

A Annexe 3. Statuts de rareté/menace de la faune, de la flore et des habitats

Annexe 3. Statuts de rareté/menace de la faune, de la flore et des habitats

Tableau 40 : Statuts de rareté/menace de la faune, de la flore et des habitats

Groupes	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional
Flore et habitats	Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne EUR 28 (Commission européenne, 2013) « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire (Bensettiti et al. (coord.), 2001, 2002ab, 2004ab, 2005) European Red List of Vascular Plants (Bilz, Kell, Maxted & Lansdown, 2011)	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine (UICN France, FCBN & MNHN, 2012) Liste rouge des orchidées de France métropolitaine (UICN France, MNHN FCBN & SFO, 2009) Livre rouge de la flore menacée de France. Tome I : espèces prioritaires (Olivier et al., 1995) Mousses et hépatiques de France (Hugonnot, Celle & Pépin)	Synsystème des végétations de la région Centre-Val de Loire (CBNBP, 2019) Site web du CBNBP, consultation régulière Catalogue de la flore vasculaire de Centre-Val de Loire. (CBNBP, 2016) Liste des espèces et habitats déterminants de la région Centre (DREAL Centre, 2012)
Insectes	European Red List of dragonflies (KALKMAN et al., 2010) European Red List of butterflies (VAN SWAAY et al., 2010) European Red List of saproxylic beetles (NIETO & ALEXANDER., 2010) « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire (BENSETTITI & GAUDILLAT (coord.), 2002) European Red List of Grasshoppers, Crickets and Bush-crickets (HOCHKIRCH et al., 2016)	Liste rouge des Papillons de jour de France métropolitaine (UICN FRANCE, MNHN, OPIE & SEF, 2012). Liste rouge des Libellules de France métropolitaine (UICN FRANCE, MNHN, OPIE & SFO, 2016) Les Papillons de jour de France, Belgique, Luxembourg (LAFRANCHIS, 2000) Les orthoptères menacés de France. Liste rouge nationale et liste rouge par domaine biogéographique (SARDET & DEFAULT, 2004) Les Libellules de France, Belgique, Luxembourg (GRAND & BOUDOT, 2006) Cahier d'identification des Orthoptères de France, Belgique, Luxembourg et Suisse (SARDET et al., 2015) Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises (BRUSTEL, 2004)	Liste des espèces et habitats déterminants de la région Centre (DREAL CENTRE, 2012) Liste commentée des odonates de la région Centre (LETT et al, 2001) Liste commentée des orthoptères de la région Centre (CLOUPEAU et PRATZ, 2006) Liste rouge des odonates de la région Centre (2012) Liste rouge des orthoptères de la région Centre (2012) Liste rouge des Lépidoptères de la région Centre (2007) Livre Rouge des habitats naturels et espèces protégées de la région Centre (NATURE CENTRE & CBNBP, 2014)
Reptiles-Amphibiens	European Red List of Reptiles (COX & TEMPLE, 2009) European Red List of Amphibians (TEMPLE & COX, 2009) Atlas of amphibians and reptiles in Europe (GASC et al., 2004)	Atlas des amphibiens et reptiles de France (LESCURE & MASSARY DE, 2013) Les reptiles de France, Belgique, Luxembourg et Suisse (VACHER & GENIEZ, 2010) Liste rouge Reptiles et Amphibiens de France	Liste des espèces déterminantes de reptiles et d'amphibiens (DREAL CENTRE Val de Loire, liste actualisée et validée en CSRPN du 15 décembre 2017) Amphibiens et reptiles du Loir-et-Cher (LOIR-ET-CHER NATURE, 2016)

A Annexe 3. Statuts de rareté/menace de la faune, de la flore et des habitats

Groupes	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional
		métropolitaine (UICN FRANCE, MNHN & SHF, 2015, 2016)	Livre Rouge des habitats naturels et espèces protégées de la région Centre (NATURE CENTRE & CBNBP, 2014)
Oiseaux	Birds in the European Union: a status assessment (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004) European Red List of Birds (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2015)	Atlas des oiseaux de France Métropolitaine (ISSA & MULLER, 2015) Liste rouge des Oiseaux de France métropolitaine (UICN France, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS, 2016)	Liste des espèces et habitats déterminants de la région Centre (Liste actualisée et validée en CRSPN du 28 avril 2016) L'avifaune de la Région Centre, synopsis des connaissances (PERTHUIS, 2002) Livre Rouge des habitats naturels et espèces protégées de la région Centre (NATURE CENTRE & CBNBP, 2014)
Mammifères dont les chauves-souris	The Status and distribution of European mammals (TEMPLE & TERRY, 2007) « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire (BENSETTITI & GAUDILLAT, 2002)	Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse (ARTHUR & LEMAIRE, 2009) Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine (UICN France, MNHN, SFPEM & ONCFS, 2017)	Liste des espèces et habitats déterminants de la région Centre (DREAL CENTRE, 2012) Listes des espèces de mammifères déterminantes : les chiroptères (liste actualisée et validée en CSRPN du 15 décembre 2015) Les chiroptères. Plan régional d'actions 2009-2013. Région Centre (SOLOGNE NATURE ENVIRONNEMENT – DREAL CENTRE, 2009) Livre Rouge des habitats naturels et espèces protégées de la région Centre (NATURE CENTRE & CBNBP, 2014)

A Annexe 4. Relevés floristiques sur l'aire d'étude immédiate

Annexe 4. Relevés floristiques sur l'aire d'étude immédiate

Tableau 41 : Espèces végétales relevées sur l'aire d'étude immédiate

Nom scientifique	Nom français	Protection en Centre-Val de Loire	Liste Rouge France (2018)	Liste Rouge Centre-Val de Loire (2016)	Rareté en Centre-Val de Loire (2016)
<i>Acer campestre</i> L., 1753	Érable champêtre		LC	LC	CC
<i>Agrimonia eupatoria</i> L., 1753	Aigremoine		LC	LC	CCC
<i>Agrostis stolonifera</i> L., 1753	Agrostide stolonifère		LC	LC	CC
<i>Alopecurus myosuroides</i> Huds., 1762	Vulpin des champs		LC	LC	AC
<i>Anacamptis laxiflora</i> (Lam.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase, 1997	Orchis à fleurs lâches	X	LC	LC	R
<i>Anisantha sterilis</i> (L.) Nevski, 1934	Brome stérile		LC	LC	CCC
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl, 1819	Fromental élevé		LC	LC	CCC
<i>Asparagus officinalis</i> L., 1753	Asperge officinale		LC	NA	AC
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drejer, 1838	Foin tortueux		LC	LC	AC
<i>Bellis perennis</i> L., 1753	Pâquerette		LC	LC	CCC
<i>Betula pendula</i> Roth, 1788	Bouleau verruqueux		LC	LC	C
<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) P.Beauv., 1812	Brachypode des bois		LC	LC	CCC
<i>Bromopsis erecta</i> (Huds.) Fourr., 1869	Brome érigé		LC	LC	AC
<i>Bromus hordeaceus</i> L., 1753	Brome mou		LC	LC	CCC
<i>Buglossoides purpureoaeerulea</i> (L.) I.M.Johnst., 1954	Thé d'Europe		LC	LC	R
<i>Campanula rapunculus</i> L., 1753	Campanule raiponce		LC	LC	CC
<i>Carex elata</i> All., 1785	Laîche élevée		LC	LC	R
<i>Carex leporina</i> L., 1753	Laîche Patte-de-lièvre		LC		
<i>Carex otrubae</i> Podp., 1922	Laîche cuivrée		LC	DD	AR
<i>Carex remota</i> L., 1755	Laîche espacée		LC	LC	AC

A Annexe 4. Relevés floristiques sur l'aire d'étude immédiate

Nom scientifique	Nom français	Protection en Centre-Val de Loire	Liste Rouge France (2018)	Liste Rouge Centre-Val de Loire (2016)	Rareté en Centre-Val de Loire (2016)
<i>Carex sylvatica</i> Huds., 1762	Laîche des bois		LC	LC	CC
<i>Carex vulpina</i> L., 1753	Laîche des renards		LC	DD	RR
<i>Carpinus betulus</i> L., 1753	Charme		LC	LC	CCC
<i>Castanea sativa</i> Mill., 1768	Chataignier		LC	NA	CC
<i>Centaurea jacea</i> L., 1753	Centaurée jacée		LC	DD	ND
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop., 1772	Cirse des champs		LC	LC	ND
<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop., 1769	Cirse des maraîchers		LC	LC	RR
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop., 1772	Cirse des marais		LC	LC	C
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten., 1838	Cirse commun		LC	LC	CCC
<i>Convolvulus arvensis</i> L., 1753	Liseron des champs		LC	LC	CCC
<i>Convolvulus sepium</i> L., 1753	Liseron des haies		LC	LC	CCC
<i>Cornus sanguinea</i> L., 1753	Cornouiller sanguin		LC	LC	CCC
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq., 1775	Aubépine à un style		LC	LC	CCC
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link, 1822	Genêt à balai		LC	LC	CCC
<i>Dactylis glomerata</i> L., 1753	Dactyle aggloméré		LC	LC	CCC
<i>Daucus carota</i> L., 1753	Carotte sauvage		LC	LC	CCC
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P.Beauv., 1812	Canche cespiteuse		LC	LC	C
<i>Dioscorea communis</i> (L.) Caddick & Wilkin, 2002	Sceau de Notre Dame		LC	LC	CC
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult., 1817	Scirpe des marais		LC	LC	AC
<i>Elymus caninus</i> (L.) L., 1755	Froment des haies		LC	LC	AR
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. ex Nevski, 1934	Chiendent commun		LC	LC	ND
<i>Epilobium hirsutum</i> L., 1753	Épilobe hérissé		LC	LC	CC
<i>Epilobium tetragonum</i> L., 1753	Épilobe à quatre angles		LC	LC	CC
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér., 1789	Érodium à feuilles de cigüe		LC	LC	CC
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L., 1753	Euphorbe des bois		LC	LC	AC

A Annexe 4. Relevés floristiques sur l'aire d'étude immédiate

Nom scientifique	Nom français	Protection en Centre-Val de Loire	Liste Rouge France (2018)	Liste Rouge Centre-Val de Loire (2016)	Rareté en Centre-Val de Loire (2016)
<i>Euphorbia cyparissias</i> L., 1753	Euphorbe petit-cyprès		LC	LC	C
<i>Fragaria vesca</i> L., 1753	Fraisier des bois		LC	LC	CCC
<i>Fraxinus excelsior</i> L., 1753	Frêne élevé		LC	LC	CCC
<i>Galium aparine</i> L., 1753	Gaillet gratteron		LC	LC	CCC
<i>Galium palustre</i> L., 1753	Gaillet des marais		LC	LC	CC
<i>Geranium dissectum</i> L., 1755	Géranium découpé		LC	LC	CCC
<i>Geum urbanum</i> L., 1753	Benoîte commune		LC	LC	CCC
<i>Hedera helix</i> L., 1753	Lierre grimpant		LC	LC	CCC
<i>Hieracium murorum</i> L., 1753	Épervière des murs		LC	DD	ND
<i>Hypericum perforatum</i> L., 1753	Millepertuis perforé		LC	LC	CCC
<i>Hypochaeris radicata</i> L., 1753	Porcelle enracinée		LC	LC	CCC
<i>Jacobaea vulgaris</i> Gaertn., 1791	Herbe de saint Jacques		LC	LC	CCC
<i>Juncus conglomeratus</i> L., 1753	Jonc aggloméré		LC	LC	C
<i>Juncus effusus</i> L., 1753	Jonc épars		LC	LC	CCC
<i>Juncus inflexus</i> L., 1753	Jonc glauque		LC	LC	CC
<i>Lathyrus nissolia</i> L., 1753	Gesse sans vrille		LC	LC	RR
<i>Lathyrus pratensis</i> L., 1753	Gesse des prés		LC	LC	CC
<i>Lathyrus tuberosus</i> L., 1753	Macusson		LC	LC	AR
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam., 1779	Marguerite commune		DD	DD	ND
<i>Loncomelos pyrenaicus</i> (L.) Hrouda, 1988	Ornithogale des Pyrénées		LC	LC	AC
<i>Lonicera periclymenum</i> L., 1753	Chèvrefeuille des bois		LC	LC	CCC
<i>Lotus corniculatus</i> L., 1753	Lotier corniculé		LC	LC	CCC
<i>Luzula campestris</i> (L.) DC., 1805	Luzule champêtre		LC	LC	C
<i>Lysimachia arvensis</i> (L.) U.Manns & Anderb., 2009	Mouron rouge		LC	LC	CCC
<i>Melampyrum pratense</i> L., 1753	Mélampyre des prés		LC	LC	AC

A Annexe 4. Relevés floristiques sur l'aire d'étude immédiate

Nom scientifique	Nom français	Protection en Centre-Val de Loire	Liste Rouge France (2018)	Liste Rouge Centre-Val de Loire (2016)	Rareté en Centre-Val de Loire (2016)
<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh., 1792	Menthe à feuilles rondes		LC	LC	C
<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill, 1764	Myosotis des champs		LC	LC	CC
<i>Myosotis scorpioides</i> L., 1753	Myosotis des marais		LC	DD	ND
<i>Neottia ovata</i> (L.) Bluff & Fingerh., 1837	Grande Listère		LC	LC	AR
<i>Persicaria maculosa</i> Gray, 1821	Renouée Persicaire		LC	LC	CC
<i>Phalaris arundinacea</i> L., 1753	Baldingère faux-roseau		LC	LC	CC
<i>Pilosella officinarum</i> F.W.Schultz & Sch.Bip., 1862	Piloselle		LC	LC	CCC
<i>Pinus sylvestris</i> L., 1753	Pin sylvestre		LC	NA	AC
<i>Plantago lanceolata</i> L., 1753	Plantain lancéolé		LC	LC	CCC
<i>Plantago major</i> L., 1753	Plantain majeu		LC	LC	CCC
<i>Platanthera chlorantha</i> (Custer) Rchb., 1828	Platanthère à fleurs verdâtres		LC	LC	AR
<i>Poa annua</i> L., 1753	Pâturin annuel		LC	LC	CCC
<i>Poa pratensis</i> L., 1753	Pâturin des prés		LC	LC	CC
<i>Poa trivialis</i> L., 1753	Pâturin commun		LC	LC	CC
<i>Polygala vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i> L., 1753	Polygala vulgaire			LC	AC
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All., 1785	Sceau de Salomon multiflore		LC	LC	CC
<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i> Münchh., 1770	Peuplier noir d'Italie				
<i>Populus tremula</i> L., 1753	Peuplier Tremble		LC	LC	CC
<i>Potentilla reptans</i> L., 1753	Potentille rampante		LC	LC	CCC
<i>Poterium sanguisorba</i> L., 1753	Pimprenelle à fruits réticulés		LC	LC	CC
<i>Primula veris</i> L., 1753	Coucou		LC	LC	CCC
<i>Prunella vulgaris</i> L., 1753	Brunelle commune		LC	LC	CCC
<i>Prunus mahaleb</i> L., 1753	Bois de Sainte-Lucie		LC	NA	AR
<i>Prunus spinosa</i> L., 1753	Épine noire		LC	LC	CCC
<i>Pulicaria dysenterica</i> (L.) Bernh., 1800	Pulicaire dysentérique		LC	LC	C

A Annexe 4. Relevés floristiques sur l'aire d'étude immédiate

Nom scientifique	Nom français	Protection en Centre-Val de Loire	Liste Rouge France (2018)	Liste Rouge Centre-Val de Loire (2016)	Rareté en Centre-Val de Loire (2016)
<i>Pulmonaria longifolia</i> (Bastard) Boreau, 1857	Pulmonaire à feuilles longues		LC	LC	C
<i>Pulmonaria officinalis</i> L., 1753	Pulmonaire officinale				
<i>Quercus robur</i> L., 1753	Chêne pédonculé		LC	LC	CCC
<i>Ranunculus acris</i> L., 1753	Bouton d'or		LC	LC	CCC
<i>Rhinanthus minor</i> L., 1756	Petit cocriste		LC	DD	AR
<i>Rosa canina</i> L., 1753	Rosier des chiens		LC	LC	ND
<i>Rosa micrantha</i> Borrer ex Sm., 1812	Rosier à petites fleurs			LC	RR
<i>Rubus caesius</i> L., 1753	Ronce à fruits bleus		LC	LC	AC
<i>Rumex acetosa</i> L., 1753	Oseille des prés		LC	LC	CCC
<i>Rumex acetosella</i> L., 1753	Petite oseille		LC	LC	CC
<i>Rumex sanguineus</i> L., 1753	Patience sanguine		LC	LC	CC
<i>Ruscus aculeatus</i> L., 1753	Fragon		LC	LC	C
<i>Salix caprea</i> L., 1753	Saule marsault		LC	LC	AC
<i>Salix cinerea</i> L., 1753	Saule cendré		LC	LC	C
<i>Sanicula europaea</i> L., 1753	Sanicle d'Europe		LC	LC	AR
<i>Serratula tinctoria</i> L., 1753	Serratule des teinturiers		LC	LC	AR
<i>Silene latifolia</i> Poir., 1789	Compagnon blanc		LC	LC	CCC
<i>Sorbus aucuparia</i> L., 1753	Sorbier des oiseleurs		LC	LC	R
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz, 1763	Alisier torminal		LC	LC	CC
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop., 1771	Tilleul à grandes feuilles		LC	LC	R
<i>Tragopogon pratensis</i> L., 1753	Salsifis des prés		LC	LC	C
<i>Trifolium campestre</i> Schreb., 1804	Trèfle champêtre		LC	LC	CC
<i>Trifolium repens</i> L., 1753	Trèfle rampant		LC	LC	CCC
<i>Typha angustifolia</i> L., 1753	Massette à feuilles étroites		LC	LC	RR
<i>Veronica officinalis</i> L., 1753	Véronique officinale		LC	LC	C

A Annexe 4. Relevés floristiques sur l'aire d'étude immédiate

Nom scientifique	Nom français	Protection en Centre-Val de Loire	Liste Rouge France (2018)	Liste Rouge Centre-Val de Loire (2016)	Rareté en Centre-Val de Loire (2016)
<i>Vicia cracca</i> L., 1753	Vesce cracca		LC	LC	AC
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray, 1821	Vesce hérissée, Ers velu		LC	LC	C
<i>Viola arvensis</i> Murray, 1770	Pensée des champs		LC	LC	CC

Légende :

Protection : Arrêté interministériel du 12 mai 1993 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Centre complétant la liste nationale. Article 1.

