevés par la réalisation d'un curage hydromécanique. Il s'agit de descendre dans l'ouvrage, en rotation et en circulation, un outil de nettoyage composé des éléments suivants placé à l'extrémité de masses tiges et de tiges de forages :
 - Un tricône classique,
 - Un porte outil,
 - Un outil de jetting à buses latérales,
 - Un clapet anti-retour.

Les méthodes de l'acidification « douce » ou du curage mécanique peuvent également être utilisées.

- **Perforation d'un tubage** : le colmatage des perforations d'un tubage peut être réalisé par injection sous pression d'un laitier de ciment au droit de la perforation et mise en place d'un patch cylindrique de quelques mètres de long (résine époxy/fibre de verre). Toutefois, si de nombreuses perforations sont détectées, il sera nécessaire de procéder au rechemisage de l'ouvrage par la mise en place d'un tubage de diamètre inférieur et la cimentation de l'entrefer.
- **Perte de productivité ou d'injectivité** : l'injection d'hexaméthaphosphaste et de javel permet de recouvrer tout ou partie des caractéristiques de productivité et d'injectivité d'origine.

4.11 Conditions d'arrêt de l'exploitation du doublet

4.11.1 Procédure d'abandon

En cas de perte définitive de productivité et/ou d'injectivité, d'une baisse de la température du gîte ne permettant plus son exploitation dans des conditions économiques optimum ou en cas de détériorations importantes de l'intégrité des forages (corrosion des tubages notamment) ne permettant plus de maintenir la protection des nappes superficielles, l'abandon des forages devra être envisagé.

La fermeture d'un puits représente une série d'opération destinées à maintenir l'isolation des différents niveaux aquifères et pour ce faire des barrières doivent être disposées selon des règles précises de façon à :

- Prévenir toute pollution et protéger l'utilisation future des aquifères,
- Empêcher la circulation des fluides entre niveaux géologiques perméables.



La procédure d'abandon des forages sera soumise à l'approbation de la DRIEE, conformément à l'arrêté d'exploitation (diagnostic de pré-rebouchage, coupe prévisionnelle du forage rebouché notamment). Les pratiques d'abandon des forages géothermiques à l'Albien sont celles appliquées pour les forages profonds.

Avant tous travaux de rebouchage, un diagnostic précis du forage et si nécessaire un nettoyage sont demandés pour évaluer l'état des tubages et adapter la position des bouchons de ciment.

4.11.2 Coût des travaux d'abandon

Le coût des travaux d'abandon d'un forage à l'Albien du type de ceux prévus au droit de la ZAC du quartier du Moulon est d'environ 250 k€ HT par puits.



5 DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX À

L'ALBIEN

5.1 Implantation des forages

Le forage de production sera implanté sur un terrain appartenant à l'Etat et en cours d'acquisition par l'EPA Paris-Saclay au droit d'un terrain de sport enherbé de l'école d'ingénieurs SUPELEC.

Le forage d'injection sera implanté sur un terrain appartenant à l'EPA Paris-Saclay sur une zone aménagée pour accueillir des équipements techniques. Cette zone technique sera mise en place pour accueillir un poste source d'EDF sur la parcelle mitoyenne.

Le détail des implantations est donné en partie 4.6.9 du présent document.

L'organisation du chantier sur site pourrait être la suivante :

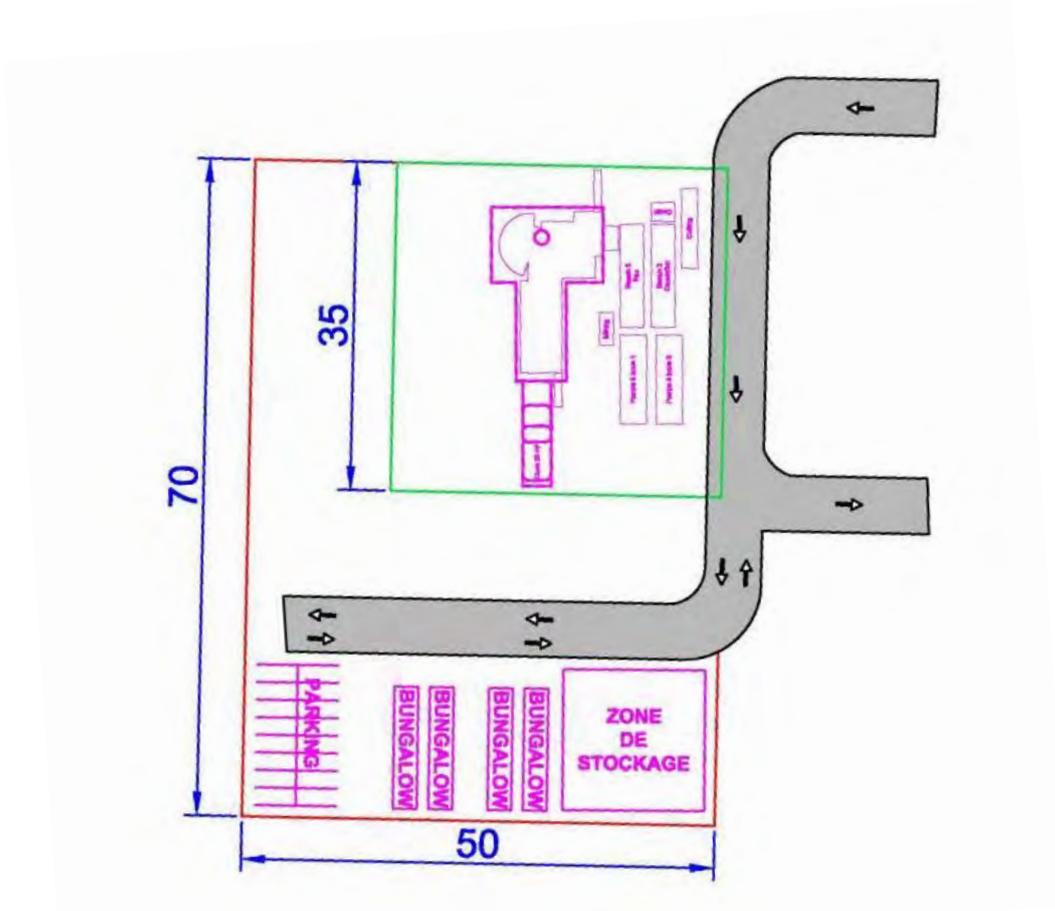


Figure 51 : Installation du chantier de forage sur les sites



5.2 Organisation du chantier

- **Horaires de travail** : En raison des spécificités techniques d'un tel chantier et pour en réduire la durée, les travaux seront réalisés sans interruption 24h/24 en 3 postes de 8 heures et 7j/7.
- **Effectif** : Toutes entreprises confondues, le nombre de personnel présent en simultanément sur le chantier sera d'environ 15 personnes :
 - 5 personnes de l'entreprise de forage,
 - 5 personnes des travaux sous-traités (forage préliminaire, etc.),
 - 5 personnes liés à l'encadrement des travaux.
- **Supervision** : un maître d'œuvre (GEOFLUID) supervisera l'ensemble des travaux (plateforme, forages, test de débit, mise en place des moyens de pompes, remise en état du site) et veillera au respect du planning de l'opération.

5.3 Phases de préparation du chantier

5.3.1 *Choix du matériel*

Il s'agit d'une phase préparatoire cruciale, décisive pour la réussite du projet, compte tenu des contraintes imposées par les sites de forage. Elles fixent la sélection d'un appareil dont l'emprise au sol n'excèdera pas 1500 m² sur une zone de travail d'environ 3500 m².

Ces contraintes conditionnent le choix de l'appareil et de sa dotation dans le sens d'une compacité et d'une insonorisation accrues par rapport aux machines et équipements de forage conventionnels.

En conséquence, un appareil de forage à motorisations électrique et hydraulique, sera sélectionné pour satisfaire à ces contraintes.

5.3.2 *Préparation de la plateforme*

Les travaux consisteront :

- A niveler et à terrasser les parcelles en fonction des études de sols après décapage au préalable des terres végétales;
- A aménager l'aire de travail de 3500 m² sur une profondeur de 40 cm via la pose d'un géotextile complété par une épaisseur de 10 cm de graves et matériaux de concassage puis d'un empierrement (30 x 80) compacté sur les derniers 30 cm. La surface sera fermée par une par une couche d'enrobés sécurisant la circulation des engins de chantier,
- A forer l'avant-puits de diamètre 36", arrêté à une profondeur de 80 m et équipé d'un tube guide en acier roulé/soudé de diamètre 30",
- A terrasser/couler en fonction des résultats et des préconisations des études de sol 3 dalles béton à double ferrailage (double treillis soudé 100 x 100) d'épaisseur 30 à 35 cm. Elles seront dimensionnées pour accueillir:



- L'appareil de forage,
 - Les générateurs,
 - La zone de stockage des produits et du ciment.
- A aménager la cave de la tête de puits suivant les plans ci-dessus,
 - A clôturer l'aire de travail en y aménageant deux accès (véhicules et évacuation en cas de nécessité), délimitant ainsi le périmètre rapproché de sécurité du chantier,
 - A assainir la plateforme qui sera imperméabilisée à l'aide d'un bassin de rétention provisoire pour les eaux de pluie avec rejet à 0,7 l/s/ha. Le détail de ce traitement des eaux est précisé dans la partie « Etude d'impact », partie 6.3.6.

La gestion des déblais et fluides de forage sera assurée via des bacs, pelletage/bennes et citernage et celle des essais au moyen de bacs et une unité de traitement (ligne de traitement sans borbier) par décantation de solides, refroidissement et dilution des eaux produites.

5.4 Forage des puits - Machines de forages utilisées

5.4.1 Phase avant puits

Le forage de l'avant puits jusqu'à une profondeur de 80 m environ sera réalisé à l'aide d'une machine de type BENOTO (grue équipée d'une benne preneuse et d'un louvoyeur de tube).

Figure 52. Grue de forage type BENOTO



Cette technique de foration est utilisée pour des forages de diamètre important (>800 mm). La foration par havage se fait au moyen d'une benne circulaire munie de coquilles ouvertes qui percutent le sol comme un trépan et remonte les déblais, coquilles fermées. L'outil est manœuvré au moyen d'un treuil principal monté sur une grue.



Parallèlement à l'extraction des déblais, le forage est tubé avec des éléments de tubes à verrouillage rapide, qui à mesure du havage sont enfoncés (ou retirés) par un mouvement de louvoisement. Ce mouvement louvoyant est assuré par un louvoyeur muni de vérins, enserrant la tête du tubage, actionné par une centrale hydraulique, des vérins de fonçage et d'arrachage assurent les mouvements verticaux de ce tubage.



Figure 53. Benne de havage

5.4.2 Phase forage rotary

La réalisation de forages profonds nécessite l'utilisation d'une machine de forage d'une capacité minimale au crochet d'environ 100 tonnes équipée d'un mât d'environ 50 m de haut.

Avec cette méthode, un tricône à molettes désagrège le terrain en fond de trou, en éléments plus ou moins grossiers (cuttings) qui sont remontés à la surface par le fluide de forage (boue bentonitique, boue polymère, eau...). Le fluide de forage, constitué d'un mélange d'eau et de bentonite (argile naturelle) est utilisé en circuit fermé et injecté par une pompe à haute pression. En plus de la remontée des cuttings, le fluide de forage contribue au soutien des parois du puits et maintient en place par pression hydrostatique les fluides présents dans les terrains perméables.

Le puits est foré par intervalles ou phases de diamètres décroissants et concentriques. A la fin de chaque phase, un tubage en acier est mis en place dans le puits puis cimenté à l'extrados jusqu'à la surface. En général, trois phases de forage sont nécessaires pour atteindre la base du réservoir.



Figure 54. Rig de forage au rotary



Figure 55. Tricônes à molettes

5.5 Coupe technique prévisionnelle

5.5.1 Résumé des travaux

Les forages seront réalisés au moyen d'un appareil de forage, de capacité au crochet 100 T (en dynamique) conformément aux architectures des puits et au programme de forage/complétion/mesures/essais développés dans les sections qui suivent.



Le forage débutera par l'avant-trou en diamètre 36", pour se terminer en 12"1/4 (réservoir objectif), les phases tubées se succèdent de 18" 5/8 et 13"3/8 (réservoir exploité via une crépine Johnson Muni Pack 10"3/4 posé avec un *liner hanger*). L'ouverture des fentes et la taille des sphères en verre sera déterminé en fonction de l'analyse granulométrique du sable du réservoir.

Les outils sont des tricônes couramment utilisés par les opérateurs pétroliers dans les formations sédimentaires en particulier du bassin parisien.

Les fluides de forage évolueront des boues bentonitiques simples, à des formulations mixtes bentonitiques/polymères cellulosiques, puis à des boues à l'eau et biopolymères dégradables dans le réservoir objectif.

Les cimentations des annulaires et entrefers, seront de type primaire [tête de cimentation, anneau (*float collar*) et sabot (*shoe*)], les ciments utilisés faisant appel à des laitiers de classe G.

Les mesures et essais comprendront :

- Des diagraphies différées
 - Des diagraphies différées de découverte, de caractérisation des lithologies des terrains traversés, de la géométrie du trou (volumes de cimentation) et de la porosité des formations réservoir,
 - De production (flotmétrie du découvert, essais de puits et enregistrement des pressions de fond),
 - De trou tubé (contrôle de cimentations des annulaires et des diamètres intérieurs des tubages),
- Des essais de production (cycles transitoires de rabattement et de remontée de pressions) de détermination des caractéristiques hydrodynamiques du réservoir (et de dimensionnement ultérieur des équipements de pompage et variateurs de fréquences),
- Des prélèvements de fluides en fond de puits aux fins d'analyses physico-chimiques et thermodynamiques de l'eau géothermale.



5.5.2 Programme de forage / complétion / essais

Le tableau suivant résume le programme de forage et de complétion des forages de la ZAC du quartier du Moulon.

Tableau 21 : Programme de forage et de complétion

PHASES FORAGE		PHASES TUBAGES						OBSERVATIONS
Diamètre (")	Cote forées (m/sol)	Diamètre (")	Cotes (m/sol)/longueurs (m) tubées	Range	Matériau/ nuance	Masse linéique (lbs/ft)	Filetage	
1. ZAC DU MOULON - PUIITS DE PRODUCTION								
36	0-85	30	0-80	2	TG acier	320.6	ATL	Avant puits
24	85-245	18 ^{5/8}	0-240	3	Acier K/J55	87.5	BTC	
17 ^{1/2}	245-640	13 ^{3/8}	0-635	3	Acier K/J55	54.0	BTC	
12 ^{1/4}	640-725	10 ^{3/4}	585-720	3	INOX 316L	45.5	BTC	Crépine Muni-Pak
2. ZAC DU MOULON - PUIITS D'INJECTION								
36	0-80	30	0-75	2	TG acier	320.6	ATL	Avant puits
24	85-215	18 ^{5/8}	0-210	3	Acier K/J55	87.5	BTC	
17 ^{1/2}	215-645	13 ^{3/8}	0-640	3	Acier K/J55	54.0	BTC	
12 ^{1/4}	645-725	10 ^{3/4}	590-720	2	INOX 316L	45.5	BTC	Crépine Muni-Pak



Le tableau ci-après précise les méthodes de forages, le type de boue utilisée et le programme de diagraphie et de cimentation :

Tableau 22 : Programme forage / boue / diagraphies / cimentation

Phase forée (")	Intervalle (m/sol)	Outil	Boue	Phase tubée (")	Intervalle (m/sol)	Diagraphies différées	Observations
26	0-245	TC	Bentonitique simple (BSS)	18 5/8	0 - 240	GR/BGL	Cimentation classique (tête, float collar et shoe) laitier classe G
17 1/2	245-675	TC	Bentonitique simple (BSS)	13 3/8	0 - 635	GR BGL MFC CBL-VDL	Cimentation classique (tête, float collar et shoe) laitier classe G
12 1/4	675-755	TC	Bentonitique simple (BSS) Biopolymères dégradables	10 3/4	635 - 720	GR BGL RES HRT PLT	Essais de production et remontée (build-up) de pressions

TC =	Outil tricône	BGL =	Borehole geometry log
GR =	Gamma Ray	MFC =	Multifinger caliper
DLL =	Dual latero log	LDL =	Spectral density log
PLT =	Production logging tool	PVT =	Pressure, volume, temperature analysis
CBL- VDL =	Cement bond log-Variable density log	HRT =	High resolution thermometer
RES	résistivité		



Les puits seront équipés avec une colonne filtrante de type Muni-Pack Johnson (skeleton technology, voir figure suivante) 10"3/4x8"5/8.

Le tableau suivant précise les caractéristiques de la crépine pré-packée.

Tableau 23 : Caractéristique de la crépine pré-packée

Crépine extérieur	276,6 x 255,0mm +3/-2mm
Slot:	0,80mm +0,1/-0,1mm
Fils / Hauteur du fil	375 / 6,00mm
Section de rods	1583mm ²
Crépine intérieur	220,4 x 201,5mm +3/-2mm
Slot:	0,80mm +0,1/-0,1mm
Fils / Hauteur du fil	350 / 5,00mm
Section de rods	950mm ²
Media Filtrant:	billes de verre (dimensions à définir)
Pourcentage d'ouverture	17,6%
Débit théorique	16,5 m ³ /h/m pour une vitesse d'entrée d'eau de 3cm/s
Débit max théorique ascensionnel	172,2 m ³ /h avec une vitesse ascensionnelle de 1,5m/s
Résistance théorique à l'écrasement	82,9 bars
Résistance théorique à la traction en limite élastique	30,1 tonnes
Extrémités	avec raccord JSL male x femelle (Ø ext femelle 248mm)
Poids estimatif	99,0 kg/m
Longueur utile:	7 x 8,57m +/-50mm

Figure 56 : Colonne filtrante Munipak Johnson Skeleton



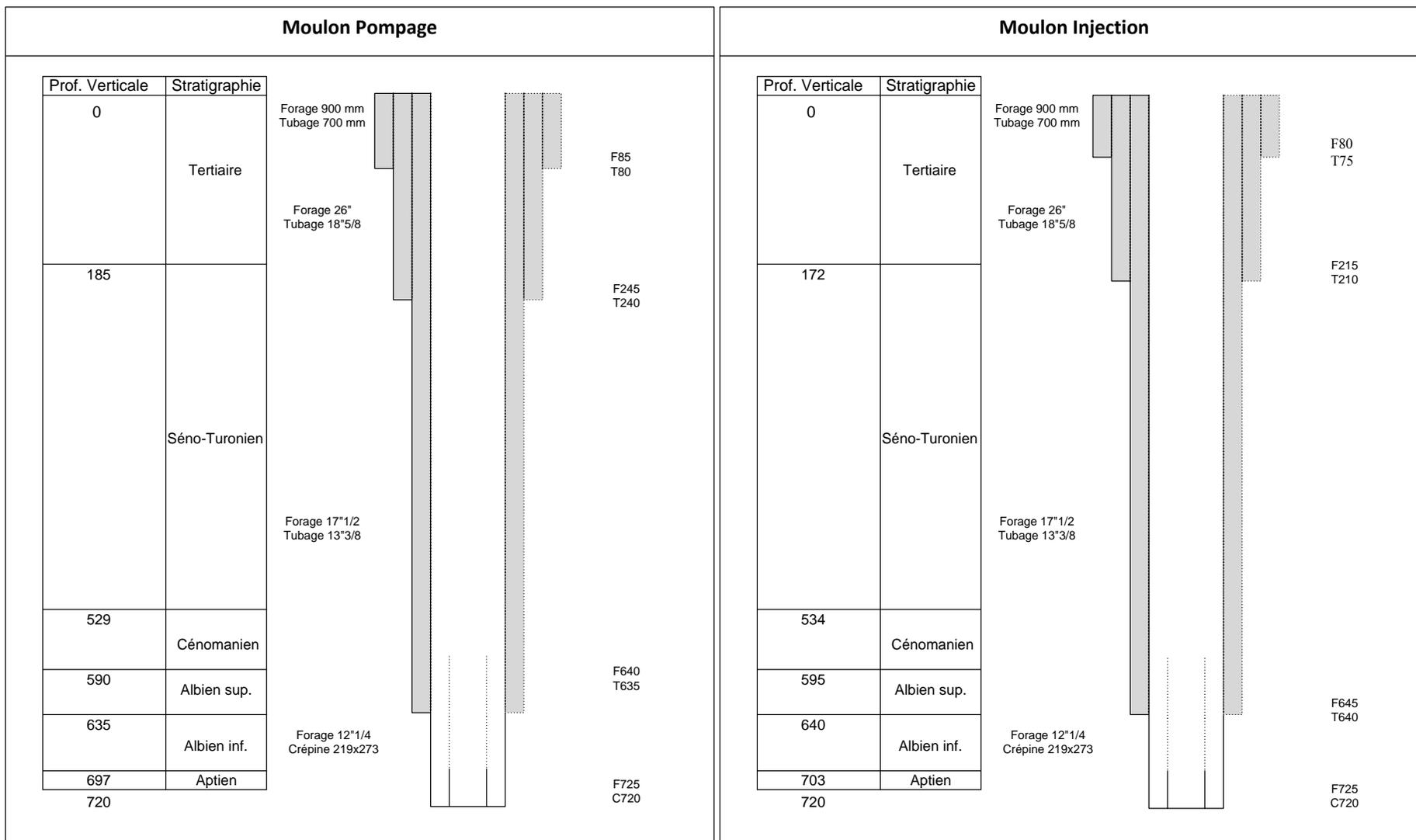


Figure 57 : Architecture des puits



5.6 Programme de diagraphies différées

Pour s'assurer de la qualité des travaux de forage, toutes les diagraphies nécessaires à ce type de travaux seront réalisées, à savoir :

- Contrôles du diamètre et de la verticalité avant à la pose des tubages ;
- Contrôles de cimentation des tubages cimentés (CBL/VDL, USIT) ;
- Gamma ray et résistivité dans le réservoir ;
- Inspection par caméra vidéo.

5.7 Essai de production

A l'issue des travaux de forage, il sera procédé à la réalisation de pompages de nettoyage, de développement et de pompages d'essai :

- **Nettoyage et mise en eau à l'air lift** : Après la mise en place du massif de gravier, le forage sera nettoyé à l'air lift pendant 24 h
- **Développement du forage** : Le développement du forage sera réalisé à la pompe jusqu'à l'obtention d'une eau claire pendant plusieurs jours et atteinte du débit spécifique stabilisé. En fin de développement, une désinfection du forage sera réalisée.
- **Pompages d'essai** : Essai de puits (pompage par paliers) et pompage de longue durée (72 heures).
- **Diagraphies** : débitmétrie, thermométrie/conductivité.

5.8 Remise en état du site

Après évacuation des déchets, effluents et liquides et le repli des machines de forage, le site sera remis dans son état initial.

La remise en état du site comprendra :

- Le repli des appareils de forages et de la logistique associée,
- L'évacuation des déchets et effluents,
- Le démontage de la clôture.

5.9 Durée et échelonnement des travaux

La durée des travaux de forages tels qu'ils sont décrits ci-avant est estimée à 22 jours calendaires par forage (hors avant puits et aménagement de la plateforme).



Ainsi, l'avancement du chantier pourra être modélisé comme suit :

Courbe d'avancement prévisionnel

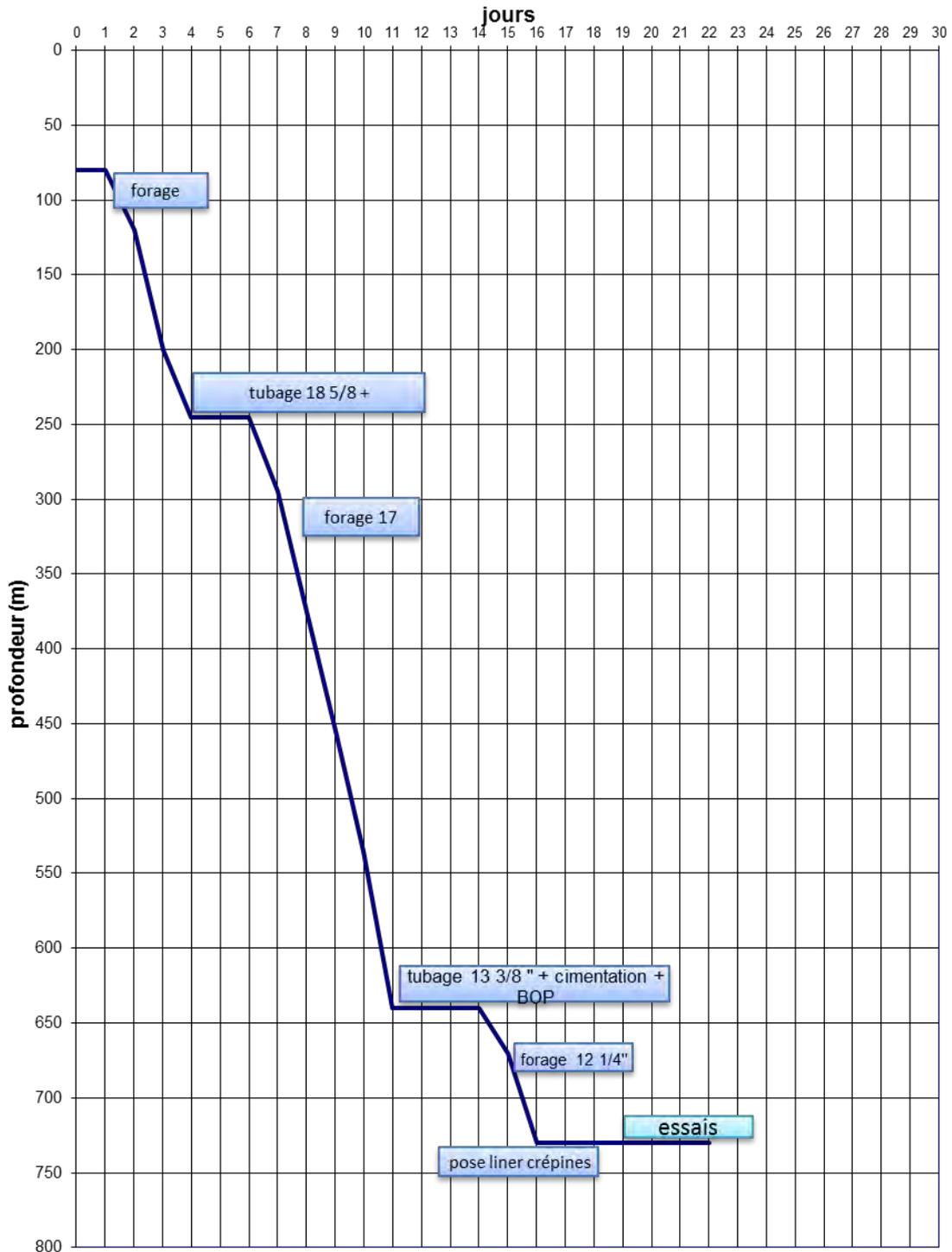


Figure 58. Avancement prévisionnel des travaux



6 ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

6.1 Présentation du projet

6.1.1 *Justification du projet*

Le projet consiste à créer un doublet géothermique sur la ZAC du quartier du Moulon comme il est décrit dans les parties précédentes.

L'Etablissement Public d'Aménagement Paris-Saclay, organisme d'intérêt national, est chargé de l'aménagement de la ZAC et est porteur du projet et de son financement.

La réalisation du projet est confiée au groupement d'entreprises IDEX/EGIS dans le cadre d'un contrat de Conception / Réalisation / Exploitation / Maintenance.

6.1.2 *Contexte géographique et administratif*

6.1.2.1 *Le territoire de PARIS – SACLAY*

Le territoire de Paris-Saclay s'inscrit, au Sud de Paris, autour d'un vaste espace agricole et naturel, entre les vallées de l'Yvette et de la Bièvre. Il s'appuie sur les pôles urbains de Versailles, Saint-Quentin-en-Yvelines, Massy et Palaiseau, 4 agglomérations dépassant chacune 100 000 habitants à proximité directe de l'aéroport d'Orly.

Il est constitué de 49 communes dont la plupart sont regroupées en intercommunalités: les communautés d'agglomération d'Europ'Essonne, du Plateau de Saclay, de Versailles-Grand-Parc, de Saint-Quentin-en-Yvelines, des Hauts de Bièvre et la communauté de communes du Cœur du Hurepoix. Il regroupe aujourd'hui 657 000 habitants et 372 000 emplois, sur une superficie trois fois et demi plus vaste que celle de Paris intra-muros.

Par ses dimensions et ses données démographiques, cette aire urbaine offre une taille comparable à une grande ville de province bien que plusieurs traits en fassent un territoire très spécifique :

- Une structure polycentrique,
- La proximité de Paris,
- Un territoire peu équipé au regard de son poids démographique (sans doute expliqué par la proximité de Paris),
- La forte identité agricole.

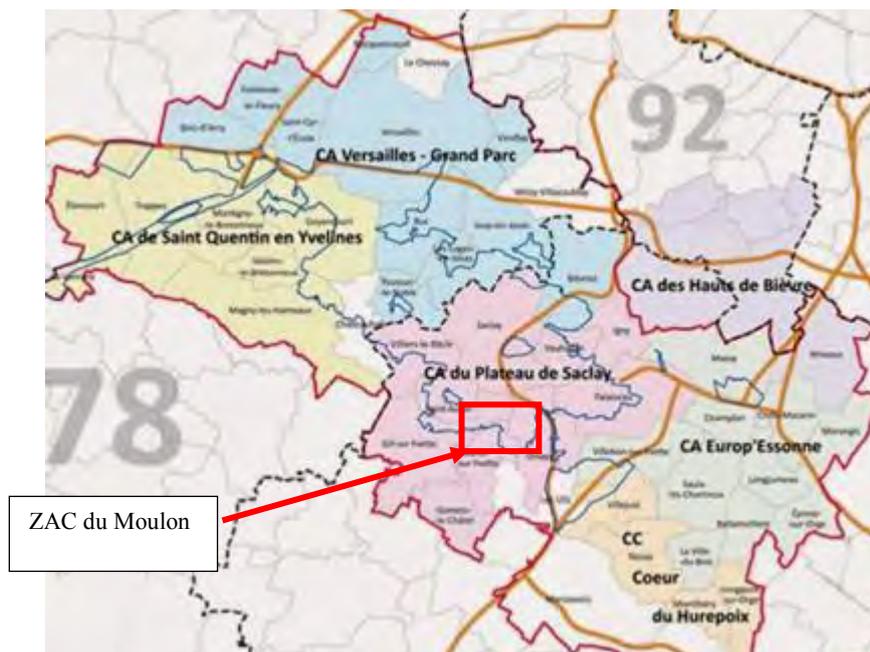
Depuis les années cinquante, lorsque se sont implantés le CEA et la faculté des sciences d'Orsay, il a accueilli de nombreux établissements d'enseignement et de recherche publics et privés. Environ 13% des effectifs de la recherche française y travaillent ce qui en fait, après Paris-Centre, la plus grande concentration nationale de chercheurs, étudiants et entreprises de hautes technologies, soit environ 17 000 personnes rattachées à la recherche publique (CEA, CNRS, INRA...), près de 20 000 personnes employées dans les centres de Recherche et Développement (R&D) de grands groupes de l'industrie et de la haute technologie française (Renault, PSA, Danone, EADS...) et 47 000 étudiants répartis dans les universités Paris-sud

et Versailles-Saint-Quentin ainsi que dans les grandes écoles (Polytechnique, Supélec, HEC...).

Dans cet environnement métropolitain, très proche du centre de Paris, une activité agricole performante a su se maintenir.

Le site présente des qualités de paysage et de nature remarquables : vallées et coteaux boisés, système hydraulique complexe hérité des aménagements du château de Versailles, présence d'espèces rares au plan faunistique et floristique.

Figure 59 : Communes et intercommunalités de périmètre de l'EPA Paris-Saclay



6.1.2.2 Paysage naturel et urbain

Le plateau de Saclay s'inscrit dans une plus vaste région de plateaux appartenant à la région naturelle du Hurepoix, s'étendant au sud-ouest de Paris entre Beauce et Brie, Seine et Yvelines. Le plateau de Saclay est délimité par les cours d'eau de la Bièvre au nord et de l'Yvette au sud. Ces deux vallées marquent fortement le paysage du plateau puisqu'elles l'entaillent de denses coteaux boisés.

Le patrimoine naturel environnant est particulièrement riche :

- A l'ouest, le Parc naturel régional de la Haute Vallée de Chevreuse ;
- Au nord, les forêts domaniales de Versailles et Meudon ;
- Au nord-est, la forêt domaniale de Verrières.

6.1.2.3 Paysage naturel et urbain

L'inventaire des paysages est assez complexe. Sont mêlés, au gré des vallées encaissées délimitant un plateau à dominante agricole, des formes urbaines contrastées :

- agglomérations et villages,
- centres historiques et ville nouvelle,
- pôles universitaires, d'innovations et/ou de hautes technologies.

Concernant les infrastructures, le plateau de Saclay est desservi par la RN 118 et se trouve à proximité immédiate des autoroutes A10 et A86. Les vallées de la Bièvre et de l'Yvette

accueillent respectivement les RER C et B. La gare TGV de Massy-Palaiseau se situe également à proximité. L'aéroport d'Orly est accessible en 20 minutes.

6.1.3 Contexte climatologique

6.1.3.1 Températures

Sur les grands bassins centre et nord, les températures moyennes varient notablement au gré des latitudes et de la continentalité. La température moyenne annuelle est de 11,7°C. Juillet et août sont les mois les plus chauds. Sur le plateau, les moyennes annuelles oscillent entre 6,5°C et 14,8°C avec des moyennes en janvier de 1°C à 6°C et de 13°C à 24°C en juillet.

Les températures les plus froides sont enregistrées en janvier et en février. Le thermomètre peut exceptionnellement descendre à -15°C.

L'amplitude thermique moyenne en Ile de France est de 15°C.

Figure 60 : Température sur le plateau entre 1971 et 2000

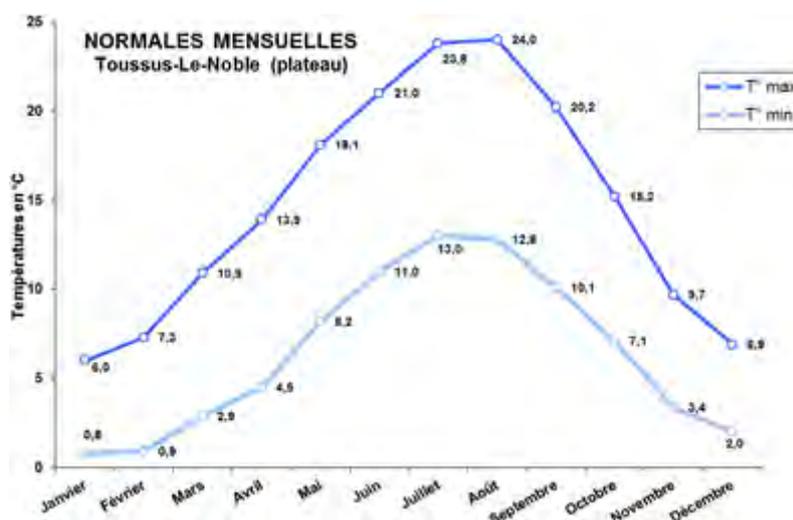
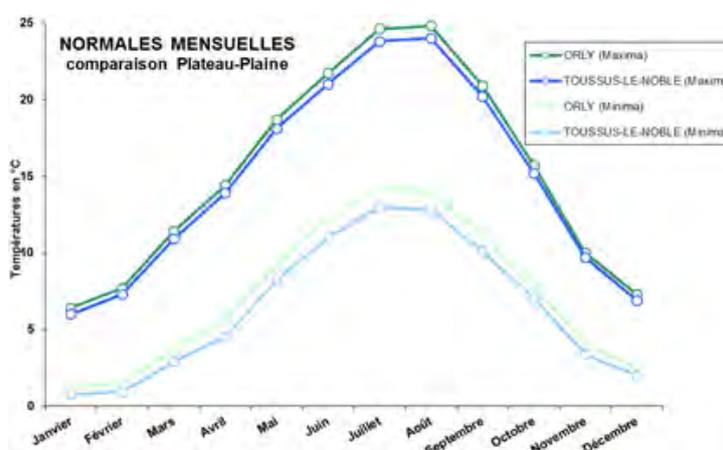


Figure 61 : Normales mensuelles à Toussus-le-Noble, Orly et Paris entre 1971 et 2000



6.1.3.2 Précipitations

Les régions françaises océaniques reçoivent 800 à 1000 mm de précipitations annuelles, la moyenne nationale s'établissant à environ 850 mm.