Liste Rouge France : (LC) Préoccupation mineure (UICN France, 2018).

Liste Rouge régionale : (EN) En danger, (VU), Vulnérable, (NT) Quasi-menacée, (LC) Préoccupation mineure, (DD) Données insuffisantes, (NA) Non applicable (CBNBP, 2016)

Rareté en région Centre-Val de Loire : (-) Absente, (D) Disparue, (RRR) Très très rare, (RR) Très Rare, (R) Rare, (AR) Assez Rare, (AC), Assez Commune, (C) Commune, (CC) Très Commune, (CCC) Très très commune (CBNBP, 2016).

A Annexe 5. Relevés faunistiques sur l'aire d'étude immédiate

Annexe 5. Relevés faunistiques sur l'aire d'étude immédiate

- Amphibiens (Inventaires Biotope, 2019)

Tableau 42 : Amphibiens relevés sur l'aire d'étude immédiate

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Protection en France	Liste rouge mondiale	Liste rouge en Europe	Liste rouge en France	Liste rouge Poitou-Charentes
Grenouille agile	<i>Rana dalmatina</i>	Art. 2	LC	LC	LC	LC

Légende : LC = Préoccupation mineure

- Reptiles (Inventaires Biotope, 2019)

Tableau 43 : Reptiles relevés sur l'aire d'étude immédiate

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Protection en France	Liste rouge mondiale	Liste rouge en Europe	Liste rouge en France	Liste rouge Poitou-Charentes
Vipère aspic	<i>Vipera aspis</i>	Art. 4	LC	LC	LC	LC

Légende : LC = Préoccupation mineure

- Insectes (Inventaires Biotope, 2019)

Tableau 44 : Insectes relevés sur l'aire d'étude immédiate

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste rouge mondiale	Liste rouge en Europe	Liste rouge en France	Liste rouge Centre-Val de Loire
Odonates					
Agrion à larges pattes	<i>Platycnemis pennipes</i>	LC	LC	LC	LC
Agrion mignon	<i>Coenagrion scitulum</i>	LC	LC	LC	LC
Libellule quadrimaculée	<i>Libellula quadrimaculata</i>	LC	LC	LC	LC
Lépidoptères					
Azuré de la Bugrane	<i>Polyommatus icarus</i>	-	LC	LC	-
Azuré des Cytises	<i>Glaucopsyche alexis</i>	-	LC	LC	NT
Cuivré fuligineux	<i>Lycaena tityrus</i>	-	LC	LC	-
Fadet commun	<i>Coenonympha pamphilus</i>	-	LC	LC	-

Légende : LC = Préoccupation mineure ; NT = Quasi menacée

A Annexe 5. Relevés faunistiques sur l'aire d'étude immédiate

- Oiseaux nicheurs (Inventaires Biotope, 2019)

Tableau 45 : Oiseaux relevés sur l'aire d'étude immédiate en période de nidification

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Espèce protégée en France	Liste rouge en Europe	Liste rouge en France	Liste rouge Centre-Val de Loire	Statut sur l'aire d'étude immédiate
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	X	LC	LC	LC	Non nicheur
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>		LC	LC	LC	Nicheur possible
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>		-	LC	NE	Nicheur possible
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>	X	LC	NT	LC	Nicheur possible
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>		LC	LC	LC	Nicheur possible
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>		LC	LC	LC	Nicheur possible
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	X	LC	VU	NT	Nicheur possible
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	X	LC	NT	LC	Non nicheur
Merle noir	<i>Turdus merula</i>		LC	LC	LC	Nicheur possible
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	X	LC	NT	EN	Non nicheur
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>		LC	LC	LC	Nicheur possible
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	X	LC	LC	LC	Non nicheur
Rousserolle effarvatte	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Sittelle torchepot	<i>Sitta europaea</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>	X	LC	NT	LC	Nicheur possible

A Annexe 5. Relevés faunistiques sur l'aire d'étude immédiate

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Espèce protégée en France	Liste rouge en Europe	Liste rouge en France	Liste rouge Centre-Val de Loire	Statut sur l'aire d'étude immédiate
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	X	LC	LC	LC	Nicheur possible

Légende : LC = Préoccupation mineure ; NT = Quasi menacé ; VU = Vulnérable ; EN = En danger d'extinction ; NE = Non évalué ; * = espèce inscrite à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux

• Mammifères (Inventaires Biotope, 2019)

Tableau 46 : Mammifères relevés sur l'aire d'étude immédiate

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste rouge mondiale	Liste rouge en Europe	Liste rouge en France	Liste rouge Centre-Val de Loire
Chevreuil européen	<i>Capreolus capreolus</i>	LC	LC	LC	LC
Lapin de garenne	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	NT	NT	NT	LC

Légende : LC = Préoccupation mineure ; NT = Quasi menacé

• Chauves-souris (Inventaires Biotope, 2019)

Tableau 47 : Chauves-souris relevés sur l'aire d'étude immédiate

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste rouge mondiale	Liste rouge en Europe	Liste rouge en France	Liste rouge en région Centre-Val de Loire
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	NT	VU	LC	NT
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	LC	LC	VU	NT
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	LC	LC	NT	LC
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	LC	LC
Pipistrelle commune	<i>Erythronna lindenii</i>	LC	LC	NT	LC
Groupe d'espèces					
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	LC	LC	LC	LC
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	LC	LC	LC	LC
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	LC	LC	NT	NT

Légende : LC = Préoccupation mineure ; NT = Quasi menacé ; VU = Vulnérable

A Annexe 6 : Fonctionnement hydraulique du site

Annexe 6 : Fonctionnement hydraulique du site

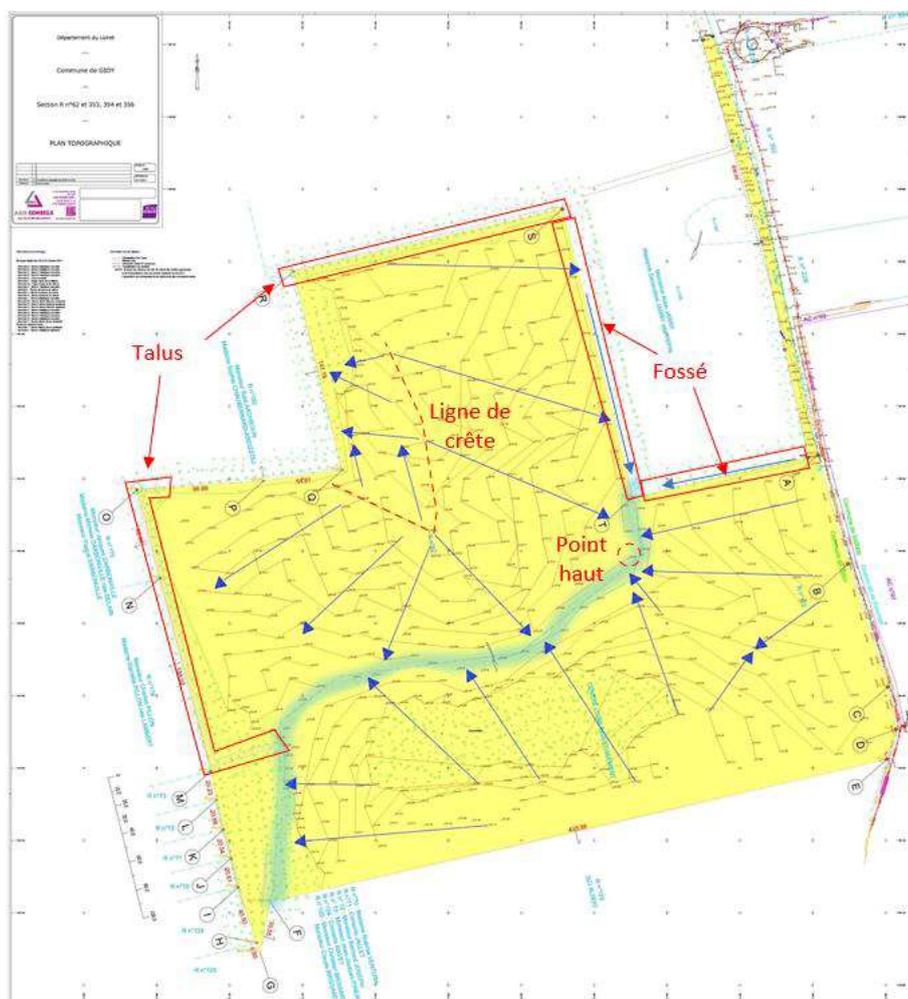
L'analyse du fonctionnement hydraulique du site a été fournie par ICE Conseil.

Identification du bassin versant naturel du terrain du projet

Un relevé topographique du terrain a été réalisé par un géomètre et a donné lieu au plan de la page suivante. Le terrain est globalement plat et présente de faibles pentes (< 1%) d'une part depuis le centre Nord (points « haut ») vers le Sud et l'extérieur du site et d'autre part depuis la limite Sud vers l'intérieur du terrain d'Est en Ouest. Une légère dépression d'une trentaine de centimètres en moyenne est présente au centre du terrain et le traverse d'Est en Ouest. Le fond de cette dépression est situé à une côte constante d'environ 122,4 m NGF à l'exception d'un « point haut » positionné à l'intérieur du site à une quarantaine de mètres de l'angle rentrant du terrain formé avec le boisement localisé au Nord-Est. Cette dépression peut être le siège d'une accumulation d'eau en période pluvieuse mais ne présente pas d'écoulement particulier de l'Est vers l'Ouest ou inversement.

Deux talus sont présents en limites Ouest et Nord du site, séparant hydrauliquement le terrain des boisements voisins dans ces deux directions. Les différentes courbes de niveau ainsi que les axes d'écoulement théoriques des eaux en surface au droit du terrain du projet ont été reportées sur ce plan de géomètre.

A Annexe 6 : Fonctionnement hydraulique du site



La consultation du Géoportail permet d'identifier que le boisement localisé au Nord-Est est situé à un niveau altimétrique inférieur au terrain du projet, les écoulements au sein de ce boisement s'effectuant en direction de la mare qui y est présente. Un fossé longe le terrain du projet à l'Est, l'isolant de ce boisement et drainant les éventuels écoulements superficiels vers l'extrémité Est de la dépression suscitée.

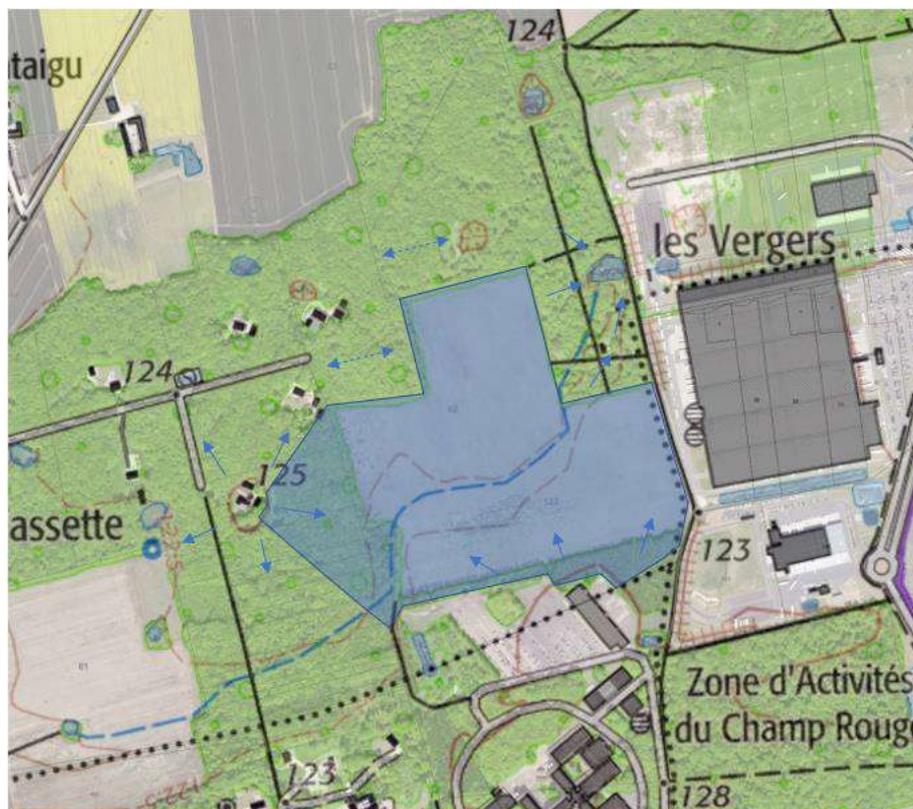
Le boisement au Nord est globalement plat, avec un niveau altimétrique de 124 m NGF. Le boisement à l'Ouest présente un point haut au niveau d'une habitation du lotissement de la Tassette à environ 125 m NGF d'où s'orientent les sens d'écoulements dans les différentes directions. Le boisement au Sud-Ouest est quant à lui situé à un niveau altimétrique inférieur au terrain du projet.

Une petite portion boisée localisée au Sud et au Sud-Est du terrain autour du site de l'entreprise voisine est implantée en amont topographique et peut être intégrée au bassin versant naturel du projet. Les zones imperméabilisées au Sud et à l'Est ont par ailleurs leur propre gestion des eaux pluviales qui ne peuvent pas rejoindre le projet.

Ainsi, compte tenu de ces différents éléments, le bassin versant naturel du projet présente une surface d'environ 18,4 ha. Les limites de ce bassin versant ainsi que les sens d'écoulement

A Annexe 6 : Fonctionnement hydraulique du site

théoriques au sein des terrains situés autour du terrain du projet sont représentés sur la figure suivante.



Incidences du projet sur les zones humides préservées

Caractérisation du fonctionnement de la zone

L'analyse de l'étude géotechnique menée sur les terrains du projet montre que les sols superficiels (6-7 m) surplombant le substratum calcaire sont constitués de sables plus ou moins argileux au centre et à l'est (Sables de l'Orléanais) et d'argiles (argiles de l'Orléanais) à l'ouest. Cette présence d'argiles plus ou moins importante en fonction des zones diminue la capacité d'infiltration du sol et favorise la rétention d'eau ponctuellement dans les premiers mètres sans créer de véritable nappe d'eau souterraine. En effet, les premières arrivées d'eau ont été relevées ponctuellement vers 6-7 m de profondeur lors des forations tandis que les deux piézomètres équipant le site depuis cette étude étaient secs lors des campagnes de mesure de niveaux réalisées en juin 2019 et en mars 2020, pourtant en période de hautes eaux. Lors d'épisodes pluvieux importants, les eaux météoriques vont ainsi avoir tendance à ruisseler en surface et sub-surface en suivant les niveaux topographiques du terrain pour s'accumuler localement au niveau des zones plus faiblement perméables. C'est ainsi que se caractérise notamment la zone humide principale localisée à l'Ouest du terrain du projet accueillant une végétation de type prairie hygrophile neutrophile à calcicoles et un peuplement de grandes laïches. Comme cela a été vu ci-dessus, cette zone est limitée topographiquement par un talus au Sud et à l'Ouest augmentant d'autant l'accumulation d'eau à son droit lors des fortes pluies. Ainsi, cette zone humide est essentiellement liée à la présence de sols très peu perméables à son droit et à son positionnement en point bas d'une partie des terrains du site. Le caractère

A Annexe 6 : Fonctionnement hydraulique du site

humide des terrains du projet et des boisements voisins une partie de l'année est ainsi dû à une accumulation ponctuelle d'eaux météoriques à la suite d'épisodes pluvieux. Elle n'est pas liée à la circulation d'une quelconque nappe d'eaux souterraines.

En ce qui concerne la dépression localisée au centre du terrain, son niveau topographique constant permet d'assurer qu'elle ne donne pas lieu à un écoulement particulier de l'Est vers l'Ouest ou inversement. Elle peut cependant être le siège d'accumulations d'eau lors de forts épisodes pluvieux étant donné son positionnement en aval hydraulique des secteurs Nord et Sud du terrain.

Zone sur site à l'Ouest

Comme cela a été précisé ci-dessus, le mode d'alimentation principal en eau de la zone humide préservée à l'Ouest du site ne sera pas modifié par l'implantation du projet. Cependant, le bassin versant naturel capable d'alimenter de manière secondaire cette zone humide en eau lors des épisodes pluvieux importants va être impacté par le projet. Ce bassin versant naturel est représenté sur la figure ci-dessous.



Il correspond ainsi à une surface d'environ 17 400 m². En appliquant un coefficient de ruissellement de 0,15 (prairie), on peut considérer que la surface active correspondante est d'environ 2 610 m². Afin de compenser cette incidence potentielle du projet sur l'alimentation en eau de cette zone, une partie des eaux de toiture du futur bâtiment de stockage localisé au Sud du projet y seront dirigées. Ainsi, les eaux pluviales de la moitié Ouest de la toiture de la première cellule de stockage du bâtiment A (cellule n°1), seront collectées par un réseau dédié qui aboutira en amont hydraulique, au Nord, de la zone humide préservée. Un ouvrage de régulation et de by-pass sera positionné à l'amont de ce rejet et permettra de renvoyer le volume d'eaux pluviales souhaité vers le bassin d'infiltration principal du site, à l'instar du reste des eaux pluviales de toiture du projet.

La surface de toiture correspondante sera d'environ 3 700 m². Cette surface collectée avec un coefficient de ruissellement proche de 1 sera suffisante pour compenser l'incidence du projet sur le bassin versant naturel de la zone préservée.

Ainsi, en fonction des constats réalisés par le suivi écologique du site, l'approvisionnement complémentaire en eau pluviale de la zone préservée à l'Ouest pourra être adapté au moyen de l'ouvrage de régulation mis en place.

A Annexe 6 : Fonctionnement hydraulique du site

Boisement hors-site à l'Est

Comme cela a été vu précédemment, le boisement humide localisé à l'Est du site, à l'extérieur du terrain du projet, est séparé hydrauliquement du site par un fossé. Au sein de ce boisement, les écoulements sont par ailleurs orientés en direction de la mare qui y est présente. Ainsi, le projet ne présentera pas d'incidence sur le caractère humide du boisement localisé au Nord-Est.

A Annexe 7 : Relevés phytosociologiques et photos associées

Annexe 7 : Relevés phytosociologiques et photos associées

Relevé 1 : Peuplement de grandes laïches (magnocaricaies)

La surface du relevé est de 20 m². Le rattachement physiologique est l'alliance des *Magnocaricion elatae*.

Nom scientifique		30/06/2020
Strate arbustive		
Hauteur (en m ²)		2
Taux de recouvrement %		2
Nom scientifique		Coefficient d'abondance dominance de Braun blanquet
<i>Salix cinerea</i>		2
<i>Betula pendula</i>		2
<i>Sorbus torminalis</i>		+
Strate herbacée		
Hauteur (en m ²)		2
Taux de recouvrement %		2
Nom scientifique		Coefficient d'abondance dominance de Braun blanquet
<i>Carex elata</i>		5
<i>Centaurea jacea</i>		1
<i>jacobaea erucifolia</i>		+
<i>Hypericum perforatum</i>		+
<i>Prunus spinosa</i>		+
<i>Bromus racemosus</i>		+
<i>Rosa sp.</i>		+
<i>Convolvulus arvensis</i>		+
<i>Lythrum salicaria</i>		+
<i>Cirsium arvense</i>		+
<i>Epilobium hirsutum</i>		+
<i>Epilobium tetragonum</i>		+
<i>Juncus effusus</i>		+
<i>Symphytum officinale</i>		+
<i>Torilis japonica</i>		+
<i>Myosotis arvensis</i>		+

A Annexe 7 : Relevés phytosociologiques et photos associées

Relevé 2 : Prairies de fauche des plaines médio-européennes

La surface du relevé est de 30 m². Le rattachement physiologique est l'alliance des *Trifolium montani-arrhenatherenion elatioris*.

Nom scientifique		30/06/2020
Strate arbustive		
Hauteur (en m ²)		1,5
Taux de recouvrement %		2
Nom scientifique		Coefficient d'abondance dominance de Braun blanquet
<i>Prunus spinosa</i>		5
<i>Pinus sylvestris</i>		+
Strate herbacée		
Hauteur (en m ²)		2
Taux de recouvrement %		2
Nom scientifique		Coefficient d'abondance dominance de Braun blanquet
<i>Holcus lanatus</i>		4
<i>Daucus carota</i>		1
<i>Bromus racemosus</i>		2
<i>Poa pratensis</i>		1
<i>Convolvulus arvensis</i>		1
<i>Jacobaea erucifolia</i>		+
<i>Hypericum perforatum</i>		+
<i>Picris hieracoides</i>		+
<i>Centaurea jacea</i>		+
<i>Centaureum erythraea</i>		+
<i>Elytrigia campestris</i>		+
<i>Carex sylvatica</i>		+
<i>Dactylis glomerata</i>		+
<i>Agrostis stolonifera</i>		+
<i>Cirsium vulgare</i>		+
<i>Epilobium tetragonum</i>		+
<i>Agrimonia eupatoria</i>		+
<i>Luzula campestris</i>		+
<i>Acer campestre</i>		+
<i>Lotus corniculatus</i>		+

A Annexe 7 : Relevés phytosociologiques et photos associées

Relevé 3 : Prairies hygrophiles neutrophiles à calcicoles

La surface du relevé est de 30 m². Le rattachement physiologique est l'alliance des *Mentha longifoliae-juncion inflexi*.

Nom scientifique		30/06/2020
Strate arbustive		
Hauteur (en m ²)		2
Taux de recouvrement %		1
Nom scientifique		Coefficient d'abondance dominance de Braun blanquet
<i>Prunus spinosa</i>		3
<i>Prunus domestica</i>		+
<i>Rosa sp.</i>		+
Strate herbacée		
Hauteur (en m ²)		0,8
Taux de recouvrement %		99
Nom scientifique		Coefficient d'abondance dominance de Braun blanquet
<i>Juncus effusus</i>		4
<i>Holcus lanatus</i>		4
<i>Agrostis stolonifera</i>		2
<i>jacobaea erucifolia</i>		1
<i>Picris hieracoides</i>		+
<i>Epilobium tetragonum</i>		+
<i>Daucus carota</i>		+
<i>Carex sylvatica</i>		+
<i>Rubus sp.</i>		+
<i>Prunus spinosa</i>		+
<i>Quercus robur</i>		+
<i>Centaureum erythraea</i>		+
<i>Prunella vulgaris</i>		+
<i>Hypericum perforatum</i>		+
<i>Ranunculus repens</i>		1
<i>Convolvulus arvensis</i>		+
<i>Calamagrostis epigejos</i>		+
<i>Poa pratensis</i>		+
<i>Bromus racemosus</i>		+
<i>Cirsium vulgare</i>		+
<i>Centaurea jacea</i>		+
<i>Carex leporina</i>		+

A Annexe 7 : Relevés phytosociologiques et photos associées

Relevé 4 : Prairies hygrophiles neutrophiles à calcicoles

La surface du relevé est de 30m². Le rattachement physiologique est l'alliance des *Mentha longifoliae-juncion inflexi*.

Nom scientifique	30/06/2020
Strate arbustive	
Hauteur (en m ²)	2,5
Taux de recouvrement %	10
Nom scientifique	Coefficient d'abondance dominance de Braun blanquet
<i>Prunus spinosa</i>	2
<i>Prunus domestica</i>	2
<i>Populus tremula</i>	1
<i>Salix cinerea</i>	+
Strate herbacée	
Hauteur (en m ²)	0,8
Taux de recouvrement %	90
Nom scientifique	Coefficient d'abondance dominance de Braun blanquet
<i>Juncus effusus</i>	4
<i>Holcus lanatus</i>	4
<i>Ranunculus repens</i>	2
<i>Agrostis stolonifera</i>	1
<i>Jacobaea erucifolia</i>	+
<i>Agrimonia eupatoria</i>	+
<i>Bromus racemosus</i>	+
<i>Mentha aquatica</i>	+
<i>Cirsium palustris</i>	+
<i>Cirsium vulgare</i>	+
<i>Pulicaria dysenterica</i>	+
<i>Prunus spinosa</i>	+
<i>Juncus inflexus</i>	+
<i>Poa pratensis</i>	+
<i>Hypericum perforatum</i>	+
<i>Convolvulus arvensis</i>	1
<i>Quercus robur</i>	+
<i>Torilis japonica</i>	+
<i>Ervilia hirsuta</i>	+
<i>Epilobium tetragonum</i>	+
<i>Daucus carota</i>	+

A Annexe 7 : Relevés phytosociologiques et photos associées

Nom scientifique	30/06/2020
<i>Carex sylvatica</i>	+
<i>Rubus sp.</i>	+
<i>Rosa sp.</i>	+
<i>Carex leporina</i>	+
<i>Centaureum erythraea</i>	+
<i>Carpinus betulus</i>	+

r : individus très rares et leur recouvrement est négligeable

+ : individus rares et recouvrement très faible

1 : individus peu ou assez abondants, mais de recouvrement faible < 1/20 de la surface

2 : individus abondants ou très abondants, recouvrant 1/20 à 1/4 de la surface

3 : nombre d'individus quelconque, recouvrant de 1/4 à 1/2 de la surface

4 : nombre d'individus quelconque, recouvrant de 1/2 à 3/4 de la surface

5 : nombre d'individus quelconque, recouvrant plus de 3/4 de la surface

Relevés phytosociologiques réalisés sur l'aire d'étude immédiate © Biotope, 2020.



Relevé n°1 : Peuplements de grandes Laïches (magnocariçaiques)



Relevé n°2 : Prairies de fauche des plaines médio-européennes



Relevé n°3 : Prairies hygrophiles neutrophiles à calcicoles

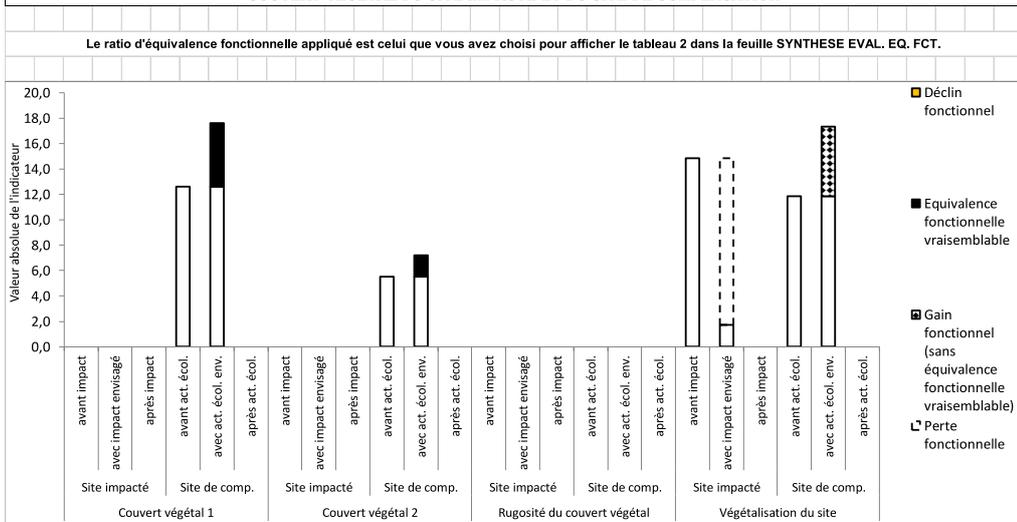


Relevé n°4 : Prairies hygrophiles neutrophiles à calcicoles

A Annexe 8 : Valeur des indicateurs pour la zone humide impactée

Annexe 8 : Valeur des indicateurs pour la zone humide impactée

FIGURE 1 : L'EVALUATION DE LA VRAISEMBLANCE D'UNE EQUIVALENCE FONCTIONNELLE POUR LES INDICATEURS MESURES SUR LE COUVERT VEGETAL DU SITE IMPACTE ET DU SITE DE COMPENSATION



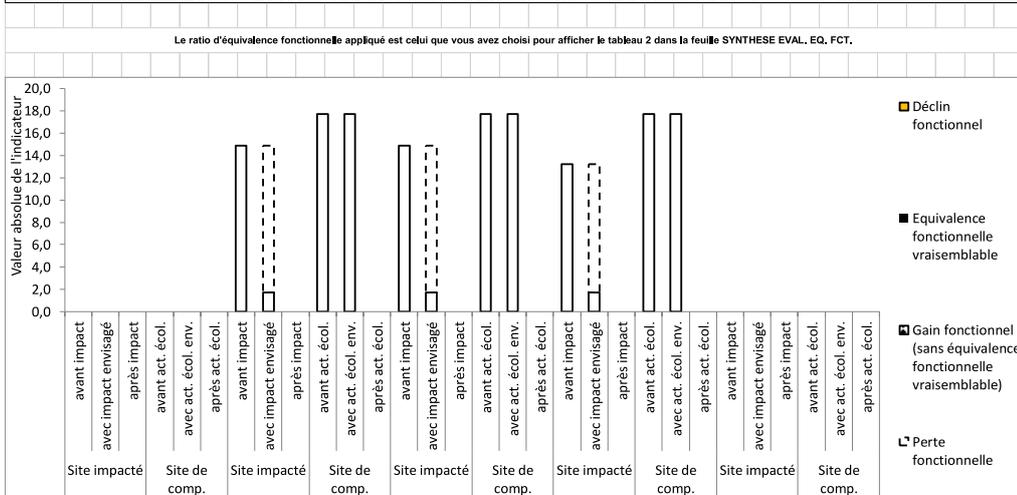
La valeur absolue des indicateurs [0 - +++] dans les sites correspond à la valeur relative de l'indicateur [0-1] x la superficie du site en ha.

Sur le site impacté : la **perte fonctionnelle** indique une baisse de l'intensité de la fonction après l'impact (ce qui est perdu sur le site impacté).

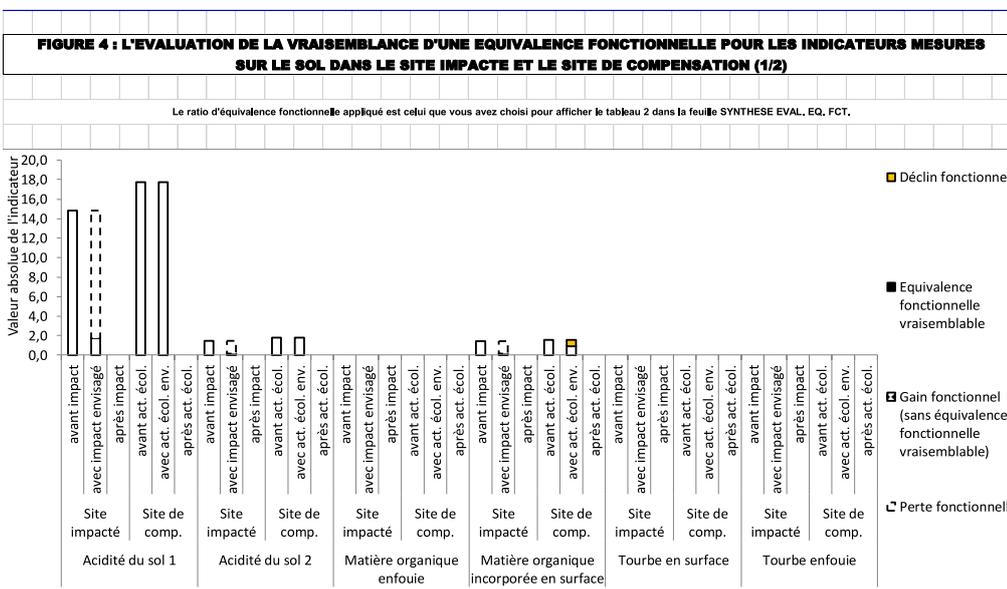
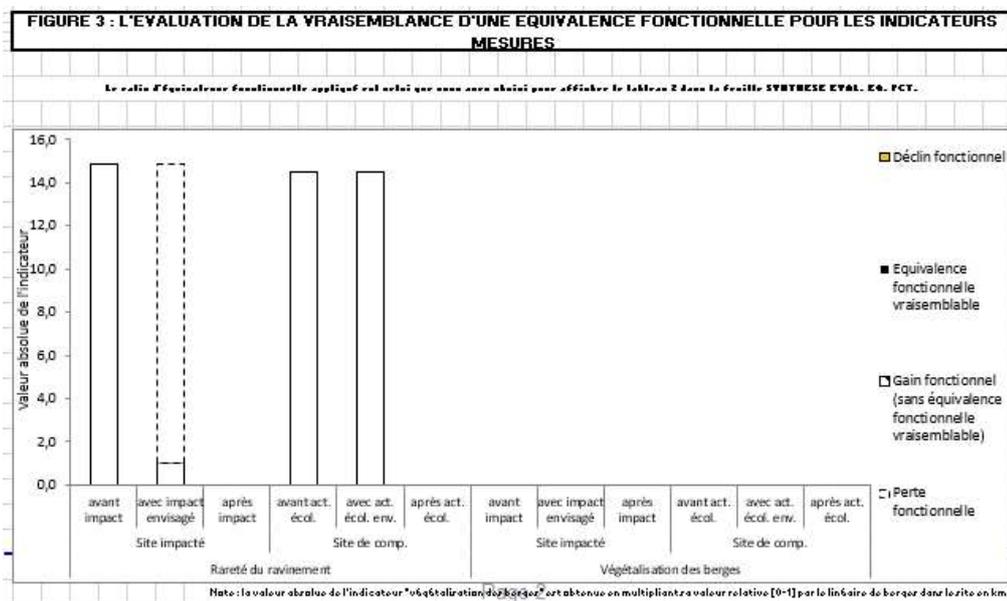
Sur le site de compensation : le **gain fonctionnel** indique une hausse de l'intensité de la fonction après l'action écologique. Ce gain fonctionnel correspond à une **équivalence fonctionnelle vraisemblable** quand le gain fonctionnel > ratio d'équivalence fonctionnelle choisi par l'observateur x la perte fonctionnelle sur le site impacté.

Le **déclin fonctionnel** indique une baisse de l'intensité de la fonction après l'action écologique.