Le bassin parisien se situe légèrement au-dessus de 600 mm de précipitations annuelles. Il tombe environ 650 mm à Paris et moins de 620 mm à Orly. Il pleut donc relativement peu en



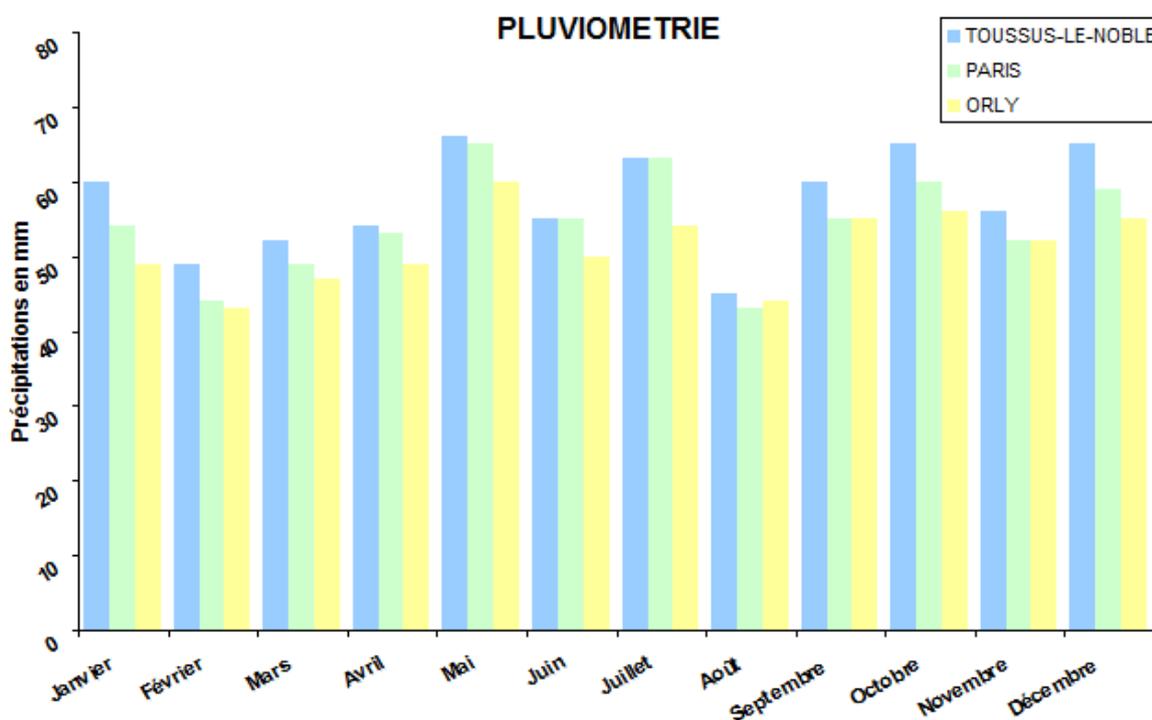
Ile-de-France mais de façon très régulière, ce qui explique un nombre de jours de pluie (précipitations supérieures à 1 mm) annuel notable.

Les précipitations sur le plateau sont légèrement plus importantes que la moyenne régionale. Elles oscillent autour de 700 mm. Là encore, l'effet de relief exerce son influence, notamment par l'intermédiaire de phénomènes d'ascendance orographique.

Il pleut 111 jours par an à Paris et 110 à Orly. Sur le plateau les jours pluvieux s'élèvent à 117 jours à Toussus-le-Noble, et 119 jours à Trappes. Des événements pluvieux exceptionnels peuvent néanmoins survenir sur le territoire, comme en avril et août 2007. Le phénomène orageux du 29 avril 2007, de période de retour estimée entre 50 et 100 ans (70 mm tombés en 6 h à Toussus-Le-Noble, d'après les données de l'étude de Gestion Globale des Eaux sur le plateau de Saclay) a notamment provoqué de fortes inondations.

Le secteur d'étude, du fait de sa situation de plateau, est ainsi plus arrosé et le nombre de jours pluvieux est supérieur à la moyenne régionale.

Figure 62 : Précipitations moyennes mensuelles entre 1971 et 2000 à Toussus-le-Noble, Paris et Orly

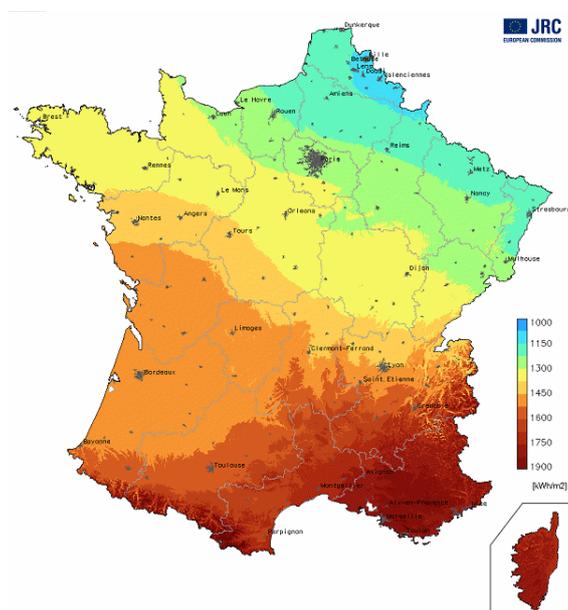


6.1.3.3 Ensoleillement

L'ensoleillement en Ile de France est de l'ordre de 1650 heures par an, la moyenne nationale se situant à 1850 heures.

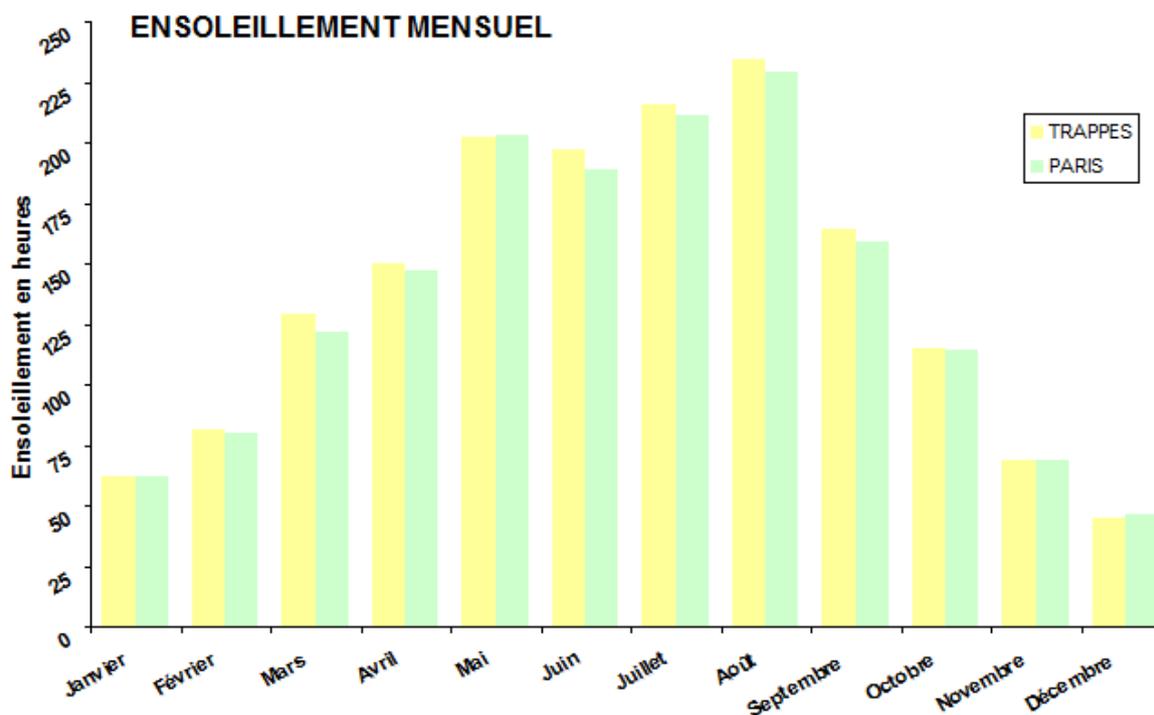


Figure 63 : Ensoleillement moyen en France (en kWh/m²)



A Paris-Montsouris, le soleil brille 1630 heures par an. A Trappes, le plateau reçoit 1660 heures d'ensoleillement. Le mois de décembre est le mois le moins ensoleillé avec des moyennes mensuelles inférieures à 50 heures que la brièveté des journées ne peut seule expliquer. Les journées y sont aussi plus grises que durant les autres mois de l'année. Le mois d'août est le plus ensoleillé.

Figure 64 : Ensoleillement moyen entre 1991 et 2000 à Trappes et Paris





6.1.3.4 Vent

Du fait de sa position surélevée et de sa planéité, le plateau de Saclay est particulièrement exposé aux vents dominants de la région. En l'absence de tout effet aérodynamique particulier (c'est-à-dire sur le site vierge), la fréquence de gêne par an est importante (35% toutes directions de vent confondues au nord de Polytechnique).

Orientation

Les flux d'orientation nord-est et ouest-sud-ouest dominant la majeure partie de l'année. Les vents d'ouest-sud-ouest oscillent majoritairement entre 220° et 240° avec une inclinaison ouest très prononcée en été alors que l'on se rapproche du sud-ouest le reste de l'année. Les vents de nord-est représentent l'autre tendance avec une fréquence moindre mais des vitesses sensiblement similaires. Ces flux sont plus fréquents en hiver et au printemps.

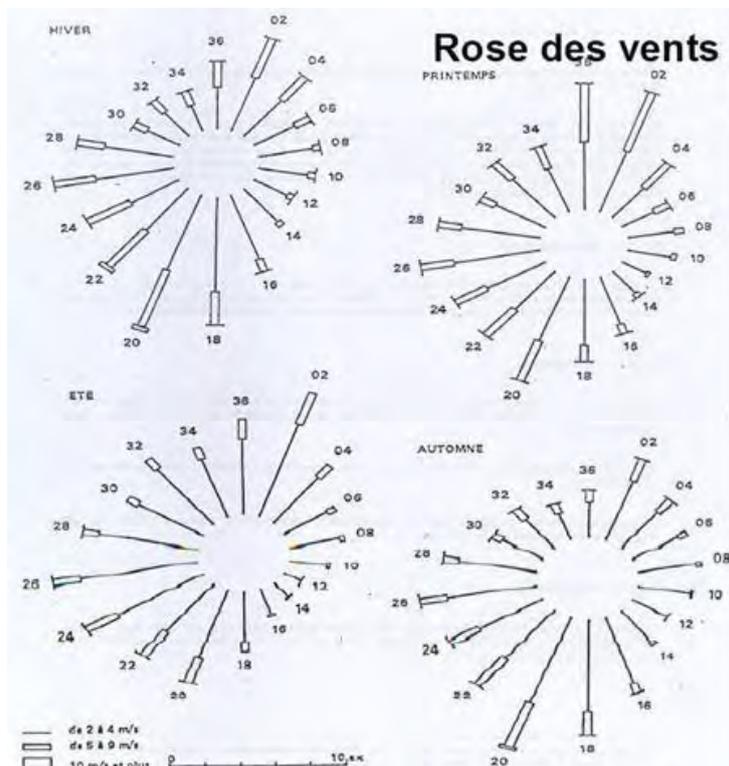
Vitesse

La vitesse moyenne des vents mesurée à Trappes, sur la période de 1982 à 2002, révèle un vent de vitesse moyenne maximale de 3,4 m/s en hiver (12,2 km/h) et un minimum de 2,3 m/s au mois d'août (8,26 km/h).

Les vents supérieurs à 10 m/s sont enregistrés principalement en hiver.

La vitesse des vents n'est pas très élevée en moyenne. Le nombre de jours où le vent souffle en rafale à plus de 28 m/s (100 km/h) est de 0,3 en moyenne sur la période étudiée.

Figure 65 : Roses des vents saisonnières entre 1974 et 2000, station météorologique de Trappes





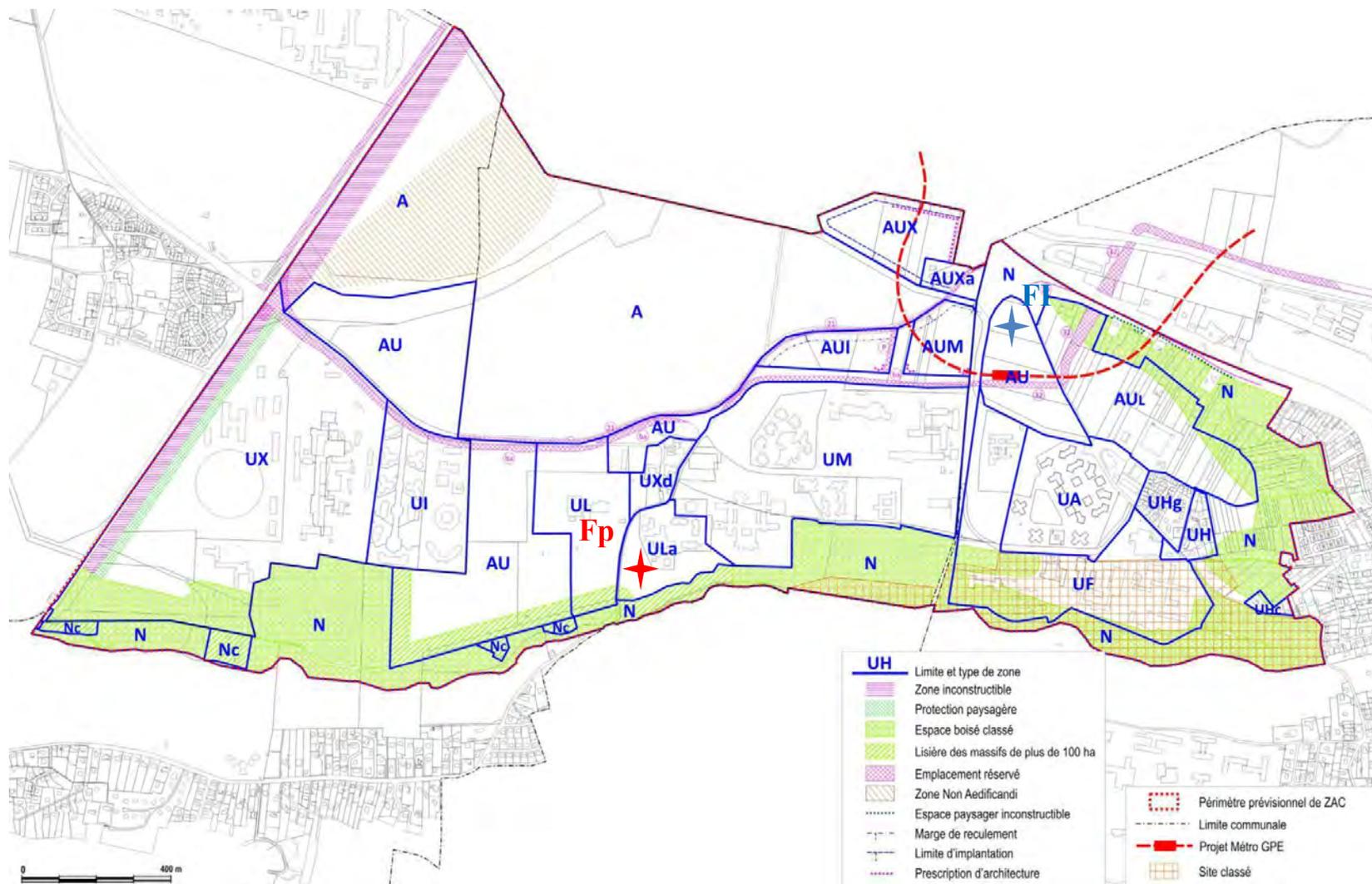
6.1.4 *Plan local d'urbanisme et servitudes*

Le quartier de Moulon se répartit sur 3 communes :

- Gif-sur-Yvette (1200 ha, 22 300 habitants),
- Orsay (776 ha, 16 600 habitants),
- Saint-Aubin (357 ha, 680 habitants).

Les sites de forages seront situés sur la commune de Gif-sur-Yvette (forage de production) et la commune d'Orsay (forage d'injection).

Figure 66 : Zonage des PLU en vigueur





6.1.4.1 Plan Local d'Urbanisme de Gif-sur-Yvette

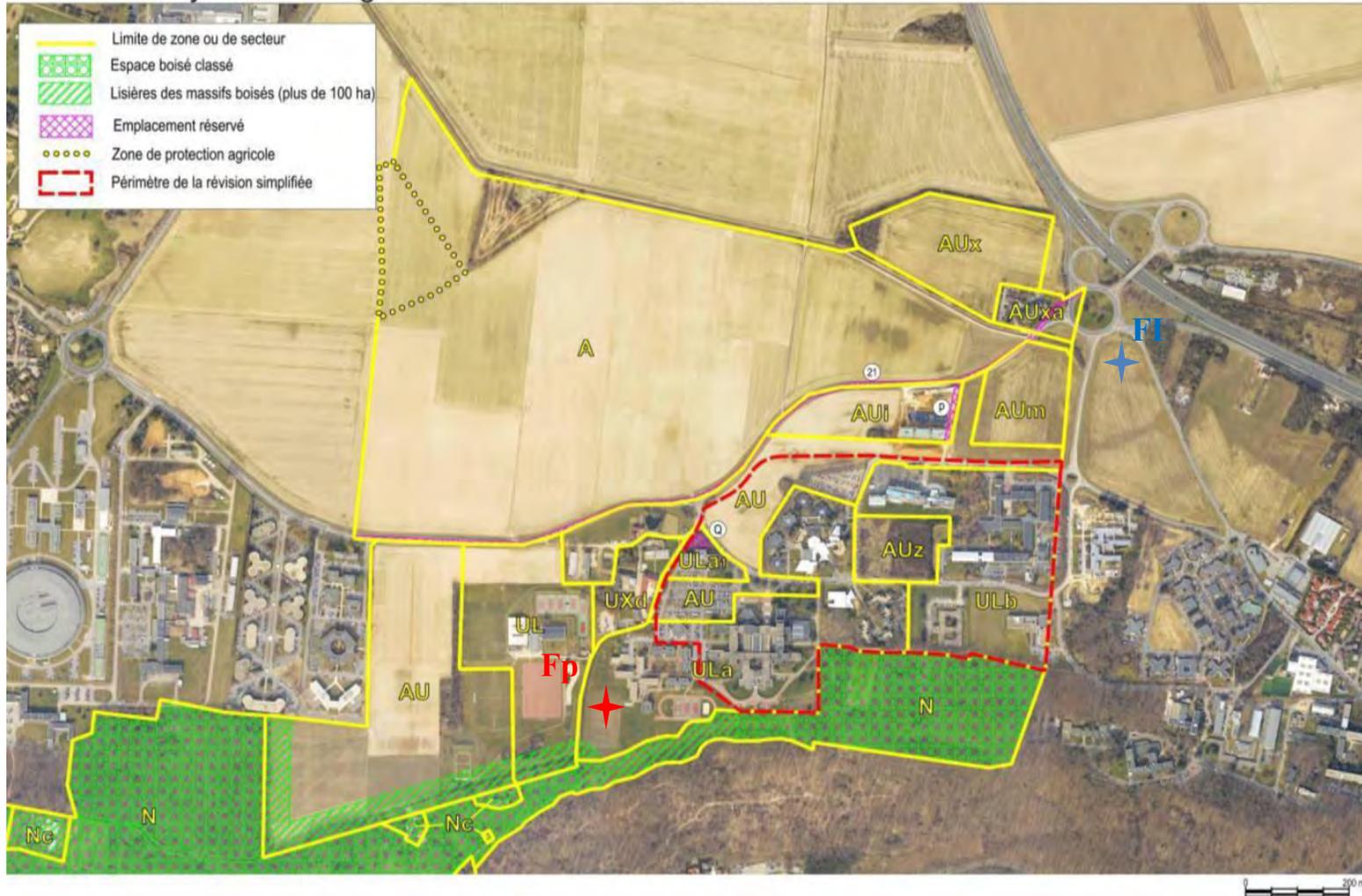
Le Plan d'Occupation des Sols (POS) de la commune de Gif-sur-Yvette a été créé en 1978. La modification n°6 adoptée en 2002 a concerné notamment l'ouverture à l'urbanisation de la zone NAL dans le secteur du plateau de Moulon.

La révision complète du POS pour une transformation en PLU a été approuvée le 9 mai 2007. L'un des objectifs principaux affirmés était alors « la maîtrise de l'urbanisation de Moulon ». En 2013, la ville de Gif-sur-Yvette a effectué une révision simplifiée de son PLU, révision visant à intégrer l'implantation prochaine de l'École Centrale Paris (ECP) et de ses programmes associés sur le plateau de Moulon.



Figure 67 : Localisation du périmètre de la révision simplifiée de 2013 sur le PLU de Gif-sur-Yvette de 2007

PLU Gif-sur-yvette - Zonage du PLU 2007 - Plateau de Moulon





Le forage de production est situé en zone ULa du PLU de Gif-sur-Yvette.

Le règlement du PLU indique les Zones UL a et b de Moulon sont « [...] destinées à accueillir des équipements d'intérêt collectif, des établissements supérieurs et universitaires, de recherche scientifique, de formation professionnelle et les constructions nécessaires à leur fonctionnement.

A ce titre l'implantation du forage géothermique de production s'inscrit dans le PLU en tant qu'équipements d'intérêt collectif et nécessaires au bon fonctionnement des constructions.

6.1.4.2 Plan Local d'Urbanisme d'Orsay

Le PLU de la ville d'Orsay a été élaboré le 25 juin 2008 afin de se substituer au POS. La version en vigueur du PLU de la ville d'Orsay a été approuvée par délibération du Conseil municipal suite à modification en date du 14 novembre 2012. Cette modification avait pour objectif de rectifier quelques incohérences et de redéfinir ou préciser le contenu de certains articles du règlement du Plan Local d'Urbanisme.

Le forage d'injection est situé en zone AU du PLU d'Orsay (voir figure 65).

Les terrains en zone AU ne sont pas destinés à l'urbanisation et « leur vocation principale est d'accueillir des activités économiques et des équipements dans le cadre d'un projet d'ensemble, qui devra se traduire par des orientations particulières d'aménagement. »

Le forage géothermique d'injection s'inscrit bien dans un projet d'ensemble, que ce soit celui du réseau de chaleur ou celui de la ZAC dans son ensemble.

6.1.4.3 Servitudes au droit du site

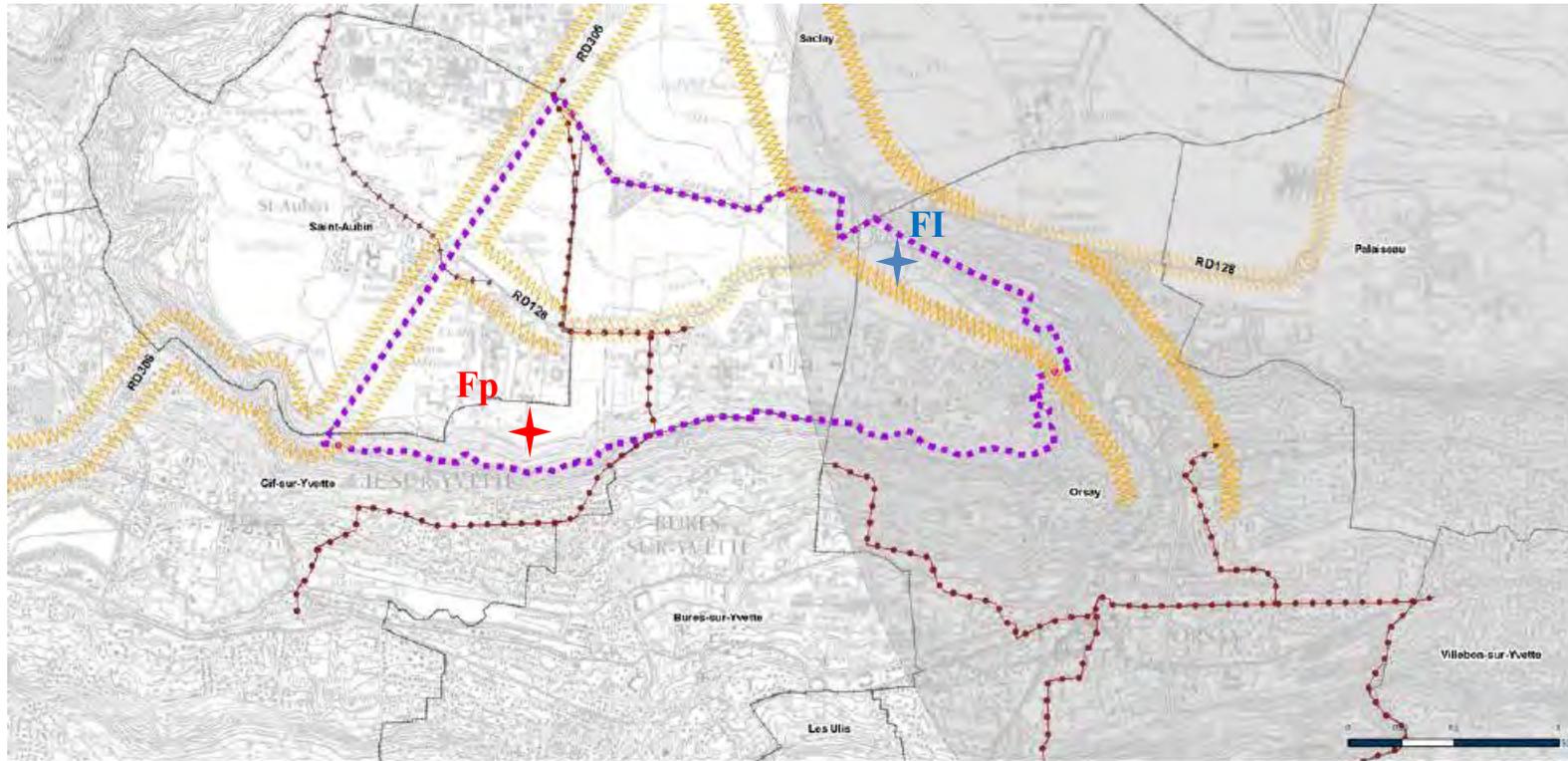
Les servitudes d'utilité sont créées par d'autres législations ou réglementations que celles d'urbanisme, affectant directement l'utilisation des sols, bien qu'applicables indépendamment des règles du PLU.

Il importe néanmoins que ce dernier soit en cohérence avec les servitudes. C'est pourquoi les servitudes relatives à des risques présents sur la commune sont annexées au document du PLU.

Les sites d'implantation des forages géothermiques ne sont soumis à aucune servitude d'utilité publique (voir figure ci-dessous).



Figure 68 : Carte des servitudes



Servitudes :

-  Servitudes relatives à l'établissement des canalisations électriques souterraines (63 kV)
-  Servitudes relatives à l'établissement des canalisations de transport haute pression de gaz (diamètre 150mm)
-  Servitudes radioélectriques (174m NGF)

Classement sonore des infrastructures terrestres selon les arrêtés relatifs aux classements :

- Zones affectées par le bruit :
-  30m de part et d'autre de l'infrastructure (RD128) (Arrêté n° 2005-DDE-Sept-085 du 28/02/2005)
 -  100m de part et d'autre de l'infrastructure (RD 306 et une partie de la RD 128) (Arrêté n° 0109 du 20/05/2003)
 -  250m de part et d'autre de l'infrastructure (RN118) (Arrêté n° 2005-DDE-Sept-085 du 28/02/2005)

-  Périmètre prévisionnel de création de ZAC
-  Limites communales

de de réalisation : octobre 2011 Sources : IGN, DIREN (2010), PLU Saint-Aubin (2007), PLU Gif-sur-Yvette (2007), PLU Orsay (2010)



6.2 Etat initial du site et de son environnement

6.2.1 Localisation et description des sites

Les sites choisis pour la réalisation des forages de recherche d'un gîte géothermique à l'Albien se situent dans l'emprise de la ZAC du quartier du Moulon. Chaque forage sera situé sur une parcelle distincte distantes d'environ 1200 m.

6.2.1.1 Forage de production

Ce terrain de 3500 m² se situe sur la parcelle CR 108 de la ZAC du quartier du Moulon (Commune de Gif-sur-Yvette).

Figure 69 : Localisation du site du forage de production



Le site d'implantation du forage de production est actuellement une zone enherbée plane utilisée comme terrain de rugby par SUPELEC.



Figure 70: Photos du site du forage de production



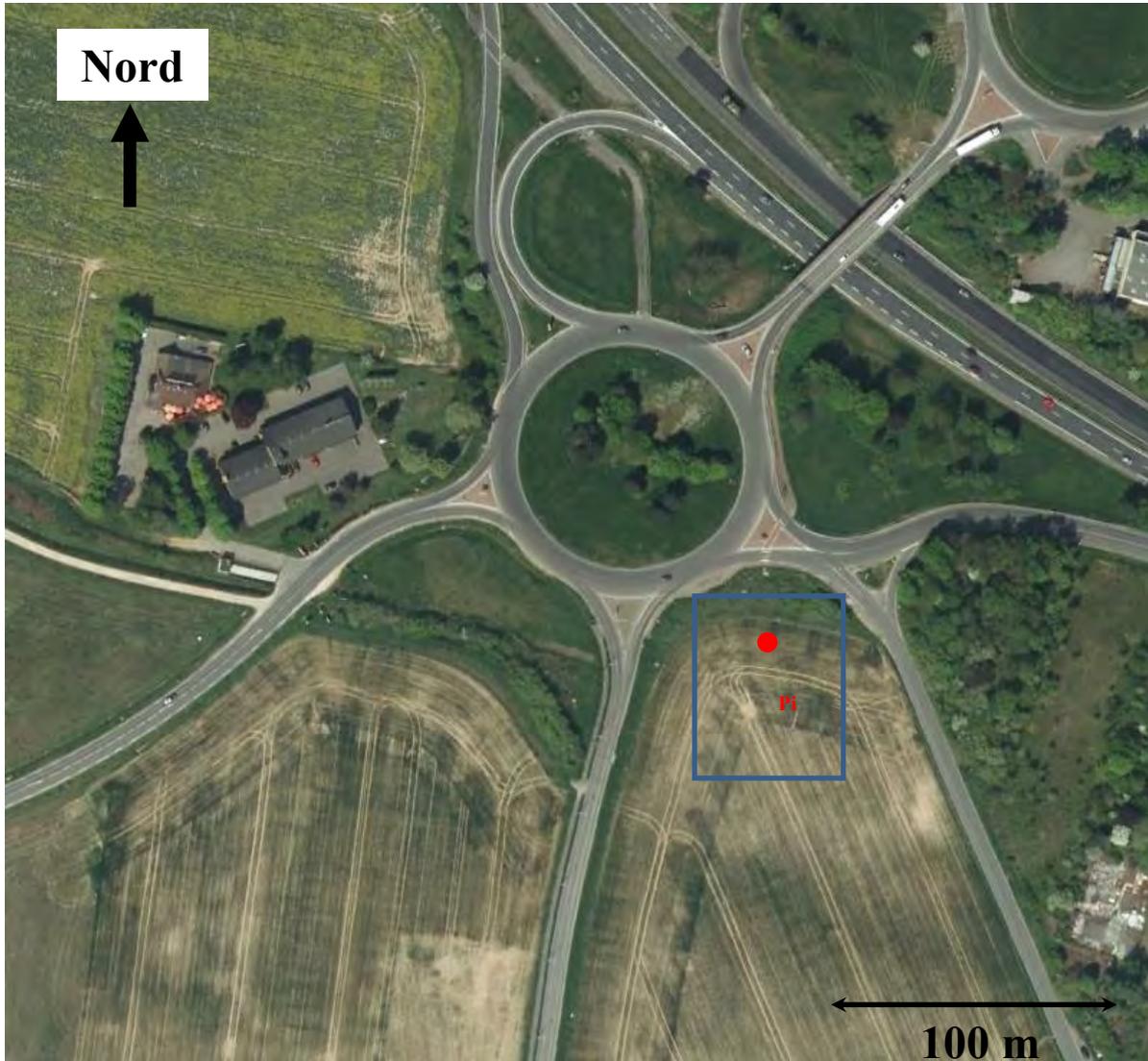
6.2.1.2 Forage d'injection

Le forage d'injection sera situé au nord-est de la ZAC sur un terrain appartenant à l'EPA Paris-Saclay situé sur la commune d'Orsay.

Ce terrain de 3500 m² se situe sur la parcelle ZR 35 de la ZAC sur la commune d'Orsay à proximité de l'échangeur de Corbeville.



Figure 71 : Localisation du site du forage d'injection





Le site d'implantation du forage d'injection est actuellement une parcelle agricole plane.

Figure 72 : Photos du site du forage d'injection



6.2.2 *Habitations et installations situées à proximité des sites*

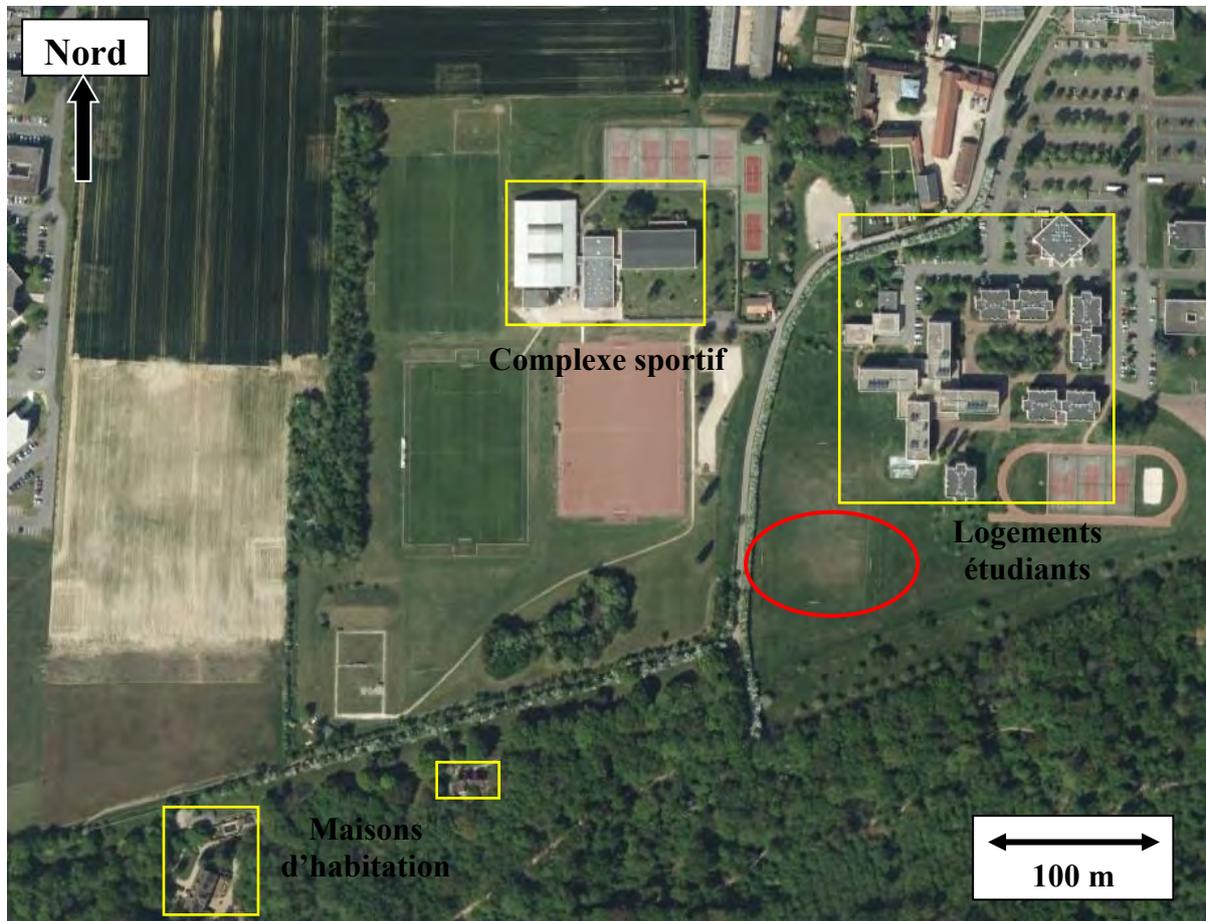
6.2.2.1 *Site du forage de production*

Aucune habitation n'est présente à proximité du site du forage de production (dans la zone des 50 mètres). Cependant, à proximité du site, on note la présence des bâtiments suivants:

- Un complexe sportif situé à 200 m au nord-ouest,
- Deux maisons d'habitation situées à 240 et 400 m au sud-ouest,
- Des logements étudiants (SUPELEC) situés à 70 m au nord-est.