FIGURE 2 : L'EVALUATION DE LA VRAISEMBLANCE D'UNE EQUIVALENCE FONCTIONNELLE POUR LES INDICATEURS MESURES SUR LES SYSTEMES DE DRAINAGE DU SITE IMPACTE ET DU SITE DE COMPENSATION



A Annexe 8 : Valeur des indicateurs pour la zone humide impactée



A Annexe 8 : Valeur des indicateurs pour la zone humide impactée

FIGURE 5 : L'ÉVALUATION DE LA VRAISEMBLANCE D'UNE ÉQUIVALENCE FONCTIONNELLE POUR LES INDICATEURS MESURÉS SUR LE SOL DANS LE SITE IMPACTÉ ET LE SITE DE COMPENSATION (2/2)

Le ratio d'équivalence fonctionnelle appliqué est celui que vous avez choisi pour afficher le tableau 2 dans la feuille SYNTHÈSE EVAL. EQ. FCT.

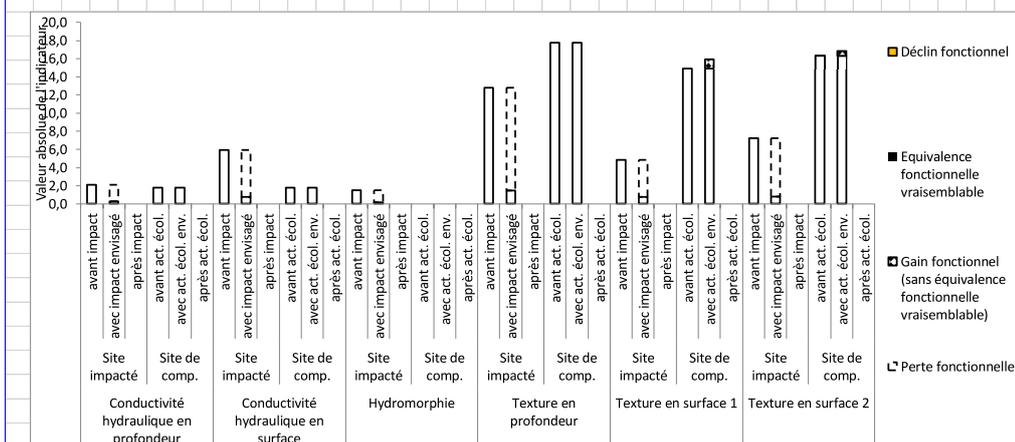
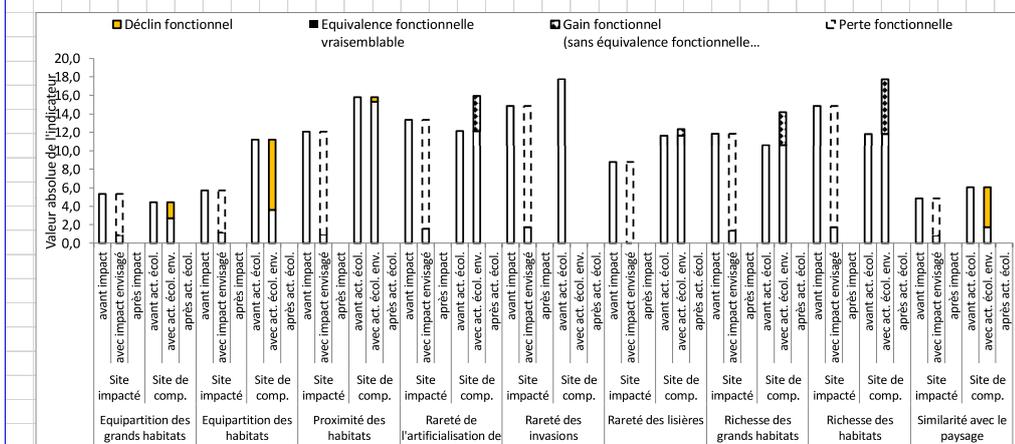


FIGURE 6 : L'ÉVALUATION DE LA VRAISEMBLANCE D'UNE ÉQUIVALENCE FONCTIONNELLE POUR LES INDICATEURS MESURÉS SUR LES HABITATS DANS LE SITE IMPACTÉ ET LE SITE DE COMPENSATION

Le ratio d'équivalence fonctionnelle appliqué est celui que vous avez choisi pour afficher le tableau 2 dans la feuille SYNTHÈSE EVAL. EQ. FCT.



A Annexe 8 : Valeur des indicateurs pour la zone humide impactée

Propriétés générales de l'indicateur			Mesures de l'indicateur dans le site de compensation		Sous-fonctions associées										
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie du site [0-1]	Commentaire	Ralentissement des ruissellements	Rechargement des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Le couvert végétal															
Végétalisation du site	41	... la part du site avec un couvert végétal permanent est très faible	... la part du site avec un couvert végétal permanent est très forte	Avant action écologique	Couvert vég. permanent important (67 %).										
				Avec act. éco. envisagée	Couvert vég. permanent très important (98 %).										
				Après action écologique											
Couvert végétal 1	56	... le couvert végétal est principalement clairsemé ou musciné	... le couvert végétal est principalement herbacé avec export de biomasse et/ou arbusculaire et/ou arborescent	Avant action écologique	Couverts intermédiaires.										
				Avec act. éco. envisagée	Couvert surtout herbacé avec export de biomasse et/ou arbusculaire et/ou arborescent										
				Après action écologique											
Couvert végétal 2	56	... le couvert végétal est principalement clairsemé ou musciné	... le couvert végétal est principalement arborescent	Avant action écologique	Couverts intermédiaires.										
				Avec act. éco. envisagée	Couverts intermédiaires.										
				Après action écologique											
Rugosité du couvert végétal	56	... le couvert végétal est absent ou principalement bas	... le couvert végétal est principalement arborescent	Avant action écologique	Non renseigné. Site non alluvial.										
				Avec act. éco. envisagée	Non renseigné. Site non alluvial.										
				Après action écologique											
Les systèmes de drainage															
Rareté des rigoles	60	... la densité de rigole est très élevée	... les rigoles sont absentes ou à très faible densité	Avant action écologique	Absence de rigoles.										
				Avec act. éco. envisagée	Absence de rigoles.										
				Après action écologique											
Rareté des fossés	60	... la densité de fossé est très élevée	... les fossés sont absents ou à très faible densité	Avant action écologique	Absence de fossés.										
				Avec act. éco. envisagée	Absence de fossés.										
				Après action écologique											
Rareté des fossés profonds	60	... la densité de fossé profond est très élevée	... les fossés profonds sont absents ou à très faible densité	Avant action écologique	Absence de fossés profonds.										
				Avec act. éco. envisagée	Absence de fossés profonds.										
				Après action écologique											
Végétalisation des fossés et fossés profonds	60	... les fossés et fossés profonds sont pas ou très peu végétalisés	... les fossés et fossés profonds sont très végétalisés	Avant action écologique	Non renseigné, pas de fossés et fossés prof.										
				Avec act. éco. envisagée	Non renseigné, pas de fossés et fossés prof.										
				Après action écologique											
Rareté des drains souterrains	64	... la part du site et de la zone tampon drainée par des drains souterrains est très importante	... il n'y a pas de drain souterrain ou quand la part du site et de la zone tampon drainée par des drains souterrains est très faible	Avant action écologique	Non renseigné, méconnaissance présence de drains sout.										
				Avec act. éco. envisagée	Non renseigné, méconnaissance présence de drains sout.										
				Après action écologique											
L'érosion															
Rareté du ravinement	66	... la part du site ravinée sans couvert végétal permanent est très importante	... il n'y a pas de ravines, ou quand la part du site ravinée sans couvert végétal permanent est très faible	Avant action écologique	Ravinement très réduit (0 %).										
				Avec act. éco. envisagée	Ravinement très réduit (0 %).										
				Après action écologique											
Végétalisation des berges	71 et 72	... la part du linéaire de berges érodée ou non stabilisée est très importante	... la part du linéaire de berges végétalisée ou stabilisée par des aménagements est très importante	Avant action écologique	Non renseigné. Site non alluvial.										
				Avec act. éco. envisagée	Non renseigné. Site non alluvial.										
				Après action écologique											

Les rectangles bleus, rouges ou verts indiquent les sous-fonctions renseignées par l'indicateur.



Siège social :

22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze

Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr

Annexe 6 – Etude géotechnique, Esiris, Juillet 2019



ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION

Mission G2 AVP/G2Pro

Construction d'une plateforme logistique

Projet CAPSTONE à GIDY (45)

Réf 861 000



CLIENT : 

ADRESSE : 5 rue Louis Jacques Daguerre.

COMMUNE : RENNES (35)

RAPPORT : Rp-IN19 0187-1 vA



Indice : vA

Objet : Rapport initial du 22/07/2019

Rédacteur : N. CABANE

Vérificateur : Y. CHERIFI

Approbateur : D. ESPOUY

Nombre de pages : 88 + 12

Annexes

MISSIONS G2 AVP-G2Pro

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE ET ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE PROJET

Ce dossier comprend :

- 1 rapport
- Annexe 1 : Conditions Générales de Vente et d'exécution des prestations
- Annexe 2 : Conditions Générales des Missions d'Ingénierie Géotechnique
- Annexe 3 : Schéma(s) d'implantation des investigations in-situ
- Annexe 4 : Résultats des sondages et essais in-situ
- Annexe 5 : Coupes et photographies des reconnaissances sur fondation
- Annexe 6 : Procès-verbaux des essais en laboratoire

Ind	Date	Chargé d'affaire	Contrôle interne	Contrôle externe	Observations
0	18/07/19	CABANE Nicolas	CHERIFI Yazid	ESPOUY Dorian	Etablissement interne du document
A		Nom			Première diffusion
		Signature			
B		Nom			
		Signature			
C		Nom			
		Signature			

SOMMAIRE

1	PRESENTATION	6
1.1	Définition de l'opération - Mission	6
1.1.1	Mission	6
1.1.2	Intervenants	7
1.1.3	Documents communiqués	7
1.2	Descriptions générales du site	8
1.2.1	Plan(s) de situation et vue aérienne	8
1.2.2	Historique du site	9
1.2.3	Ouvrages existants	11
1.3	Caractéristiques du projet	11
1.3.1	Description du projet	11
1.3.2	Sollicitations d'exploitation du projet et trafics	12
1.4	Contexte géologique et hydrogéologique	13
1.5	Aléas et risques naturels	13
2	RECONNAISSANCE DES SOLS	18
2.1	Généralités	18
2.2	Sondages de reconnaissance	18
2.3	Essais mécaniques in-situ	19
2.4	Equipement des sondages	20
2.4.1	Piézométrie	20
2.5	Essais de perméabilité in situ	20
2.6	Essais en laboratoire	20
3	RESULTATS DES INVESTIGATIONS	22
3.1	Analyse géologique du site	22
3.2	Piézométrie - Niveaux d'eau - Inondabilité	22
3.3	Essais in-situ	23
3.3.1	Essais pressiométriques	23
3.3.2	Essais de pénétration dynamique	26
3.3.3	Essais de perméabilité	31
3.4	Essais en laboratoire	33
3.4.1	Identification des sols + teneurs en sulfates	33
3.4.2	Essais de compactage / étude de traitement	34
3.4.3	Résultats des essais mécaniques en laboratoire	35
4	SYNTHESE GEOTECHNIQUE	35
4.1	Synthèse lithologique	35
4.2	Synthèse et analyse géomécaniques	37
4.2.1	Synthèse	37
4.2.2	Analyse	38
4.3	Hydrogéologie	38
4.4	Protection des ouvrages vis-à-vis de l'agressivité de l'eau et des sols	38

4.5	Sols sensibles au retrait - gonflement	39
5	RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES	40
5.1	Textes règlementaires	40
5.2	Terrassements généraux et ponctuels	40
5.2.1	Zone en déblai	40
5.2.2	Zone en remblai	41
5.2.3	Traficabilité en phase travaux	41
5.2.4	Terrassabilité des matériaux	41
5.2.5	Drainage en phase travaux	41
5.2.6	Réalisation des remblais	42
5.2.7	Remblaiements périphériques après construction	42
5.3	Présence d'eau et protection envisagée	42
5.4	Principe de fondation	43
5.5	Justification des fondations par semelles	44
5.5.1	Définition des fondations	44
5.5.2	Règlements utilisés	44
5.5.3	Etats limites de résistance du sol	44
5.5.4	Tassements	57
5.5.5	Efforts horizontaux - État limite ultime de glissement	57
5.5.6	Sujétions particulières	58
5.6	Nappe phréatique et stabilité à vide	58
5.7	Justification des fondations profondes	59
5.7.1	Définition des fondations	59
5.7.2	Règlements utilisés	59
5.7.3	Paramètres de dimensionnement	60
5.7.4	Ebauche dimensionnelle	61
5.7.5	Dispositions constructives	62
5.7.6	Effet de groupe – coefficient d'efficacité Ce	62
5.7.7	Frottement négatif	62
5.7.8	Efforts parasites sur les pieux	63
5.7.9	Sujétions de conception et d'exécution	63
5.8	Amélioration des caractéristiques mécaniques des sols en place	63
5.8.1	Amélioration des sols par inclusions	64
5.8.2	Sol support – Couche de forme	65
5.8.3	Modèle pour les tassements	66
5.8.4	Approche des tassements admissibles	68
5.8.5	Sujétions de conception et d'exécution	69
5.9	Talus - Soutènement	71
5.9.1	Talus	71
5.10	Voiries - Parking	73
5.10.1	Données du projet	74
5.10.2	Sujétions de conception et d'exécution	79
5.11	Tranchées	79
5.11.1	Cas types de remblais sur réseaux	79
5.11.2	Matériaux réutilisables en remblai	80
5.11.3	Condition de réemploi des matériaux du site	83
5.12	Précautions particulières de conception et d'exécution	83
5.12.1	Fondations	83
5.12.2	Construction	83
5.12.3	Précautions de mise en œuvre	84

5.12.4	Eléments de structure	84
6	ALEAS ET RISQUES RESIDUELS	85
7	CONDITIONS CONTRACTUELLES	85

1 Présentation

1.1 Définition de l'opération - Mission

1.1.1 Mission

A la demande et pour le compte de Groupe LEGENDRE, **ESIRIS IDF ing** a reçu pour mission de réaliser, dans le cadre de de la construction d'une plateforme logistique CAPSTONE, une étude géotechnique de conception (mission G2 phase AVP) sur un terrain ayant un accès à la route d'Ormes (parcelle cadastrée n° OR 0062 OR0122) à GIDY (45).

Cette mission a permis de définir :

- le contexte géotechnique et hydrogéologique du site,
- les contraintes de calcul nécessaires au dimensionnement des fondations,
- un exemple d'ébauche dimensionnelle au stade de l'AVP,
- diverses dispositions constructives et précautions concernant les dallages, terrassements, soutènements, voiries et les dispositions spécifiques vis-à-vis des nappes et avoisinants.

Il s'agit de missions de type G₂ phase AVP, selon la norme NF P 94-500 (Version de Novembre 2013).

A notre connaissance, il n'a été réalisé antérieurement aucune étude géotechnique spécifique concernant ce projet.

Notre étude ne fournit pas le dimensionnement structure des fondations (largeur, ferrailage, etc.). En effet, ce dimensionnement, généralement à la charge d'un BET Structure, ne peut être défini qu'après calcul des descentes de charges précises de l'aménagement envisagé.

Elle ne comprend pas (liste non exhaustive) :

- le diagnostic structurel de l'ouvrage existant ;
- l'étude de stabilité des talus et l'étude des ouvrages de soutènements éventuels ;
- l'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale et la détermination des NPHE ;
- les études de pollutions éventuelles (sols et nappes) ;
- la reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise des investigations (vides et/ou zones décomprimées notamment) ;
- la stabilité des remblais existants ou le dimensionnement des ouvrages à mettre en œuvre pour l'assurer ;
- les études pyrotechniques du sous-sol ;
- la recherche de vestiges anthropiques sur le site.

Elle est par ailleurs limitée par les hypothèses du projet qui nous ont été transmises au démarrage de notre mission.