Figure 73 : Localisation des habitations et des installations proches du site du forage de production



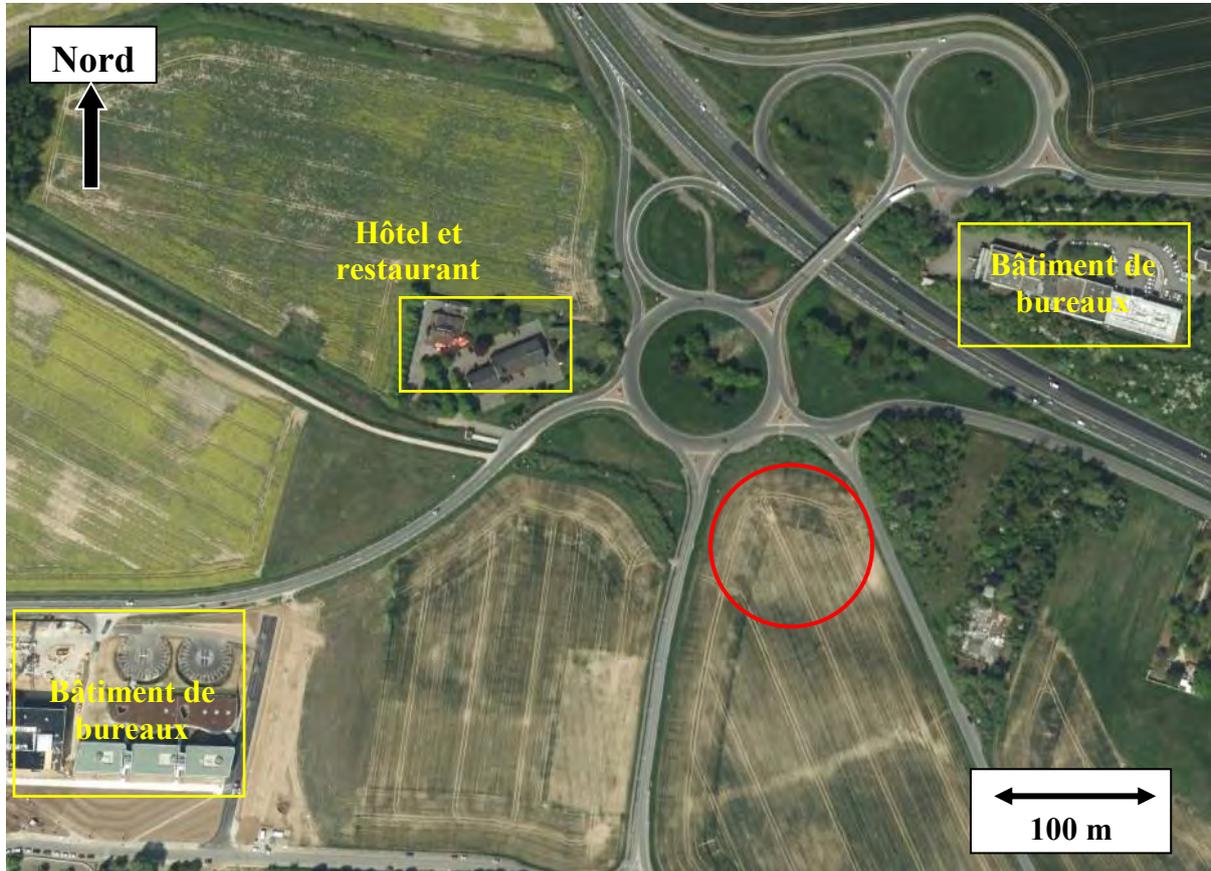
6.2.2.2 Site du forage d'injection

Aucune habitation n'est présente à proximité du site du forage d'injection (dans la zone des 50 mètres). Cependant, à proximité du site, on note la présence des bâtiments suivants:

- Un hôtel et un restaurant situés à 190 m au nord-ouest,
- Deux bâtiments de bureaux situés à 200 m au nord-est et à 360 m au sud-ouest.



Figure 74 : Localisation des habitations et des installations proches du site du forage d'injection



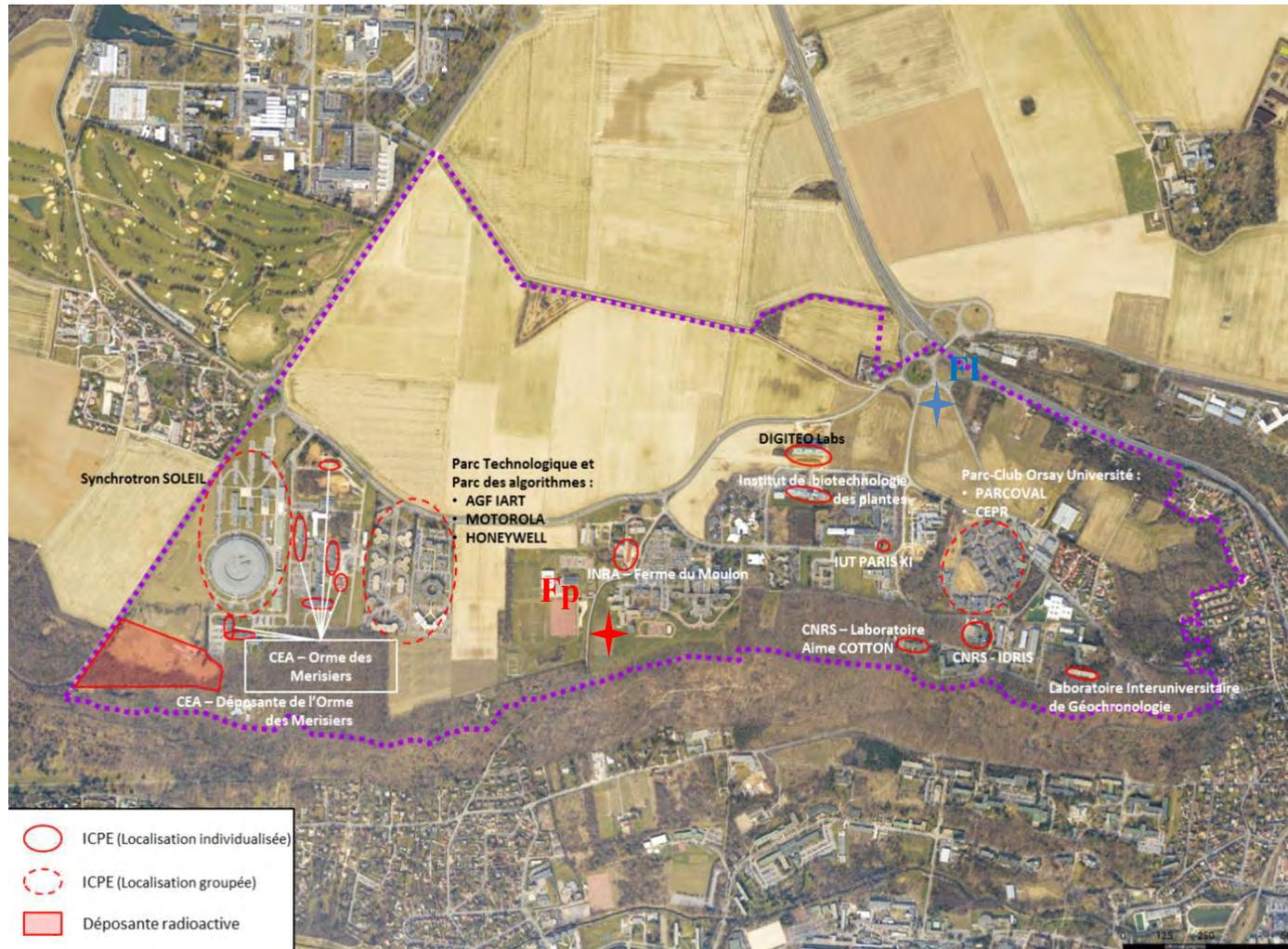
6.2.2.3 Proximité des ICPE

Pour le forage de production l'ICPE la plus proche se situe à environ 280 m au nord-est (Ferme du Moulon). Pour le forage d'injection, l'ICPE la plus proche se situe à environ 300 m au sud-ouest (DIGITEO Labs).

Les deux sites de forages sont éloignés des ICPE présentes sur la ZAC du quartier du Moulon de plus de 400 mètres.



Figure 75 : Localisation des ICPE de la ZAC du quartier du Moulon



6.2.3 Accessibilité des sites de forages

6.2.3.1 Site du forage de production

L'accès au site de forage se fait par le biais d'un chemin en impasse, le chemin du Moulon, le long de Supélec. Ce chemin donne sur les coteaux boisés en lisière de la ZAC.

Figure 76 : Accès au site du forage de production par le chemin du Moulon



6.2.3.2 Site du forage de d'injection

Le site est accessible par la RN118, en empruntant la sortie 9. L'accès au site de forage se fait par le biais d'un rond-point surplombant la RN118.

Figure 77 : Accès au site du forage d'injection par rond-point à l'entrée de la ZAC du quartier du Moulon





6.2.4 Richesses naturelles

6.2.4.1 Généralités

La ZAC du quartier du Moulon est principalement constituée de terrains agricoles et d'activités liées à la recherche et à l'enseignement. Il existe également sur le territoire de la ZAC ou à proximité des zones naturelles qu'il convient d'identifier et de protéger.

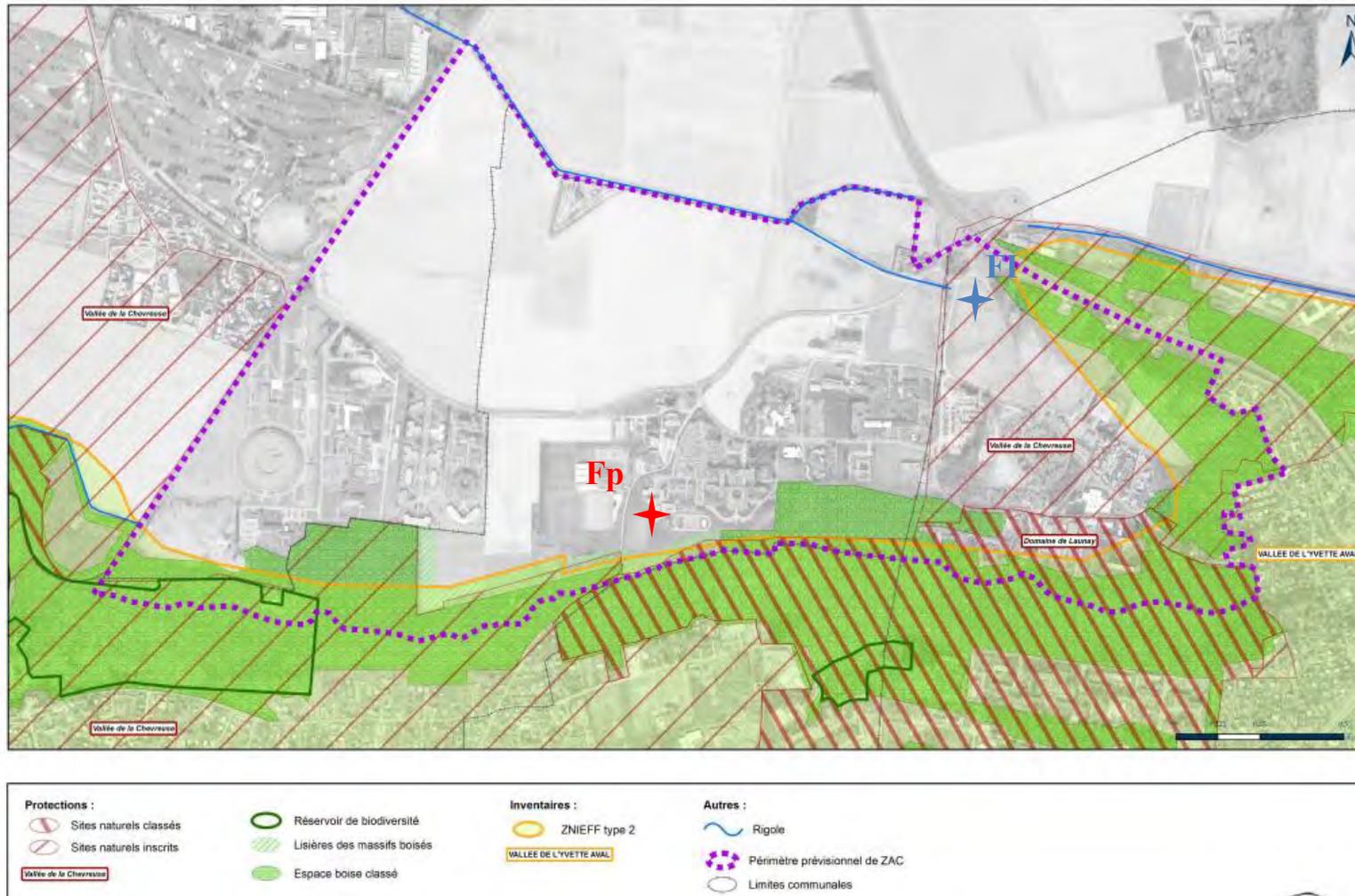


Figure 78 : Protections et inventaires du milieu naturel



6.2.4.2 *Espaces boisés classés*

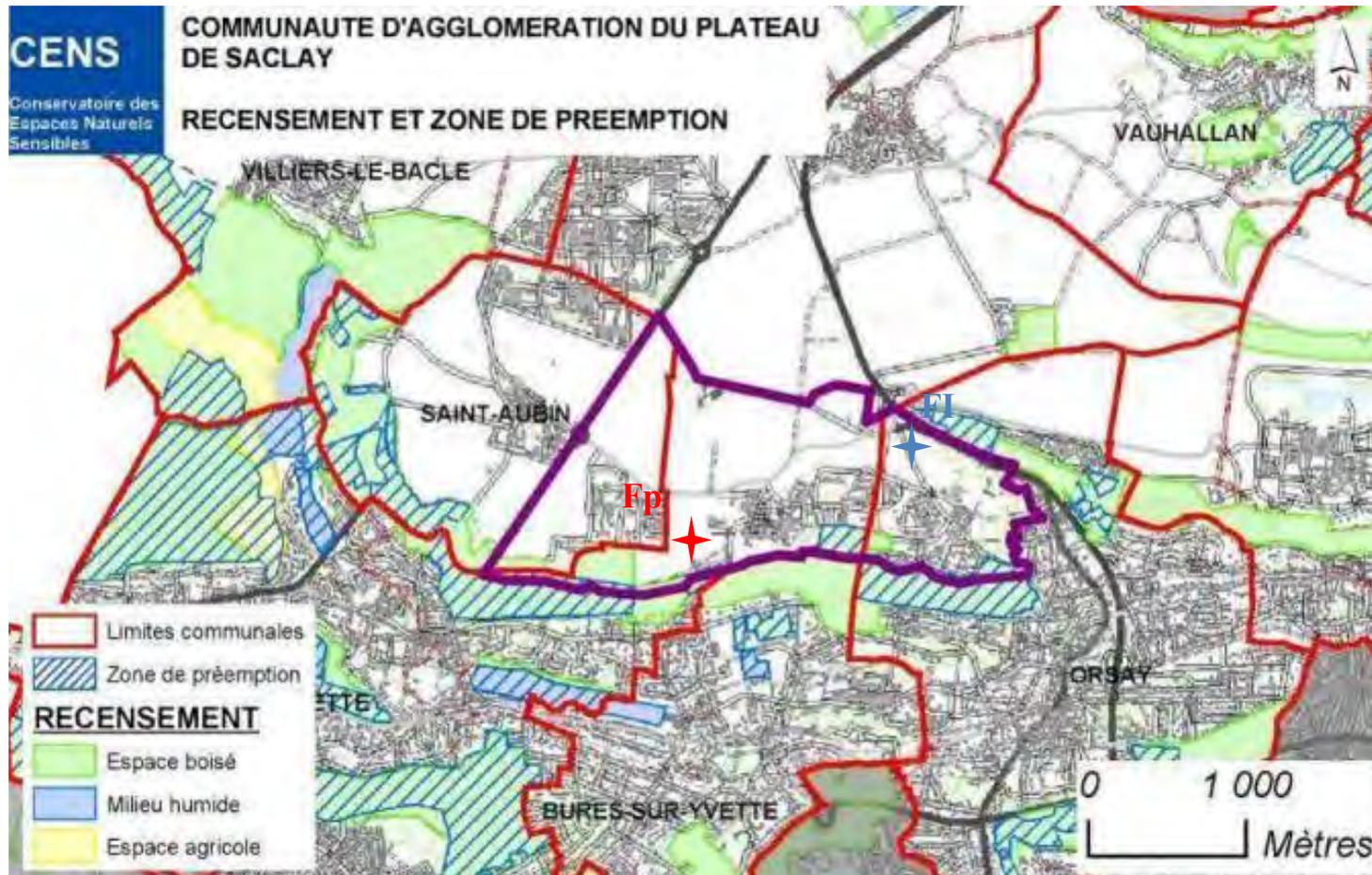
Les Espaces Boisés Classés (EBC) relèvent du code de l'urbanisme. Ils ont pour objectif la protection ou la création de boisements ou d'espaces verts, particulièrement en milieu urbain ou périurbain. Ils concernent les bois, forêts et parcs qu'ils soient soumis ou non au régime forestier. L'EBC peut également s'appliquer à des arbres isolés, des haies ou réseaux de haies, des plantations d'alignements.

La création d'un EBC n'est pas subordonnée à l'existence d'un boisement. L'EBC a également vocation à exprimer la volonté de la collectivité sur le boisement futur de terrains. Le déclassement d'un EBC nécessite une procédure lourde de révision de PLU.

Dans le secteur de Moulon, les EBC concernent essentiellement les coteaux boisés au sud et à l'est du secteur d'étude dans des zones non concernées.



Figure 79 : Localisation des espaces boisés classés





6.2.4.3 Sites inscrits et classés

Les sites inscrits et classés ont pour objectif la conservation ou la préservation d'espaces naturels ou bâtis présentant un intérêt certain au regard des critères prévus par la loi (artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque). Ils relèvent du Code de l'environnement.

La protection résultant d'un classement de site est une protection réglementaire forte, celle résultant d'une inscription une protection atténuée.

Le classement offre une protection renforcée en comparaison de l'inscription, en interdisant, sauf autorisation spéciale, la réalisation de tous travaux tendant à modifier l'aspect du site.

L'inscription peut au choix concerner des sites méritant d'être protégés mais ne présentant pas un intérêt suffisant pour justifier leur classement, ou bien constituer une mesure conservatoire avant un classement. Le périmètre du site inscrit figure dans l'annexe de servitude d'utilité publique des documents d'urbanisme.

Site pittoresque classé du domaine du Launay

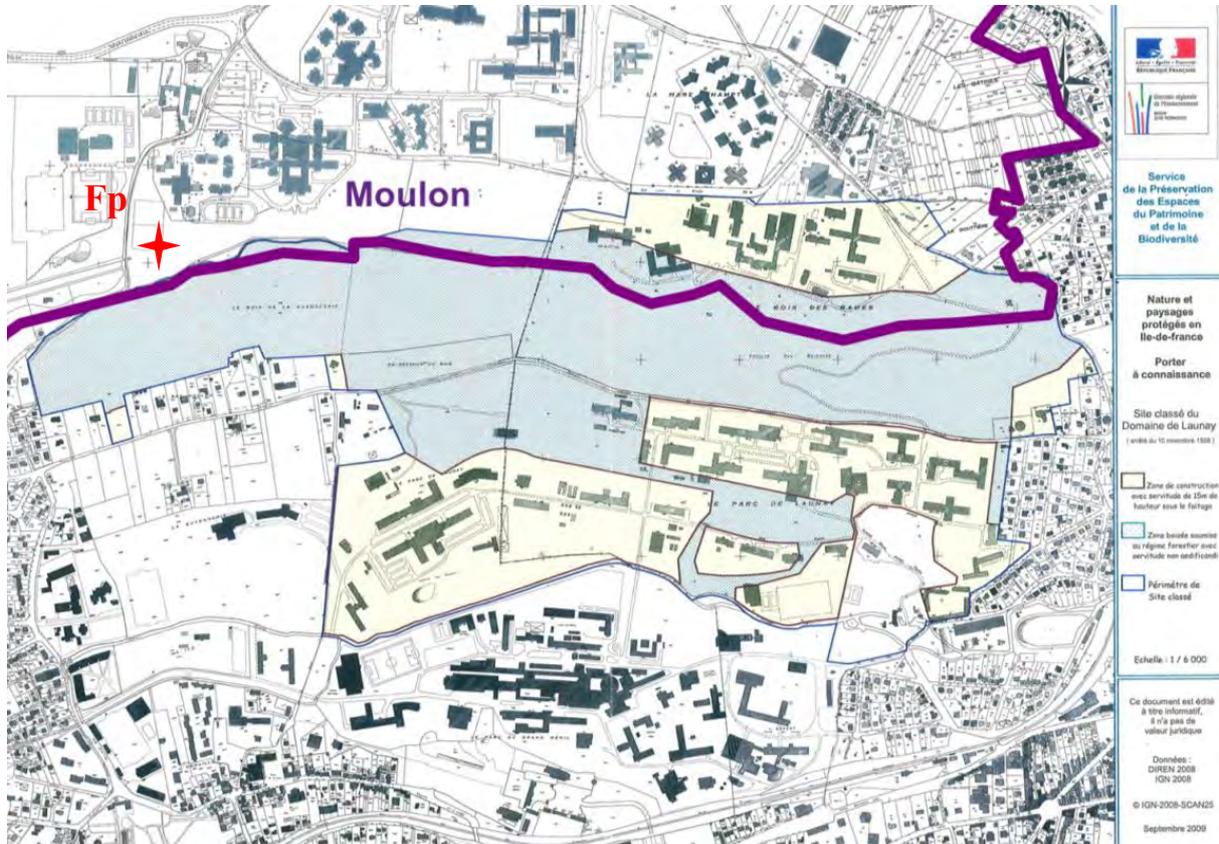
A proximité, au sud du site du forage de production, on recense le site pittoresque classé du domaine du Launay.

La surface du site comprise dans le périmètre d'étude est de 20 Ha environ. Les bois du campus Paris-Sud sont protégés et gérés par l'Office National des Forêts.

Classé par arrêté du 10 novembre 1959, le site correspond à l'ensemble formé sur les communes d'Orsay, Bures-sur-Yvette et Gif-sur-Yvette par le domaine de Launay appartenant à l'Etat et affecté à l'université Paris-Sud.



Figure 80 : Site pittoresque du domaine classé de Launay (en bleu)



La coexistence de bois et de constructions au sein d'une zone de protection n'est pas fortuite. Elle a permis, avec l'arrivée de la Faculté des Sciences d'Orsay en 1965, l'établissement d'un support d'enseignement in situ notamment pour l'institut de Botanique dans le cadre de ses études sur la flore naturelle. En retour, les collections botaniques et les travaux d'introduction d'espèces végétales ont contribué à la valorisation du patrimoine naturel du domaine de Launay au point de se voir décerné, en mai 2010, le label « collection nationale » pour la collection *Sisyrinchium* qui servait de support d'étude aux chercheurs du laboratoire Ecologie, système et évolution (Université Paris-Sud / CNRS / AgroParisTech).

Le domaine de Launay fait l'objet d'un zonage spécifique au PLU d'Orsay. Le règlement prend en compte le classement de ce site caractérisé par sa fonction d'enseignement supérieur et de recherche et son patrimoine paysager.

Le site de production est situé en bordure du domaine mais ne s'inscrit pas dans son périmètre (voir PLU).

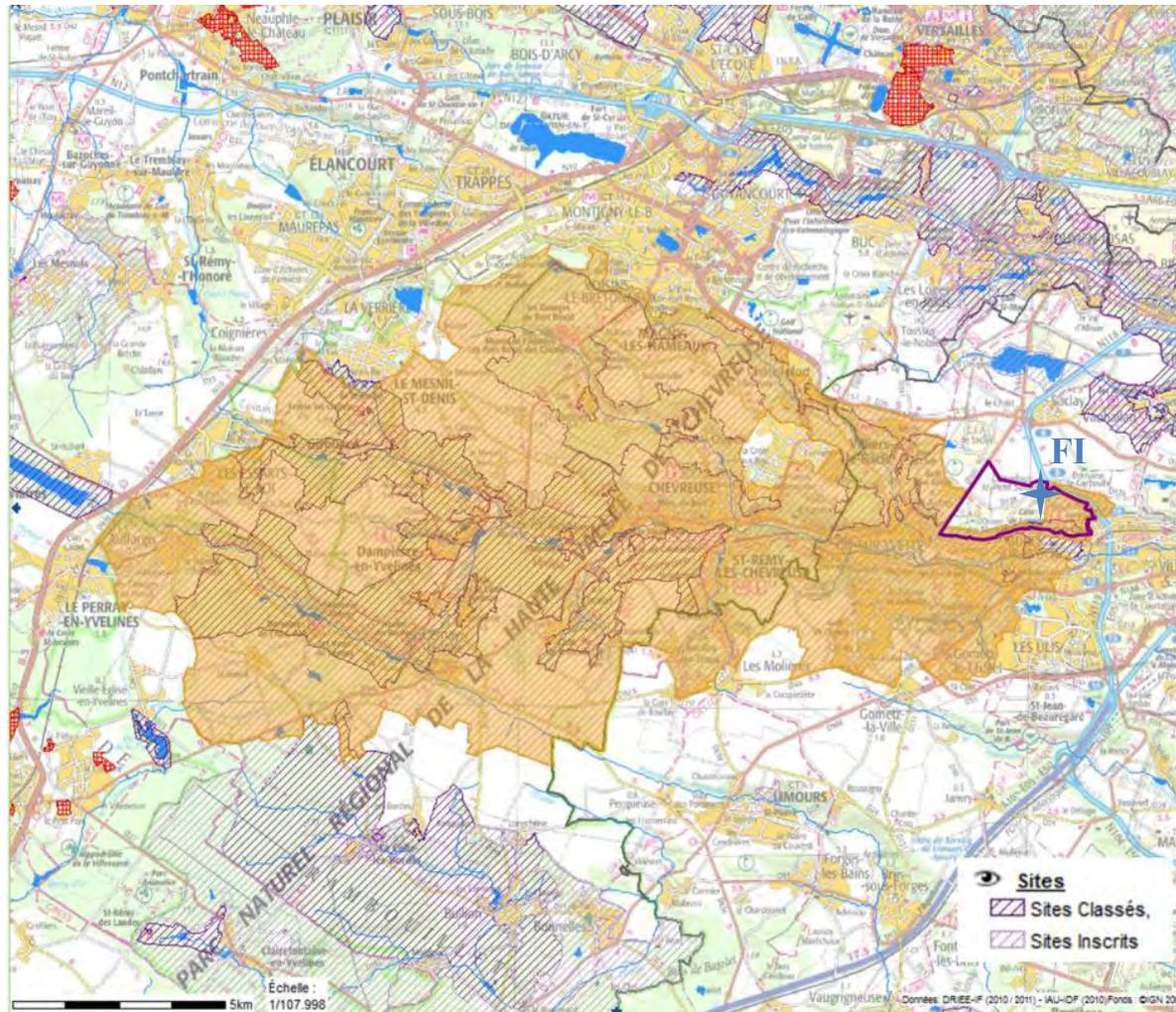
Site pittoresque inscrit de la vallée de Chevreuse

Le site inscrit de la Vallée de Chevreuse (10.000 ha dont 80 ha environ dans la zone d'étude) encadre les sites classés de la vallée et de ses affluents (la Mérançaise, le Rhodon). Les espaces urbanisés présentant un intérêt patrimonial et les plateaux agricoles sont dans le site inscrit. Les fonds de vallée et les versants boisés sont classés.

Le site du forage d'injection est situé dans le périmètre de ce site inscrit.



Figure 81 : Localisation du site inscrit de la vallée de Chevreuse





6.2.4.4 ZNIEFF

Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) ont pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs du territoire particulièrement intéressants sur le plan écologique, participant au maintien des grands équilibres naturels ou constituant le milieu de vie d'espèces animales et végétales rares, caractéristiques du patrimoine naturel régional. Les ZNIEFF n'ont pas de portée réglementaire directe : elles ont le caractère d'un inventaire scientifique.

On distingue deux types de ZNIEFF :

- ZNIEFF de type I: elles sont des sites particuliers généralement de taille réduite, inférieures aux ZNIEFF de type II. Elles correspondent a priori à un très fort enjeu de préservation voire de valorisation de milieux naturels. Ce sont des espaces homogènes et riches d'un point de vue écologique qui abritent une à plusieurs espèces et habitats dit « déterminants de ZNIEFF ». Ces espèces et ces habitats « déterminants » sont souvent rares, menacés, protégés et d'intérêt régional, national ou européen.
- ZNIEFF de type II: ce sont des ensembles géographiques généralement importants, incluant souvent plusieurs ZNIEFF de type I, et qui désignent un ensemble naturel étendu dont les équilibres généraux doivent être préservés. Cette notion d'équilibre n'exclut donc pas qu'une zone de type II fasse l'objet de certains aménagements sous réserve du respect des écosystèmes généraux.

Seule une ZNIEFF de type II est comprise dans le périmètre d'étude du quartier de Moulon.

ZNIEFF de type II N°110001682 – Vallée de l'Yvette (Aval)

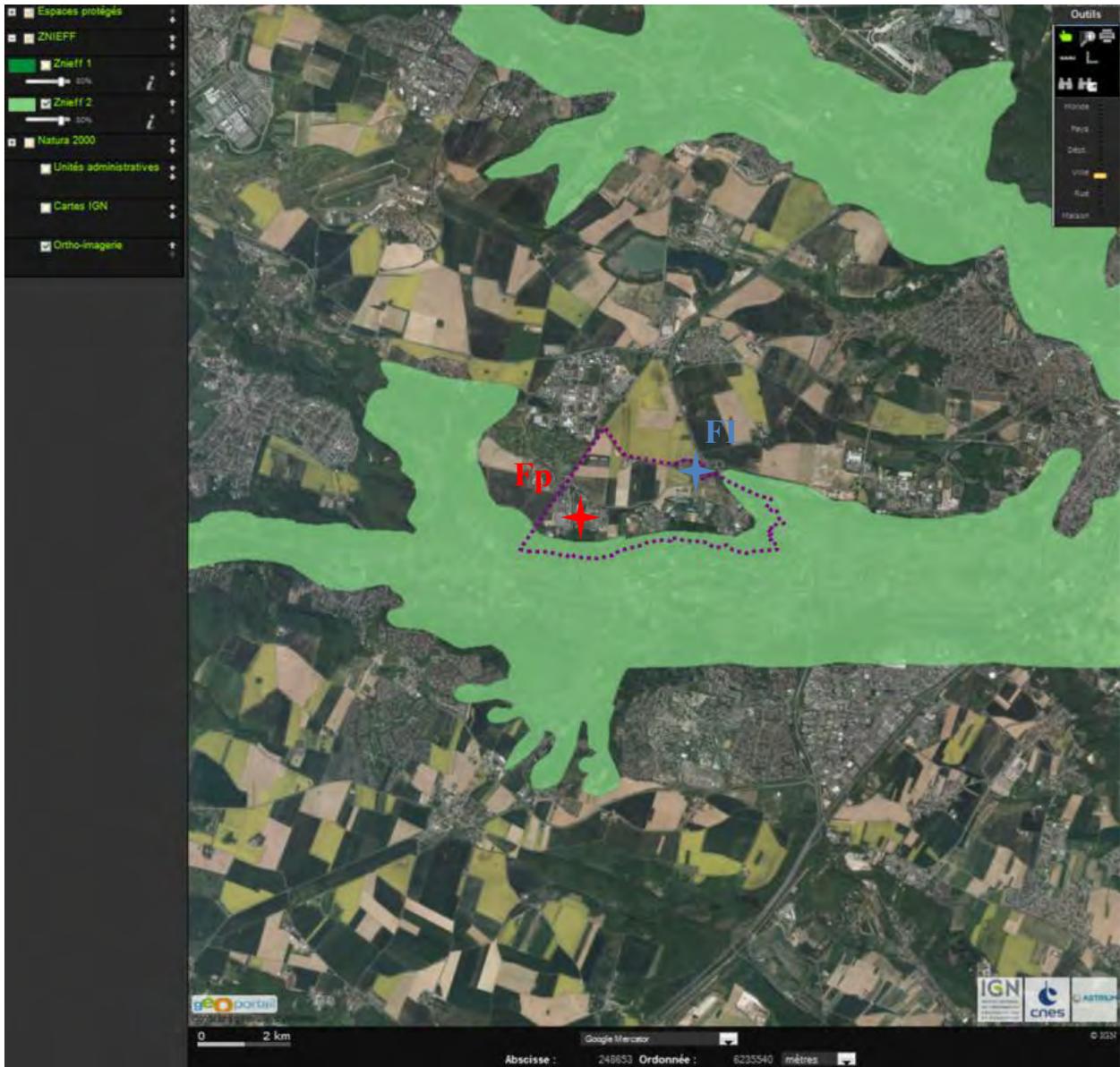
La ZNIEFF de la vallée de l'Yvette aval s'étend sur une superficie de près de 4700 ha et recouvre une partie du secteur de Moulon sur une bande au Sud sur les coteaux, et à l'est. La typologie principale de cette vallée est un cours d'eau lent.

- Milieu déterminant : Eaux courantes

Autour de celui-ci se déclinent des milieux secondaires présentant un intérêt particulier : des marais ou tourbières, des prairies humides, des forêts ou bois, du bocage, de la lande, de la garrigue, du maquis ou de la friche et enfin des prairies ou terres cultivées sans boisement

Les sites de forages ne sont pas situés dans le périmètre de cette ZNIEFF (voir figure ci-dessous).

Figure 82 : ZNIEFF de la vallée de l'Yvette Aval





6.2.4.5 Sites NATURA 2000

Les sites Natura 2000 se répartissent entre Zones Spéciales de Conservation (ZSC), définies au titre de la directive « Habitats » et Zones de Protection Spéciales (ZPS), définies au titre de la directive « Oiseaux ». 2 ZPS et 2 ZSC sont situées au sein du périmètre d'étude de l'EPA Paris Saclay

Pour information, il s'agit de :

- La ZPS « Etang de Saint-Quentin-en-Yvelines (FR 1110025) » :
- La ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches (FR 1112011)
- La ZSC « Forêt de Rambouillet (FR1100796) »
- La ZSC « Tourbières et prairies tourbeuses de la forêt d'Yveline (FR1100803)

Les sites Natura 2000 les plus proches du périmètre d'étude sont :

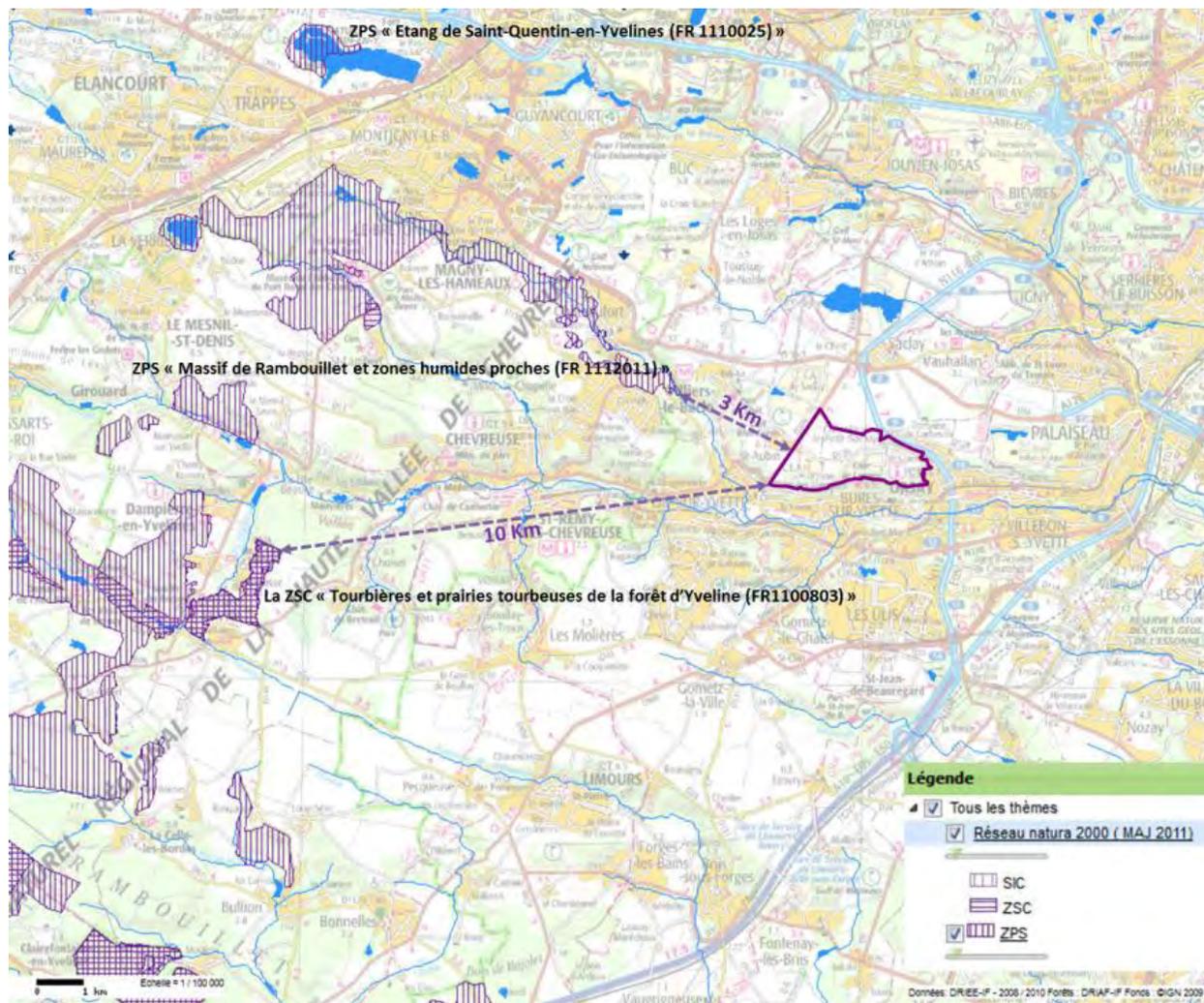
- La ZPS « Massif de Rambouillet » dont la zone la plus proche se situe à moins de 3 km à l'ouest,
- La ZSC « Tourbières et prairies tourbeuses de la forêt d'Yveline » à 10 km à l'ouest.
-

Aucun de ces sites ne se trouve dans le périmètre de l'Opération d'Intérêt National (et donc sur la ZAC du quartier du Moulon).