1.1.2 Intervenants

Au moment de notre étude, les intervenants étaient les suivants :

Maitre d'Ouvrage	Legendre Construction
Maître d'Œuvre	XXXXXX
Architecte	XXXXXX
BET Structure	XXXXXX
BET VRD	XXXXXX

1.1.3 Documents communiqués

Pour cette étude, les documents suivants nous ont été communiqués :

Doc	Document	Origine	Echelle	Date
1	Plan de situation		1/XXX	JJ/MM/AA
2	Plan topographique			
3	Plan de masse projet			
4	Coupes du projet			
5	Plan des aménagements extérieurs			
6	Plan RDC			
7	Plan de toitures			

1.2 Descriptions générales du site

1.2.1 Plan(s) de situation et vue aérienne

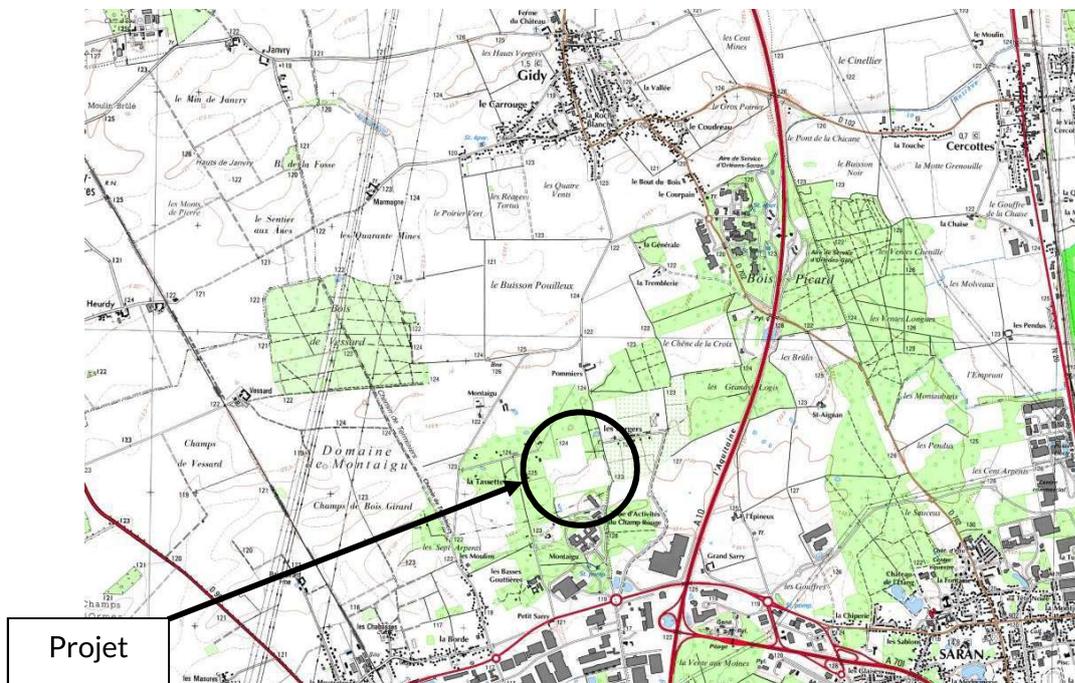
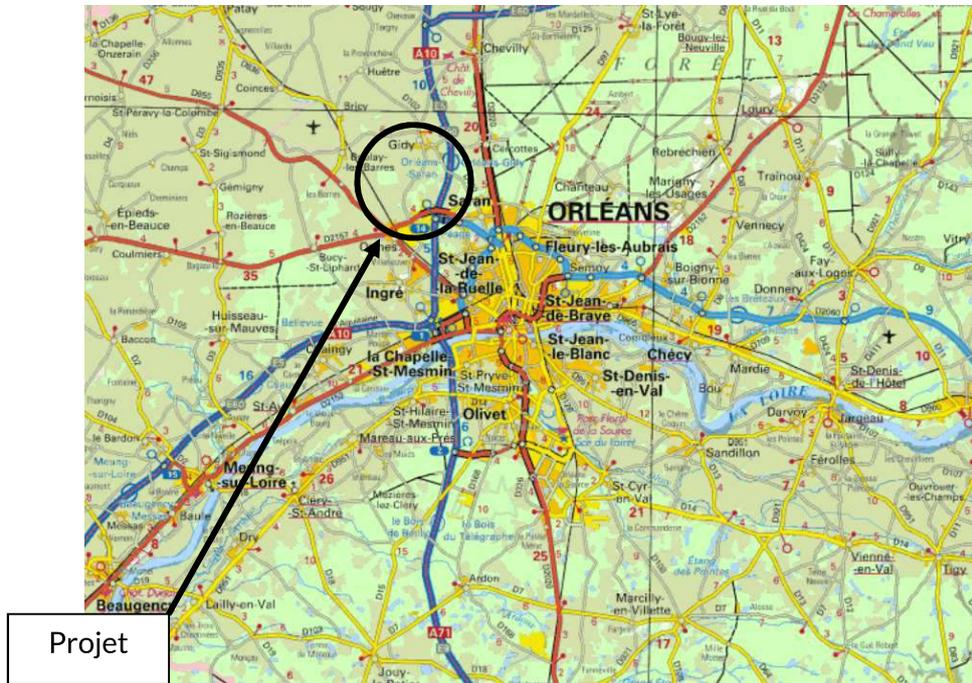


Figure 1 : Localisation du projet (fond de carte topographique, source Infoterre)



Figure 2 : Localisation du projet (vue aérienne, source maps)

1.2.2 Historique du site

D'après l'étude des photographies aériennes, le site a toujours été utilisé en tant que terre agricole depuis 1949.

Les deux parcelles OR0062 et OR0122 sont séparées depuis 1949 par un ru.



Figure 3 : Photographie de 1949 (vue aérienne, source geoportail.gouv.fr)



Figure 4 : Photographie de 1975 (vue aérienne, source geoportail.gouv.fr)



Figure 5 : Photographie de 1999 (vue aérienne, source geoportail.gouv.fr)



La partie Ouest de parcelle est d'une teinte gris foncé indiquant une zone plus humide ou un sol pédologique plus développé.

Le tracé du ru est également souligné à l'Est-ce ru semble s'orienté vers le Sud et non vers le Nord comme son tracé actuel.

Figure 6 : Photographie infrarouge de 1975 (vue aérienne, source geoportail.gouv.fr)

1.2.3 Ouvrages existants

Le terrain étudié était libre de toute construction visible. Il s'agit d'un terrain agricole en jachère lors de notre intervention.

Les bâtiments avoisinants sont de type plateforme logistiques avec des bâtiments à ossature béton et bardage métallique de 6 à 10 m de hauteur.

Le terrain est sensiblement plat, sa cote altimétrique moyenne est d'environ 123 m N.G.F / présente une légère pente orientée vers le ru séparant les parcelles OR0062 et OR0122.

Le terrain est délimité, sur les côtés Ouest et Nord par un bois et du les côtés Est et Sud par des entreprises.

Le chemin d'accès est actuellement une piste forestière en terre difficile d'accès.

1.3 Caractéristiques du projet

1.3.1 Description du projet

Le projet prévoit la construction d'un ensemble de bâtiment de entrepôts logistique sans sous-sol d'une emprise d'environ 15 000 m² chacun.

La future construction sera de type ossature béton/charpente béton ou bois et bardage métallique à usage de commercial.

Il est également prévu la réalisation de voies d'accès et aires de stationnement VL et PL

Il n'est pas prévu de terrassement autre que le simple décapage du terrain (+/- 0.5 m) et un reprofilage des plateformes droit de chaque bâtiment qui ne devrait pas excéder 1

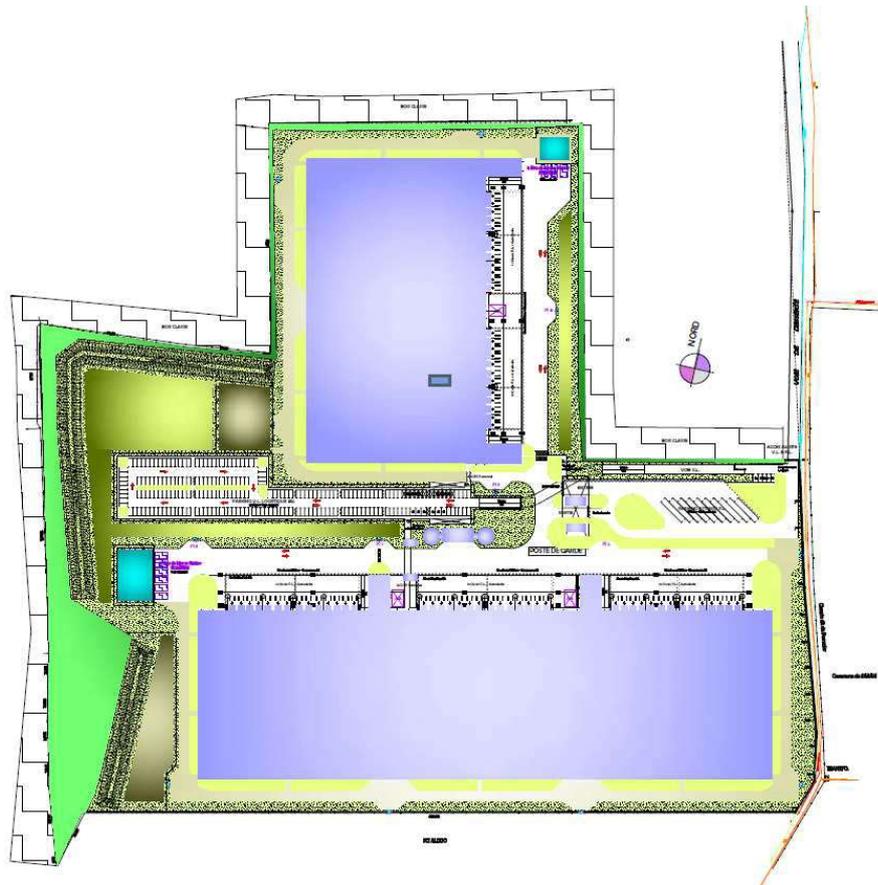


Figure 7 : Extrait du plan de masse du projet (Groupe Legendre)

1.3.2 Sollicitations d'exploitation du projet et trafics

Les sollicitations ne nous ont pas été communiquées dans le cadre de notre mission

Les trafics envisagés ne nous ont pas été communiqués.

1.4 Contexte géologique et hydrogéologique

D'après la carte géologique d'Orléans (éditée par le BRGM - Bureau de Recherches Géologiques et Minières, échelle 1/50 000) et notre expérience locale, la géologie attendue est la suivante :

- Sables de l'Orléanais, sables fins à argileux à passages argileux ;
- Marnes de l'Orléanais, calcaires et marnes beiges et argiles vertes ;
- Calcaires de Beauce, calcaires et calcaires marneux.

Compte tenu de l'environnement du site, ces formations peuvent être surmontées par des remblais anthropiques.

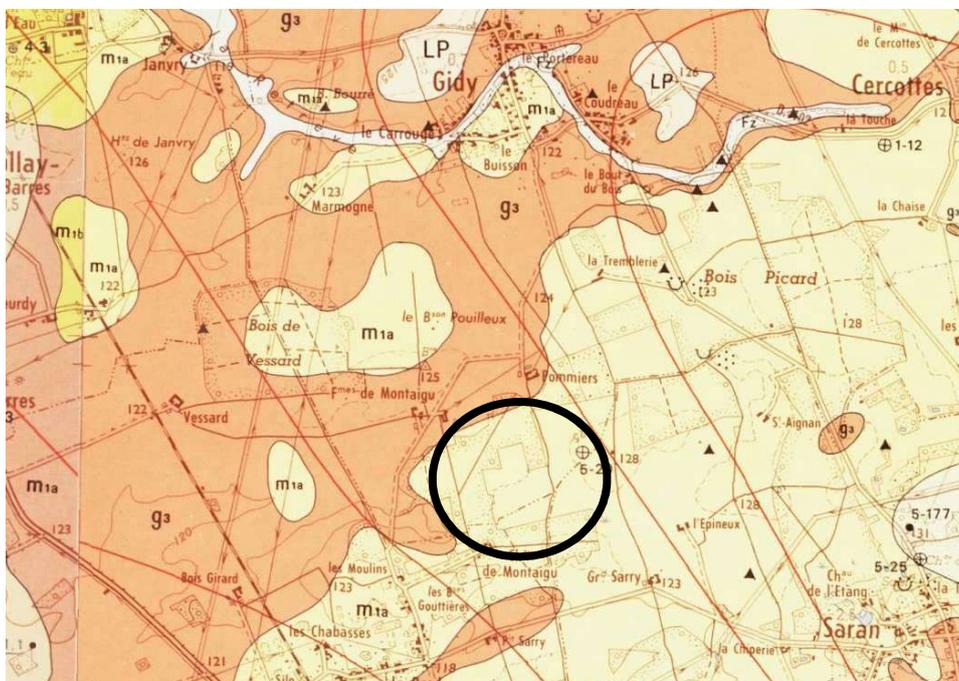


Figure 8 : Carte géologique (source infoterre.brgm.fr)

1.5 Aléas et risques naturels

La liste des risques recensés sur la commune de GIDY sont :

Mouvement de terrain

Mouvement de terrain - Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)

Mouvement de terrain - Tassements différentiels

Risque industriel

Risque industriel - Effet thermique

Risque industriel - Effet toxique

Séisme Zone de sismicité : 1

Transport de marchandises dangereuses

Vis-à-vis de la prévention du risque sismique et au sens des décrets n° 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010, la zone d'implantation du projet se situe en zone sismique 1, soit un aléa faible.

Vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles, le site se trouve en zone d'aléa a priori fort selon la carte d'aléa consultable sur le site www.georisques.gouv.fr.

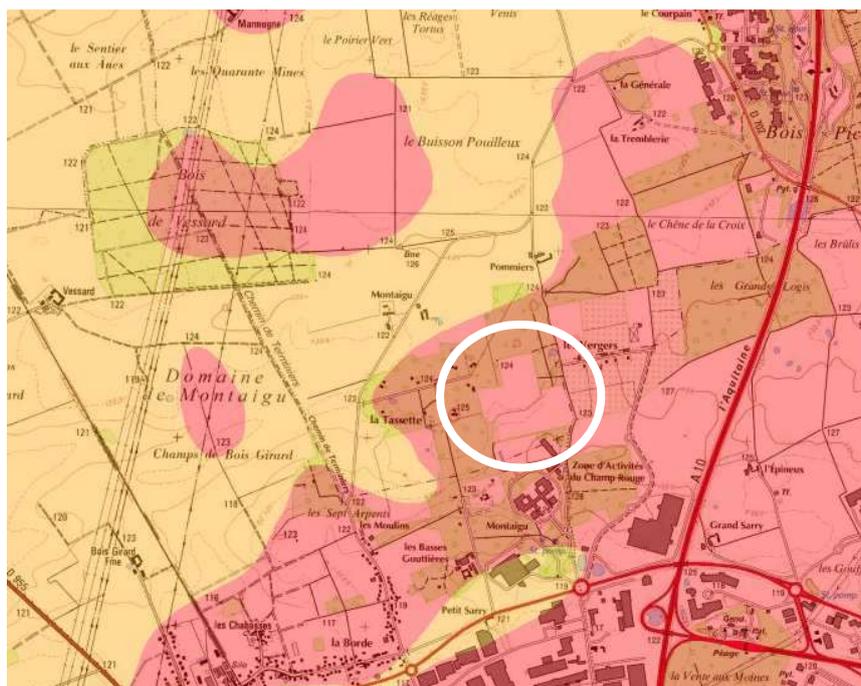


Figure 9 : Carte d'aléa des argiles (infoterre)

Aucune cavité souterraine anthropique n'est référencée à proximité immédiate du site. Cependant, des effondrements sont dont la plus proche est située à environ 100 m de la parcelle étudiée (source www.georisques.gouv.fr).



Figure 10 : Carte d'aléa des cavités souterraines (géorisques.gouv.fr)



Figure 11 : Carte d'aléa des effondrements (géorisques.gouv.fr)

Cependant, il conviendra au Client de s'informer auprès de la commune sur l'existence d'un plan de recensement officiel et de prendre le cas échéant les dispositions adéquates. **ESIRIS IDF ing** reste à la disposition du client sur ce point particulier.

D'après la même source d'informations, la commune de GIDY a fait l'objet des arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles suivants :

Effondrement de terrain : 2

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
45PREF19890003	31/12/1987	31/12/1987	22/02/1989	03/03/1989
45PREF19890004	06/01/1988	06/01/1988	22/02/1989	03/03/1989

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
45PREF19990184	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Inondations et coulées de boue : 2

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
45PREF19830012	09/04/1983	10/04/1983	16/05/1983	18/05/1983
45PREF20161037	28/05/2016	05/06/2016	08/06/2016	09/06/2016

Mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
45PREF20161215	31/05/2016	23/06/2016	26/07/2016	12/08/2016

Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
45PREF19930019	01/05/1989	31/12/1992	25/01/1993	07/02/1993

Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols : 2

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
45PREF19980082	01/01/1993	30/06/1998	19/11/1998	11/12/1998
45PREF20080008	01/01/2006	31/03/2006	18/04/2008	23/04/2008

Vis-à-vis du phénomène de remontées des nappes, le site se trouve en zone de sensibilité élevées selon la carte consultable sur le site www.georisques.gouv.fr.

Aucune donnée n'est consultable pour le secteur étudié pour l'aléa inondation. Néanmoins, la parcelle se situe dans un bassin versant dont l'exutoire se situe à l'angle Sud Ouest de les parcelles étudiées.

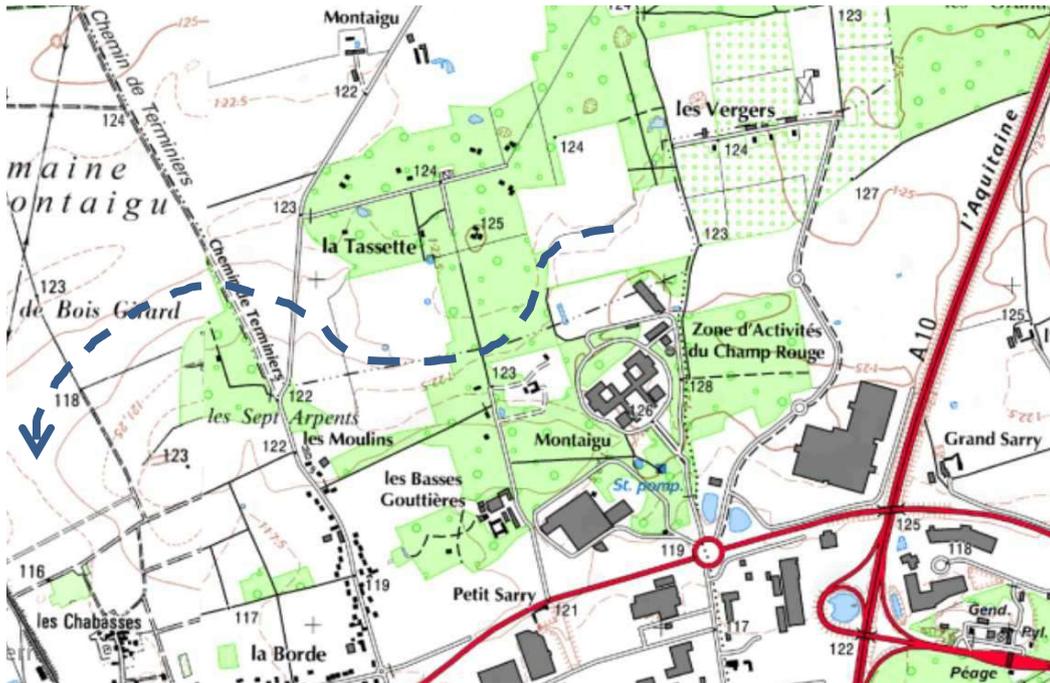


Figure 12 : Ecoulement des eaux pluviales dans le bassin versant (Infoterre)



Figure 13 : Tracé du ru séparant les deux parcelles (Géoportail)

2 RECONNAISSANCE DES SOLS

2.1 Généralités

Les sondages et essais réalisés in situ sont présentés dans les tableaux suivants.