Les sites de forages ne sont pas situés dans le périmètre de ces sites Natura 2000.



Figure 83 : Carte de situation des zones NATURA 2000





6.2.4.6 Zones humides

Définition

Les zones humides sont des espaces de transition entre la terre et l'eau. Ces espaces revêtent des réalités écologiques et économiques très différentes. La loi sur l'eau du 3 janvier 1992, qui vise à assurer leur préservation, en a toutefois donné une définition : « *On entend par zone humide les terrains exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année* ».

L'étude des zones humides pour le territoire de Saclay a été réalisée par les bureaux d'étude ECOSPHERE et SOL PAYSAGE en 2012. Le bureau d'étude BIODIVERSITA dans le cadre de ses inventaires faune-flore sur le terrain d'étude a également mené des recherches sur les zones humides.

Contexte à l'échelle du terrain d'étude

L'arrêté du 1er octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 précise qu'une zone humide peut être caractérisée par ses sols ou sa végétation.

A l'échelle du périmètre de la ZAC du quartier du Moulon, plusieurs études ont permis d'inventorier les zones humides (voir ci-dessus).

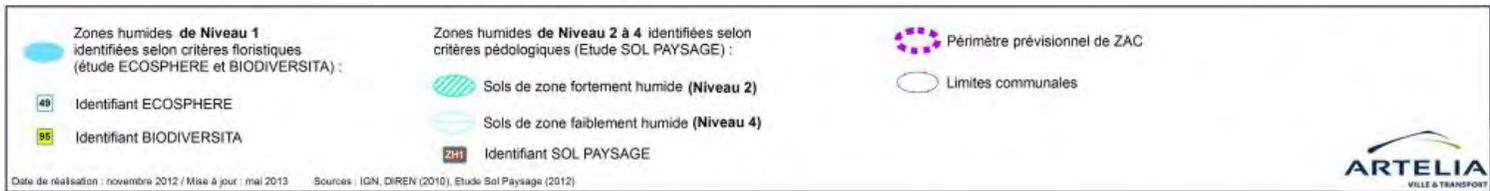
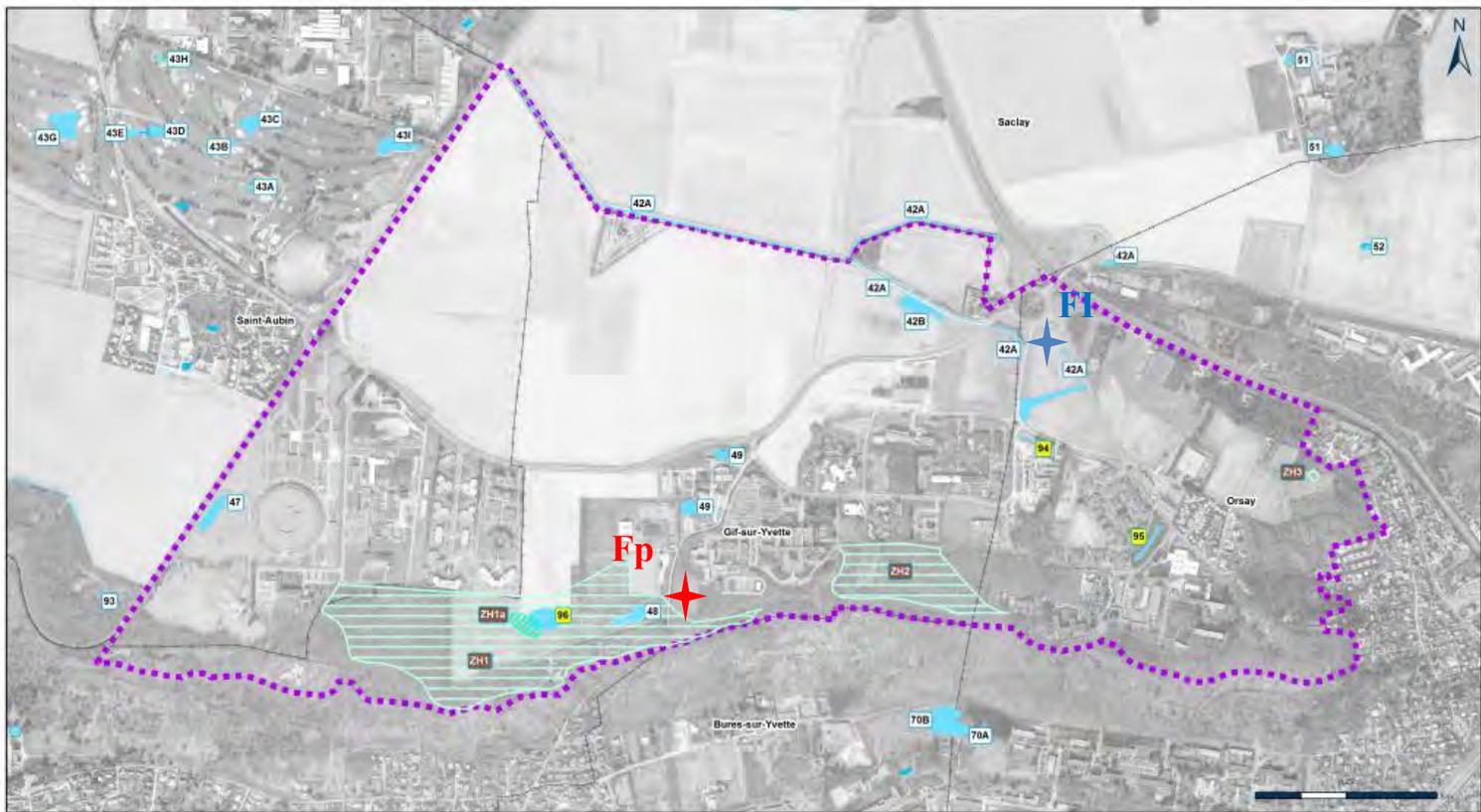
Une première campagne de 100 sondages a été réalisée selon un maillage homogène afin de quadriller l'ensemble de la zone d'étude. Une deuxième campagne de 50 sondages complémentaires, positionnés en fonction des résultats de la première a été réalisée afin de délimiter les zones humides repérées grossièrement lors du premier passage.

Figure 84 : Zones humides de la ZAC du quartier du Moulon

N° ZH	Nom ZH	Type dominant
42A	Rigole de Corbeville	Rigole et zone humide associée
42B	Dépression humide aux abords de la rigole de Corbeville	Mouillère ou dépression humide
47	Lagune du CEA	Plan d'eau artificiel
48	Mare au nord du Bois de la Guyonnerie	Mare
49	Les deux mares de la ferme	Mare
94	Mare de l'IUT à Orsay	Mare
95	Mare du bois rue Rostand à Orsay	Mare
96	Mouillère au nord du bois des Plants de Moulon	Mouillère ou dépression humide



Figure 85 : Localisation des zones humides





A proximité des sites de forages, on note la présence de la zone humide n°42A (Rigole de Corbeville) à environ 80 m du site du forage d'injection et de la zone humide n°48 (Mare au nord du Bois de la Guyonnerie) à environ 130 m du site du forage de production.

Zone humide 42a : Rigole de Corbeville

Caractéristiques physiques

Type de zone humide : rigole et zone humide associée
Surface : zone humide : 1,47 ha / zone aquatique : 2728 m²
Périmètre d'inventaire/protection : aucun

Description

La rigole de Corbeville en elle-même est, à l'ouest du Petit Saclay, un fossé étroit de 1,5 m de profondeur environ, aux berges abruptes et d'une superficie de plus de 3000m².

A sec en mai 2011 (d'après Ecosphère), les niveaux d'eau étaient conséquents en 2012, compte tenu des conditions météorologiques particulières. Il est probable que le fond du fossé atteigne les argiles à meulière. Cela expliquerait la présence d'habitats naturels assez oligotrophes et d'intérêt floristique notable (présence notamment de la Renoncule aquatique *Ranunculus aquatilis* très rare à l'échelle francilienne).

Seul le fond présente une végétation hygrophile (formations à *Oenanthe* aquatique et *Rorippe* amphibie, phalaridaie, typhaie, formes de transition entre prairie et mégaphorbiaie, avec présence de la *Glycérie* aquatique), par ailleurs plus ou moins colonisée par les espèces prairiales mésophiles des berges.

Un bras annexe, aux abords du rond-point, est envahi par une friche. C'est ce bras qui est voisin du site du forage d'injection.

A l'est du Petit Saclay, c'est un fossé comblé, bordé d'arbres, qui n'est pas considéré comme zone humide, à l'exception de la zone à proximité du rond-point. Au sud du petit Saclay 3 dépressions en champ sont présentes. Elles accueillent une végétation hygrophile.

Liste des habitats présents

Habitats déterminants zone humide (H.) :

- Prairie humide et mégaphorbiaie (code Corine 37.): formation très peu typée, dominée par le Pâturin commun et la Menthe des champs, située dans la zone d'entrée sous le rond-point du Petit Saclay,
- Prairie humide de transition à hautes herbes (code Corine : 37.25): en mélange avec des formations à *Scirpe* des marais et à *Glycérie* aquatique,
- Typhaie (code Corine : 53.13),
- Communauté d'*Oenanthe* aquatique et de *Rorippe* amphibie (code Corine : 53.146): formation peu typée avec présence de nombreuses espèces hygrophiles à large amplitude,
- Végétation à *Glycérie* aquatique (code Corine : 53.15),



- Phalaridaie (code Corine : 53.16) : avec beaucoup de Scirpe des marais en sous-strate. Probablement un stade intermédiaire entre une roselière basse (code Corine 53.14A) et la phalaridaie qui la colonise.

Habitats pour partie déterminants de zone humide (p.) :

- Végétation commensale des cultures acidiclives et hygroclives (code Corine : 87.1b).

Habitats non déterminants de zone humide :

- Fossé humide artificiel (code Corine : 89.22).

Synthèse des enjeux et menaces

Etat de conservation et menaces :

- Etat de conservation : globalement mauvais.
- Menaces identifiées : comblement sur le bras nord du tronçon à l'ouest du Petit Saclay, berges abruptes suite à un curage récent sur le bras sud, reçoit les eaux du chantier du quartier Polytechnique Sud.

Potentialités d'accueil d'espèces remarquables non recensées : faibles possibilités d'accueil d'espèces comme la Véronique à écussons.

Niveau d'intérêt : Moyen à localement assez fort

Zone humide 48 et 48bis : Mare au nord du bois de la Guyonnerie et fossé attenant

Caractéristiques physiques

Type de zone humide : mare

Surface : 0,18 ha

Périmètre d'inventaire/protection : aucun

Description

La mare est ombragée par une ceinture dense de saules qui tend à fermer le milieu. Cette zone, d'une superficie supérieure à 1200 m², demeure cependant d'un fort intérêt potentiel pour la flore. Nous retrouvons notamment la Massette à larges feuilles (*Typha angustifolia*) qui est assez rare en Île-de-France.

Le fossé en contrebas est à mise en eau permanente et constitue une extension de la mare.



Figure 86 : Photo de la zone humide 48



Figure 87 : Photo de la zone humide 48bis





Liste des habitats présents :

Habitats déterminants zone humide (H.) :

- Saulaie blanche (code Corine : 43.13) ;
- Typhaie (code Corine : 53.13) : dominée par la Massette à feuilles étroites ;
- Scirpaie lacustre (code Corine : 53.12) : en mélange avec la typhaie.

Habitats pour partie déterminants de zone humide (p.) : aucun

Habitats non déterminants de zone humide : aucun

Synthèse des enjeux et menaces

Etat de conservation et menaces :

- Etat de conservation : globalement moyen.
- Menaces identifiées : atterrissement, ombrage porté par les grands saules, présence d'ordures dans le fond.

Potentialités d'accueil d'espèces remarquables non recensées : des espèces végétales comme le Rorippe des marais ou l'œnanthe aquatique, ainsi que des espèces d'amphibiens ou d'odonates pourraient s'installer si le milieu est rouvert.

Niveau d'intérêt : Moyen

6.2.4.7 Faune

Amphibiens

Les inventaires menés de mai à juillet 2012 ont dénombré 5 espèces d'amphibiens. Parmi elles, 2 espèces ont une valeur réglementaire forte, le Triton crêté et la Grenouille agile.

Le Triton crêté a été trouvé dans la rigole de Corbeville qui n'est pas son habitat optimal. Il est donc probable que l'espèce se reproduise à proximité, notamment au sein du Golf de Saint Aubin.

La Grenouille agile (*Rana dalmatina*) est une espèce protégée sur l'ensemble du territoire et présente à l'annexe IV de la Directive Habitat. Sur le territoire elle a été retrouvée dans la zone humide 48 : Mare au nord du bois de la Guyonnerie à proximité du site du forage de production.

Le Triton palmé (*Lissotriton helveticus*) est une espèce protégée sur le territoire. Sur la zone d'étude, il a été contacté dans la rigole de Corbeville (mais pas à proximité du site du forage d'injection) ainsi que dans la zone humide 48 : Mare au nord du bois de la Guyonnerie à proximité du site du forage de production.



Sur la carte, les buffers représentent les dispersions théoriques des amphibiens vers leurs habitats terrestres à partir de leur site de reproduction.



Figure 88 : Carte des enjeux pour les amphibiens



Oiseaux

47 espèces ont été recensées lors des prospections de terrain effectuées en 2012. Le peuplement d'oiseaux est représentatif des différents milieux présents sur la zone d'étude ; il associe espèces forestières, espèces des lisières et espèces caractéristiques des cultures.

35 espèces bénéficient d'un statut de protection au niveau national. Parmi elle, une espèce présente un enjeu réglementaire fort : le Pic noir ; 5 espèces présentent un enjeu faible mais sont inscrites en liste rouge.

L'habitat du Pic noir (futaie mûre) représente un enjeu de conservation fort.

L'habitat des espèces forestières à enjeux secondaires (Pouillot fitis, Bouvreuil pivoine) correspond à celui du Pic noir à savoir l'intégralité des boisements à dynamique forestière de la ZAC.

Les espèces des cultures (Bergeronnette printanière, Tarier pâtre et Bruant jaune) sont présentes quasi-exclusivement dans la partie nord de la zone d'étude, proches de la rigole de Corbeville. Leur habitat n'est pas cartographié.

L'habitat de la Linotte mélodieuse et de la Fauvette grise (espèces inscrites en liste rouge) est limité aux quelques friches présentes au sein de la zone d'étude.



Figure 89 : Carte des enjeux pour les oiseaux





Mésafaune et grande faune

Toutes les espèces mentionnées dans la bibliographie ont été retrouvées sur la zone d'étude. Lors des prospections de 2012, une espèce supplémentaire a été inventoriée, il s'agit du Hérisson d'Europe.

Nom	nom commun	PN - art. 2 (1)	LR France (2)	DHFF. (3)	ZNIEFF IDF (4)
<i>Sciurus vulgaris</i>	Ecureuil roux	X			-
<i>Cervus elaphus</i>	Cerf élaphe	-			X
<i>Meles meles</i>	Blaireau européen	-			X
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Lapin de garenne	-	NT		-
<i>Capreolus capreolus</i>	Chevreuil	-			-
<i>Erinaceus europaeus</i>	Hérisson d'Europe	X			-
<i>Lepus europaeus</i>		-			-
<i>Sus scrofa</i>	Sanglier	-			-
<i>Vulpes vulpes</i>	Renard roux	-			-

En l'état des connaissances, le peuplement de Mammifères comprend 2 espèces protégées au niveau national et deux espèces à enjeu de continuité écologique, déterminantes ZNIEFF en Ile de France : le Cerf élaphe (*Cervus elaphus*) et le Blaireau européen (*Meles meles*).

La présence du Hérisson d'Europe représente en toutes circonstances un enjeu de catégorie modéré.

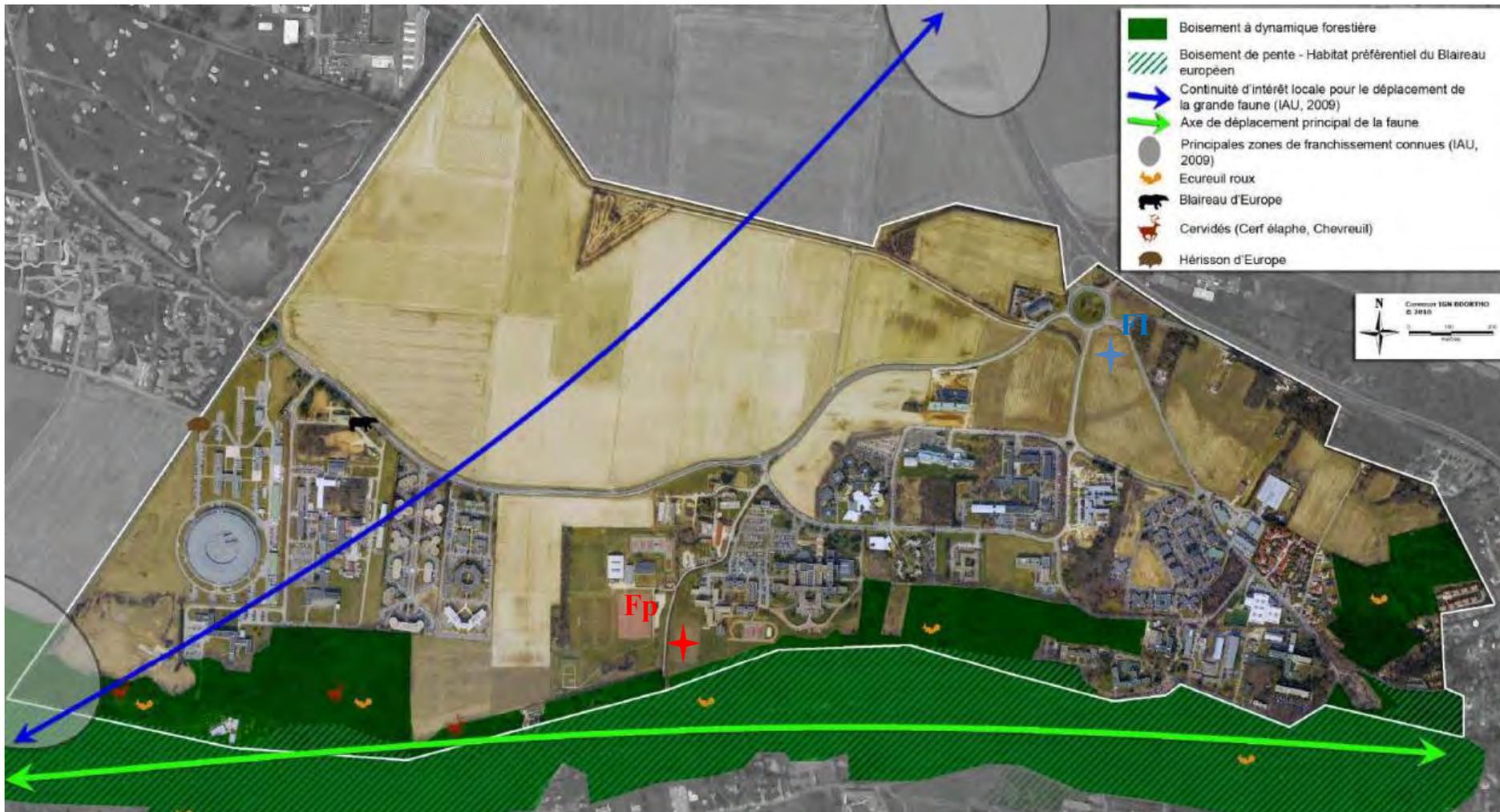
Néanmoins, son habitat diffus n'est pas cartographié (de même que sa valeur d'enjeu).

Les espèces déterminantes ZNIEFF à enjeu de continuité écologique (Cerf élaphe et Blaireau d'Europe) représentent un enjeu de conservation modéré. L'habitat de reproduction du Blaireau d'Europe est limité aux pentes des boisements.

La présence de l'Ecureuil roux dans les boisements confère à ces derniers un enjeu modéré.



Figure 90 : Carte des enjeux pour la mésafaune et la macrofaune



Chiroptères

Les données issues de la bibliographie mentionnent 7 espèces de chiroptères, toutes inscrites à la Directive habitat, une sur la liste rouge de France, la Noctule commune, et 6 déterminantes de ZNIEFF en Île-de-France.

Nom vernaculaire	Nom commun	PN - art. 2 (1)	LR France (2)	D.H. (3)	ZNIEFF IDF (4)	Ecosphère (2011)	CERE 2011	ZNIEFF Parc CNRS (1997)
<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	X	NT	IV	X	X	X	X
<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune	X		IV	X			X
	Vespertilion de							
<i>Myotis daubentonii</i>	Daubenton	X		IV	X			X
<i>Myotis nattereri</i>	Vespertilion de Natterer	X		IV	X			X
<i>Plecotus auritus</i>	Oreillard roux	X		IV	X			X
<i>Plecotus austriacus</i>	Oreillard gris	X		IV	X			X
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	X		IV	-	X	X	

Les prospections terrains ainsi que les données Ecosphère (2011) et du CERE (2011) portent le nombre d'espèces de chiroptères à 3 dont 2 déjà dans la bibliographie (Noctule commune et Pipistrelle commune) et une supplémentaire (Murin de Bechstein ou Murin à moustaches). Toutes ces espèces sont protégées sur l'ensemble du territoire et figurent à l'annexe IV de la Directive Européenne Faune Flore et Habitat.

La partie boisée de la zone au sud (Bois de la Guyonnerie : zone du forage de production, Bois des Plants de Moulon) est clairement le secteur privilégié des chiroptères. Le reste de la zone ne semble pas exploitée hormis parfois autour des bâtiments s'ils ne se trouvent pas trop éloignés de la forêt. La rigole de Corbeville est également un axe de déplacement des chiroptères.

Les Chiroptères utilisent les infrastructures naturelles pour leurs déplacements, en particulier les lisières forestières et les plans d'eau.

L'axe de déplacement principal de ces chiroptères est associé à un enjeu fort. Les liaisons secondaires ne représentent qu'un enjeu assez fort

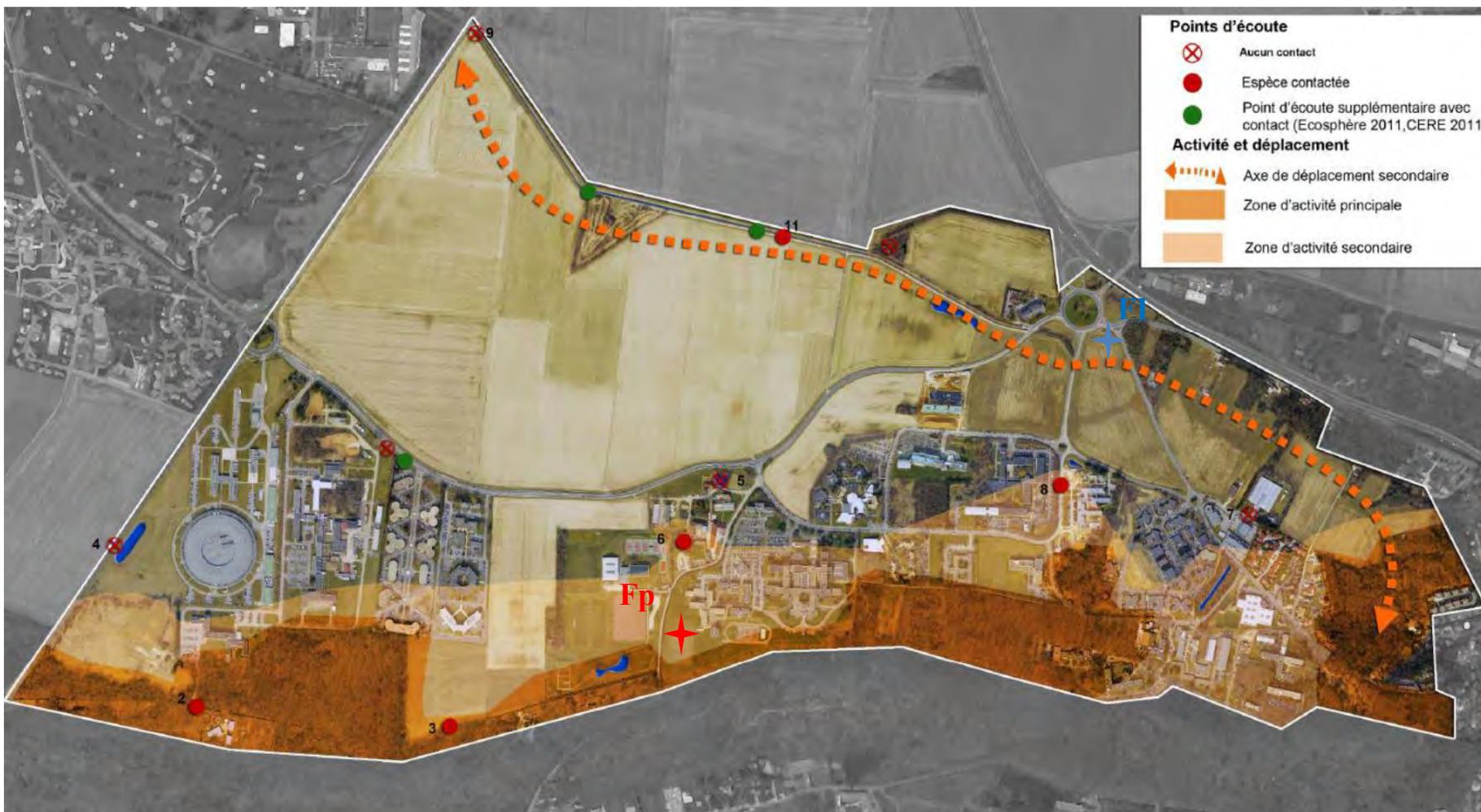


Figure 91 : Carte des enjeux pour les chiroptères



6.2.4.8 Flore

Les relevés floristiques effectués en été 2012, ainsi que les données Ecosphère de 2011, porte à 175 le nombre d'espèces de Flore recensées sur la zone d'étude. Parmi elles, 168 sont dites indigènes (i.e. non plantées, introduites volontairement ou involontairement, etc.), soit 96%.

Les habitats de fort intérêt pour la flore sont exclusivement des zones humides. Il s'agit de la rigole de Corbeville (42a) au nord de la zone d'étude et de la parvoroselière qui l'accompagne, et des roselières tourbeuses présentes au niveau des zones humides 48 et 49 sud. Ces deux mares sont par ailleurs ceinturées par de denses saulaies.



Figure 92 : Carte d'intérêt phytoécologique





6.2.4.9 Synthèses des enjeux

La carte suivante récapitule les enjeux écologiques sur la ZAC du quartier du Moulon et à proximité des deux sites de forages.

Le site de production est situé dans une zone de déplacement secondaire des chiroptères et à proximité d'un boisement à dynamique forestière classé.

Le site d'injection n'est pas situé sur un terrain à enjeu, mais à proximité de zone d'intérêt floristique en particulier.

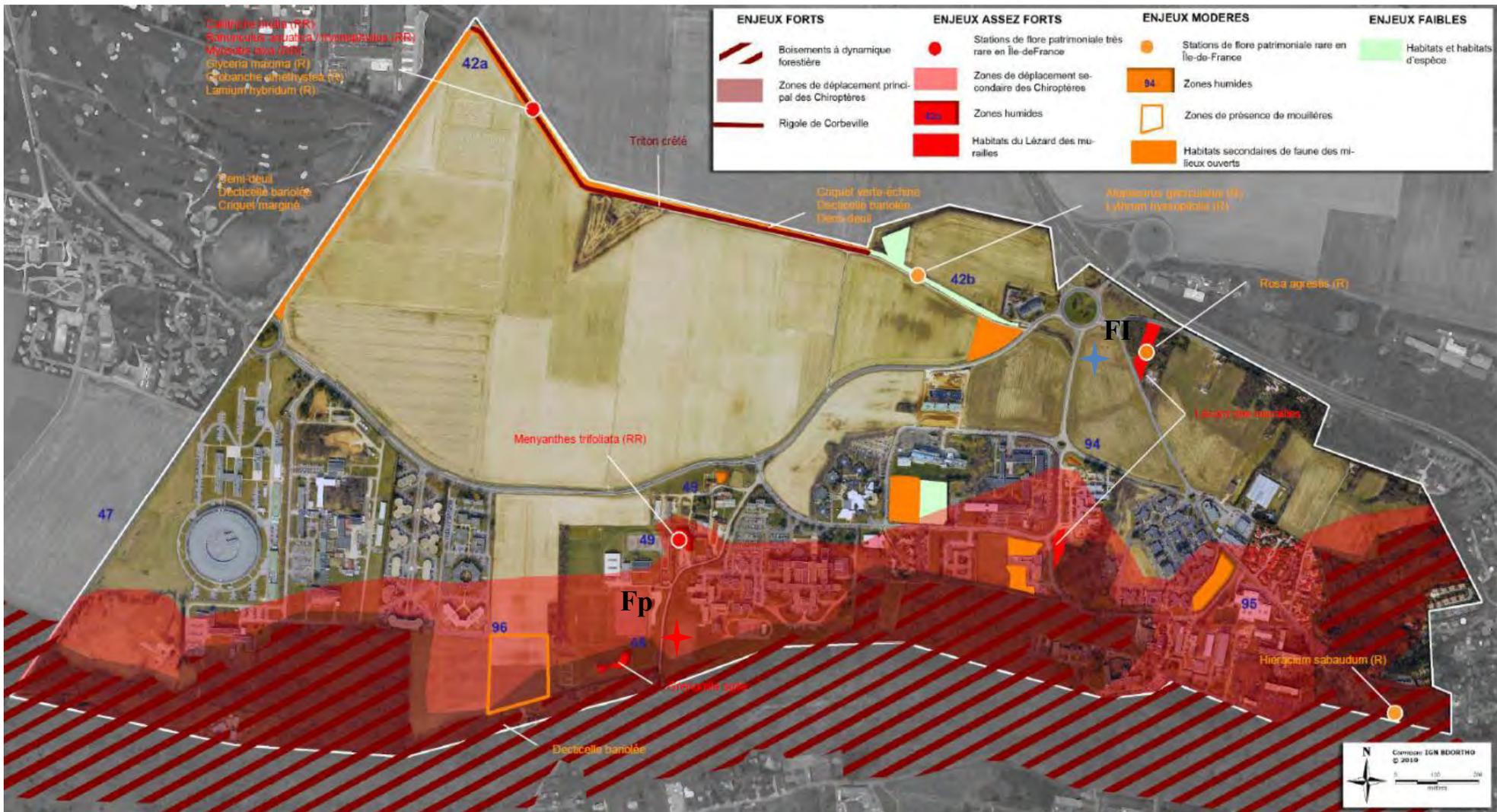


Figure 93 : Carte de synthèse des enjeux



6.2.5 Patrimoine culturel

Aucun Monument Historique classé, ou son périmètre de protection, ne se trouve dans le périmètre de la ZAC du quartier du Moulon. En revanche, le secteur est concerné, de façon marginale mais réelle, par le périmètre de protection du monument historique inscrit l'église de Saint-Rémi :

- Epoque de construction : 12e siècle
- Propriété de la commune de Saint-Rémi-lès-Chevreuses
- Date d'inscription : 21 décembre 1938
- Intérêt de l'œuvre : Site archéologique 91 272 5 AH
- Situation par rapport au périmètre d'étude : Environ 450m au sud-ouest

Dans l'entourage proche du projet, citons en outre les monuments historiques classés dit Temple de la Gloire et les monuments historiques inscrits suivants :

- Anneau de collision d'Orsay
- Château de Villiers-le-Bâcle
- Maison atelier de Foujita à Villiers-le-Bâcle

6.2.6 Qualité du sol

6.2.6.1 Géotechnique

Le Département de l'Essonne est particulièrement touché par l'aléa retrait-gonflement des sols argileux. Cela dit, il existe aussi ponctuellement un risque lié à l'effondrement de cavités souterraines (marnières ou anciennes carrières abandonnées) ou aux glissements de terrain et éboulements.

L'argile voit sa consistance et son volume se modifier en fonction de sa teneur en eau. L'amplitude de ces variations de volume peut engendrer des mouvements de terrain à l'origine de catastrophes naturelles.

La France étant en climat tempéré et donc peu soumise aux forts taux d'humidité, ce sont surtout les retraits qui sont à l'origine des catastrophes. En période sèche, ils se manifestent par un tassement vertical et par l'apparition de fissures. L'amplitude du retrait est d'autant plus importante que la couche argileuse est épaisse. La présence d'arbres et/ou de systèmes de drainage accentue encore l'assèchement et donc le phénomène de tassement.

Le phénomène a été intégré au régime des catastrophes naturelles à la suite des vagues de sécheresse de 1989-1991.



Le retrait-gonflement des sols argileux constitue en France le second poste d'indemnisation aux catastrophes naturelles affectant les maisons individuelles. Les argiles engendrent en effet des tassements différentiels entre le sol qu'elles recouvrent, non soumis à l'évaporation estivale et le sol qui les entourent, exposé à cette évaporation. L'aléa se traduit par l'apparition de fissures sur les façades notamment près des ouvertures et aux angles des murs porteurs. Les maisons individuelles, dont les fondations sont souvent superficielles et non pensées à la lumière d'études géotechniques préalables, sont les édifices les plus exposés au risque retrait-gonflement d'argiles.

Il existe aussi ponctuellement un risque lié à l'effondrement de cavités souterraines (marnières ou anciennes carrières abandonnées) ou aux glissements de terrain et éboulements.

D'après les cartographies du BRGM, le secteur d'étude de la ZAC du quartier du Moulon ne compte pas de cavités souterraines abandonnées et ne fait pas l'objet d'un inventaire minier

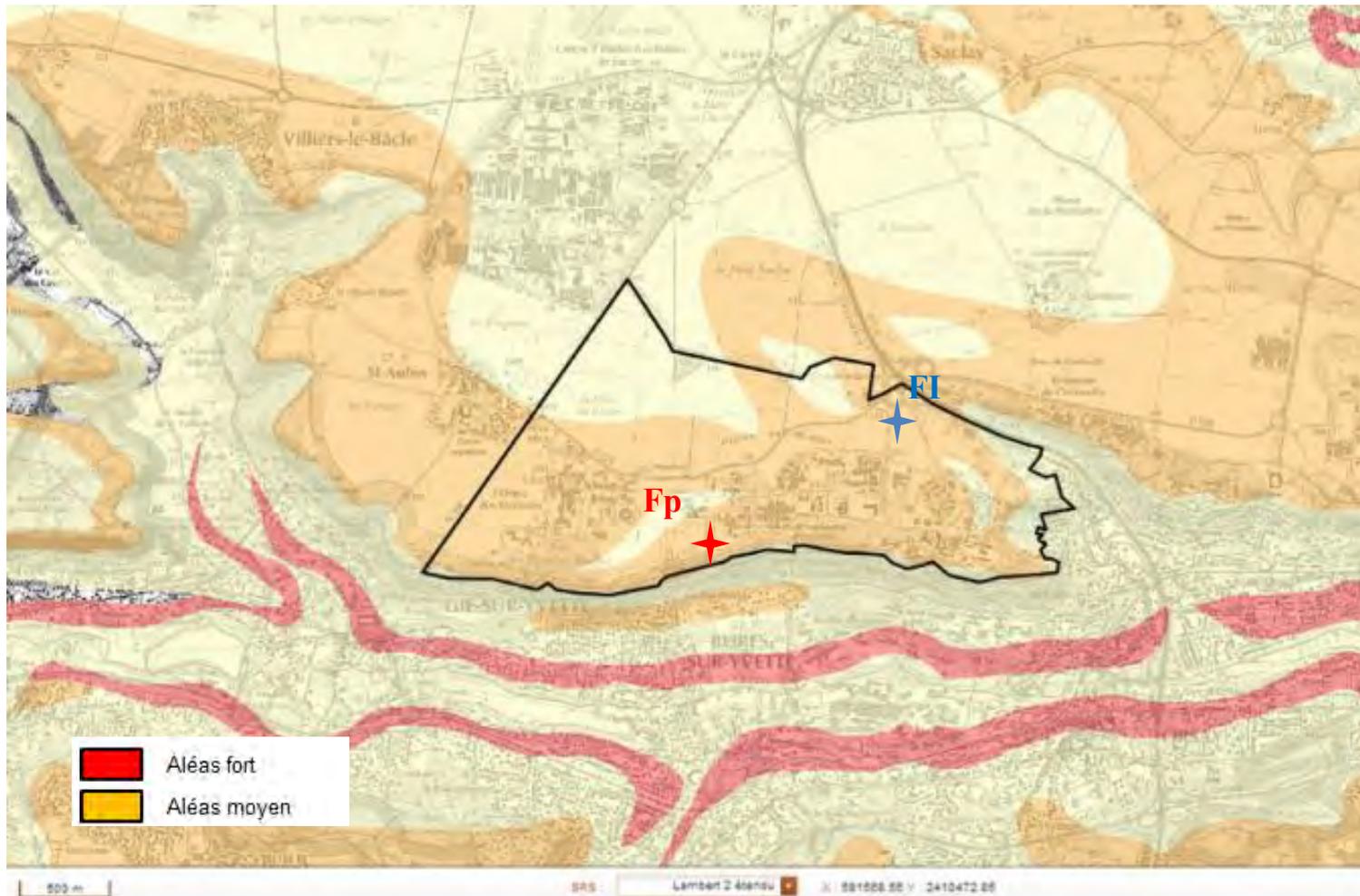


Figure 94 : Aléas retrait gonflement des argiles



La majeure partie du périmètre de la ZAC se situe en risque aléa moyen de retrait gonflement des argiles. C'est également le cas pour les sites de forage. Une bande de terrain au bas du coteau présente un aléa fort. Cette bande correspond à l'étage d'affleurement des argiles vertes, formation imperméable de base du plateau.

6.2.6.2 Pollution

L'analyse des différentes données sur la pollution des sols permet de mettre en évidence l'origine des différentes sources potentielles de polluants. Le passif agricole de la zone d'étude et l'aménagement du campus universitaire à partir de 1965, puis la construction du CEA de l'Orme des Merisiers vers 1987, et du Synchrotron Soleil dans les années 2000, sont autant d'origines potentielles à prendre en compte.

A ces données sur les sources, il faut superposer les connaissances accumulées sur le milieu physique et naturel du site comme facteur de vulnérabilité et de transmissibilité d'éventuelles pollutions.

Ainsi, la spécificité géologique et hydrogéologique de la zone d'étude caractérise la sensibilité du site à une contamination de la nappe superficielle du fait de sa proximité à la surface. Les nappes plus profondes ne sont pas vulnérables à la pollution du fait de l'imperméabilité des couches supérieures.

Ce dernier point soulève un autre aspect du site susceptible de présenter une vulnérabilité aux pollutions. En effet, la consistance des sols, favorable au ruissellement de surface, induit une transmission horizontale éventuelle aux rigoles limitrophes, voire, à l'occasion d'épisodes pluvieux remarquables, aux cours d'eaux des vallées, bien que ceux-ci ne soient pas en temps normal considérés comme vulnérables.

Les sites de forage sont à l'extérieur des risques de pollution identifiés.

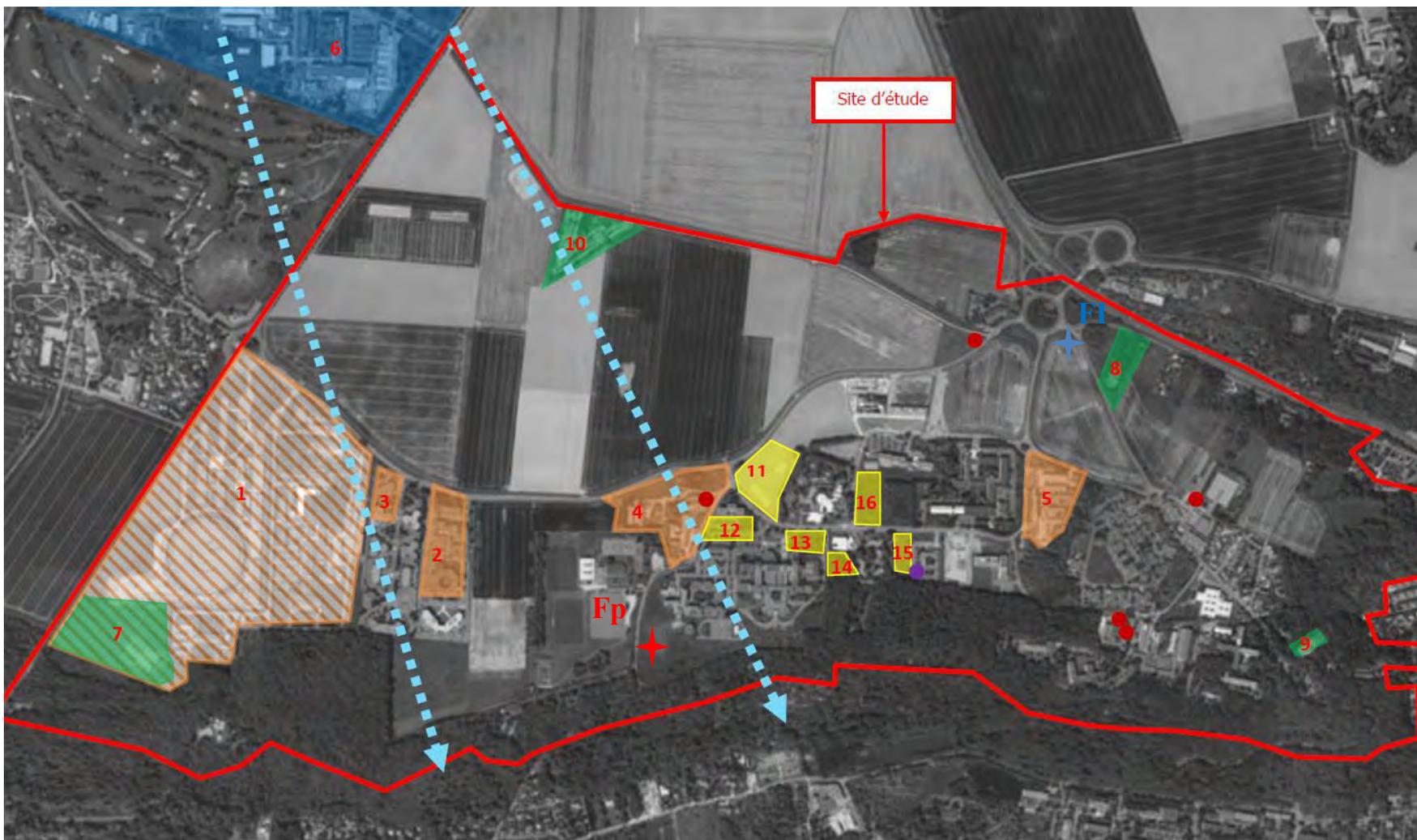


Figure 95 : Sources potentielles de pollution

Légende :			
Zones	N°	Nom de la zone	Activités
• Sources de pollutions potentielles			
	Sites BASIAS et ICPE		
	N°1	CEA de l'Orme des Merisiers et Synchrotron Soleil	Site en activité : utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses).
	Sites BASIAS		
	N°2	Honeywell	Site en activité : utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses) ; compression, réfrigération.
	N°3	LDK France (Laboratoires DOKHAN)	Activité terminée : utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses).
	N°4	GIS Moulon	Aucune donnée sur l'état d'activité : utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses) ; production et distribution de vapeur (chaleur) et d'air conditionné ; dépôt de liquides inflammables (D.L.I.).
	N°5	CETIAT (Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques)	Aucune donnée sur l'état d'activité : utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses) ; production et distribution de vapeur (chaleur) et d'air conditionné ; Dépôt de Liquides Inflammables (D.L.I.) ; compression, réfrigération ; chaudronnerie, tonnellerie.
	Site BASOL (hors site)		
	N°6	CEA Saclay	Site en Aval hydraulique de la zone d'étude, nappe des sols de Fontainebleau impactée en organochlorés et en tritium. Site en activité : utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (sources non scellées ou non conformes) ; polychlorobiphényles, terphényles ; installation de réfrigération ou compression pression ; ateliers de charge d'accumulateurs.
	Visite de site et recherches documentaires		
	N°7	Déposante de déchets	En cours de décontamination radioactives
	N°8	Zone en friche	Activités inconnues : présence de merlons et déchets ménagers.
	N°9	Zone en friche	Activités inconnues : terrain en friche et en partie bétonné.
	N°10	Terrain de cross	Anciennes activités inconnues : présence de merlons.
	Transformateur		
	Cuve		
• Autres informations			
	Zones du diagnostic archéologique		
	N°11	Champs enherbés	Anciennement un champ agricole
	N°12	Parking de Supélec	Merlon constitué potentiellement de remblai, d'un parking voitures et vélos traversés par des réseaux d'eau et d'électricité
	N°13	Ecole de Supélec	Merlon constitué potentiellement de remblais avec présence de réseaux
	N°14	Zone entre Supélec et L.G.E.P. (Laboratoire de Génie Electrique de Paris)	Espace vert boisé
	N°15	Limite du L.G.E.P.	Merlon constitué potentiellement de remblais
	N°16	Zone boisée en friche	Ancien stade de rugby
	Sens d'écoulement de la nappe des sables de Fontainebleau		



6.2.7 *Qualité de l'air*

Les conditions de surveillance de la qualité de l'air et les modalités d'information du public en cas de pollution sont précisées par les articles L.221-1 et suivants du Code de l'environnement.

Afin d'évaluer la qualité de l'air et conformément à la directive sur l'évaluation de la qualité de l'air ambiant des objectifs de qualité, des valeurs limites, valeurs cibles et des seuils d'alerte sont fixés par le Code de l'environnement, après avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, en conformité avec ceux définis par l'Union européenne ou, à défaut, par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Les conditions de surveillance de la qualité de l'air et les modalités d'information du public en cas de pollution sont précisées par les articles L.221-1 et suivants du Code de l'Environnement.

Les composés faisant l'objet d'une réglementation sont les suivants :

- Le dioxyde d'azote NO₂
- Le dioxyde d'azote SO₂
- Les particules PM10 et PM2,5
- Le monoxyde de carbone CO
- Le benzène
- Le plomb Pb
- Le benzo(a)pyrène
- Les métaux lourds : arsenic, cadmium et nickel

Une étude menée par TechniSim a permis de calculer les émissions des polluants atmosphériques sur la base des données trafics. Elle a également, sur la base de calculs de dispersion, permis d'estimer la qualité de l'air aux alentours des sources. Les résultats de ces calculs et simulations sont exposés ci-après.

Figure 96 : Concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote

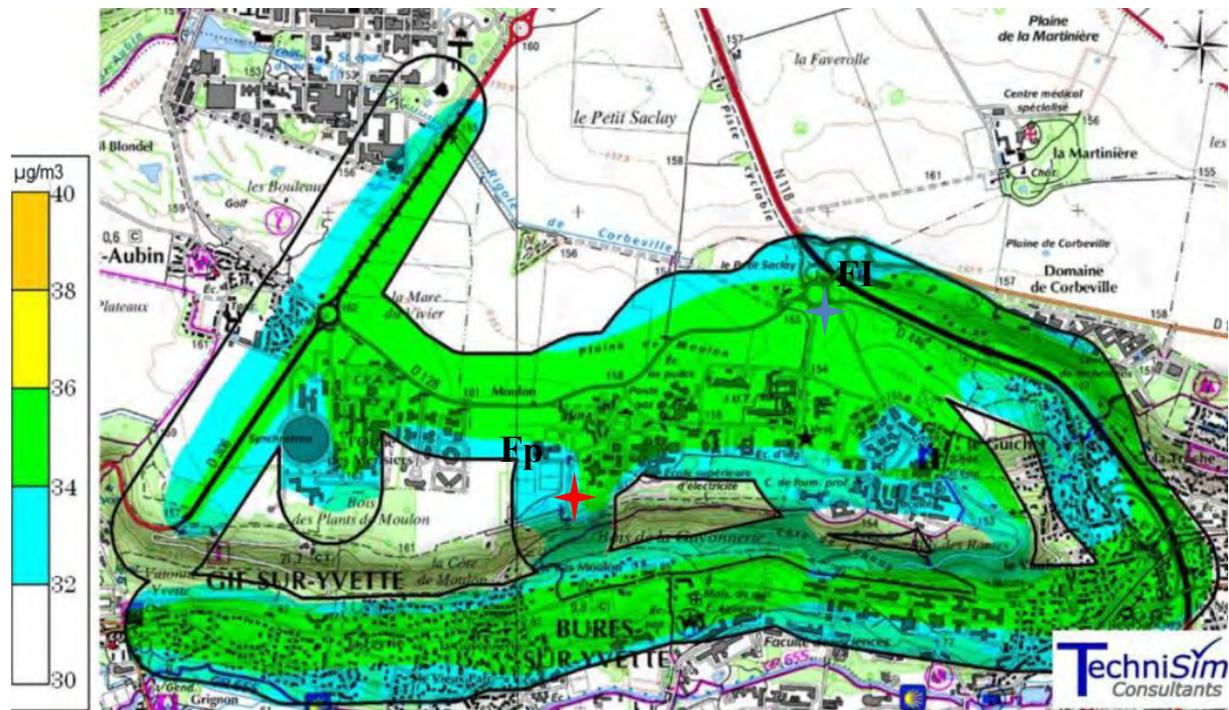


Figure 97 : Concentration moyenne annuelle en PM2,5

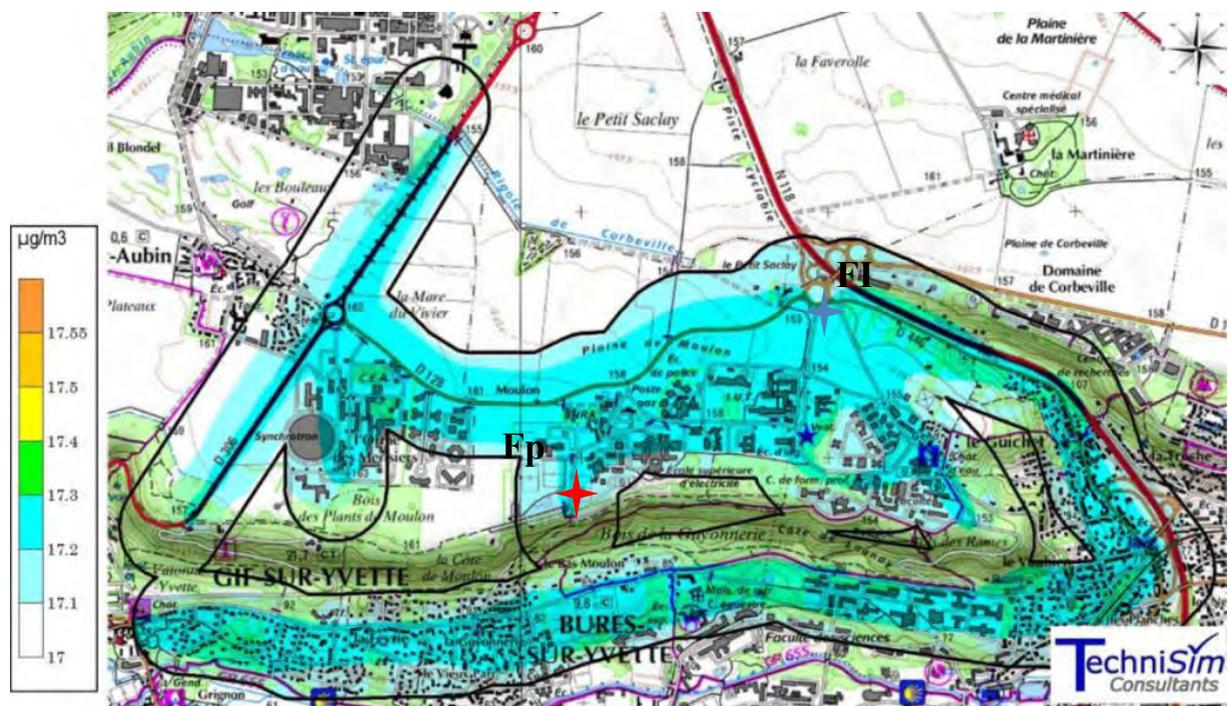
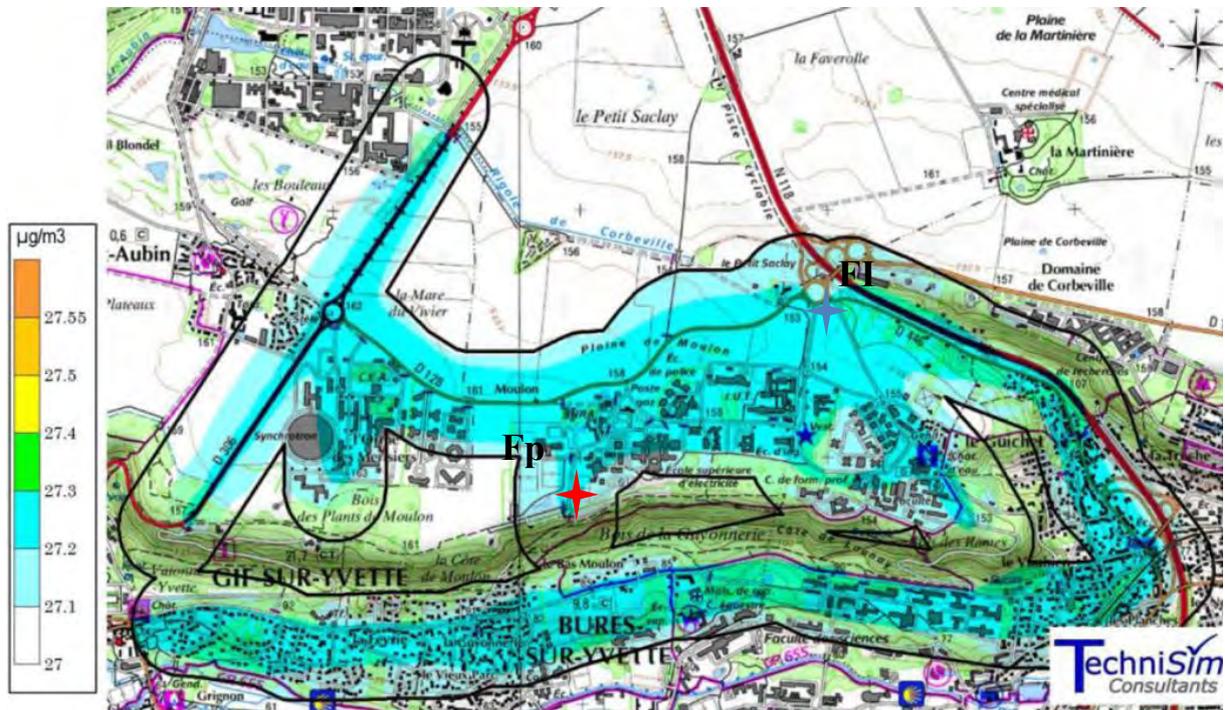


Figure 98 : Concentration moyenne annuelle en PM10



Parmi les substances faisant l'objet d'une réglementation, aucune ne fait l'objet à l'heure actuelle sur le terrain d'étude, d'un dépassement des valeurs réglementaires fixant les seuils d'information et de recommandation ou d'alerte. En outre, les moyennes annuelles pour chaque composé répondent aux objectifs annuels de qualité.



Composés	Unité	2012
<i>Monoxyde de carbone</i>	[gramme/heure]	7 465
<i>Oxydes d'azote</i>	[gramme/heure]	8 358
<i>Particules</i>	[gramme/heure]	376
<i>Dioxyde de carbone</i>	[kilogramme/heure]	3 031
<i>Dioxyde de soufre</i>	[gramme/heure]	77
Composés Organiques Volatils		
<i>Composés Organiques Volatils</i>	[gramme/heure]	901
<i>Acétaldéhyde</i>	[gramme/heure]	44
<i>Acroléine</i>	[gramme/heure]	22
<i>Benzène</i>	[gramme/heure]	16
<i>Butadiène (1,3)</i>	[gramme/heure]	13
<i>Formaldéhyde</i>	[gramme/heure]	81
HAP		
<i>HAP*</i>	[milligramme/heure]	533
<i>Benzo[a]pyrène</i>	[gramme/heure]	1.E-03
Métaux		
<i>Arsenic</i>	[gramme/heure]	3.13E-02
<i>Baryum</i>	[gramme/heure]	2.68E-01
<i>Cadmium</i>	[gramme/heure]	9.66E-03
<i>Chrome</i>	[gramme/heure]	4.83E-02
<i>Mercure</i>	[gramme/heure]	6.27E-03
<i>Nickel</i>	[gramme/heure]	6.76E-02
<i>Plomb</i>	[gramme/heure]	6.47E-01

*Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

Figure 99 : Emissions globales calculées sur la bande d'étude



6.2.8 *Qualité de la ressource en eau*

6.2.8.1 *Les eaux superficielles*

Un document de synthèse des écoulements de surface actuels issu du Dossier Loi sur l'Eau du TCSP Plateau de Saclay en 2012 est présenté ci-après.

D'après cette carte les sites de forages sont situés dans le bassin versant de l'Yvette qui recueille les écoulements superficiels d'une grande partie sud de la ZAC de quartier du Moulon.

Bassin de l'Yvette: Malgré les efforts entrepris depuis quelques années, la qualité des eaux du bassin est encore fortement altérée par des rejets d'origine domestique. La majorité des masses d'eau est jugée eutrophe en raison d'une forte présence d'azote et de phosphore. La maîtrise du système de collecte constitue donc un enjeu majeur. En effet, les réseaux eaux usées sont rapidement saturés en temps de pluie et les réseaux eaux pluviales servent d'exutoire aux rejets domestiques. De plus, face à la pression démographique grandissante, la création de nouvelles unités épuratoires s'avère nécessaire en amont. Le lessivage des parcelles agricoles en temps de pluie est un autre impact sur la qualité chimique des eaux. Les dépassements des normes en phytosanitaires et HAP (Hydrocarbure aromatique polycyclique) sont effectivement réguliers. La qualité biologique de la rivière montre une nette dégradation d'amont vers l'aval. Le caractère anthropique de la vallée ainsi que les pollutions susmentionnées expliquent ce constat. Enfin, les inondations régulières sont un autre facteur d'altération des eaux et milieux aquatiques.

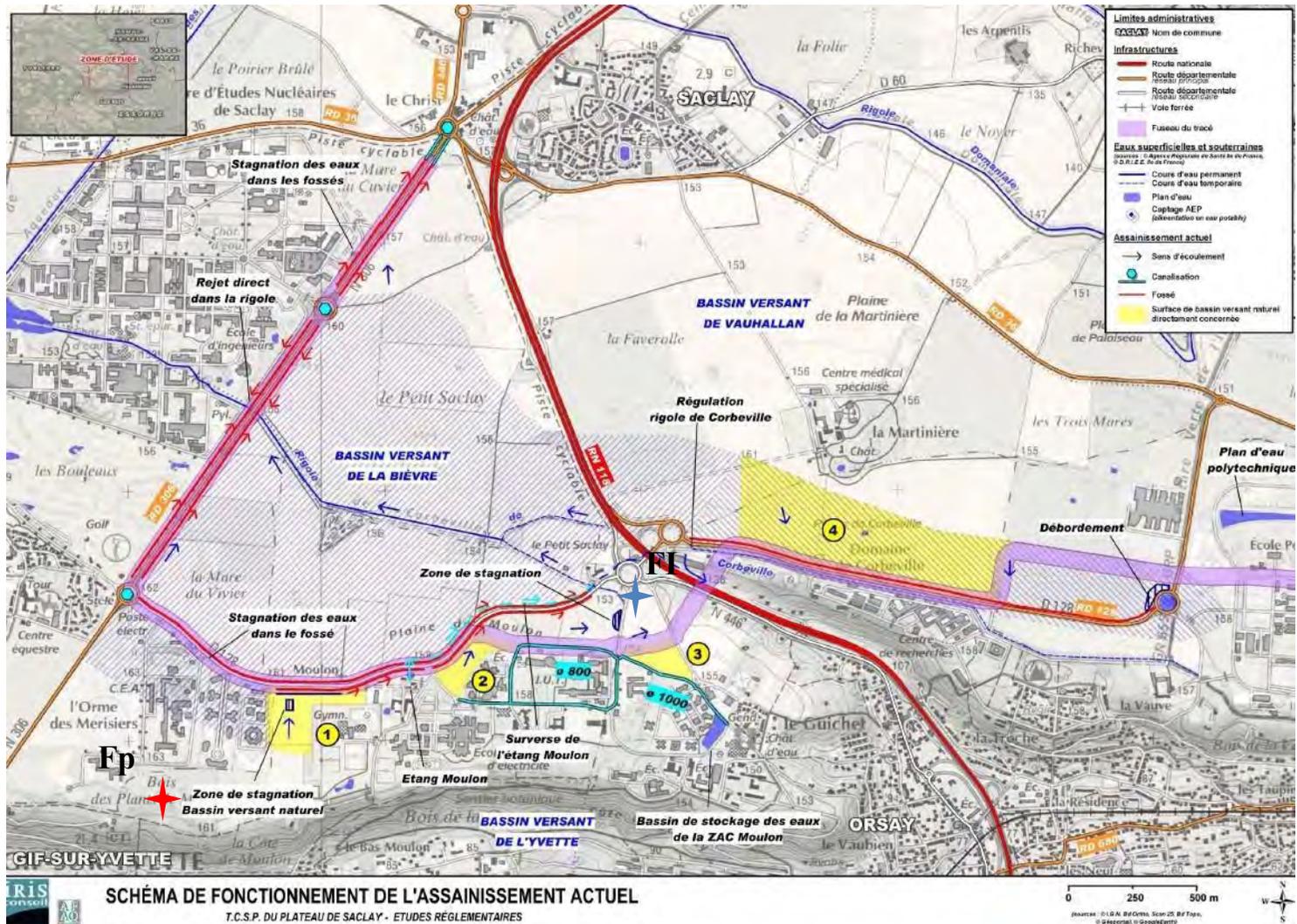


Figure 100 : Fonctionnement des écoulements de surface actuels



6.2.8.2 Les eaux souterraines

Les limites naturelles du plateau définissent un système aquifère qui lui est propre, constitué de deux nappes :

- Une nappe située dans les formations superficielles (limons des plateaux, sables de Lozère et argiles à meulière de Montmorency),
- Une nappe située au niveau des sables et grès de Fontainebleau.

Plus en profondeur, on trouve l'aquifère du Lutétien qui peut potentiellement être productif (20 à 40 m³/h).

La nappe superficielle

Elle est contenue dans les formations de surface (limons des plateaux, sables de Lozère et argiles à meulière de Montmorency). Il s'agit en réalité d'un ensemble de « lentilles aquifères perchées » en discontinuité hydraulique, ce qui va à l'encontre de la définition exacte d'une nappe. Il faut donc l'envisager comme un milieu discontinu, d'épaisseur variable, comportant localement des massifs de meulière compacte ou seulement des fragments, des lentilles argileuses imperméables et des poches sableuses.

La nappe superficielle est fortement et irrégulièrement minéralisée, preuve supplémentaire de son hétérogénéité et de sa mauvaise circulation latérale. Le TH moyen (titre hydrotimétrique ou dureté de l'eau = teneur en ions calcium +magnésium) de la nappe s'établit nettement au-dessus de 40°f, ce qui correspond à une eau très dure.

Ce taux important est vraisemblablement imputable aux limons puisque les eaux de drainage elles-mêmes sont fortement chargées.

La nappe phréatique était exploitée autrefois pour des besoins domestiques (fermes, habitations). Une enquête réalisée en 1957 avait permis de recenser une quarantaine de puits sur le plateau (BRGM).

Il semble que la plupart d'entre eux exploitaient les limons, sables et argiles situés au-dessus de l'horizon des meulières. La quasi-totalité des puits existants sont actuellement inexploités. Ainsi, la nappe des formations supérieures ne représente qu'une ressource marginale aujourd'hui quasiment inexploitée.

La nappe des sables de Fontainebleau

La formation des sables de Fontainebleau est la plus épaisse des couches géologiques du plateau. Elle constitue également la nappe principale de son système aquifère.

Cette nappe est isolée par deux systèmes peu perméables :

- l'Argile à Meulière sus-jacent,
- les Marnes à huîtres, l'Argile verte et les Marnes supragypseuses sous-jacents.

La ligne de partage des eaux souterraines coupe le plateau dans un axe nord-est sud-ouest. L'écoulement principal de la nappe s'effectue du nord-est vers le sud-ouest bien qu'il y ait convergence rapide vers les rivières dès que l'on s'approche des bords du plateau. Cette influence se manifeste différemment sur la Bièvre et sur l'Yvette :



- L'écoulement au nord vers l'amont de la Bièvre s'effectue dans la continuité hydraulique de la nappe des Sables de Fontainebleau puisqu'elle est en contact direct avec la nappe alluviale de la rivière et lui sert même de support.
- Le transfert vers l'Yvette est indirect puisque la nappe n'est pas en contact direct avec la rivière. Celle-ci repose en effet en contrebas, sur les formations imperméables de base (marnes à huître ou marnes vertes). Elle se déverse donc depuis les coteaux, au contact des marnes, par l'intermédiaire d'une série de sources localisées en moyenne à 100 m NGF.

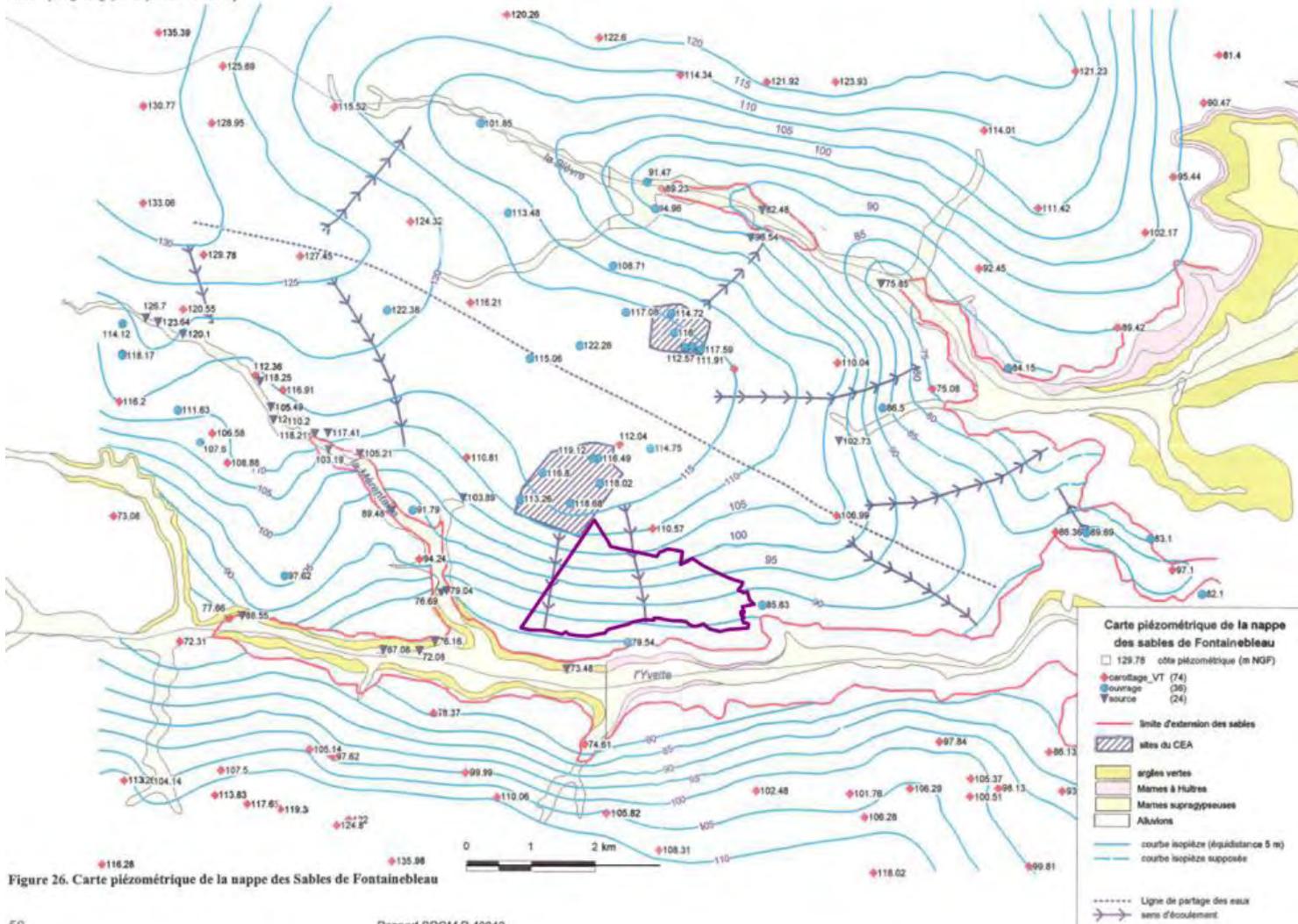


Figure 26. Carte piézométrique de la nappe des Sables de Fontainebleau

Figure 101 : Piézométrie de la nappe du Fontainebleau



La nappe des Sables de Fontainebleau est alimentée de deux manières principales :

- Par infiltration des eaux superficielles pour un peu plus de la moitié
- A environ 40 % par infiltration directe des eaux de pluies au niveau des affleurements de la formation, sur les coteaux.

Localement, on peut ajouter deux autres sources d'alimentation : les étangs de Saclay et un puits filtrant au CEA (bâtiment 114) favorisant l'infiltration des eaux de surface.

Une estimation du débit d'alimentation de la nappe sur la base des mesures de débit des cours d'eau qui la drainent fait état d'environ 2 L/s/km².

Etant donné la nature de la formation aquifère (sables siliceux homogènes), les eaux de la nappe sont alcalines, très chargées et irrégulièrement minéralisées. Le TH des points d'eau étudiés lors de l'enquête de terrain réalisée en 1958 par BURGEAP varie entre 15 et 48°f avec une moyenne portant sur 22 points d'eau de 31,6°f.

Les résultats de l'analyse des eaux du Centre d'Essai des Propulseurs (fourni à BURGEAP en 1994) confirment la qualité correcte de cette eau pour la consommation humaine, si ce n'est un léger goût de vase à mettre peut-être en relation avec les fuites probables des étangs de Saclay vers la nappe.

La nappe du Lutétien

Les données piézométriques recueillies sont sommaires et anciennes (Atlas des nappes aquifères de la région parisienne de 1970). D'après ces données, la nappe serait captive. D'après ces données, la nappe du Lutétien s'écoulerait globalement d'ouest en est (soit en direction de la fosse de Draveil) avec un gradient moyen de l'ordre de 0,5% (cf. figure suivante).

Cette nappe n'est pas ou peu reconnue à proximité de la zone d'étude.

A partir des données bibliographiques disponibles, les eaux du Lutétien seraient généralement très minéralisées et corrosives. Par ailleurs, les eaux peuvent localement être basiques. En régime non influencé, la température de l'eau est comprise entre 10 et 15°C.