Nos investigations in situ se sont déroulées en juin et juillet 2019.

Les sondages ont été réalisés avec une machine de marque Commachio et de type Géo305.

Les fouilles ont été réalisés avec une pelle mécanique de 5 t.

Les sondages pénétrométriques ont été réalisés avec un pénétromètre lourd avec mouton de 63,5 kg.

Les coupes de sondages ont été établies à partir des logiciels Géolog 4

2.2 Sondages de reconnaissance

Les sondages de reconnaissance suivants ont été réalisés :

Type de sondage*	N° de sondage	Profondeur atteinte (m/TN actuel)**	Cote altimétrique de la tête du sondage (NGF)***
Sondage semi-destructif à la tarière de Ø 63 mm	SP1 à SP3 SP4 à SP12	15 m 10 m	123 à 124
Fouille à la pelle mécanique de 5 t	F1 à F9	3 m	123 à 124
Sondage pénétrométrique avec mouton de 63,5 kg	P1 à P60	6 à 7 m	123 à 124

*sondages implantés en tenant compte des conditions d'accès le jour de notre intervention et en fonction de la précision des plans qui nous ont été remis pour la campagne de reconnaissance géotechnique.

**par rapport au niveau du sol le jour de notre intervention

*** relevés X, Y, Z effectué en CC49 -Altimétrie NGF reportée sur les coupes de sondages placées en annexes.

Il est indiqué sur les coupes de sondages semi-destructifs, les éléments suivants :

- coupe détaillée des sols ;
- résultats des essais in situ.

Il est indiqué sur les coupes de forages destructifs paramétrés, les éléments suivants :

- coupe approximative des sols (les forages étant du type destructif, l'interprétation a été faite uniquement d'après l'examen des cuttings et des paramètres de forages) ;
- diagraphie des paramètres enregistrés :
 - VIA : vitesse instantanée d'avancement (m/h) ;
 - PO : pression appliquée sur l'outil de forage (bar) ;
 - PI : pression d'injection (bar) ;
 - CR : couple de rotation (bar) ;
 - RET : pression de retenue (bar).

Nota : Les feuilles de sondages peuvent également contenir des informations complémentaires dont les niveaux d'eau éventuels, les pertes de fluide d'injection, incident de forage, etc.

Il est indiqué sur les puits de reconnaissance à la pelle, les éléments suivants :

- coupe détaillée des sols ;
- prélèvements d'échantillons remaniés ;
- observations à l'ouverture du puits ;
- photographie du puits ;
- photographies des matériaux.

2.3 Essais mécaniques in-situ

En complément, les essais in situ suivants ont été réalisés :

Type d'essai mécanique in situ	N° de sondage	Nombre d'essais
Essai pressiométrique - norme NF EN 22476-4	SP1 à SP12	123
Essai pénétrométrique dynamique de type B – norme NF EN22476-2	P1 à P60	-

Il est indiqué sur les essais au pénétromètre dynamique, les éléments suivants :

- diagramme de battage (nombre de coups pour un enfoncement de 20 cm) en fonction de la profondeur,
- diagramme donnant la résistance dynamique qd (MPa) en fonction de la profondeur et calculée selon la formule des Hollandais.

Essais pressiométriques :

Les résultats sont portés sur les coupes de forage, avec pour chaque essai :

- module pressiométrique E_M (MPa) ;
- pression limite nette pl^* (MPa) ;
- pression de fluage nette pf^* (MPa) ;
- rapport E_M/pl^* .

2.4 Equipement des sondages

2.4.1 Piézométrie

Le sondage noté SP2, EE1 ont été équipés de tubes PEHD/PVC/inox piézométriques pour le relevé du niveau statique de la nappe conformément à la norme NF EN2 2475-1. Le détail de ces équipements est repris dans le tableau ci-dessous :

Sondage de référence	Dénomination	Profondeur (m)	Diamètre intérieur (mm)	Hauteur tube plein (m)	Hauteur tube crépiné (m)	Massif filtrant	Bouchon	Type de protection de tête
SP12	Pz1	0 à 10	52	0 à 2	2 à 10	Gravette 2/4 mm	bouchon de fond	Tête métallique hors sol
EE1	Pz2	0 à 3	52	0 à 2	2 à 3	Gravette 2/4 mm	bouchon de fond	Tête métallique hors sol
...

2.5 Essais de perméabilité in situ

Dans le cadre de la présente étude, des essais de perméabilité ont été réalisés sur le site. Le détail de ces essais est repris dans le tableau ci-dessous :

Type d'essai de perméabilité in situ	Sondage de référence	Dénomination	Profondeur (m)
Essai Nasberg	EE1	...	2-3
Essai Nasberg	EE2	...	2-3
Essai Nasberg	EE3	...	2-3

2.6 Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire suivants ont été réalisés :

Identification des sols	Sondage	Nombre	Norme
Teneur en eau pondérale W	F1 à F9	15	NF P 94-050
Masse volumique	F1 à F9	2	NF P 94-053
Analyse granulométrique par tamisage	F1 à F9	12	NF P 94-056
Analyse granulométrique par sédimentation	...	...	NF P 94-057
Limites d'Atterberg WI et Wp déterminées à la coupelle et au rouleau	...	...	NF P 94-051

Détermination des limites WI et Wp au cône	...	...	NF P 94-052-1
Valeur au bleu du sol (VBS)	F1 à F9	12	NF P 94-068
Teneur en Matières Organiques (MO)	...	...	NF P 94-055
Classification des sols (GTR 2000)	F1 à F9	3	NF P 11-300
Essai de compactage à l'essai Proctor Normal ou Modifié	F1 à F9	3	NF P 94-093
Indice Portant Immédiat (IPI)	F1 à F9	3	NF P 94-078

Caractéristiques mécaniques	Sondage	Nombre	Norme
Test aptitude des sols au traitement	F1 à F9	3	NF P94-074
Essai triaxial consolidé non drainé avec mesure de la pression interstitielle (CU + u)	...	2	NF P94-074
Essai de fluage à l'œdomètre	...	...	NF P94-090-2

Analyse chimique	Sondage	Nombre	Norme
Mesure de l'agressivité des sols vis-à-vis des bétons, comprenant : - Mesure du dosage en sulfates, mesure de l'acidité Bauman Gully	EN 206-1
Mesure de l'agressivité de la nappe vis-à-vis des bétons, comprenant : - Mesure du pH, résistivité, cations, anions, titre alcalimétrique (TA/TAC), CO2 agressif	EN 206-1

3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.1 Analyse géologique du site

L'ensemble des résultats permet de dresser la coupe géologique schématique ci-après (sous de la terre végétale d'épaisseur 50 cm environ) :

- H1 / des **sables argileux marron à brunâtre et peu compacts**, reconnus jusqu'à 2 à 3 m de profondeur. Ils correspondraient au faciès altéré et sablo argileux des Sables de l'Orléanais ;
- H2 / des **sables argileux beigeâtres, grisâtres, marron clair et moyennement compacts**, reconnus jusqu'à 4 à 6 m de profondeur. Ils correspondraient au faciès sain et sablo argileux des Sables de l'Orléanais ;
- H3 / des **sables fins beigeâtres à jaunâtres et compacts**, reconnus jusqu'à 6 à 7 m de profondeur. Il s'agit vraisemblablement du faciès sein et sableux des Sables de l'Orléanais ;
- H4 / des **calcaires, calcaires marneux et marnes sableux beiges**, reconnus jusqu'à au moins 15 m de profondeur, profondeur maximale de foration. Ils sont attribués aux Calcaires de Beauce.
- H5 / des **argiles vertes à marron et peu compactes**, reconnues jusqu'à 2 à 3 m de profondeur. Il s'agit vraisemblablement du faciès altéré des Argiles de l'Orléanais.
- H6 / des **argiles vertes à marron et compactes**, reconnues jusqu'à 6 m de profondeur. Il s'agit également du faciès sein des Argiles de l'Orléanais.

Les sondages pressiométriques réalisés à la tarière et les fouilles à la pelle mécaniques montrent que les Argiles de l'Orléanais se situent à l'Ouest de la parcelle. Les Sables de l'Orléanais sont à l'Est et au centre de la parcelle.

Remarques :

- L'épaisseur des différents horizons peut varier notablement d'un point à un autre du terrain étudié ;
- Il est toujours possible, dans un tel environnement, de rencontrer des couches de remblais qui n'auraient pas été mises en évidence dans nos sondages ;
- La description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes d'une part à la méthode de forage en destructif et, d'autre part, au caractère aveugle des sondages pénétrométriques ;
- Rappelons que les coupes de sols établies sur la base des sondages destructifs et semi destructifs ne sont qu'indicatives en raison de leur mode d'exécution, et que seuls les sondages carottés permettent d'établir une coupe lithologique précise.

3.2 Piézométrie – Niveaux d'eau - Inondabilité

Aucun niveau d'eau n'a été observé au droit des fouilles à la pelle mécanique descendues jusqu'à 3 m de profondeur par rapport au TN en juin 2019.

Les pressiométriques réalisés à la tarière ont mis en évidence la présence d'eau vers 6 à 7 m de profondeur par rapport au TN en cours de foration à l'issue de leur réalisation en juin 2019.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de statuer sur l'existence ou non d'une nappe permanente ou temporaire, ni de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau qui peut remonter fortement en période pluvieuse et suivant le marnage (si étude proche d'un fleuve).

Toutefois, on ne peut exclure la présence de circulations anarchiques notamment dans les formations superficielles. Elles pourront être plus ou moins prononcées en fonction des conditions climatiques.

Le niveau des P.H.E (Plus Hautes Eaux) peut être déterminé par la réalisation d'une étude hydrogéologique spécifique. Cette étude pourra être confiée à un bureau d'étude spécialisé.

Un équipement piézométrique a été installé sur les sondages SP2 et EE1 afin de permettre au Maître d'œuvre de vérifier le niveau d'eau.

3.3 Essais in-situ

3.3.1 Essais pressiométriques

Le tableau qui suit résume, pour chaque faciès testé, les principaux résultats des essais pressiométriques reportés en ANNEXE n°4.

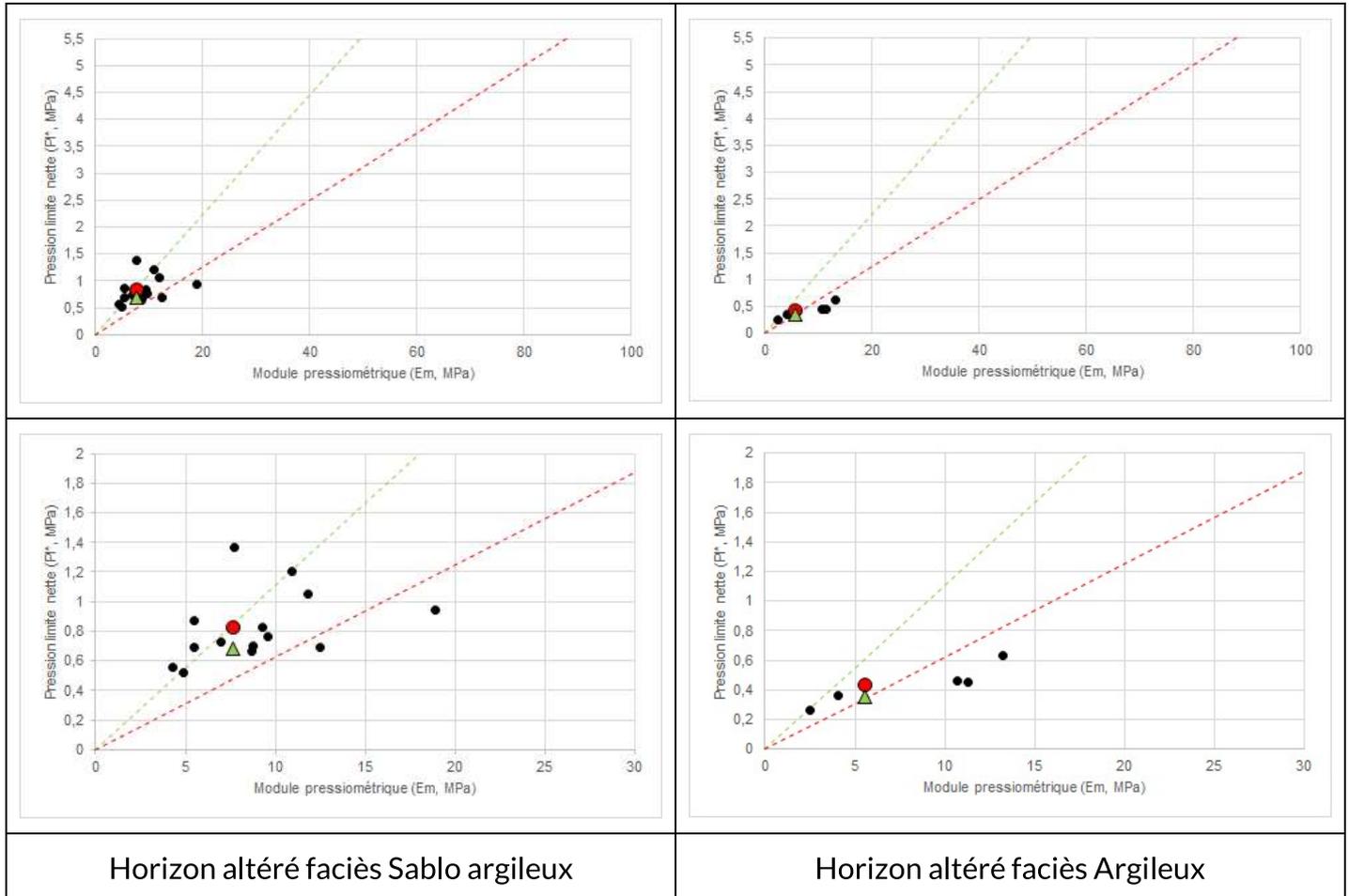
Il convient de rappeler que des variations horizontales et/ou verticales inhérentes au passage d'un faciès à un autre sont toujours possibles mais difficiles à détecter en sondage. **De ce fait, les caractéristiques gardent un caractère représentatif, mais jamais absolu.**

Horizon	Base de l'horizon (m/TN actuel)	Nombre d'essais	Pression Limite nette				Module Pressiométrique		
			pl* (MPa)				E _M (MPa)		
			Min	Max	Moy _{ar}	σ	Min	Max	Moy _{ha}
H1 - Sables argileux d'Orléannais altérés	2-3	14	0,52	1,37	0,83	0,23	4	19	8
H2 - Sables argileux d'Orléannais sains	4-6	23	0,84	3,67	1,9	0,7	11	56	20
H3 - Sables d'Orléannais	7-8	28	0,63	4,12	2,4	1,0	4	69	17
H4 - Calcaires de Beauces	>15	49	1,64	4,94	4,2	0,7	29	180	64
H5 - Argiles de l'Orléannais altérées	2-3	5	0,26	0,63	0,43	0,1	3	13	6
H6 - Argiles de l'Orléannais saines	4-6	4	1,18	3,52	2,3	0,8	18	29	23

Moy_{ar}: Moyenne arithmétique Moy_{ha}: Moyenne harmonique σ: Ecart type

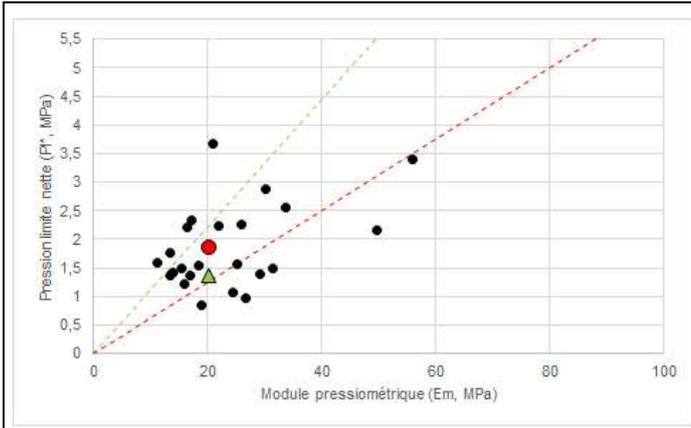
Les graphiques ci-après mettent en évidence la dispersion des essais pressiométriques au sein de chaque formation.

Pour les horizons altérés du faciès sablo argileux des Sables de l'Orléanais ainsi que pour celui du Argiles de l'Orléanais, les compétences mécaniques sont faibles et relativement homogènes.