Code_bss	Commune	Adresse	Profondeur	Longitude	Latitude
02184X0039/F48	SACLAY	CEA DE SACLAY	66	2.15009	48.7302
02195X0010/F	BURES-SUR-YV	HAMEAU DE MONTGAY	200	2.1605	48.6843
02184X0061/F1	SACLAY	VILLE DOMBE	65	2.1506	48.7439
02184X0079/REJE	GIF-SUR-YVETT	27 BIS CHEMIN DU COUVENT (FEUILLE CADASTRA	42	2.13213	48.6959
02184X0044/SPT	GIF-SUR-YVETT	PN 26	19.45	2.12363	48.699
02184X0001/SP	SACLAY	CEA	93	2.17338	48.7309
02191X0046/S2	BURES-SUR-YV	FACULTE DES SCIENCES ACCELERATEUR LINEAIR	24.7	2.16873	48.6991
02191X0042/S1	ORSAY	LE GUICHET	20	2.1916	48.7053
02184X0045/SPT	GIF-SUR-YVETT	PN 26	15.45	2.1239	48.6991
02184X0042/S1	GIF-SUR-YVETT	USINE ABEX-PAGID	12.1	2.12226	48.7006
02184X0033/PG0	SACLAY	SITE DE SACLAY	20.1	2.14905	48.7193
02191X0111/F2009	ORSAY	7, rue des Hucherries	92	2.1829	48.695
02188X0032/FG2	GOMETZ-LE-CH	Rue Saint Jean de Beauregard	100	2.14161	48.6739
02188X0033/FG3	GOMETZ-LE-CH	Rue Saint Jean de Beauregard	100	2.14172	48.674
02188X0034/FG4	GOMETZ-LE-CH	Rue Saint Jean de Beauregard	100	2.14189	48.674
02184X0089/PS5	SACLAY	SITE DU CEA	20	2.1485	48.7203
02184X0090/PG0	SACLAY	SITE DU CEA DE SACLAY	25.1	2.14864	48.72
02184X0082/F50	GIF-SUR-YVETT	SITE CEA	52	2.14837	48.7196
02184X0063/F1	GIF-SUR-YVETT	L'ABBAYE	25.5	2.12523	48.6959
02191X0035/F4	SACLAY	CENTRE D'ESSAIS DES PROPULSEURS	54.3	2.17225	48.7437
02184X0016/F	SACLAY	FERME D'ORSIGNY	82	2.14037	48.742
02191X0061/HY	VAUHALLAN	SOURCE DU MONASTERE	0	2.2041	48.7313
02191X0049/F5	SACLAY	CENTRE D'ESSAIS DES PROPULSEURS	60.8	2.17388	48.7438
02191X0003/F	ORSAY	GRUE DE L'YVETTE	655.75	2.18436	48.6977
02184X0010/F	VILLIERS-LE-BA	ENTRE LES GENETS ET LE BOIS DES GRAIS	47	2.11633	48.7215
02184X0024/F	GIF-SUR-YVETTE		43.6	2.12728	48.703
02191X0034/F	SACLAY	FERME DE VILLEVAS	83.45	2.17522	48.7513
02191X0040/F	ORSAY	LOTISSEMENT DE LA TROCHE	143.4	2.19534	48.7069
02191X0032/F	SACLAY	LA MARTINIERE - CENTRE DE RECHERCHES IONOP	50	2.18416	48.7189
02191X0033/P2	SACLAY		43.4	2.16523	48.73
02191X0082/F1	BIEVRES	FERME DE VILLEFAVREUSE	69.5	2.19755	48.7413
02191X0081/F2	SACLAY	LES HAUTES BORNES	66	2.16	48.7484
02191X0092/F	BIEVRES	FERME DE FAVREUSE	65.5	2.19217	48.7429
02191X0103/F200	ORSAY	17 RUE CORNEILLE	0	2.20017	48.7024
02191X0038/F3	SACLAY	CENTRE D'ESSAIS DES PROPULSEURS	52.1	2.17552	48.7434
02184X0062/F	SAINT-AUBIN	GOLF BLUE GREEN	83	2.14421	48.7161
02184X0081/F51	GIF-SUR-YVETT	SITE CEA	52	2.14986	48.7193
02184X0088/PS2	SACLAY	SITE DU CEA	20	2.14809	48.7201
02191X0060/LM00	ORSAY		0	2.18275	48.6922
02191X0055/S1	BURES-SUR-YV	RUE DE MOULON CES LA GUYONNERIE	19.2	2.15714	48.7007
02188X0091/FG1	GOMETZ-LE-CH	Rue Saint Jean de Beauregard	100	2.14179	48.6738
02184X0043/S2	GIF-SUR-YVETT	USINE ABEX-PAGID	20	2.12186	48.7006
02184X0078/CAP	GIF-SUR-YVETT	27 BIS CHEMIN DU COUVENT, CADASTRE FEUILLE	51	2.13231	48.696
02191X0037/F2	SACLAY	CENTRE D'ESSAIS DES PROPULSEURS	55.57	2.16938	48.7483
02191X0063/F	VAUHALLAN	75 GRANDE RUE	15.4	2.21306	48.7358
02188X0024/F	GOMETZ-LE-CHATEL		34.5	2.14718	48.6856
02195X0017/F	ULIS(LES)	LE GRAND VIVIER	118.1	2.19569	48.6776
02191X0036/F1	SACLAY	CENTRE D'ESSAIS DES PROPULSEURS	48.87	2.17007	48.7457

Tableau 24 : Inventaire des forages d'eau dans un rayon de 2 km



6.2.9 A l'exception du forage d'alimentation en eau potable de la commune d'Orsay (02191X0003) captant la nappe de l'Albien, aucun forage d'alimentation en eau potable n'est situé à proximité du projet. *Bruit et vibration*

6.2.9.1 Les textes réglementaires

Plusieurs textes réglementaires ont été rédigés dans le cadre des nuisances sonores. Ces derniers relatent les moyens mis à disposition pour illustrer le niveau sonore existant aux abords des routes, des voies ferrées ou même des aéroports.

Ces cartes ont pour objectif de déterminer l'exposition au bruit de la population, de préserver les zones calmes et réduire les effets nuisibles de l'exposition au bruit au moyen de plan de prévention du bruit dans l'environnement.

- **Décret 2006-361 du 24 mars 2006** relatif à l'établissement des cartes de bruit et des plans de prévention du bruit dans l'environnement, il précise le contenu des cartes décrites ci-dessus. Plusieurs documents sont nécessaires à l'élaboration de la carte de bruit:
 - → Des cartes graphiques avec courbes isophones,
 - → Une estimation du nombre de personnes exposées sous forme de tableaux,
 - → Un résumé exposant les résultats de l'évaluation et la méthodologie employée,
 - → Un plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE).
- **Arrêté du 4 avril 2006** relatif à la description des valeurs limites de dépassement de seuil.
- **Circulaire du 25 mai 2004** relative au bruit des infrastructures de transports terrestres.
- **Décret n°95-21 du 9 janvier 1995** relatif au classement des infrastructures de transports terrestres.

En Essonne, plusieurs arrêtés préfectoraux ont établi un classement sonore du réseau routier en fonction de la catégorie des infrastructures concernées :

- **Arrêté n° 0109 du 20 mai 2003** relatif au classement sonore du réseau routier national dans différentes communes du département de l'Essonne et aux modalités d'isolement acoustique des constructions en découlant.
- **Arrêté n° 2005-DDE-sept-085 du 28 février 2005** relatif au classement sonore du réseau routier départemental dans différentes communes du département de l'Essonne et aux modalités d'isolement acoustique des constructions en découlant.



Tableau 25 : Niveaux sonores à prendre en compte pour la construction des bâtiments inclus dans les secteurs affectés par le bruit

Catégorie	Niveau sonore au point de référence, en période diurne (en dB(A))	Niveau sonore au point de référence, en période nocturne (en dB(A))
1	83	78
2	79	74
3	73	68
4	68	63
5	63	58

6.2.9.2 Environnement sonore de la ZAC

Les nuisances acoustiques relevées dans le secteur relèvent principalement de la présence d'infrastructures routières fréquentées.

Les deux cartes d'isophones suivantes présentent les niveaux sonores routiers au droit de la ZAC à l'état initial de jour et de nuit sur la base d'une modélisation réalisée par Sogreah.

Figure 103 : Niveaux sonores diurnes

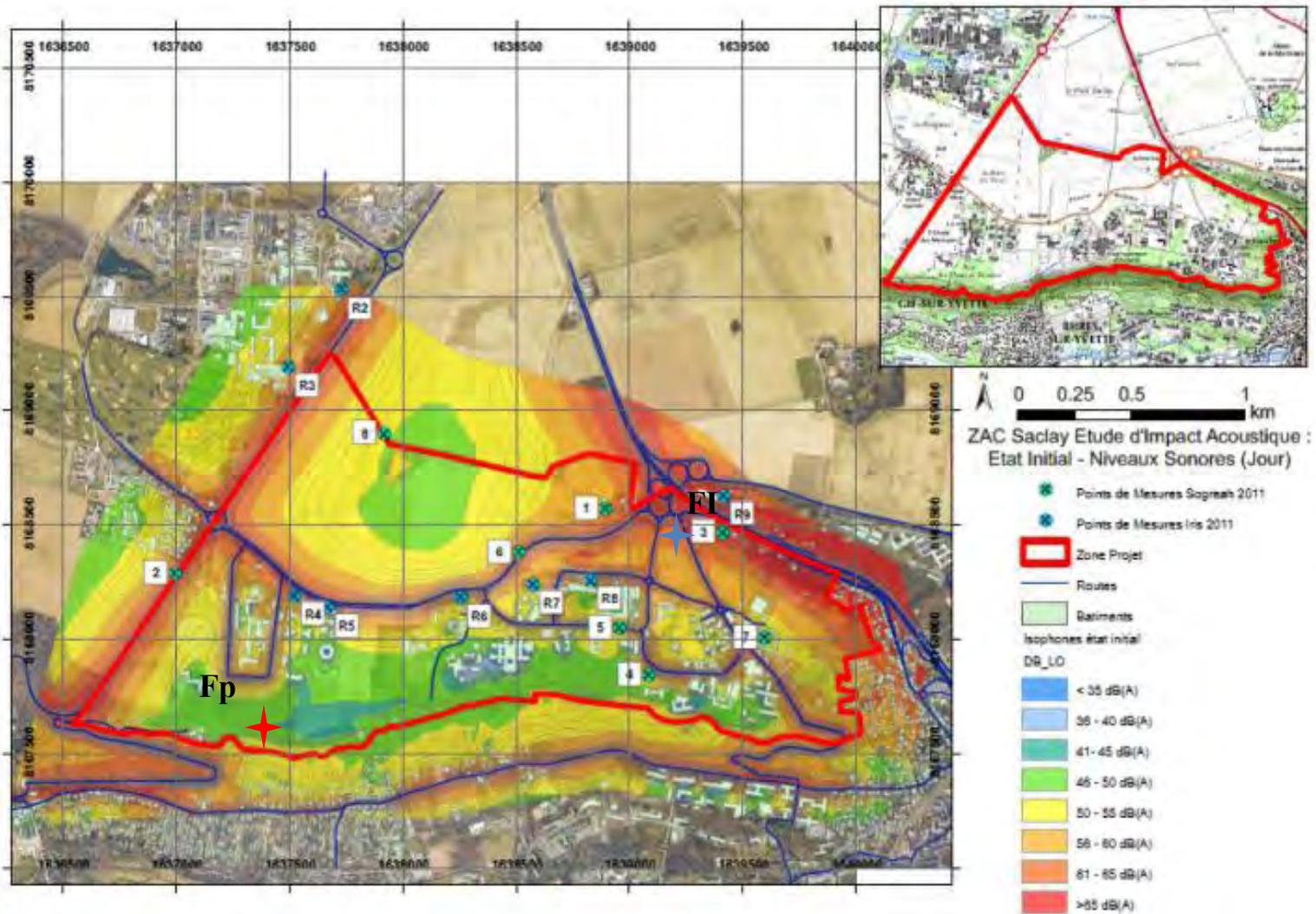
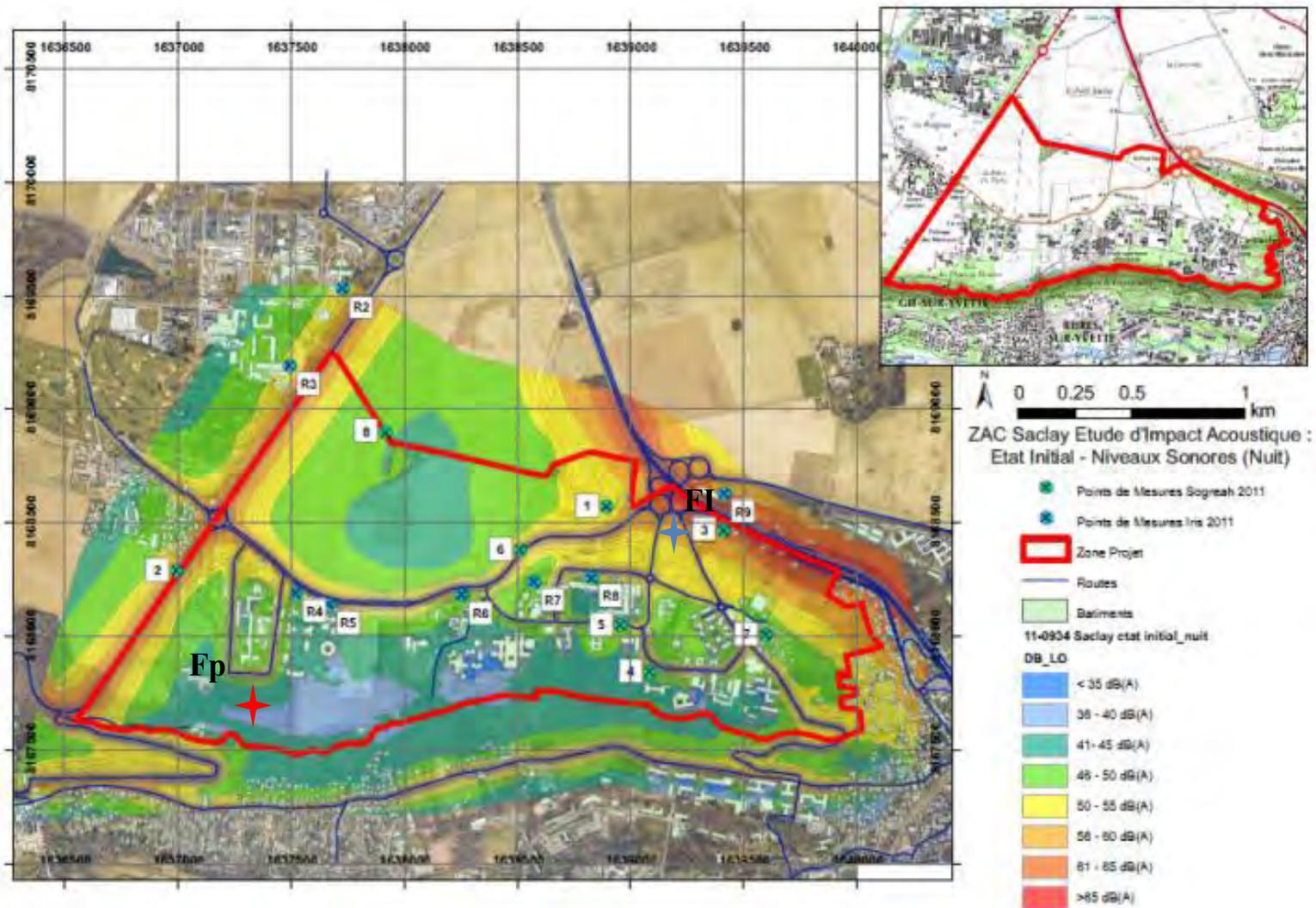


Figure 104 : Niveaux sonores nocturnes





Le site choisi pour les travaux du forage d'injection s'inscrit dans un environnement bruyant en raison de la proximité de la RN118. En effet, au droit de ce site, le niveau sonore est supérieur à 66 dB le jour (entre 70 et 75 dB) et reste également élevé la nuit (entre 61 et 65 dB).

Par contre, le site choisi pour les travaux du forage de production s'inscrit dans un environnement faiblement bruyant en raison de son isolement par rapport aux axes routiers et à la proximité d'une zone boisée. En effet, au droit de ce site, le niveau sonore est compris entre 46 et 50 dB) et est encore légèrement plus faible la nuit (entre 41 et 45 dB).

6.2.10 Réseaux existants

Les cartes suivantes illustrent la présence de réseaux à proximité des sites de forage.

Pour le site de production, une canalisation d'alimentation en eau potable passe à proximité dans le chemin du Moulon ainsi qu'une canalisation de transport de gaz GRDF.

Pour le site d'injection, les réseaux (électricité, gaz, télécom et eau potable) passent dans les voiries de part et d'autre. Sur le plan ci-dessous apparaît une liaison HT traversant le champ cultivé, cette liaison se situe en fait dans les voiries du giratoire (erreur de report).

Les demandes de détection de réseaux seront transmises aux concessionnaires dès le début de la phase études pour vérification du positionnement exact de ces réseaux.



Figure 105 : Réseaux existants à proximité du forage de production

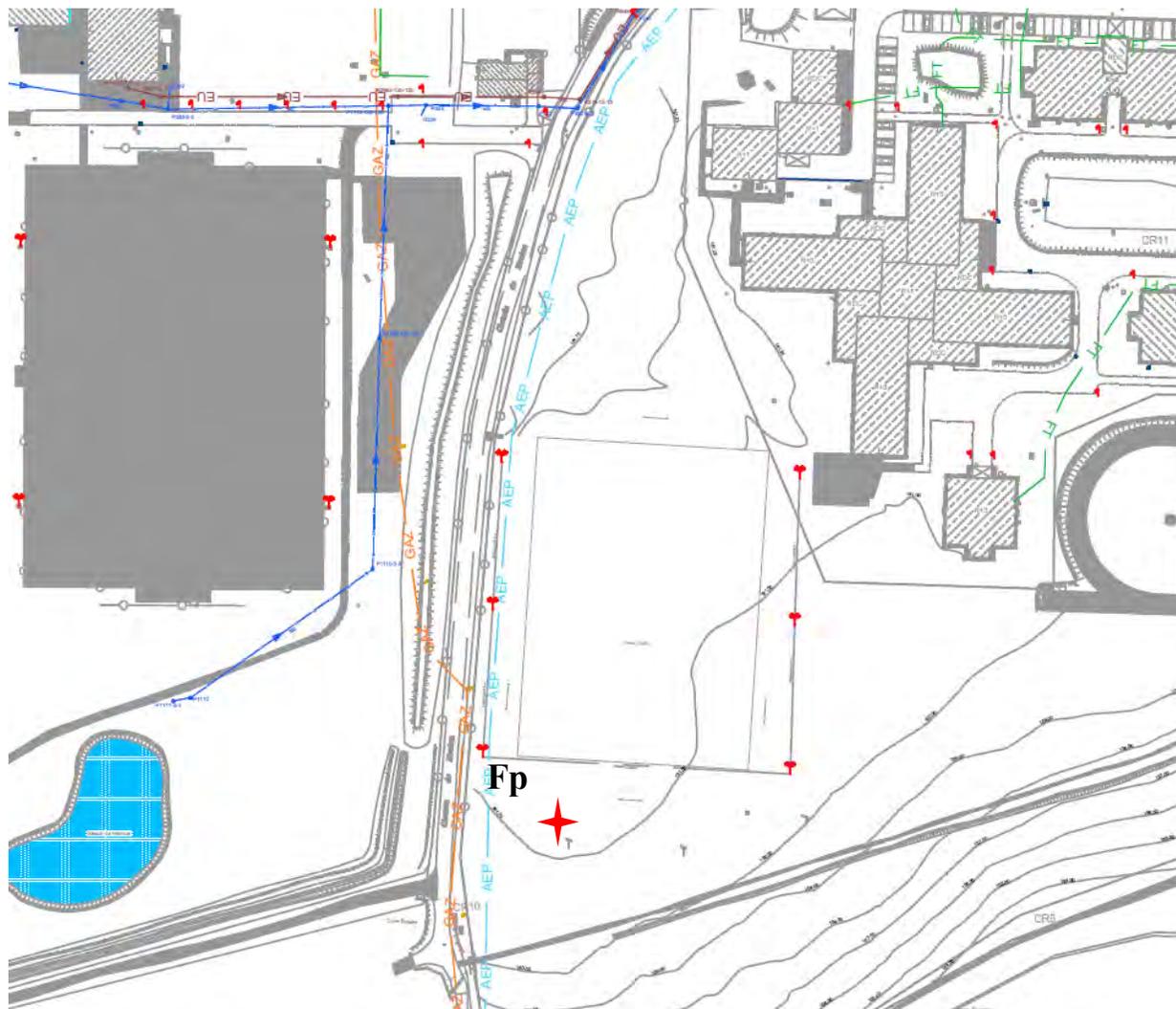




Figure 106. Réseaux existants à proximité du forage de production





6.3 Description des impacts et mesures envisagées pour compenser ces impacts

Cette partie traite les impacts qu'entraîne le projet sur le milieu naturel, urbain, et physique, ainsi que les mesures envisagées pour compenser de tels impacts.

Ces derniers sont évalués selon les différents paramètres étudiés dans le chapitre précédent, "*Etat initial du site et de son environnement*". Les impacts sont décrits en deux temps :

- Les impacts temporaires autrement dit les impacts générés lors de la phase de recherche et de travaux de forage,
- Les impacts permanents liés à l'exploitation du doublet de forages.

Pour rappel, les travaux de forage se déroulent en plusieurs étapes pour une durée totale de 2 à 3 mois environ incluant:

- La préparation du site de forage pendant environ 1 mois,
- La réalisation des forages proprement dit pendant environ 1 mois,
- Les essais de production pendant 15 jours,
- La remise en état des lieux après les travaux,
- La phase d'exploitation et de suivi des forages.

La phase de travaux de forage nécessite un fonctionnement continu de jour comme de nuit. Pour cela, trois équipes (8 heures chacune) se relaient 24 heures sur 24 pendant toute la durée des travaux.

6.3.1 Impacts sur le contexte socio-économique

6.3.1.1 En phase de travaux

La période de chantier ne perturbera pas le dynamisme social et économique de la ZAC.

6.3.1.2 En phase d'exploitation

Le projet d'alimentation en chauffage par géothermie a un impact positif sur le contexte socio-économique de la ZAC en limitant les coûts d'énergie via des ressources renouvelables. La création d'un doublet de forages permettra d'acquérir cette production de chaleur par géothermie pour l'alimentation de la ZAC.

6.3.2 Impacts sur les personnes

6.3.2.1 En phase de travaux

Une information de la population sera réalisée pour expliquer les travaux aux riverains et aux entreprises avoisinantes en particulier.

Pour limiter les impacts engendrés par les travaux de forage vis-à-vis des personnes, des mesures de sécurité seront mises en place:

- Une clôture sera mise en place autour des chantiers,
- Une signalisation sera installée pour sécuriser le passage des piétons à proximité des chantiers,
- Les chantiers seront interdits au public.



Pour le personnel sur le site seront aménagés :

- une voie d'accès éclairée et sécurisée pour les piétons,
- un accès pour les véhicules de sécurité (ambulance, police...) visible de jour comme de nuit,
- un accès pour les véhicules utilitaires.

Un coordinateur de santé et sécurité sera désigné pour cette opération.

Enfin, les entreprises présentes sur les chantiers devront réaliser un Plan Particulier de Sécurité de Prévention et de Santé (PPSPS). Ce plan identifie les risques et les moyens de prévention. Il reprendra en partie les modalités exposées dans la partie 7 de ce document.

6.3.2.2 En phase d'exploitation

Les têtes de forages seront placées dans des caves enterrées. Afin d'en assurer la parfaite étanchéité, les trappes d'accès seront cadénassées et mises sous alarme.

6.3.3 Impacts sur la circulation

6.3.3.1 En phase de travaux

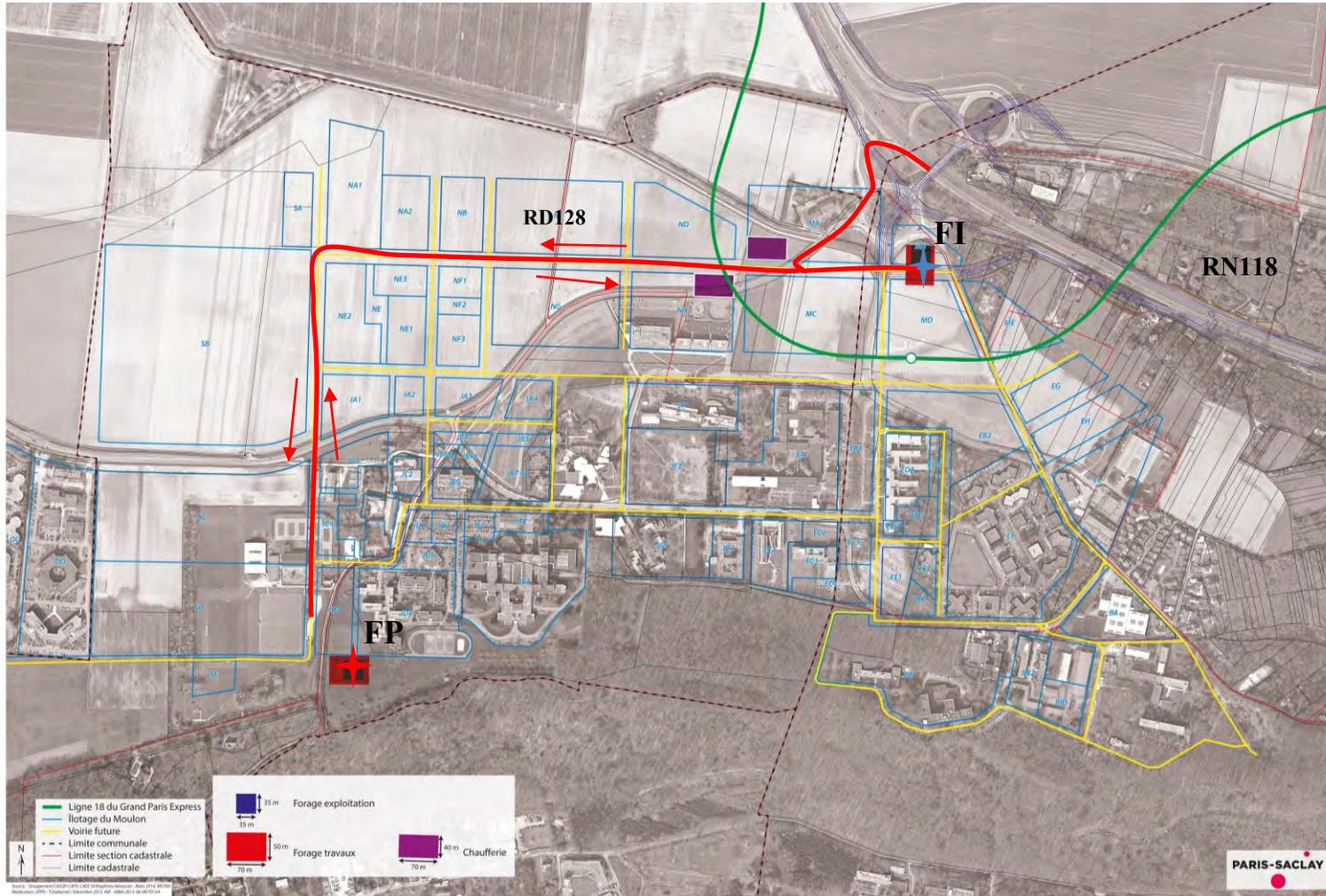
L'accès aux chantiers est assuré par la voirie existante. La circulation des camions d'approvisionnement des chantiers aura un impact sur la circulation routière et les infrastructures.

A noter que, du fait de l'aménagement de la ZAC, les voiries évoluent et le plan de circulation empruntera des voiries nouvellement inaugurées et d'autres existantes aujourd'hui. En particulier, les camions emprunteront la nouvelle RD128 inaugurée en février 2016 qui n'apparaît pas encore sur les cartes.

La figure ci-dessous présente les trajets empruntés par les camions pendant la phase chantier. Le fond de plan représente les voiries existantes avec en superposition les voiries projetées sur la ZAC.



Figure 107 : Circulation des camions pendant la phase chantier





Le nombre de camions nécessaire au chantier reste faible et n'implique pas une augmentation notable du trafic routier comme le montre le tableau ci-dessous :

Activité sur le chantier	Estimation du nombre de camions
Amenée de l'appareil de forage	60 camions / 7 jours
Livraison du tubage pour les puits	60 camions / 12 jours
En cours de forage	3 camions / jour pour le traitement des effluents, soit 132 camions
Pendant les opérations de tubage, cimentations et diagraphies	30 camions / 12 jours
Repli de l'appareil de forage	60 camions / 7 jours
Nombre total de camions en phase chantier	342 camions

Tableau 26 : Estimation du nombre de camions desservant le site selon les périodes de travaux

Il sera fait en sorte que cette circulation de camion gêne le moins possible la circulation sur la ZAC du quartier du Moulon :

- Le planning d'approvisionnement sera échelonné,
- Une signalisation adaptée sera installée sur les routes ou les chemins existants pour signaler les accès chantier et guider les camions selon les itinéraires préférentiels.

De plus, des contrôles seront effectués à l'égard de stationnements de véhicules aux abords des chantiers.

Les véhicules seront lavés avant tout passage sur les routes pour éviter de salir ces dernières. Ainsi, un système de nettoyage des roues sera installé en tout temps et sera renforcé en période de pluie.

De plus, quand cela sera nécessaire, les camions seront couverts afin d'éviter la dispersion de poussière dans l'air.

6.3.3.2 En phase d'exploitation

L'exploitation des forages géothermiques n'entraînera aucun impact sur la circulation, à l'exception des rares fois où des travaux de maintenance devront être réalisés sur les puits (voir section 4.10) :

- Les travaux de maintenance les plus fréquents sur le site seront des remplacements de pompes pour lesquels une grue de 20 tonnes et moins d'une dizaine de camions devront avoir accès au site pendant environ 15 jours.
Ces travaux auront lieu tous les 4 ou 5 ans environ et nécessiteront des modalités d'interventions particulières.
- Les opérations de réhabilitation nécessiteront des rotations de poids lourds sur le site pendant environ 1 mois (20 camions).



Ces travaux auront lieu tous les 10 ou 15 ans suivant la nécessité.

En raison de cette faible fréquence et de la durée courte des interventions, les impacts seront ponctuels pendant la phase d'exploitation et seront gérés avec les gestionnaires de voirie.

6.3.4 Impacts sur la faune et la flore

6.3.4.1 En phase de travaux

Le tableau ci-dessous récapitule les constats concernant les forages et leur impact faune-flore dans la partie 6.2 :

Tableau 27 : Impact des travaux de forage

Type de richesse naturelle	Impact des forages	Commentaires
Espace boisé classée	Pas d'impact	-
Site inscrit	Forage d'injection dans le site de la vallée de Chevreuse	Le site est un site agricole, donc déboisé
ZNIEFF	Pas d'impact	-
Sites NATURA 2000	Pas d'impact	-
Zones humides	Forage d'injection à proximité de la rigole de Corbeville	A plus de 200 mètres de la rigole
Faune	Vigilance sur les forages (amphibiens et passage de chiroptères)	Zone d'activité et de déplacement secondaires pour les chiroptères
Flore	Pas d'impact	-
Parc naturels	Pas d'impact	-
Réserves naturelles	Pas d'impact	-

En conclusion, au regard de l'éloignement des chantiers de zones d'habitat pour la faune et la flore ainsi que des zones humides, les impacts générés pendant la période de travaux seront faibles.

Certaines mesures suivantes seront prises pour minimiser au maximum les impacts potentiels au niveau local :

- Des protections seront mises en place autour des arbres qui pourraient être présents sur les sites de forage en particulier au niveau du forage d'injection,
- Les emprises de chantier seront maintenues en-dehors de la rigole de Corbeville,
- Les sources lumineuses assurant l'éclairage des chantiers seront systématiquement dirigées vers l'intérieur du chantier et essentiellement vers la plateforme de forage afin d'éviter au maximum la gêne des chiroptères notamment à proximité du forage d'injection (zone de déplacement),
- Les abords des chantiers seront protégés par :
 - La réalisation d'une clôture autour des chantiers,
 - La réalisation d'un merlon ou d'un fossé périphérique pour contenir les eaux de ruissellement sur le chantier,
 - Le traitement des eaux avant rejet.



- Les sites de forages seront remis en état à l'issue des travaux (à l'exception des dalles béton autour des caves de forages).

6.3.4.2 *En phase d'exploitation*

Pendant l'exploitation du doublet, l'impact sera nul sur la faune et la flore puisque les équipements seront enterrés.

Il ne restera sur les sites de forage qu'une dalle de béton autour des puits.

6.3.5 *Impacts sur le sol*

6.3.5.1 *En phase de travaux*

La pollution des sols sera contrôlée et endiguée par les équipements installés sur les plateformes :

- La plateforme de forage sera étanche,
- Le réseau de caniveau réalisé autour des plateformes de chantier, le traitement des eaux avant relargage et les bacs de rétention permettront d'éviter toute pollution du sol au droit des sites de forage (voir partie suivante),
- Les fluides polluants seront stockés sur des bacs de rétention permettant en cas de fuite la récupération de la totalité du volume,
- Après travaux, l'ensemble des sites sera repris et rendu carrossable pour les opérations d'entretien.

En ce qui concerne l'aléa de retrait – gonflement des argiles, les puits seront cimentés et cette opération sera suivie par diagraphie pendant la phase travaux. Les argiles seront ainsi protégées de l'eau de l'Albien transitant par les forages.

6.3.5.2 *En phase d'exploitation*

La phase d'exploitation d'impliquera pas d'impact sur la pollution des sols.

L'étanchéité des forages sera suivie pour assurer le non-contact avec les argiles du sous-sol.

6.3.6 *Impacts sur la ressource en eau*

Du fait de la nature du projet, la maîtrise de l'impact sur la ressource en eau représente un enjeu majeur du projet.

6.3.6.1 *En phase de travaux*

6.3.6.1.1 *Sur les eaux superficielles*

Divers facteurs ont été identifiés comme pouvant entraîner des pollutions sur la ressource en eau superficielle :

- **Boues de forage**
Elles constituent le fluide de forage qui permet notamment de remonter les cuttings à la surface (cf chapitres 5.4 à 5.6). Elles seront stockées dans des bacs étanches et circuleront en circuit fermé ce qui limitera les volumes et les rejets.
- **Eaux de ruissellement**
Il s'agit des eaux de pluie et des eaux utilisées pour le lavage des outils de chantier. Les eaux de ruissellement des sites seront récupérées par le biais d'un réseau de caniveaux après passage dans un décanteur/déshuileur.



Les effluents issus du déshuilage seront évacués par camion-citerne et envoyés dans un centre de traitement adapté selon la réglementation en vigueur.

La plateforme sera étanche et les sites seront ceinturés d'un merlon ou d'un fossé de telle sorte qu'aucune eau de ruissellement ne puisse s'échapper.

- **Stockage de produits polluants**

Les citernes de carburants et les barils d'huile seront stockés dans des bacs étanches de rétention permettant, en cas de fuite, de recueillir la totalité du volume de ces citernes. D'autre part, des protecteurs imperméables seront mis en place sous les moteurs et les organes hydrauliques et les produits de vidange seront évacués dans un site de traitement adéquat.

- **Les eaux géothermales**

Il s'agit des eaux d'exhaure pompées lors des essais de productivité des forages.

Lors des essais de productivité, les eaux géothermales seront stockées dans des bacs étanches avant rejet au réseau d'assainissement aux conditions fixées par la gestion de ce réseau par les services de la Police de l'eau.

Notamment, ces eaux devront entre autres:

→ Etre neutralisées à un pH compris entre 5,5 et 8,5, spécialement à l'issu des opérations de développement par acide,

→ Etre refroidies à une température inférieure ou égale à 30 °C,

→ Etre décantées afin de ne pas encrasser le réseau exutoire.

Toutefois, la qualité de l'eau de l'Albien telle qu'elle ressort des mesures réalisées sur les forages existants (forage d'Orsay en particulier) montre qu'elle n'est pas de nature à porter atteinte à l'environnement et qu'elle remplit les conditions citées ci-dessus.

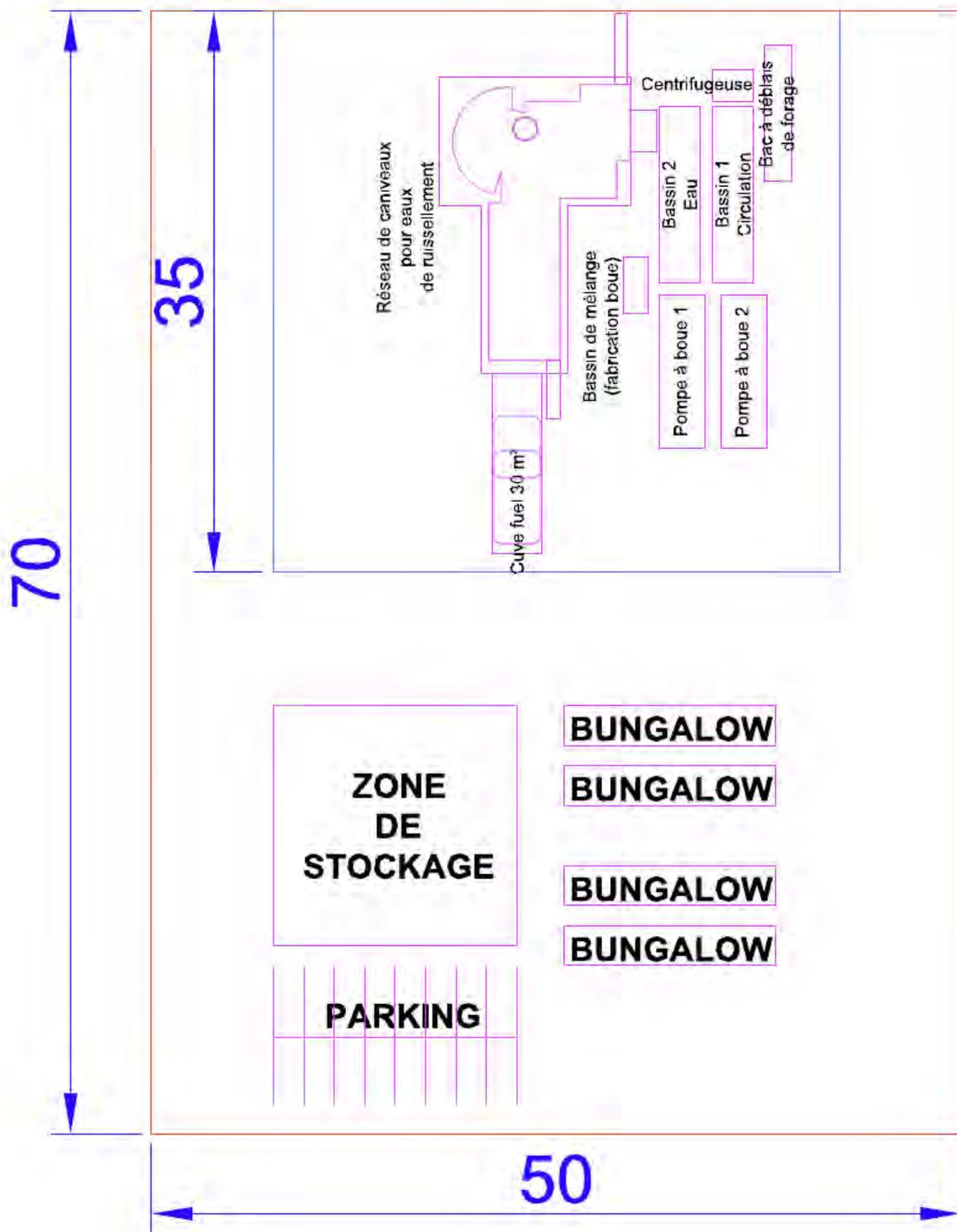


Figure 108 : Organisation du chantier vis-à-vis des boues et des eaux géothermales et de ruissellement



6.3.6.1.2 Sur les eaux souterraines

Afin d'éviter toute contamination des nappes traversées lors du forage et la mise en communication de plusieurs nappes entre elles, un certain nombre de mesures seront prises pendant la réalisation des forages. A noter que ces mesures permettent également de remplir la condition de non-pollution des sols :

- La mise en place d'un double tubage cimenté sur les 200 premiers mètres environ, jusqu'au sommet de la craie permettra de masquer les aquifères superficiels en évitant le mélange des nappes et la contamination de la nappe de l'Albien par des eaux souterraines de mauvaise qualité,
- Le type de ciment et la méthodologie de cimentation seront adaptés aux terrains traversés. De plus, les cimentations des tubages seront contrôlées afin d'en vérifier la qualité (CBL/VDL,USIT),
- La boue de forage est constituée d'eau du réseau d'eau potable, d'argile naturelle et d'additif biodégradable. La composition de la boue et sa densité sont adaptées en fonction du terrain traversé pour assurer le maintien des parois du forage par création d'un cake, tout en limitant l'infiltration dans le terrain.
Il peut arriver, en cas de traversée d'un terrain particulièrement perméable, que la boue s'infilte totalement dans le terrain, on parle alors de perte totale, la boue et les cuttings n'arrivant plus jusqu'en surface. Dans ce cas de figure, pour limiter la consommation de boue et son injection dans le terrain, le forage sera poursuivi à l'eau de ville,
- Les outils de forage seront scrupuleusement désinfectés avant le forage de l'aquifère de l'Albien afin d'éviter l'introduction d'une pollution bactérienne dans la nappe. D'une manière générale, tous les organes entrant en contact avec l'eau de l'Albien (pompe, colonne d'exhaure, appareils de diagraphie,...) seront désinfectés par pulvérisation ou trempage avant leur descente dans le forage,
- Afin d'éviter que l'eau de ruissellement potentiellement polluée ne puisse s'introduire dans les forages en cours de forage, elle sera canalisée par un réseau de caniveau.

De plus, les différents tubages permettront d'éviter la mise en communication des aquifères superficiels entre eux et d'éviter le risque de contamination de l'Albien/Néocomien par les aquifères tertiaires plus vulnérables aux polluants anthropiques.



6.3.6.2 *En phase d'exploitation*

6.3.6.2.1 *Sur les eaux superficielles*

Il existe plusieurs risques sur les eaux superficielles au cours de la phase d'exploitation des forages.

- **Risques liés aux produits polluants lors des opérations de maintenance**
Le stockage des barils d'huiles et des citernes de carburant se fera dans des bacs de rétentions. De plus, des protections imperméables seront mises en place sous les machines.
- **Risques liés au rejet d'eaux géothermales**
Durant la phase d'exploitation des forages, le rejet d'eau géothermale dans le réseau d'assainissement sera limité aux interventions de maintenance. Ces rejets seront évacués dans le réseau dans des conditions fixées par la gestion de ce dernier.
Les conditions minimales de rejet seront celles expliquées dans le paragraphe précédent.
- **Risques liés aux produits inhibiteurs de corrosion**
Aucun produit de ce type ne sera utilisé.

6.3.6.2.2 *Sur les eaux souterraines*

La préservation de la nappe de l'Albien constitue le principal impact possible du doublet de forage de la ZAC du quartier du Moulon. Plusieurs documents traitent de ce risque avec la description des méthodes à mettre en œuvre pour le maîtriser.

Les deux paragraphes suivants s'attachent à décrire les obligations fixées par le SDAGE et le SAGE. Le suivant traite des moyens mis en œuvre par l'exploitant pour remplir des objectifs.

6.3.6.2.2.1 *Compatibilité avec la Loi sur l'Eau et le SDAGE du bassin Sud- Normandie*

La Loi sur l'Eau du 21 février 1996 fixe le cadre réglementaire relatif à la collecte, l'évacuation, des eaux pluviales et usées, et le traitement des eaux domestiques. Elle a été révisée le 30 décembre 2006 en application de la directive européenne du 23 octobre 2000.

Cette révision a deux objectifs :

- Donner les outils à l'administration, aux collectivités territoriales et aux acteurs de l'eau en général pour reconquérir la qualité des eaux et atteindre en 2015 les objectifs de bon état écologique fixés par la Directive Cadre Européenne (DCE) du 22 décembre 2000, et retrouver une meilleure adéquation entre ressources en eau et besoins dans une perspective de développement durable des activités économiques utilisatrices d'eau et en favorisant le dialogue au plus près du terrain,
- Donner aux collectivités territoriales les moyens d'adapter les services publics d'eau potable et d'assainissement aux nouveaux enjeux en termes de transparence vis-à-vis des usagers, de solidarité en faveur des plus démunis et d'efficacité environnementale.



Le SDAGE du bassin Seine Normandie adopté le 29 octobre 2009 propose 10 objectifs:

- 1) Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par des polluants classiques,
- 2) Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques,
- 3) Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses,
- 4) Réduire les pollutions microbiologiques de milieux,
- 5) Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future,
- 6) Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides,
- 7) Gérer la rareté de la ressource en eau,
- 8) Limiter et prévenir les risques d'inondation,
- 9) Acquérir et partager les connaissances,
- 10) Développer la gouvernance et l'analyse économique.

Les défis 1, 3, 5, et 7, concernés par le projet du doublet de forages géothermiques de la ZAC, sont explicités dans les paragraphes qui suivent.

1) Ce premier défi comporte deux aspects majeurs: la réduction des pollutions ponctuelles classiques et la maîtrise des rejets par temps de pluie. Concernant la réduction des apports de matières polluantes classiques dans les milieux naturels, les actions consistent à ajuster le niveau des rejets pour respecter les objectifs de bon état écologique des eaux.

Les dispositions visent à l'amélioration des réseaux d'assainissement, des traitements des boues des stations d'épuration. Par rapport à la maîtrise des rejets par temps de pluies, le SDAGE cherche à renforcer la prise en compte de la gestion des eaux pluviales pour les collectivités.

3) Un double objectif est assigné au SDAGE: réduire fortement l'introduction de certaines substances dans le milieu naturel et respecter les objectifs de qualité chimique des eaux. Pour réaliser ce double objectif, une bonne connaissance des sources de pollution, des émetteurs et du comportement des polluants dans le milieu naturel est donc indispensable.

Par ailleurs, le SDAGE encourage à:

- Réduire voire supprimer les substances dangereuses dans les rejets des industries et les rejets des villes.
- Mettre en œuvre des solutions palliatives, en cas d'impossibilité de réduction à la source, permettant de réduire voire de supprimer les flux de substances toxiques vers le milieu naturel.

5) Le SDAGE recommande de concentrer en priorité les actions sur les bassins d'alimentation de captage d'eau souterraine destinée à la consommation. Ces actions ciblées exigent de déterminer et classer les captages d'alimentation en eau potable en fonction de la qualité de l'eau brute. Ainsi, pour chaque captage, un niveau de programme d'action sera défini et mis en œuvre par les collectivités responsables de la distribution de l'eau.

A l'échelle des zones de protection, le SDAGE préconise de réglementer les rejets dans les périmètres rapprochés de captage et de développer les programmes préventifs de maîtrise et de l'usage des sols en concertation avec les collectivités territoriales et les acteurs locaux.

7) L'objectif poursuivi est de garantir des niveaux suffisants dans les nappes et des débits minimaux dans les rivières permettant la survie des espèces aquatiques et le maintien d'usages prioritaires comme l'alimentation en eau potable.



Même si le bassin Seine-Normandie n'est pas sujet à des déficits chroniques importants, certaines nappes connaissent des tensions du fait de leur surexploitation. Sur ces dernières, il convient de :

- Définir les volumes maximaux prélevables pour les masses d'eau ou parties de masses d'eaux souterraines,
- Améliorer la gestion de crise lors des étiages sévères afin d'anticiper d'éventuelles conséquences de sécheresses.

D'un point de vue réglementaire, le SDAGE expose trois dispositions relatives aux forages listées ci-dessous :

- **La disposition 42** qui définit la nappe de l'Albien-Néocomien captif comme une zone protégée, c'est-à-dire, une zone réservée à l'alimentation future en eau potable. Les mesures de gestion spécifique concernant ces masses d'eau souterraines sont définies dans la disposition 114.
- **La disposition 114** qui définit les modalités de gestion de la masse d'eau souterraine de l'Albien-Néocomien captif.

La nappe de l'Albien et la nappe sous-jacente du Néocomien ne doivent pas être exploitées puisqu'elles représentent une ressource stratégique pour l'alimentation en eau potable.

La masse d'eau de l'Albien-Néocomien captif est une ressource stratégique pour l'alimentation en eau potable de secours. A l'intérieur du périmètre tel que défini sur la figure suivante, la nappe de l'Albien et la nappe sous-jacente du Néocomien doivent être exploitées de manière à assurer impérativement leur fonction de secours pour l'alimentation en ultime secours (voir par ailleurs). Les prescriptions suivantes sont applicables aux prélèvements :

- Pour permettre une meilleure répartition des forages afin d'assurer la fonction de secours, le volume annuel prélevable dans le système aquifère de l'Albien et du Néocomien est fixé à 29 millions de m³ compte tenu des rabattements acceptables induits par une augmentation des prélèvements en routine,
- L'instruction des demandes de nouveaux prélèvements par l'autorité compétente se fait en lien avec les services du préfet coordonnateur de bassin, compte tenu de la nécessité d'une coordination et d'une planification de la ressource en eau au niveau interrégional.

La répartition intradépartementale des nouveaux forages peut être adaptée par département lorsqu'un plan de secours permet d'atteindre les objectifs d'alimentation en eau de secours ultime de manière satisfaisante. Les plans de secours et la répartition proposée des forages sont soumis à l'avis du préfet coordonnateur de bassin.

- Le niveau des pompes des forages actuels et futurs doit être tel que l'ouvrage soit opérationnel à tout moment pour faire face à une alimentation de secours, pendant une durée de trois mois, au débit de 150 m³/h ou à défaut de pouvoir atteindre ce débit, au débit maximal exploitable connu lors des essais de pompage. Les forages actuels et futurs exploitant ces nappes doivent impérativement pouvoir être raccordés sous 24 heures aux dispositifs de distribution d'eau potable de secours ultimes quels qu'ils soient. Les plans départementaux de secours définissent au cas par cas le détail des raccordements des forages de secours aux dispositifs de distribution de crise.



- Le modèle de gestion des nappes de l'Albien et du Néocomien construit pour élaborer les présentes prescriptions est mis à jour régulièrement en fonction des données acquises (nouveaux forages réalisés, évolution des prélèvements et de la piézométrie notamment).

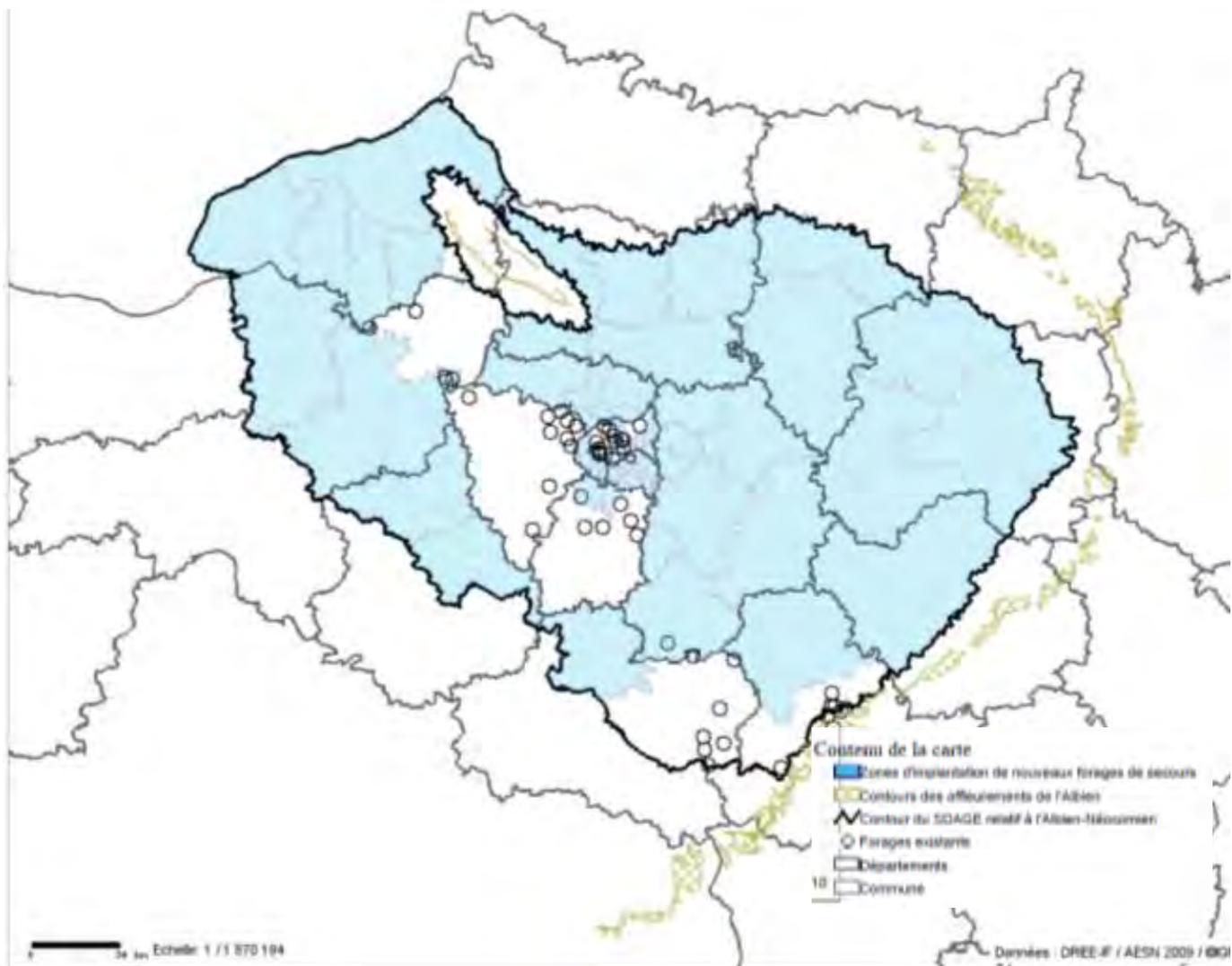


Figure 109 : Contours et prescriptions du SDAGE AESN relatifs à la nappe de l'Albien/Néocomien



- **La disposition 130** qui demande la maîtrise des impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques. Cette disposition stipule que tout ouvrage dans le sous-sol, y compris les ouvrages de géothermie, quelle que soit sa profondeur et son usage, doit être réalisé, exploité et abandonné dans les règles de l'art et répondre aux contraintes réglementaires existantes, afin de préserver la ressource en eau. L'objectif est de garantir l'absence d'introduction de polluants et de préserver l'isolation des nappes traversées entre elles, et vis-à-vis des inondations et des ruissellements de surface.

6.3.6.3 *SAGE concernés*

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau est un document de planification de la gestion de l'eau à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente (Bassin versant, aquifère...). Il fixe des objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur, de protection quantitative et qualitative de la ressource en eau et il doit être compatible avec le SDAGE.

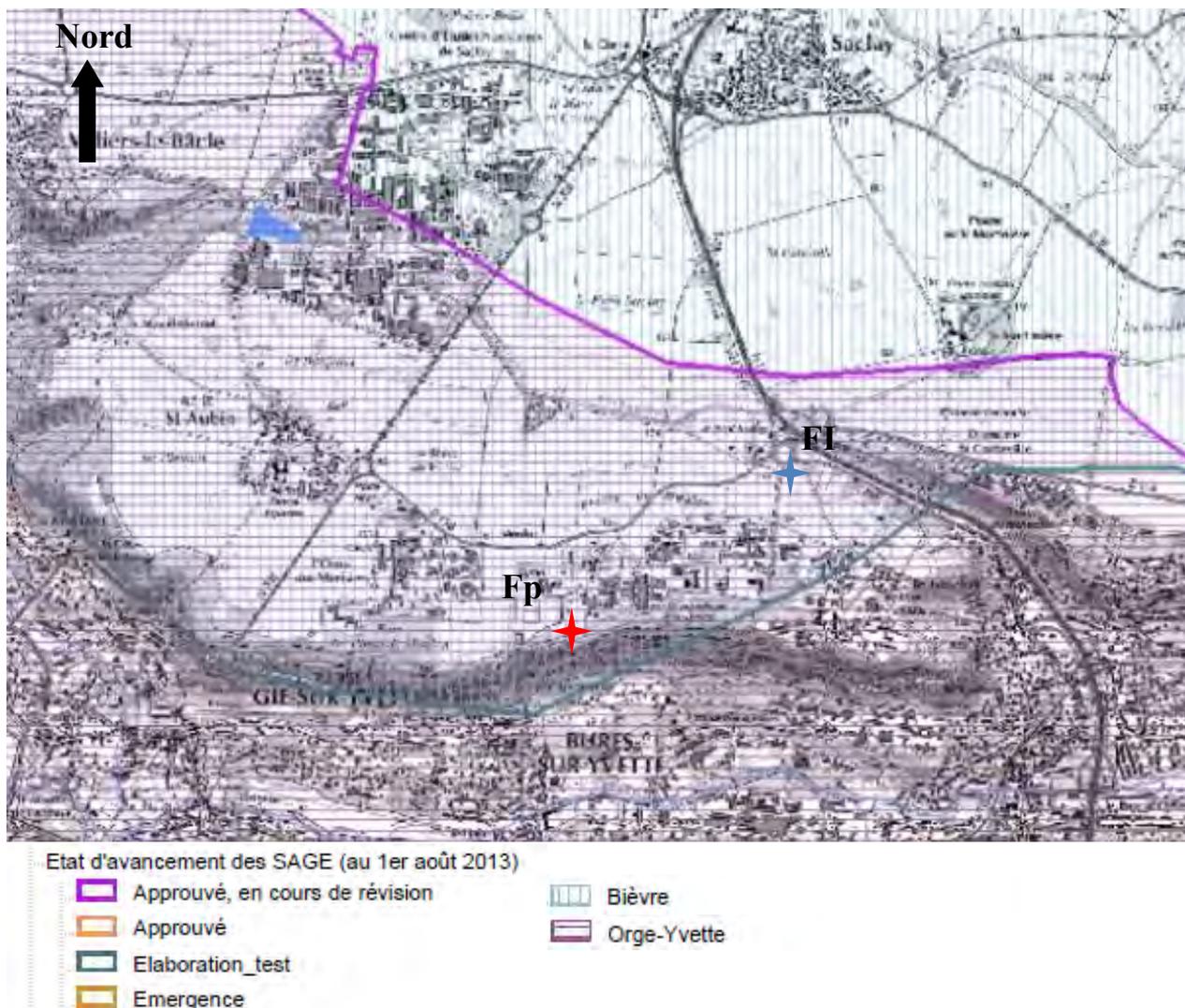
Les enjeux du SAGE sont:

- Préserver et restaurer le milieu aquatique, notamment par la reconquête de la qualité de l'eau et par la protection de la biodiversité et de la ressource en eau,
- Prévenir les risques liés à l'eau, particulièrement par la lutte contre les inondations et la mise en conformité des réseaux séparatifs,
- Améliorer le cadre de vie, par la mise en place de l'eau dans le paysage urbain, la mise en cohérence des différents usages de l'eau sur le territoire et une action d'amélioration qualitative de l'environnement,
- Valoriser la mémoire de l'eau, principalement par l'apprentissage de la culture de l'eau en milieu urbain et le développement de la mémoire des risques liés à l'eau.

Les sites de forages sont situés à la fois dans le périmètre du SAGE de l'Orge-Yvette et dans celui du SAGE de la Bièvre.



Figure 110 : SAGE concernés par le projet



SAGE de l'Orge Yvette :

Le SAGE de l'Orge Yvette a été approuvé le 09 juin 2006 et révisé le 02 juillet 2014 par arrêté inter préfectoral.

Les enjeux identifiés et hiérarchisés dans le cadre de la révision du SAGE, à l'issue de l'actualisation de l'état des lieux / diagnostic, sont résumés ci-après. Les paragraphes s'appliquant au doublet géothermique sont encadrés en rouge.



ENJEU	THEME	OBJECTIF
Qualité des eaux	Macropolluants (nitrates, phosphore, matières organiques)	Atteindre le bon état (ou le bon potentiel) écologique
	Pesticides	Atteindre le bon état chimique (seuils fixés pour les pesticides figurant dans la liste des substances prioritaires) Satisfaire les usages, la production d'eau potable en particulier (pour tous les pesticides et par rapport aux normes eaux brutes/eaux traitées)
	Substances prioritaires	Respecter le bon état chimique des eaux et les normes fixées sur les - polluants spécifiques de l'état écologique - (visant particulièrement certains métaux et pesticides)
	Pollutions accidentelles	Satisfaire les usages (eau potable) et éviter toute dégradation des milieux aquatiques par les pollutions accidentelles
	Pollutions liées aux eaux pluviales	Respecter le bon état chimique des eaux Respecter les normes particulières fixées sur les - polluants spécifiques de l'état écologique - (visant certains métaux et pesticides)
	Qualité des eaux souterraines	Atteindre le bon état physico-chimique et chimique (nitrates, pesticides, micropolluants)



ENJEU	THEME	OBJECTIF
Qualité des milieux aquatiques	Hydromorphologie des cours d'eau et continuité écologique	Non dégradation de l'existant (notamment dans le cadre de projets d'aménagements futurs) Atteindre le bon état ou le bon potentiel écologique sur les cours d'eau du territoire
	Zones humides	Non dégradation de l'existant (notamment dans le cadre de projets d'aménagements futurs) Restaurer les fonds de vallée et les autres milieux humides (biodiversité, qualité de l'eau, lien avec préservation des zones inondables)
	Volet communication liés aux milieux aquatiques et aux zones humides	Sensibiliser les habitants aux enjeux liés à la préservation des milieux aquatiques et humides et concilier les usages
Gestion quantitative	Impact des prélèvements et risque « hydrologie »	Améliorer les connaissances
	Inondations	Réduire la vulnérabilité dans le lit majeur et préserver la capacité d'expansion de crue des cours d'eau du bassin Entretenir la culture du risque Réduire les risques d'inondation liés aux eaux pluviales et de ruissellement (voir ci-dessous)
Gestion quantitative	Gestion des eaux pluviales	Réduire l'impact du ruissellement des eaux pluviales en zones urbanisées et au niveau des terres agricoles (en lien notamment avec les risques d'inondation)
Sécuriser l'alimentation en eau potable	Gérer durablement l'accès aux ressources stratégiques et le fonctionnement de la distribution d'eau potable	Achever la sécurisation de l'alimentation et la protection des captages <i>Améliorer la qualité des eaux brutes</i>
Organisation et concertation dans le cadre la révision du SAGE	Cohérence	Assurer la cohérence du SAGE révisé avec les programmes d'action locaux
	Volet communication du SAGE	Sensibilisation/ Communication : diffuser, faire connaître le SAGE révisé et ses dispositions/règles nouvellement introduites

Tableau 28 : Enjeux du SAGE Orge / Yvette

SAGE de la Bièvre :

Le SAGE de la Bièvre est en cours d'élaboration.

Les cinq grandes orientations pour le SAGE définies à l'issue de la réflexion menée sur la définition du périmètre en 2007, approfondie dans le porté à connaissance des services de l'État puis confirmé par l'état des lieux approuvé en 2010 sont les suivantes :

- L'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des pollutions ponctuelles et diffuses et la maîtrise de la pollution par temps de pluie,
- La maîtrise des ruissellements urbains et la gestion des inondations,
- Le maintien d'écoulements satisfaisants dans la rivière,
- La reconquête des milieux naturels,



- La mise en valeur de la rivière et de ses rives pour l'intégrer dans la Ville.

6.3.6.3.1 Dispositions pour répondre aux objectifs du SDAGE et des SAGE

6.3.6.3.1.1 Consommation de la ressource en eau potable

Dans le cadre de l'exploitation de la nappe de l'Albien à des fins géothermiques, seules les calories de l'eau seront utilisées. Ainsi, la totalité de l'eau prélevée au droit du forage de production sera restituée à la nappe via le forage de réinjection.

En fonctionnement courant, la boucle géothermique n'impliquera aucune consommation d'eau potable.

Le prélèvement en eau potable sera limité à la fonction d'ultime secours (voir par ailleurs). Dans le cadre du projet, il est prévu d'équiper le forage de production d'une pompe immergée dont le débit nominal sera de 200 m³/h. Ainsi, en cas de besoin, le forage de production pourra être exploité à des fins de secours pour l'alimentation en eau potable. La pompe immergée sera positionnée à environ -20 m NGF afin de ne pas être dénoyée en période de crise.

Ces exploitations de la ressource en eau respectent la disposition 42 du SDAGE.

L'implantation d'un nouveau puits de secours associé au projet de géothermie permettra de combler en eau de secours dans le nord-ouest du département de l'Essonne. Le forage sera raccordable au réseau de distribution du SEDIF afin d'optimiser l'alimentation de secours en cas de besoin, conformément aux modalités de la disposition 114 du SDAGE.

6.3.6.3.1.2 Installations

L'eau de l'Albien sera transportée dans le réseau primaire constitué des forages, des éléments hydrauliques situés dans les caves de forages et du réseau horizontal enterré assurant la liaison entre forages et de l'échangeur.

Afin de ne pas porter atteinte à la qualité naturelle de l'eau de la nappe de l'Albien, les précautions suivantes seront prises lors de la réalisation des forages :

- La mise en place d'un double tubage cimenté sur les 200 premiers mètres environ, jusqu'au sommet de la craie permettra de masquer les aquifères superficiels en évitant le mélange des nappes et la contamination de la nappe de l'Albien par des eaux souterraines de mauvaise qualité.
- Le type de ciment et la méthodologie de cimentation seront adaptés aux terrains traversés. De plus, les cimentations des tubages seront contrôlées afin d'en vérifier la qualité (CBL/VDL). Si nécessaires, des mesures seront prises pour assurer la bonne cimentation des tubages.
- La boue de forage est constituée d'eau du réseau d'eau potable, d'argile naturelle et d'additif biodégradable. La composition de la boue et sa densité sont adaptées en fonction du terrain traversé pour assurer le maintien des parois du forage par création d'un cake, tout en limitant l'infiltration dans le terrain.
- Les outils de forage et tous les éléments entrant en contact avec l'eau de l'Albien seront scrupuleusement désinfectés avant le forage de l'aquifère de l'Albien afin d'éviter l'introduction d'une pollution bactérienne dans la nappe.

Dans le détail, les forages seront fermés par des brides étanches, protégés dans des caves de forages enterrées et fermées. Ces caves seront placées sous alarme anti-intrusion et la pression de la boucle primaire sera contrôlée en permanence afin de permettre une détection immédiate d'une fuite. En cas de fuite, la production sera arrêtée et les puits seront isolés jusqu'à



réparation. Les différents éléments constituant la boucle géothermale permettront de s'assurer que la qualité naturelle de l'eau sera inchangée.

Ce réseau sera étanche en tout point de sorte que l'eau de l'Albien ne soit jamais en contact avec l'environnement extérieur et qu'aucune pollution ne puisse atteindre la nappe par le biais du réseau d'eau géothermal, respectant ainsi la condition de préservation des eaux souterraines du SDAGE et des SAGE.

6.3.6.3.1.3 Surveillance de l'eau de l'Albien

En phase d'exploitation, l'exploitant suivra scrupuleusement le programme réglementaire de suivi et de maintenance imposé par la DRIEE dans l'arrêté d'exploitation pour gérer le risque de pollution de la ressource et répondre ainsi à la disposition 130 du SDAGE.

Ce programme est décrit ci-après :

Suivi annuel :

Des mesures en continu seront réalisées sur la boucle géothermale :

- Températures aller et retour,
- Pressions aller et retour,
- Débits aller et retour,
- Etat de fonctionnement de la pompe de forage (tension, intensité, fréquence),
- Comptage d'énergie.

Ces mesures seront enregistrées numériquement et donneront lieu à la réalisation d'un bilan annuel qui sera transmis à la DRIEE.

Ce document consignera également l'historique des contrôles, de la maintenance et des remplacements effectués sur la boucle géothermale.

De plus, une entreprise spécialisée aura en charge le suivi et le contrôle des équipements électromécaniques à raison de 4 passages annuels.

Lors de ces 4 opérations annuelles, cette entreprise contrôlera :

- La productivité et l'injectivité des forages (niveau dynamique en fonction du débit d'exploitation),
- L'état de fonctionnement de la pompe immergée (consommations électriques, puissances, rendements),
- Le bilan thermique de l'échangeur (efficacité, pertes de charge),
- L'état des dispositifs de sécurité et de mesure : (Vannes de barrage en tête de puits, clapets anti-retour, manomètres, thermomètres),
- L'état des régulations et des sécurités électriques.

De plus, un contrôle de la sécurité des installations électrique de la boucle primaire est à programmer tous les ans.

Enfin, un suivi de la qualité de l'eau sera réalisé tous les 3 à 6 mois afin de contrôler le développement bactérien, le risque de dépôt et la potabilité. Ces résultats seront transmis à l'ARS et à la DRIEE.



Les paramètres analysés et les fréquences d'analyse seront à minima les suivants :

Tableau 29 : Paramètres et fréquences des analyses d'eau

Paramètres analyse complète		Fréquence
- Température - pH - Conductivité - Potentiel redox - Turbidité - Sulfates - Bicarbonates - Chlorures - Manganèse - Sodium - Potassium - Nitrates - Nitrites - Ammonium - Carbone organique total - Fer - Hydrogène sulfuré	- Equilibre calcocarbonique - Magnésium - Titre alcalimétrique total - Carbonates - Calcium - Silice - Matière en suspension - Filtration étagée - Oxygène dissous - Escherichia coli - Entérocoques - Coliformes totaux - Germes aérobies revivifiables à 22°C et 36°C - Bactéries sulfito-réductrices et sulfato-réductrices - Ferrobactéries	Tous les 6 mois pendant 4 ans à une fois par an A partir de la 5 ^{ème} année, selon les résultats d'analyses obtenus
Paramètres analyse réduite		Fréquence
- Température - pH - Conductivité - Tire alcalimétrique complet	- Germes aérobies revivifiables à 22°C et 36°C - Bactéries sulfito-réductrices	Tous les 3 mois pendant 2 ans à une fois tous les 6 mois A partir de la 3 ^{ème} année, selon les résultats obtenus

Ces contrôles réguliers ont pour but la détection rapide de la dégradation de l'un des éléments de la boucle géothermale (action préventive) mais également de prévenir toute dégradation de la ressource.

Inspections périodiques :

Les opérations d'inspection suivantes devront être réalisées au minimum tous les 7 ans :

- Inspection de l'état des tubages et des cimentations (caméra vidéo + CBL/VDL),
- Pompage par paliers (4x 2h avec remontée intermédiaires),
- Pompage de longue durée de 72h minimum.

En outre, une inspection caméra devra être programmée à chaque sortie de pompe.

Le rapport d'interprétation de ces résultats devra être transmis à la DRIEE.

Le suivi de cette procédure doit permettre de s'assurer du bon état des puits (tubages et cimentations) pendant leur exploitation et donc de pérenniser la protection de la ressource stratégique de l'Albien.



Par ailleurs, tous les éléments de la boucle seront désinfectés notamment à chaque opération de suivi et de maintenance.

6.3.6.3.1.4 Cumul des incidences

Pour respecter les objectifs de la disposition 130 du SDAGE, une modélisation hydrogéologique a été réalisée et a conclu au non impact piézométrique et thermique des forages à l'Albien les plus proches et notamment sur le forage AEP de la commune d'Orsay (voir partie 4.8).

6.3.7 Impacts visuels

6.3.7.1 En phase de travaux

Les sites seront clôturés par une palissade de 2,5 m de haut, ce qui limitera l'impact visuel du chantier. Seul le mât de forage sera visible de l'extérieur, la gêne ne sera que temporaire (environ 1 mois par site).

L'installation lumineuse pour le travail de nuit sera systématiquement dirigée vers l'intérieur du site et ciblée essentiellement sur le plancher de forage et le mât.



6.3.7.2 En phase d'exploitation

Comme les têtes de puits géothermales seront enterrées, le site récupèrera alors son apparence d'origine (pas d'émergence) et il n'y aura pas d'impact visuel durant la période d'exploitation.

6.3.8 Impacts sur la qualité de l'air

Il existe 3 rejets atmosphériques à même de porter atteinte à la qualité de l'air, surtout lors de la phase de travaux :

- **Les gaz de combustion** des moteurs thermiques qui concernent les engins de chantier et les groupes électrogènes. Les émissions de gaz sont essentiellement composées de CO₂, de CO, d'O₃, et des poussières,
- **Les poussières** qui sont créées par la circulation des engins de chantiers sur les chemins d'accès à tous les stades de travaux (forage, génie civil...).
- **Les gaz présents dans les fluides géothermaux** et en particulier l'hydrogène sulfuré H₂S, gaz incolore toxique qui pénètre par les voies respiratoires et nécessite certaines mesures de sécurité.

Les risques, pendant la période de travaux, liés à ce gaz dangereux pour la santé, font l'objet d'un développement dans le document de sécurité et de santé (partie 7 du document).



6.3.8.1 *En phase de travaux*

En relation avec l'inventaire ci-dessus, les mesures suivantes seront prises :

- **Gaz de combustion** : les machines utilisées pendant les travaux respecteront la réglementation en vigueur en ce qui concerne les gaz d'échappement.
Le site est naturellement ventilé et les émissions de gaz d'échappement dues au chantier resteront négligeables par rapport aux émissions dues à la circulation routière (RN118 et RD128).
- **Poussières** : en cas de besoin, le chantier sera arrosé pour limiter l'envol de poussière. Les camions transportant des matières susceptibles de s'envoler seront systématiquement bâchés.
- **Gaz des fluides géothermaux** : les forages du même genre dans la région ont montré que les aquifères superficiels traversés et les sables de l'Albien ne sont pas susceptibles de contenir des gaz toxiques.

6.3.8.2 *En phase d'exploitation*

Aucun impact négatif n'est à prévoir sur la qualité de l'air en raison de l'absence de sulfure d'hydrogène dans la nappe de l'Albien.

L'exploitation de la géothermie va de plus permettre d'éviter l'émission de gaz à effet de serre ce qui aura un impact positif sur la qualité de l'air.

6.3.9 *Impacts liés au bruit*

6.3.9.1 *En phase de travaux*

6.3.9.1.1 *Réglementation applicable sur le chantier*

La réglementation relative au personnel est régie par le Règlement Général des Industries Extractives (RGIE).

L'article 1 du RGIE définit les termes suivants:

- **Exposition sonore quotidienne**: dose d'énergie sonore susceptible d'affecter l'ouïe d'une personne pendant sa journée d'exposition de travail,
- **Pression acoustique**: différence entre la pression de l'air au repos et la pression de l'air mise en mouvement par les vibrations de la source de bruit,
- **Pression acoustique de crête**: valeur maximale de la pression acoustique observée au cours de la journée de travail.

De plus, l'article 3 de ce règlement formule deux règles relatives à la réduction du niveau sonore:

- L'exploitant est tenu d'abaisser le niveau sonore au seuil le plus bas raisonnablement possible compte-tenu de l'état des techniques. L'exposition au bruit doit demeurer à un niveau compatible avec la santé des personnes, notamment pour la protection de l'ouïe.
- Les niveaux sonores à partir desquels des dispositions particulières doivent être prises sont respectivement de 85 dB (A) pour le niveau d'exposition sonore quotidienne, et de 135 dB pour le niveau de pression acoustique de crête.



L'article 4 du RGIE indique qu'une personne ne peut être affectée à une fonction de travail comportant une exposition sonore quotidienne supérieure ou égale au niveau de 85 dB (A) que si elle a fait l'objet d'un examen préalable par le médecin du travail et si sa fiche d'aptitude, établie par le médecin à l'embauche atteste qu'elle ne présente pas de contre-indication médicale à cette fonction.