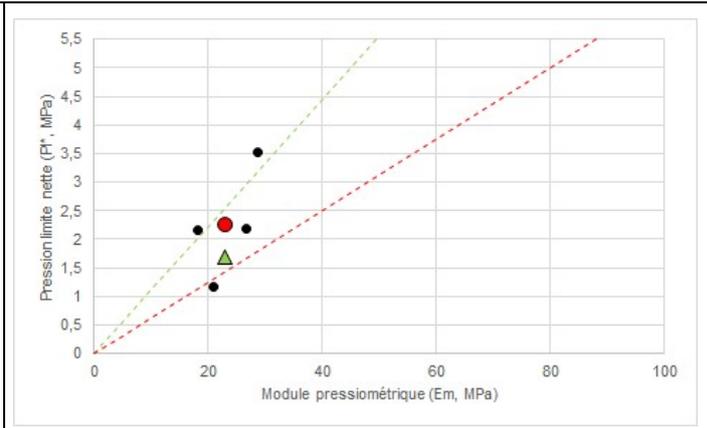


- Valeur pressiométrique moyennes avec PI* arithmétique
- ▲ Valeur pressiométrique moyenne avec PI*géométrique-1/2 écart-type

Pour l'horizon sein du faciès sablo argileux des Sables de l'Orléanais ainsi que pour celui du Argiles de l'Orléanais, les caractéristiques mécaniques varient de moyennes à bonnes. Globalement, elles sont bonnes.



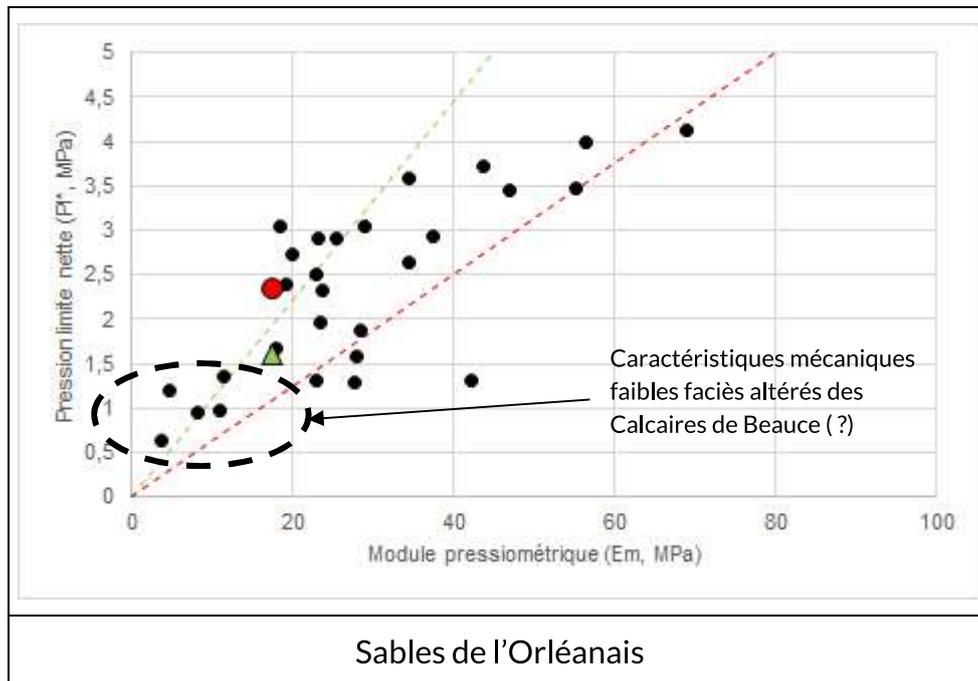
Horizon altéré faciès Sablo argileux



Horizon altéré faciès Argileux

Pour l'horizon sein du faciès sableux des Sables de l'Orléanais, les propriétés mécaniques sont hétérogènes allant de faibles à très bonnes. Globalement, elles sont bonnes.

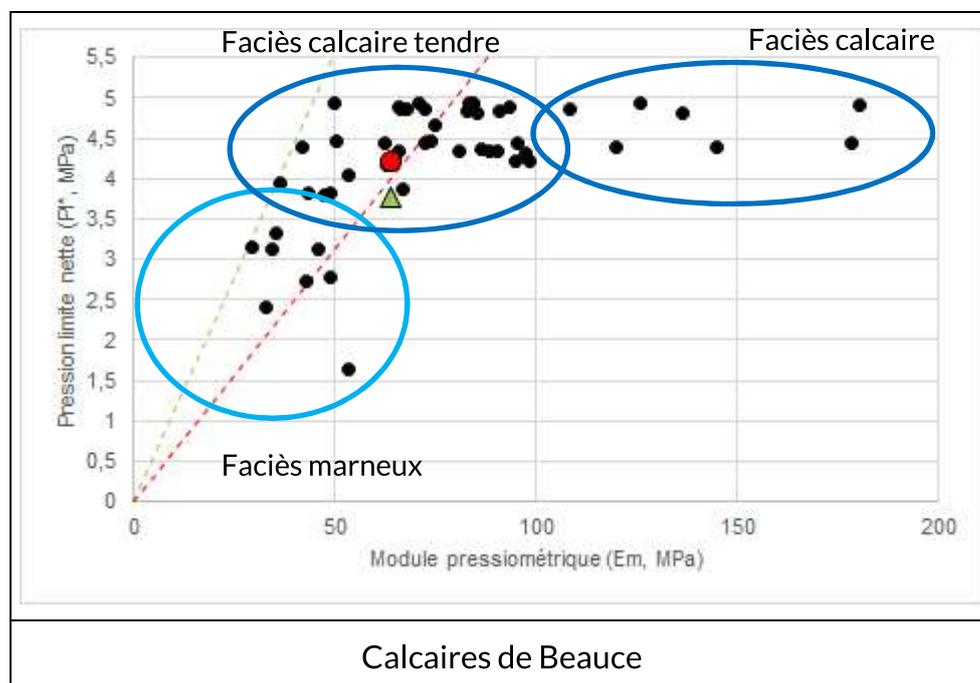
Il est probable qu'à la base de la série, une strate altérée des Calcaires de Beauce sous-jacente au pu être confondue avec cette formation.



Sables de l'Orléanais

Pour Calcaires de Beauce, les compétences mécaniques sont globalement excellentes. Cependant, les valeurs pressiométriques confirment la présence de plusieurs faciès :

- un faciès induré, calcaires sens strict, avec des modules pressiométriques supérieurs à 100 MPa,
- un faciès rocheux, calcaires tendres et calcaires marneux, avec des modules de 50 à 100 MPa.
- Un faciès marneux, marnes et marnes sableuses, avec des modules de 20 à 50 MPa.



3.3.2 Essais de pénétration dynamique

Il s'agit d'essais qualitatifs permettant entre autres, de vérifier la résistance du sol, l'homogénéité et la succession des différentes couches connues par ailleurs, la présence d'anomalies éventuelles (couche molle, blocs, vides, etc, ...).

Par ailleurs, les essais pénétrométriques étant des sondages dits « aveugles », la géologie des terrains ainsi que les limites de couches sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes et notamment des valeurs de compacité du sol. La nature des terrains et leur compacité devront, par conséquent, être confirmées lors des travaux.

La consistance pour les sols fins hors nappe est déterminée d'expérience à l'aide des seuils suivants :

- Plastique ou molle : $q_d < 2 \text{ MPa}$;
- Moyennement compact : $2 < q_d \text{ (MPa)} < 10 \text{ MPa}$;

- Compact : $q_d > 10 \text{ MPa}$.

Secteur Bâtiment Nord

Au droit du futur Bâtiment Nord, les sols sont peu compacts sur les deux premiers mètres puis moyennement compact jusqu'à environ 3 m voire localement 4 m, sondage P4.

L'amélioration de la portance des sols avec la profondeur confirme les caractéristiques mécaniques mesurées avec les essais pressiométriques.

Les sondages P14 et P19 présentent une baisse de la portance vers 6 m de profondeur. Les résistances dynamiques sont de l'ordre de 9 MPa. Ceci peut correspondre à une poche d'altération des Calcaires de Beauce.

Profondeur (m)	P1	P2
	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)
0-0,6	10,3	3,6
0,6-1,2	6,5	4,7
1,2-1,8	9,1	11,9
1,8-2,4	14,6	19,1
2,4-3,0	22,3	42,4
3,0-3,6	27,9	44,4
3,6-4,2	27,4	39,1
4,2-4,8	35,8	36,3
4,8-5,4	Arrêt	31,8
5,4-6,0		16,9
6,0-6,6		Arrêt

Profondeur (m)	P3	P4	P5	P6
	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)
0-0,6	3,6	3,0	3,6	4,3
0,6-1,2	2,3	2,4	5,3	5,3
1,2-1,8	7,9	2,8	13,6	7,9
1,8-2,4	14,0	4,3	22,7	8,1
2,4-3,0	17,5	5,8	18,0	11,1
3,0-3,6	27,4	7,5	42,9	14,0
3,6-4,2	38,2	9,8	42,2	44,7
4,2-4,8	32,0	9,0	47,6	23,6
4,8-5,4	24,7	14,0	20,3	28,1
5,4-6,0	17,4	22,7	Arrêt	18,7
6,0-6,6	Arrêt	Arrêt		22,4
6,6-7,2				Arrêt

Profondeur (m)	P7	P8	P9	P10
	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)
0-0,6	2,4	2,4	5,5	5,5
0,6-1,2	4,7	1,2	5,9	7,0
1,2-1,8	9,6	2,8	8,5	11,3
1,8-2,4	21,7	4,4	9,8	15,2
2,4-3,0	28,7	6,9	17,5	28,1
3,0-3,6	34,4	8,0	42,4	40,4
3,6-4,2	27,3	20,3	44,5	43,1
4,2-4,8	66,4	27,8	32,5	28,3
4,8-5,4	27,7	22,8	22,9	26,5
5,4-6,0	Arrêt	17,4	12,9	20,5
6,0-6,6		Arrêt	Arrêt	Arrêt

Profondeur (m)	P11	P12	P13	P14
	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)
0-0,6	4,3	2,4	6,1	5,5
0,6-1,2	2,3	1,2	5,9	6,5
1,2-1,8	5,7	4,0	15,3	10,8
1,8-2,4	14,6	7,5	20,4	13,1
2,4-3,0	17,0	11,7	26,5	14,9
3,0-3,6	19,5	14,0	29,4	27,4
3,6-4,2	20,5	21,0	38,3	36,6
4,2-4,8	23,6	24,5	28,3	29,7
4,8-5,4	25,9	17,9	11,0	9,1
5,4-6,0	17,4	Arrêt	14,7	12,9
6,0-6,6	Arrêt		Arrêt	Arrêt

Profondeur (m)	P15	P16	P17	P18	P19
	Contrainte moy (MPa)				
0-0,6	6,1	7,3	5,5	7,9	4,3
0,6-1,2	1,2	9,9	2,6	6,5	7,7
1,2-1,8	3,4	8,5	2,4	10,8	12,5
1,8-2,4	7,6	7,6	7,0	9,8	15,0
2,4-3,0	8,5	13,8	10,1	18,0	28,7
3,0-3,6	11,0	15,5	12,5	25,5	31,9
3,6-4,2	19,8	27,8	22,4	45,0	24,4
4,2-4,8	39,6	37,2	40,5	37,7	22,1
4,8-5,4	25,0	32,9	25,9	Arrêt	9,0
5,4-6,0	15,2	Arrêt	Arrêt		10,7
6,0-6,6	Arrêt				Arrêt

Secteur voirie médiane

Au droit de secteur central où sera aménagé les futurs parkings PL et VL, les sols sont très peu compacts sur les deux premiers mètres. Il s'agit vraisemblablement de sols remaniés, à mettre en relation avec la présence du Ru.

Au-delà de 2 m de profondeur par rapport au TN existant, la portance des sols s'améliore hormis vers 6 m de profondeur, baisse de portance.

Les sondages P28, P29 et P30 présentent une baisse de la portance vers 6 m de profondeur. Les résistances dynamiques sont de l'ordre de 9 MPa, poche d'altération des Calcaires de Beauce (?).

Profondeur (m)	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
	Contrainte moy (MPa)						
0-0,6	0,9	0,4	4,3	6,1	3,6	4,9	2,4
0,6-1,2	0,8	1,9	8,9	3,5	7,1	7,6	1,0
1,2-1,8	6,2	5,1	10,2	7,4	15,3	9,1	3,6
1,8-2,4	17,2	15,0	16,3	16,1	12,6	20,0	9,7
2,4-3,0	27,6	23,3	13,8	22,3	18,6	27,1	19,6
3,0-3,6	31,9	28,4	39,4	15,0	26,9	29,9	40,4
3,6-4,2	37,7	30,4	90,0	20,5	24,4	32,2	27,9
4,2-4,8	48,0	23,6	Refus	23,6	22,1	44,8	33,0
4,8-5,4	Refus	18,1		60,4	10,1	13,3	30,4
5,4-6,0		16,9		19,2	16,9	21,0	16,5
6,0-6,6		11,4		Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt
6,6-7,2		Arrêt					

Profondeur (m)	P27	P28	P29	P30	P31	P32
	Contrainte moy (MPa)					
0-0,6	1,8	1,8	6,1	2,2	11,5	1,3
0,6-1,2	1,8	1,0	6,5	5,8	6,5	0,4
1,2-1,8	6,2	3,0	12,5	13,6	9,6	3,5
1,8-2,4	9,8	5,9	27,5	17,2	10,3	11,3
2,4-3,0	9,0	10,1	38,7	19,1	19,6	21,8
3,0-3,6	13,0	8,5	29,4	31,4	38,9	17,5
3,6-4,2	29,4	27,6	48,0	32,8	42,9	23,0
4,2-4,8	30,1	40,0	44,3	31,6	46,6	38,6
4,8-5,4	34,0	20,7	42,5	22,0	31,5	48,5
5,4-6,0	15,2	8,0	21,0	8,5	10,7	25,0
6,0-6,6	Arrêt	11,0	6,8	10,3	42,4	Arrêt
6,6-7,2		Arrêt	18,2	Arrêt	Arrêt	
7,2-8,0			Arrêt			

Secteur Bâtiment sud

Au droit du futur bâtiment Sud, les sols sont très peu compacts à peu compacts sur les deux à trois premiers mètres. La portance des sols s'améliore ensuite.

Certains sondages P33, P36, P42, P45, P55 et P59 présentent une baisse de la portance entre 4 et 6 m de profondeur. Les résistances dynamiques vont de 5 à 9 MPa, poche d'altération des Calcaires de Beauce (?).

Profondeur (m)	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40
	Contrainte moy (MPa)							
0-0,6	0,8	3,0	1,2	1,2	3,3	8,5	4,9	0,9
0,6-1,2	0,4	2,4	2,3	1,3	0,9	8,9	7,6	0,4
1,2-1,8	17,0	7,4	6,8	2,6	7,9	9,6	11,9	3,4
1,8-2,4	28,7	21,9	15,7	7,5	20,5	18,9	19,4	7,0
2,4-3,0	32,4	28,7	35,0	9,6	30,2	18,0	30,8	16,4
3,0-3,6	30,4	37,9	29,9	11,5	41,9	37,4	39,9	20,5
3,6-4,2	22,2	33,8	29,9	27,4	86,1	37,7	37,9	20,5
4,2-4,8	7,5	27,3	22,6	24,0	141,3	41,9	23,6	23,6
4,8-5,4	16,8	16,7	Arrêt	7,8	Refus	28,5	Arrêt	27,7
5,4-6,0	21,4	18,7		Arrêt		Arrêt		20,5
6,0-6,6	Arrêt	Arrêt						Arrêt

Profondeur (m)	P41	P42	P43	P44	P45	P46	P47
	Contrainte moy (MPa)						
0-0,6	3,0	6,7	4,3	3,0	6,7	2,4	4,3
0,6-1,2	3,6	7,6	11,3	1,2	5,3	1,2	7,1
1,2-1,8	0,5	14,7	12,5	6,2	7,9	4,5	8,5
1,8-2,4	4,8	20,4	15,7	10,8	10,3	11,4	7,1
2,4-3,0	12,7	21,8	29,2	21,8	11,7	14,9	19,1
3,0-3,6	30,9	33,4	42,9	23,5	15,0	39,4	33,9
3,6-4,2	32,9	30,3	50,4	32,0	25,4	46,4	35,4
4,2-4,8	23,6	29,7	43,3	30,6	25,9	50,9	57,9
4,8-5,4	15,9	12,0	29,6	49,4	23,7	53,7	Arrêt
5,4-6,0	21,4	6,7	14,3	Arrêt	16,1	25,0	
6,0-6,6	Arrêt	12,7	Arrêt		9,7	Arrêt	
6,6-7,2		Arrêt			13,3		
7,2-8,0					Arrêt		

Profondeur (m)	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54
	Contrainte moy (MPa)						
0-0,6	1,3	4,9	1,8	1,8	1,0	5,5	3,6
0,6-1,2	0,4	5,3	5,9	5,3	0,8	5,9	5,3
1,2-1,8	1,8	12,5	7,4	1,7	4,2	8,5	8,5
1,8-2,4	6,5	16,8	10,8	3,3	8,7	9,2	13,0
2,4-3,0	6,9	15,4	12,2	6,4	11,7	12,7	25,5
3,0-3,6	8,0	15,5	22,0	8,5	18,5	27,4	47,4
3,6-4,2	22,0	35,7	39,2	15,5	23,6	29,4	41,5
4,2-4,8	17,4	27,3	46,6	18,8	39,1	28,7	29,7
4,8-5,4	16,8	23,6	Arrêt	15,0	17,9	34,1	34,2
5,4-6,0	23,2	21,9		13,8	Arrêt	21,4	12,0
6,0-6,6	Arrêt	Arrêt		Arrêt		Arrêt	14,0
6,6-7,2							20,0
7,2-8,0							Arrêt

Profondeur (m)	P55	P56	P57	P58	P59	P60
	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)	Contrainte moy (MPa)
0-0,6	1,5	6,1	0,6	4,9	1,8	3,6
0,6-1,2	5,0	8,3	1,8	6,4	4,7	5,3
1,2-1,8	10,2	6,2	3,4	7,9	7,9	9,1
1,8-2,4	10,8	10,8	9,8	8,1	8,1	27,5
2,4-3,0	11,1	13,8	10,1	14,9	7,4	30,2
3,0-3,6	8,5	13,0	10,5	31,9	8,5	33,4
3,6-4,2	17,5	19,5	24,3	33,1	13,6	34,3
4,2-4,8	38,6	35,8	47,1	22,1	29,7	40,0
4,8-5,4	31,4	41,6	43,3	33,1	34,1	11,8
5,4-6,0	21,9	31,7	29,4	24,1	18,7	Refus
6,0-6,6	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	Arrêt	

3.3.3 Essais de perméabilité

Les résultats des essais de perméabilité réalisés ainsi que leur interprétation sont repris dans le tableau suivant :

Sondage	Essai réalisé	Profondeur de l'essai (m/TN)	Nature du terrain testé	Perméabilités mesurées (m/s)	Perméabilité retenue (m/s)
EE1	Nasberg	2-3	Sables argileux	2.08 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
EE2	Nasberg	2-3	Sables argileux	3,58 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷
EE3	Nasberg	2-3	Argiles	1.37 10 ⁻⁸	10 ⁻⁸

* observations éventuelles à apposer à un essai qui aurait subi un colmatage à l'injection par exemple ?