Concernant l'information du personnel, l'article 8 du RGIE atteste que lorsque l'exposition sonore quotidienne subie par une personne dépasse le niveau de 85 dB (A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 135 dB, le personnel concerné doit être informé, avec le concours du médecin du travail, soit au moyen d'une notice distribuée périodiquement, soit à l'occasion de séances d'information organisées à cette fin:

- Des risques résultant, pour son ouïe, de l'exposition au bruit,
- Des moyens pouvant être mis en œuvre pour lutter contre le bruit et contre ses effets,
- Du rôle de la surveillance médicale,
- De la fonction auditive.

Enfin, à propos de la protection individuelle, l'article 12 du RGIE précise deux règles:

- Lorsque l'exposition sonore quotidienne subie par une personne dépasse le niveau de 85 dB (A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 135 dB, des protections individuelles doivent être mis à sa disposition.
- Les protections doivent être adaptées au personnel et à ses conditions de travail. Elles doivent garantir à leurs porteurs une exposition sonore quotidienne résiduelle inférieure au niveau de 85 dB (A) et une pression acoustique de crête résiduelle inférieure au niveau de 135 dB.

6.3.9.1.2 Réglementation sur le voisinage

La réglementation relative au bruit de voisinage repose sur le décret n°2006-1099 du 31 août 2006, venu modifier le code de la santé publique (dispositions réglementaires). Ce décret présente les seuils limites de niveau de bruit de voisinage à respecter.

L'article R.1334-33 déclare que l'émergence globale, dans un lieu donné, est définie par la différence entre le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier en cause, et le niveau de bruit résiduel constitué par l'ensemble des bruits habituels extérieurs et intérieurs, correspondant à l'occupation normale des locaux et au fonctionnement habituel des équipements, en l'absence du bruit particulier en cause.

Les valeurs limites de l'émergence sont de 5 dB(A) en période diurne (de 7 heures à 22 heures), et de 3 dB(A) en période nocturne (de 22 heures à 7 heures).

L'article R.1334-36 stipule que si le bruit a pour origine un chantier de travaux publics ou privés, l'atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme est caractérisée par l'une des circonstances suivantes:

- Le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes, en ce qui concerne soit la réalisation de l'activité, soit l'exploitation ou l'utilisation de matériels ou d'équipements,
- L'insuffisance de précautions appropriées pour limiter ce bruit,
- Un comportement anormalement bruyant.



- Les bruits de voisinage résultants des chantiers de travaux publics ou privés, sont constitutifs d'une infraction de 5ème classe s'ils sont la conséquence d'un comportement fautif caractérisé par l'une des trois circonstances citées ci-dessus.

6.3.9.1.3 Population exposée au bruit

Les personnes exposées aux nuisances sonores sur le site lors des travaux sont :

- le personnel du chantier de forage qui disposera de protections (bouchons d'oreilles, casques antibruit...),
- les visiteurs,
- les piétons et les voisins habitant ou travaillant à côté du site.

6.3.9.1.4 Bruit généré par le chantier

L'usage des engins de chantier en cours de travaux donnera lieu à un environnement assez bruyant autour et au sein du site.

De plus, cette nuisance sonore sera renforcée par les chocs engendrés au contact des tiges et des tubes de structure métallique lors du "gerbage" et du "dégerbage" de ces dernières dans le mât.

S'ajoutent des bruits de grincement et de frottement liés à la rotation de l'engin et des tiges sur le chantier.

Ainsi, les engins de chantier devront respecter les normes antibruit conformément à la circulaire relative aux bruits émis par des engins de chantier du 16 mars 1978.

6.3.9.1.5 Estimation des nuisances sonores engendrées par la machine de forage

Les impacts sonores sont essentiellement liés en phase chantier à la machine de forage.

6.3.9.2 En phase d'exploitation

Les forages sont situés à l'écart d'habitations ou d'entreprises, ce qui minimisera d'autant la gêne potentielle liée au bruit.

Deux sources principales de bruit causées par l'exploitation des puits, au niveau de la centrale géothermique sont identifiées:

- Les transformateurs électriques,
- Les pompes de circulation.

Ces équipements seront enterrés dans les caves et seront donc inaudibles sauf éventuellement au droit de la cave.

De même, lors de la période d'exploitation, certains bruits pourront être perçus au droit des puits du fait de la circulation des fluides dans les canalisations. Ces dernières étant enterrées, aucune nuisance sonore ne sera perceptible à plus d'un mètre des têtes de forage.

Les bruits engendrés par les travaux d'entretien des puits seront ponctuels étant donnée la fréquence à laquelle ils se dérouleront. Ces bruits proviennent des engins tels que :

- Les camions,
- Les compresseurs,
- Les moteurs thermiques.



S'ajouteront les bruits issus des chocs entre les dispositifs métalliques comme cité dans le paragraphe précédent.

Ces bruits seront gérés lors des chantiers de maintenance en coordination avec les riverains.

6.3.10 Impacts sur la protection du patrimoine culturel

6.3.10.1 En phase de travaux

La période de travaux du projet n'entraînera pas d'impact puisque le site n'est soumis à aucune servitude associée à la protection du patrimoine culturel.

6.3.10.2 En phase d'exploitation

Pour la même raison, aucun impact permanent n'est retenu.

6.3.11 Impacts sur l'hygiène, la salubrité et la sécurité publique

6.3.11.1 En phase de travaux

En période de travaux la présence du personnel de chantier, ajoutée à celle des machines de forages et des véhicules lourds, engendrent divers types de rejets et de déchets tels que:

- **Les déchets ménagers (papier, détritrus, ferrailles...)**
Pour assurer la propreté et l'hygiène sur le chantier, les déchets seront collectés puis enlevés régulièrement vers une déchetterie située à proximité du site. De plus, il sera exigé un tri sélectif de la part de l'entreprise de forage.
- **Les résidus de boue de forage et les déblais**
Les boues de forage, utiles à la remontée des déblais solides ainsi qu'au refroidissement et la lubrification des équipements en rotation, devront circuler, à l'air libre, dans une enceinte imperméable, à l'échelle des bacs à boues et vibrateurs. Une fois utilisées, les boues subiront un traitement physico-chimique (par coagulation et centrifugation). Les éléments solides (déblais) seront éliminés par une centrifugeuse. Ces résidus feront l'objet d'un traitement physico-chimique de floculation, dans un premier bac (excavations prévues pour le stockage et la décantation des boues de forage), qui se traduit par une décantation des matières solides et de l'eau. La phase solide sera évacuée par camions vers un centre de traitement adapté.
L'eau, quant à elle, est envoyée dans un second bac où tout hydrocarbure flottant est piégé pour être brûlé. Ensuite, l'eau est envoyée dans un 3^{ème} bassin où elle fera l'objet d'un traitement physico-chimique secondaire la rendant apte à être rejetée au réseau.

Ce travail de traitement et de contrôle de l'eau est confié à une société spécialisée qui s'assure de la conformité avec les normes officielles et recueille les autorisations administratives de rejet (voir partie 6.3.6).
- **Les déchets spéciaux (hydrocarbures...)**
Le contact entre les produits de vidange et le milieu naturel est formellement interdit, d'où la prise de mesures spécifiques.



Les déblais qui seront accidentellement contaminés par les hydrocarbures seront évacués vers des décharges relatives à ce type de déchet.

Le stockage de tels déchets se fera impérativement au sein de bacs de rétention (vidangés fréquemment) placés sous tous les moteurs thermiques et équipements hydrauliques.

Tous ces produits seront évacués vers des centres de gestion agréés.

- **Les eaux géothermales**

L'eau géothermale sera recueillie dans des bacs étanches afin d'éviter toute infiltration de l'eau dans le sol (voir partie « Impacts sur les sols »). L'accès aux bacs sera contrôlé pendant toute la durée des travaux. Les eaux géothermales seront rejetées au réseau d'assainissement après contrôle de leur chimie pour respecter les exigences du concessionnaire.

- **Les eaux de ruissellement**

Ces eaux, issues des eaux pluviales et des eaux utilisées pour le nettoyage des outils de chantier seront récupérées par un réseau de caniveaux, après passage par un décanteur/déshuileur. Les effluents issus de la décantation et du déshuilage seront évacués par un camion-citerne et envoyés dans un centre de traitement adapté, selon la réglementation en vigueur.

6.3.11.2 En phase d'exploitation

La phase d'exploitation n'induera pas de déchets ou d'impact sur l'hygiène.

Les opérations de maintenance seront gérées comme un chantier à part entière et seront astreintes aux mêmes contraintes que le chantier de forage.

6.4 Reprise des prescriptions de l'Anses

Le tableau suivant reprend l'ensemble des prescriptions listées dans le rapport d'expertise collective de l'Anses, intitulé « *Analyse des risques sanitaires liés à l'installation, à l'exploitation, à la maintenance et à l'abandon de dispositifs d'exploitation d'énergies renouvelables (géothermie, capteurs solaires et éoliennes) dans les périmètres de protection des captages d'eau destinée à la consommation humaine* ». Dans la colonne de droite, sont indiqués les moyens de maîtrise spécifiques au projet de réseau de chaleur de Paris-Saclay.

	Opération		Danger	Moyen de maîtrise
Phase d'études	Reconnaissance sismique à l'explosif		Modification locale de l'infiltration	Pas de recours à la sismique à l'explosif
	Reconnaissance mécanique	Foration	Atteinte à la nappe	Programme de boue prévoyant l'emploi de boue bentonitique simple ou à base de Biopolymères dégradables. Programme de forage prévoyant la désinfection des outils de forage.
			Mise en communication de réservoirs aquifères souterrains indépendants	Programmes de forage, de tubage et de cimentation prévus maintenir l'isolation entre les nappes Programme validé par la DRIEE



Phase d'installation	Aménagement de la zone de chantier	Création de voies d'accès (parfois empierrées), d'aires de maintenance, de parkings, de locaux	Tassement du sol, imperméabilisation partielle Ruissellement d'eaux potentiellement contaminées	Etude géotechnique pour création de la plateforme Plateforme étanche et munie de caniveaux pour récupération des eaux de ruissellement
		Stockage de produits dangereux (hydrocarbures par exemple)	Infiltration de polluants	Stockage sur bac de rétention et sur plateforme étanche et munie de caniveaux pour récupération des eaux de ruissellement
		Assainissement des locaux de chantier	Infiltration de polluants	Mise en place de sanitaires de chantier conformément à la réglementation
	Conduite du chantier	Circulation de véhicules lourds de chantier et de transport	Tassement du sol, imperméabilisation partielle	Piste et plateforme de chantier adaptées au type de machine et aux caractéristiques géotechniques du site
		Alimentation et entretien des véhicules Utilisation de groupes électrogènes	Infiltration de polluants (hydrocarbures notamment)	Stockage sur bac de rétention et sur plateforme étanche et munie de caniveaux pour récupération des eaux de ruissellement
	Exécution de forage	Foration	Accès à la nappe	- Désinfection des outils de forage - Emploi de boue bentonitique simple ou à base de Biopolymères dégradables
			Mise en communication de réservoirs aquifères	Mise en œuvre de multiples tubages cimentés pour éviter le mélange des nappes
		Boues de forage avec l'utilisation de la technique du rotary : - création d'une fosse à boues - injection de boues lors de la foration	Infiltration et pollution de la ou des nappe(s) par les adjuvants des boues (soude, huiles minérales, polymères, polysaccharides, défloculants, résidus d'acidification, etc.) ou les microorganismes présents dans l'eau utilisée pour la préparation des boues	- Bac à boue hors sol Désinfection des outils de forage - Emploi de boue bentonitique simple ou à base de Biopolymères dégradables - Graisse de tige non polluante
			Utilisation de lubrifiants sur la foreuse et pour les filetages des tiges de la foreuse	Colmatage des horizons aquifères traversés	Graisse de tige non polluante
		En zone karstique, augmentation de la turbidité des eaux souterraines à la suite de pertes de boues et, potentiellement, infiltration de polluants		Pas de terrain karstique prévu En cas de perte dans la craie : foration à l'eau claire
			Pollution de la nappe (hydrocarbures)	Graisse de tige non polluante
		Développement du forage	Infiltration et pollution de la ou des nappe(s) par les produits utilisés (acides, polyphosphates)	Quantité de produits adaptée au projet. Les produits injectés seront repompés après action et neutralisés. Les produits utilisés seront les mêmes que ceux utilisés dans les forages d'eau potable.
		Utilisation de coulis adjuvanté	Alcalinisation, migration d'aluminium, de métaux ou de substances organiques dans l'eau de la nappe	Pas d'utilisation de coulis adjuvanté, ciment de classe G



	Opération	Danger	Moyen de maîtrise
Phase d'exploitation et de maintenance	Prélèvement d'eau	Accès direct et permanent à la nappe	Cave de forage enterrée, fermée et mise sous alarme. Tête de puits surélevée de 0,5 m/fond de la cave de forage et fermée par une bride étanche. Pompe vide cave dans la cave de forage
		Interférence avec d'autres ouvrages sollicitant la même nappe	Pas d'interférence (cf. modélisation)
		Appel d'eau de moindre qualité (ex. : eau salée)	Pas de risque d'appel d'eau salée
		Mise en communication de nappes suite au percement des tubages dû à la corrosion	Suivi très régulier (7 ans) de la qualité des tubages et des cimentations
	Réinjection de l'eau utilisée dans la nappe	Accès direct et permanent à la nappe	Cave de forage enterrée, fermée et mise sous alarme. Tête de puits surélevée de 0,5 m/fond de la cave de forage et fermée par une bride étanche. Pompe vide cave dans la cave de forage.
		Modification à long terme de la température d'un secteur de la nappe (panache), réchauffement ou refroidissement suivant l'usage (chauffage ou climatisation)	Pas de réchauffement de la nappe. L'évolution du panache est simulée par modélisation. Pas d'impact thermique sur les forages voisins par ailleurs très éloignés.
		Modification des caractéristiques physicochimiques de la nappe (solubilité des gaz dissous dans l'eau, pH et équilibres des composés dissous) Un réchauffement de la nappe s'accompagne : - de la diminution de la teneur en gaz dissous (perte de CO ₂) - d'une modification de la minéralisation de l'eau due à l'augmentation de la solubilité de nombreuses substances organiques et minérales et de métaux lourds Un rejet froid pourra, à l'inverse, favoriser des processus de précipitations (risque de colmatage par précipitation de carbonates, hydroxydes de fer et de manganèse, etc.) Ces modifications de la chimie de la nappe autour de l'ouvrage d'injection peuvent favoriser les phénomènes de corrosion (eaux minéralisées, présence de courants électriques parasites et/ou de certaines souches bactériennes) et s'accompagner de la contamination des nappes sous-jacentes (Jaudin 1988; Bonte <i>et al.</i> 2011b)	Suivi très rapproché de la qualité de l'eau (tous les 3 à 6 mois) et de l'état de corrosion et de colmatage des forages (tous les 7 ans)
		Utilisation éventuelle d'inhibiteurs de corrosion, de produits séquestrants et dispersants si l'eau est corrosive ou incrustante	Pas d'utilisation de ce type de produit



		<p>Modification des caractéristiques microbiologiques de l'eau de la nappe liée à l'augmentation de la température de la nappe (facteur déterminant pour l'écologie des bactéries) ou l'introduction de nutriments.</p> <p>Même si les recherches n'ont pas mis en évidence le développement d'espèces pathogènes (Winters 1992) ou d'augmentation du dénombrement cellulaire, elles ont montré une modification de la flore microbienne (Sowers <i>et al.</i> 2006; Briemann <i>et al.</i> 2009; Bonte <i>et al.</i> 2011a; Bonte <i>et al.</i> 2011b)</p>	<p>Pas de réchauffement de la nappe ce qui limite le risque de développement bactérien.</p> <p>Limitation de l'oxygénation par maintien en pression de la boucle géothermale.</p> <p>Tous les éléments descendus dans les forages sont désinfectés.</p>
		Mise en communication de nappes, suite au percement des tubages dû à la corrosion	Eau de l'Albien peu corrosive. Suivi très régulier (7 ans) de la qualité des tubages et des cimentations.
	Réhabilitation des forages	Infiltration et pollution de la ou des nappe(s) par les produits de nettoyage et de désinfection (acides, polyphosphates, désinfectants)	Produits éliminés par pompage et neutralisés si besoin.
	Opérations de maintenance effectuées par des agents extérieurs à la production et/ou la distribution d'eau	Agents peu familiarisés avec les risques liés à l'EDCH	Établissement de conventions entre les différents acteurs, précisant notamment leurs responsabilités respectives Formation des agents
Phase d'abandon	Abandon du forage	Mise en communication de nappes	Procédure de comblement contrôlée par la DRIEE et conforme à la norme NF X 10-999
		Contamination de la nappe par infiltration d'eaux parasites	

Compatibilité du projet avec l'avis de l'ANSES sur les dispositifs d'exploitation d'énergies renouvelables dans les périmètres de protection des captages d'eau destinée à la consommation humaine



6.5 Chiffrage prévisionnel des mesures environnementales

Afin de visualiser précisément le chiffrage prévisionnel des mesures environnementales proposées, deux tableaux exposés ci-dessous présentent les montants pour chacune de ces mesures exprimés en € HT.

Le premier tableau affiche les montants des mesures compensatoires en phase de travaux. Ces dernières atteignent un montant total de 1 009 000 € HT pour le doublet de forage.

Le deuxième tableau affiche les montants des mesures environnementales en cours d'exploitation. Ces mesures représentent un total estimé à 43 000 € HT par an, auxquels s'ajoute le coût afférent aux opérations d'entretien qui ont lieu tous les 10 ans (13 000 € HT par intervention).



Mesures compensatoires en cours de travaux	Estimation prévisionnelle (€ HT)
<p><u>1) Accès du site</u></p> <p><i>A)</i> Signalisation à l'échelle du chantier vis-à-vis des usagers de la route, leur informant de la sortie d'engins de chantier au niveau des voies d'accès. Surveillance du stationnement des véhicules aux abords du chantier afin d'empêcher tout obstacle à la circulation sur les voies d'accès.</p> <p><i>B)</i> Zone spécifique au sein du chantier destinée à la manœuvre des véhicules leur permettant de faire demi-tour pour réemprunter l'accès sans gêner la circulation.</p>	<p>40 000</p> <p>30 000</p>
<p><u>Eaux souterraines</u></p> <p><i>A)</i> Protection de la nappe stratégique de l'Albien par mise en place d'un tube cimenté pour masquer les aquifères superficiels.</p> <p><i>B)</i> Installation de tubages dont l'épaisseur de la paroi est supérieure à la norme (limitation du risque de percement).</p> <p><i>C)</i> Contrôle régulier des paramètres de la boue de forage pour limiter son intrusion dans les aquifères traversés. Suivi en temps réel des volumes perdus et des venues d'eau.</p>	<p>400 000</p> <p>60 000</p> <p>20 000</p>
<p><u>2) Sols et eaux de surface</u></p> <p><i>A) Aménagement du site</i></p> <p><i>a)</i> Réalisation de bassins de stockage temporaires des effluents avec bâche géotextile imperméable.</p> <p><i>b)</i> Installation d'une semelle de béton imperméable au niveau de la plate-forme de forage.</p> <p><i>c)</i> Mise en place d'un réseau de caniveaux pour collecter les eaux de pluies pouvant entraîner des polluants jusqu'au bassin de décantation, par l'intermédiaire d'un bac déshuileur-débourbeur destiné à recueillir les traces d'hydrocarbures qui auraient pu fuir accidentellement des organes moteurs de l'engin de forage.</p> <p><i>d)</i> Nettoyage et remise en état du site.</p> <p><i>B) stockage d'hydrocarbures, de boues et produits divers</i></p> <p><i>a)</i> Installation des bacs de rétention sous tous les contenants de liquides potentiellement polluants.</p> <p><i>b)</i> Réalisation d'une zone de stockage, avec des bacs de rétention pour les produits inflammables ou potentiellement polluants, délimitée en lieu sûr, avec signalisation appropriée.</p> <p><i>c)</i> Récupération et évacuation selon la réglementation liée aux carburants et huile de vidange des moteurs. Contrôle de qualité du traitement réalisé pour constater la concordance avec les contraintes chimiques.</p> <p><i>d)</i> Fluides de forage (boues) confectionnés à partir d'eau douce additionné de bentonite et de polymères biodégradables.</p> <p><i>e)</i> Récupération des cuttings et effluents dans un enclos dont l'étanchéité est préservée par un film polyane et coulage dallage en béton armé de 15 cm d'épaisseur.</p>	<p>4 000</p> <p>40 000</p> <p>70 000</p> <p>100 000</p> <p>12 000</p> <p>54 000</p> <p>7 000</p> <p>Sans surcoût</p> <p>20 000</p>



<p>C) Production d'eau ou de gaz géothermaux</p> <p>b) Contrôle des volumes des bacs à boue en permanence et mise en place de détecteurs de gaz sur le circuit de boue à la sortie du puits pour discerner instantanément toute émanation de gaz.</p>	20 000
<p><u>Impact visuel</u></p> <p>Clôture et balisage (palissade de 2,5 m de hauteur)</p>	40 000
<p><u>Qualité de l'air</u></p> <p>A) Arrosage possible de la plate-forme de forage au cours des périodes sèches afin de réduire l'émission et la dispersion des poussières</p>	2 000
<p><u>Bruit</u></p> <p>A) Isolation, mesures de bruit, insonorisation des moteurs des groupes électrogènes et des moteurs à l'origine de bruits.</p> <p>B) Réalisation de caves de tête de puits fermées intégrées dans le site.</p> <p>C) Exécution des interventions spécialement bruyantes plutôt en journée.</p>	<p>Sans surcoût</p> <p>90 000</p> <p>Sans surcoût</p>



Mesures compensatoires en cours d'exploitation	Estimation prévisionnelle (€ HT)
<p><u>Sol</u></p> <p><i>A)</i> Les caves de têtes de puits seront étanches. Les effluents liquides provenant des puits seront collectés et traités avant évacuation au réseau d'assainissement.</p> <p><i>C)</i> Au cours des opérations de maintenance sur puits (réhabilitations), les déchets solides provenant d'interventions seront évacués du site vers une décharge contrôlée en fonction de la classe des déchets.</p> <p><i>D)</i> A la fin de chaque intervention de maintenance sur puits, la zone du chantier sera remise en état.</p>	<p>2 000€ / an</p> <p>Variable selon le volume</p> <p>Sans surcoût</p>
<p><u>Eaux de surface</u></p> <p><i>A)</i> Pendant les opérations d'entretien des puits (tous les 5 à 10 ans), une collecte de la totalité des effluents liquides sera effectuée, ainsi qu'un refroidissement et un traitement (préalablement à leur déversement) dans le réseau d'assainissement.</p> <p><i>C)</i> Dans le cas de fuite du fluide géothermal dans la cave enterrée, l'eau sera pompée au moyen d'une pompe vide cave, puis rejetée vers une bêche de rétention ou vers le réseau d'assainissement.</p>	<p>13 000 /opération</p> <p>Sans surcoût</p>
<p><u>Eaux souterraines</u></p> <p><i>A)</i> Contrôles périodiques, élaboration de mesures de grandeurs physiques, électriques, hydrodynamiques, géochimiques pour permettre d'accompagner et de contrôler l'évolution des caractéristiques des puits, du fluide géothermal, et des installations et évaluation des défauts révélateurs d'une perte d'intégrité d'un ouvrage.</p> <p><i>B)</i> Les contrôles d'intégrité par diagraphie, à l'aide d'un outil à palpeurs, représentent la seule mesure directe qui permet de détecter un percement avéré ou imminent (tous les 7 ans).</p> <p><i>D)</i> Un contrôle interne permettant le repérage anticipé des défauts de fonctionnement des puits et éventuellement de démasquer une intrusion d'eau ou une fuite d'un des puits vers l'extérieur. Des relevés de débit, température et pression (pression d'exhaure et de réinjection) seront alors effectués.</p>	<p>33 000/an</p> <p>10 000 /an</p> <p>Sans surcoût</p>



7 DOCUMENT DE SÉCURITÉ ET DE SANTÉ

7.1 Document de sécurité et de santé pendant les travaux

Les travaux de forage sont soumis au Règlement Général des Industries extractives (RGIE) et au Règlement de sécurité des travaux de recherche et d'exploitation par sondages des mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux.

Le RGIE rassemble les principaux textes relatifs aux règles applicables en termes d'hygiène et de sécurité dans les mines et carrières.

Un plan de prévention constitué des plans particuliers de sécurité et de protection de la santé de chaque entreprise sera réalisé par l'exploitant pour la période de chantier et pour la période d'exploitation. Un coordinateur SPS sera nommé pour le chantier.

L'entreprise sera aussi soumise au règlement de chantier de la ZAC du quartier du Moulon qui réunit toutes les modalités d'intervention au niveau sécurité et environnement d'un chantier de type VRD sur le territoire de la ZAC.

7.1.1 *Protection du personnel de chantier*

7.1.1.1 *Information du personnel*

Tout le personnel du chantier sera informé, dès son arrivée, des règles propres au chantier et aux opérations. Les procédures, par phase de travail et poste de travail, seront présentées à l'ensemble du personnel concerné avant le début de la phase ou de la prise de poste en mettant l'accent sur le respect et l'application des mesures de sécurité.

L'affichage des consignes de sécurité s'adressera en priorité au personnel présent sur le site.

Le personnel affecté au chantier devra en particulier être sensibilisé à l'obligation du port des équipements de protection individuels (casque, gants, tenue de travail, chaussures de sécurité, protections auditives, lunettes de protection, masque anti-poussières, masque à gaz).

Les documents suivants seront affichés dans le bureau du Chef de chantier :

- Un plan de masse de l'appareil de forage,
- Le plan des têtes de puits,
- La pression maximale admissible dans l'espace annulaire,
- La pression maximale de refoulement des pompes de forage selon les diamètres des chemises,
- Un plan des moyens de lutte contre l'incendie,
- Un plan des issues de sécurité en cas de venue de sulfure d'hydrogène.

La liste des personnes et des services à contacter en cas d'accident sera également affichée sur le chantier. Cette liste devra comprendre les contacts suivants :



- Les pompiers,
- Les services médicaux d'urgence (SAMU ou SMUR),
- Le préfet,
- La DRIEE,
- Les services du maître d'ouvrage,
- Les services de l'entrepreneur.

7.1.1.2 Dispositions en cas d'accident corporel grave

En cas d'accident corporel grave sur le chantier la procédure suivante sera mise en œuvre :

- Déclenchement de la procédure d'urgence relative au site : appel des services d'urgence.
- Premiers secours prodigués par le secouriste du site. Conformément au Règlement Général des Industries Extractives (RGIE), au moins un titulaire d'un brevet de secourisme sera présent sur le chantier de forage pendant toutes les périodes d'activité.
- Interdiction de déplacer la victime sauf en cas d'urgence. La liste du personnel formé aux premiers secours est affichée sur le chantier.
- Envoi d'une personne désignée à la rencontre des secours afin de les guider jusqu'à la victime.

7.1.1.3 Protection contre l'explosion

Les risques d'explosion sur un tel chantier sont de plusieurs types :

- Fuite d'acétylène : pour limiter ce risque, le matériel sera régulièrement contrôlé, le stockage se fera dans une zone bien ventilée et un extincteur devra être présent à proximité à chaque utilisation,
- Rupture d'une canalisation haute pression en hiver : pour limiter ce risque en hiver, des précautions seront prises pour éviter le gel des canalisations (calorifugeage, saumure).

7.1.1.4 Protection contre l'incendie

Pour réduire le risque d'incendie sur le chantier, les mesures suivantes devront être appliquées :

- Le stockage des carburants devra se faire dans une zone séparée et des extincteurs devront être placés à proximité des stockages,
- Des mesures de sécurité devront être prises pendant le remplissage des cuves de fioul,
- L'utilisation d'une masse en bronze pour limiter le risque d'étincelle lors du montage et démontage de l'appareil de forage.

Les extincteurs présents sur le chantier seront de type suivant :

- Des extincteurs à poudre polyvalente,
- Des extincteurs à poudre de carbone.

Les emplacements désignés pour ce matériel seront maintenus d'un accès facile et bien signalés.



7.1.1.5 Protection contre le bruit

Afin de respecter la réglementation en vigueur sur le bruit sur un chantier, les divers intervenants du chantier devront respecter les prescriptions légales.

Ainsi, le bruit généré par un chantier de forage est principalement dû aux moteurs des pompes et des groupes électrogènes (bruit régulier) ainsi qu'aux chocs entre des pièces mécaniques entraînant des bruits ponctuels et irréguliers. Pour quantifier les nuisances, des mesures de bruits seront faites à différents endroits du chantier pendant les phases les plus bruyantes.

Ainsi, pour limiter la nuisance sur le personnel de chantier, le port de bouchons d'oreille ou de casque anti-bruit sera rendu obligatoire. De plus, les zones les plus bruyantes seront signalées par des panneaux d'affichage.

Ces deux types de bruits seront limités par la prise en compte des mesures suivantes :

- Procédure du personnel de chantier pour limiter au maximum les chocs pendant le montage et le démontage des tiges de forage ou la mise en place des tubages,
- Insonorisation des moteurs diesel et des groupes électrogènes.

7.1.1.6 Protection contre la chute d'objet

Pour prévenir le risque de chute d'objet, les mesures suivantes seront appliquées sur le chantier pendant les travaux :

- Sensibilisation du personnel au port des EPI (casques, chaussures de sécurité, gants) et sur l'interdiction de se tenir sous la charge,
- Utilisation du matériel de levage adapté à la charge et en bon état,
- Vérification des engins et des élingues,
- Guidage lors de manutention de charges lourdes : utilisation de cordes ou de sangles de guidage, de crochets avec manille de sécurité.

7.1.1.7 Protection contre la chute de hauteur

Pendant les phases de montage et de démontage du matériel de forage et pendant la phase de forage, le personnel de chantier est amené à travailler en hauteur.

Les mesures suivantes devront être prises pour limiter le risque de chute de hauteur :

- Mise en place d'un plancher ou d'un caillebotis sur la cave de forage et d'un balisage autour,
- Mise en place d'une rambarde sur les escaliers permettant l'accès au plancher de la machine de forage,
- Mise en place d'un bardage autour du plancher de la machine de forage,
- Port d'un harnais anti-chute pour les travaux dans le mât.



7.1.1.8 Protection contre les collisions

La collision entre le personnel de chantier et les différents engins de manutention constituent un risque important.

Les mesures suivantes devront être prises pour limiter ce risque :

- Délimitation des zones de circulation des véhicules et de circulation piétonne,
- Manœuvre de recul des véhicules avec un guide,
- Matériel de chantier équipé de gyrophare et de klaxon de recul,
- Mise en place d'une signalisation sur la vitesse limite sur le chantier et sensibilisation du personnel au respect de cette limite,
- Vérification et maintenance des engins.

7.1.1.9 Protection contre l'électrocution

Le risque d'électrocution devra être géré de la façon suivante :

- Interdiction au personnel non habilité d'intervenir sur les groupes électrogènes,
- Mise en place et test des disjoncteurs pour prévenir le risque lié à un court-circuit,
- Rangement et suspension des câbles électriques si possible,
- Travail en zone sèche de préférence,
- Affichage la fiche de premiers secours aux personnes électrisées.

7.1.1.10 Encadrement des visiteurs

Tous les visiteurs autorisés à accéder au site pendant les travaux seront équipés d'un casque de protection et devront être accompagnés par un personnel du chantier. Ils resteront à l'écart des zones potentiellement les plus à risques notamment pendant les phases les plus dangereuses.

7.1.2 Sécurité des riverains

7.1.2.1 Circulation sur la voie publique et balisage

- **Circulation routière**

L'aménagement et le repli de l'appareil de forage s'effectuera par convoi exceptionnel.

En dehors des phases d'aménagement et de repli des équipements de forage, le nombre de véhicules lourds empruntant la voie d'accès à la plate-forme de forage restera limité à l'approvisionnement de consommables (fioul, tubage, ciment...) et à l'évacuation des déchets. Ce trafic, très variable en fonction des phases et de l'avancement du chantier, est décrit dans le tableau dans la partie « Impacts sur la circulation » de la partie 6.

Le trafic de véhicules légers sera induit par les rotations de personnel de l'entreprise de forage et de supervision (10 à 15 rotations par jour).



Des panneaux routiers de chantier informeront les usagers de la route de la sortie d'engins de chantier. Le stationnement des véhicules aux abords du chantier sera contrôlé de manière à ne pas créer d'entrave à la circulation sur les voies d'accès. Le raccordement du site à la route sera aménagé de sorte que les conducteurs d'engins puissent manœuvrer sans constituer d'obstacle ou de risque vis-à-vis de la circulation.

Un plan de circulation sur plateforme sera produit par l'entreprise et validé par le SPS et le MOE.

- **Circulation piétonne**

Le site sera clôturé par une palissade de chantier d'au moins de 2,5 m de hauteur pour éviter toute intrusion non autorisée. Cette palissade portera des panneaux avec la mention « accès interdit ». De plus, le chantier fonctionnant en 3 postes 7 jours sur 7, le risque d'intrusion est limité.

Des panneaux de signalisation spécifiques à la circulation piétonne seront mis en place sur les trottoirs de part et d'autre de l'entrée du site. Ces panneaux interdiront la circulation piétonne à proximité immédiate du chantier et indiqueront la direction de la déviation.

Un plan de circulation piétonne sera produit par l'entreprise et validé par le SPS et le MOE.

7.1.2.2 Bruits liés aux travaux de forage

Les bruits susceptibles de générer une nuisance sont les mêmes que ceux listés au paragraphe 7.1.1.5.

Ces deux types de bruits seront limités par la prise en compte des mesures suivantes :

- Procédure du personnel de chantier pour limiter au maximum les chocs pendant le montage et le démontage des tiges de forage ou la mise en place des tubages,
- Insonorisation des moteurs diesel et des groupes électrogènes.

De plus, les opérations les plus bruyantes seront réalisées de jour.

7.1.3 Risque de chute du mât de forage

Une étude de résistance du mât de forage sera réalisée avant son installation. Cette étude permettra de dimensionner le haubanage du mât en fonction de la force du vent et de sa direction afin d'éviter tout risque de chute.

7.2 Document de sécurité pendant l'exploitation du doublet

Un document de sécurité sera rédigé à l'attention du maître d'ouvrage pour les phases d'exploitation.

Un sinistre sur la boucle géothermale peut être détecté de la façon suivante :

- Par les systèmes de mesure de pression sur les puits,



- Par un technicien de maintenance du site,
- Par une personne extérieure au site (promeneurs, riverains).

7.2.1 Procédure de mise en sécurité en cas de fuite sur la boucle géothermale

La pression au sein de la boucle géothermale sera contrôlée en permanence par l'exploitant ce qui permettra de détecter une éventuelle fuite.

En cas de fuite de fluide géothermal, la procédure de mise en sécurité de l'installation sera la suivante :

- Arrêt de l'exploitation du doublet et fermeture des vannes des puits,
- Diagnostic de la fuite,
- Réparation de la fuite,
- Remise en service du doublet après contrôle de la réparation.

7.2.2 Percement d'un tubage d'un forage en cours d'exploitation

Le suivi réglementaire des paramètres d'exploitation imposé par les arrêtés préfectoraux d'exploitation, la réalisation, tous les 7 ans, d'une diagraphie de contrôle de cimentation et d'une inspection vidéo des deux forages et les analyses d'eau réglementaire permettront de déceler un percement d'un tubage.

En cours d'exploitation, un changement de la qualité de l'eau pompée sur le forage de production (variation de la conductivité notamment) ou une baisse de la pression d'injection sont des indices de percement de tubage.

En cas de percement avéré mettant en péril la qualité de l'eau de l'Albien des mesures d'urgence seront mises en œuvre dans l'attente de travaux de réhabilitation ou de comblement. La méthode d'urgence la plus rapide à mettre en œuvre consiste à descendre un packer gonflable en dessous de la perforation pour isoler la nappe de l'Albien. Cette mesure peut être mise en place en 2 et 5 jours après détection du problème.

En fonction de la nature de la perforation, la réparation peut être de deux types :

- Si le tubage est en bon état général, la perforation sera comblée par injection de ciment sous pression et par collage d'un patch cylindrique en résine époxy/fibre de verre en face de la perforation,
- Si le tubage est dans un état d'oxydation avancé, il sera nécessaire de procéder au rechemisage complet de l'ouvrage par la mise en place d'un tubage de diamètre inférieur et à la cimentation de l'entrefer.

On estime à 2 semaines le temps de réparation.

Quel que soit le type de réparation, la qualité de la cimentation sera contrôlée par diagraphie CBL/VDL et une diagraphie « diamètre » du tubage sera réalisée.



ANNEXE 1 :

RAPPORT D'ACTIVITE EPA PARIS-SACLAY

Suivre le lien suivant : http://www.epaps.fr/?attachment_id=7899



ANNEXE 2 :
PRESENTATION GENERALE D'IDEX

Voir dossier joint.



ANNEXE 3 :

PRESENTATION DIRECTION GENERALE

RESEAUX ILE DE FRANCE

IDEX

Voir dossier joint.



ANNEXE 4 :
PRESENTATION GEOFLUID

Voir dossier joint.



ANNEXE 5 :
DELIBERATION DU SEDIF

Voir dossier joint.