Le faciès sablo argileux des formations de l'Orléanais présente des perméabilités faibles de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-7} m/s.

Le faciès argileux des formations de l'Orléanais a des perméabilités très faibles de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-7} m/s.

Nota : ces perméabilité faibles expliquent les rétentions d'eau devant se former sur ces parcelles en période de fortes pluviométrie.

Il s'agit d'essais de perméabilité ponctuels, n'intéressant qu'un volume de sol limité à l'encaissant immédiat de la cavité d'essai. Les valeurs obtenues peuvent donc fortement varier suivant la granulométrie du sol. Seul un essai de pompage permettra d'estimer une perméabilité en grand du terrain.

3.4 Essais en laboratoire

3.4.1 Identification des sols + teneurs en sulfates

Les résultats complets des essais de laboratoire sont fournis sous forme de fiches et procès-verbaux en ANNEXE n°6.

Les principaux résultats des essais d'identification sont repris dans le tableau ci-dessous :

Sondage	Profondeur de l'échantillon (m/TN)	Nature du terrain	Résultats					
			w (%)	< 80 mm	WL	WP	Teneur SO4 %	Classe GTR
F1	1	Arg. Marn. Vert.	29.7	94 %	73	29	0.02%	A4
	2	Arg. Sabl barriero.	24.0					
F2	1	Arg. Bei.verd.	21.0	81 %	66	24	0.01%	A4
	2	Arg. Sab. Beig.	16.7					
	3	Arg. Sab. Beig.	17.9					
F3	1	Arg. Sab. Beig.	16.5	40 %	58	21	0.01%	A3
	2	Arg. Beig. Verd.	34.8					
F4	1	Arg. Verte	29.1	70 %	71	26	0.01%	A4
	2	Arg. Sab. Vert.	20.0					
F5	1	Arg. Sab. Brune	23,1	58 %	49	21	0.01%	A3
	2	Arg. Verte	36.0					
F6	1	Arg. Sab. Bar.	15.6	62 %	45	23	0.01%	A2
	2	Sab. Arg. Bei	17.8	60 %	43	23	0.01%	
F7	1	Arg verte	24.2	57%	62	23	0.01%	A3
	2	Arg. Sab. Barriero	13.9					
F8	1	Arg. Sab. Barriero	15.6	60 %	58	21	0.01%	A3
	2	Arg.verte	17.8					
F9	1	Arg verte	16.0	71 %	47	21	0.01%	A3
	2	Arg. Sab. Barriero	27.5					

Sol moyen	Profondeur de l'échantillon (m/TN)	Nature du terrain	Résultats					
			w (%)	< 80 mm	WL	WP	Teneur SO4 %	Classe GTR
sable beige à mottes d'argile	1-2	sable beige à mottes d'argile	17.9	52 %	37	19	0.01%	A2h
Argile sableuse bariolée	1	Argile sableuse bariolée	26.2	70 %	63	24	0.01%	A3h
Argile verte	1	Argile verte	29.1	70 %	71	26	0.01%	A4

3.4.2 Essais de compactage / étude de traitement

Les procès-verbaux des essais sont reportés en ANNEXE 5.

Les essais Proctor normal - IPI - CBR ont été conduits sur les familles de sols représentatives du site reconnu, et mènent aux résultats suivants :

Sol moyen	Profondeur de l'échantillon (m/TN)	Traitement	Essai Proctor normal	IPI	Classe GTR
Sable beige à mottes d'argile A2	1-2	0,5 % CaO + 7% CEM II 32,5	$\gamma_{dmax}=1,59 \%$	28	A2
			$W_{nat}= 17.9 \%$		
			$W_{opn}=19.0 \%$		
Argile sableuse bariolée A3	1	1,5 % CaO + 6% CEM II 32,5	$\gamma_{dmax}= 1,43 \%$	17	A3
			$W_{nat}= 26.2 \%$		
			$W_{opn}= 17,0 \%$		
Argile verte A4	1-2	2 % CaO	$\gamma_{dmax}= 1,34 \%$	22	A4
			$W_{nat}= 29 \%$		
			$W_{opn}= 24 \%$		
				$I_{CBR\ 4j}=17$	

Sol moyen	Traitement	GV % 7 j	Rtb 7 j	Rc 7j
-----------	------------	----------	---------	-------

Sable beige à mottes d'argile A2	0,5 % CaO + 7% CEM II 32,5	0,1 % Apte	0,409 MPa Apte	1,42 MPa Apte
Argile sableuse bariolée A3	1,5 % CaO + 6% CEM II 32,5	0,6 % Apte	0,189 Douteux	0,74 MPa Douteux

3.4.3 Résultats des essais mécaniques en laboratoire

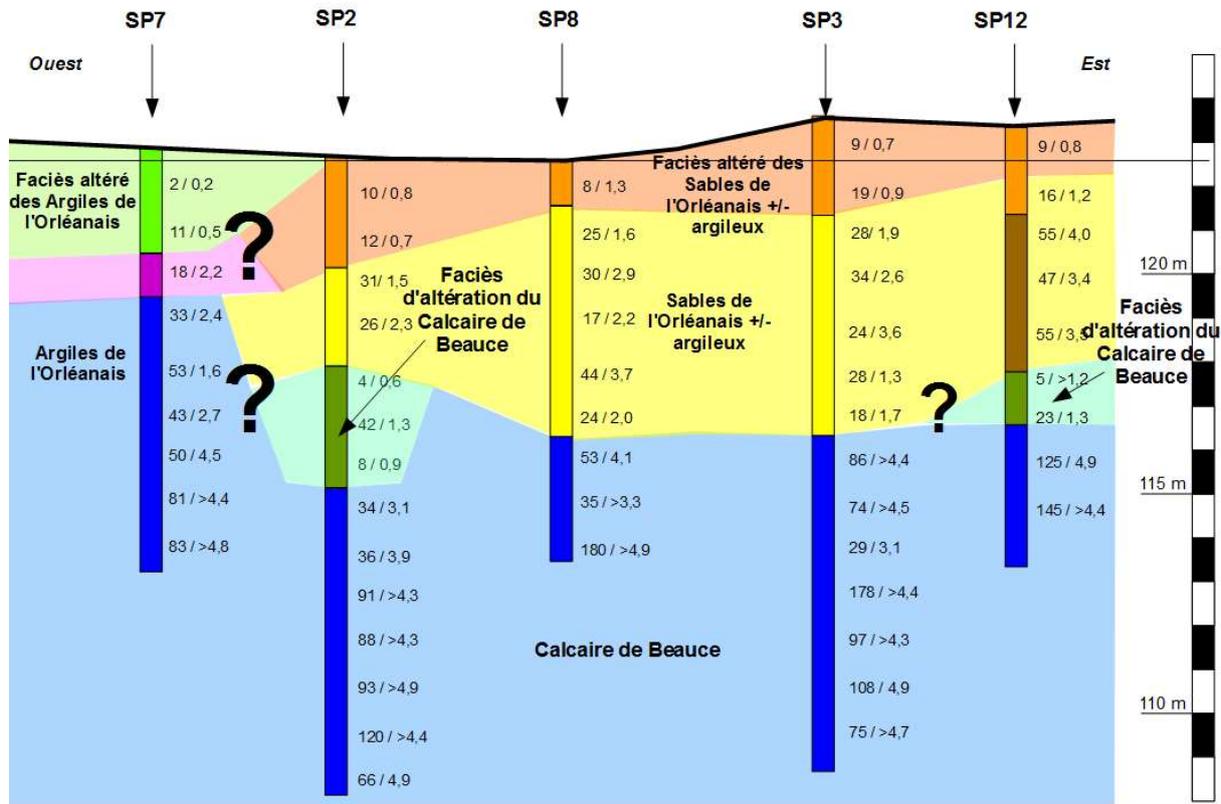
Les résultats des essais mécaniques réalisés en laboratoire sur des échantillons remaniés / intacts prélevés dans les sondages réalisés sont repris dans le tableau suivant :

Sondage	Profondeur de l'échantillon (m/TN)	Nature de l'échantillon prélevé	Caractéristiques mécaniques mesurées								
			C_{Cu} (kPa)	φ_{Cu} (°)	c' (kPa)	φ' (°)	C_c	C_s	C_v	γ_h (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)
F4	1 - 1,5	Argile sableuse verdâtre	38.6	20	10	27				19.9	16.4
F7	1,5 - 2	Sable argileux beige	35.3	20.5	4,5	34,7				20.3	17.6

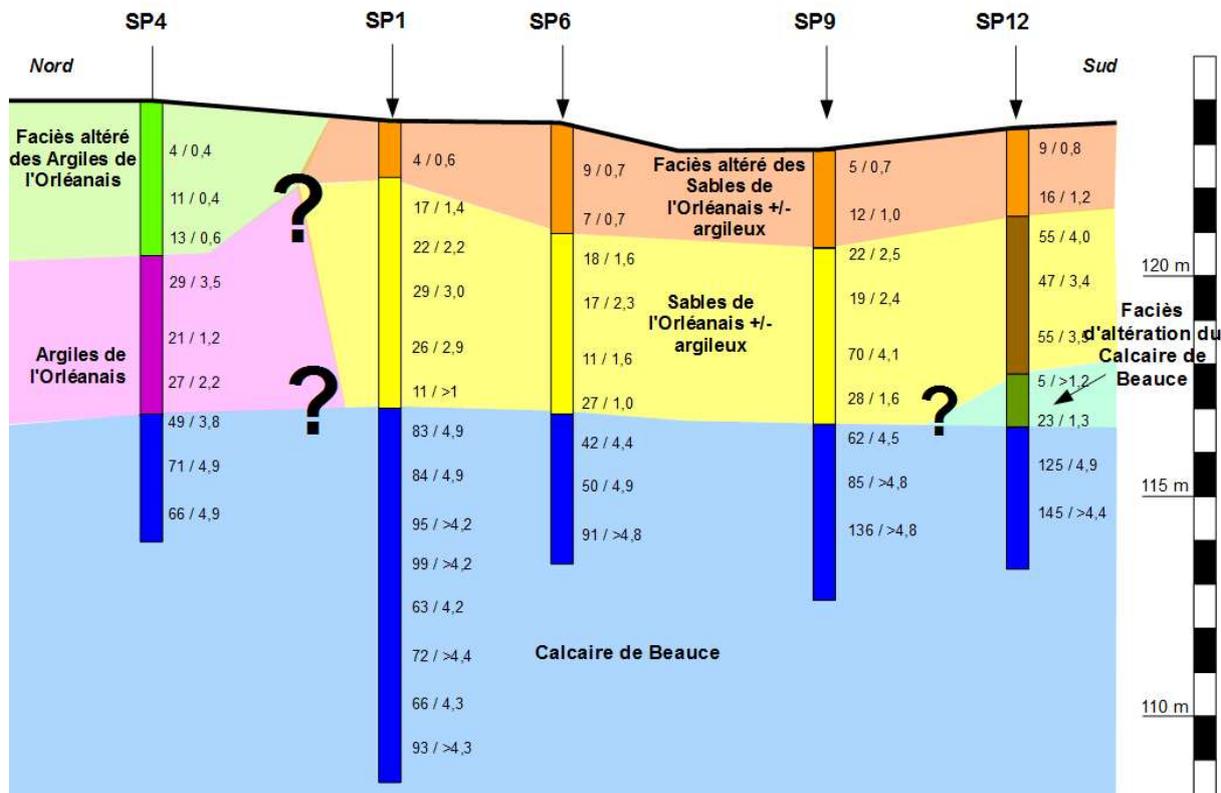
4 SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

4.1 Synthèse lithologique

Les deux schémas ci-après regroupent l'ensemble des données et constituent une interprétation lithologique et mécaniques de celles-ci.



Coupe géotechnique Est/Ouest au droit de la parcelle



Coupe géotechnique Nord/Sud au droit de la parcelle

Il convient de rappeler que des variations horizontales et/ou verticales inhérentes au passage d'un faciès à un autre sont toujours possibles mais difficiles à détecter en sondage. **De ce fait, les caractéristiques gardent un caractère représentatif, mais jamais absolu.**

Par ailleurs, les essais pénétrométriques étant des sondages dits « aveugles », la géologie des terrains ainsi que les limites de couches sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes et notamment des valeurs de compacité du sol. La nature des terrains et leur compacité devront, par conséquent, être confirmées lors des travaux.

4.2 Synthèse et analyse géomécaniques

4.2.1 Synthèse

Les caractéristiques qui pourront être retenues dans les calculs au stade de l'avant-projet sont présentées dans le tableau suivant :

Horizon	Base de l'horizon		Résistance de pointe Rd /qc (MPa)	Pression Limite nette pl* (MPa)	Module Pressiométrique EM (MPa)	Coefficient rhéologique α
	m/TN actuel	NGF				
H1 - Sables argileux de l'Orléanais altérés				0.8	19	1
H2 - Sables argileux de l'Orléanais sains				1.8	55	1
H3 - Sables de l'Orléanais				2.3	70	1/2
H4 - Calcaires de Beauce				4.2	180	1/3
H5 Argiles de l'Orléanais altérées				0.3	13	1
H6 - Argiles de l'Orléanais saines				2.2	29	2/3

Pour la pression limite, il a été retenu la moyenne arithmétique / moyenne géométrique diminuée d'un demi écart type arrondie, limitée à 1.5 fois la plus petite valeur.

Pour le module pressiométrique, il a été retenu la moyenne harmonique arrondie.

Pour la résistance de pointe q_c , il a été retenu la valeur moyenne écrêtée (valeurs écrêtées à 1.3 x moyenne) cf. annexe E de NF P94-261 et annexe G de NF P94-262.

Par ailleurs, les essais mécaniques en laboratoire ou les résultats des essais pressiométriques nous permettent de préciser ou d'estimer les paramètres suivants :

Nature des sols	Poids volumique (kN/m ³)(*)	Court terme		Long terme	
		φ_{uu} (degré)(*)	c_{uu} (kPa)(*)	φ' (degré)(*)	c' (kPa)(*)
H1 – Sables argileux	20.3	20	40	35	5
H5 – Argiles sableuses	19.9	20	35	27	10

4.2.2 Analyse

- ↪ Les faciès altérés des Sables et Argiles de l'Orléanais ont des caractéristiques mécaniques faibles. Ils sont également sensibles au phénomène de retrait gonflement des argiles. Ils ne constitueront donc pas un horizon d'assise adéquat pour les ouvrages à fonder.

Ces sols sont sensibles aux variations hydriques en termes de portance et peuvent poser des problèmes de traficabilité en phase travaux.

- ↪ Les faciès sains des Sables et Argiles de l'Orléanais présentent des caractéristiques mécaniques moyennes à bonnes. En fonction des descentes de charges des bâtiments, ils pourront servir de sols d'assise pour les futurs bâtiments
- ↪ Les Calcaires de Beauce sont ici un horizon compact pouvant également servir de sol d'assise pour l'ouvrage. Le toit rocheux, rencontré entre 6 et 8 m, présente souvent un niveau irrégulier, entraînant des sujétions d'exécution : sur profondeurs locales, pontages, raidissement, terrassement nécessitant l'emploi de brise-roche, d'éclateurs ou d'explosifs.

Les sur profondeurs résultent de l'altération du toit des Calcaires, type lapiaz. Des dissolutions de type avens et grottes restent toujours probable dans le contexte géologique local bien que non observées sur ces sondages.

4.3 Hydrogéologie

- ↪ Des circulations d'eau ont été repérées lors des forages vers 5 à 6 m de profondeur. Bien qu'il ne semble pas s'agir d'une véritable nappe, ces venues d'eau peuvent provoquer des sujétions particulières lors de l'exécution des travaux (instabilité des parois, débousses, venues d'eau en fond de fouille) pouvant nécessiter des adaptations.

4.4 Protection des ouvrages vis-à-vis de l'agressivité de l'eau et des sols

Sur les échantillons de sol prélevés, les résultats des analyses montrent des taux inférieurs aux seuils fixés par la norme EN 206-1.

En conséquence, et suivant le résultat des mesures d'agressivité du sol et de la nappe vis-à-vis du béton, aucune exigence particulière n'est à priori, à entreprendre sur la formulation du béton (classe d'environnement inférieur à XA1).

4.5 Sols sensibles au retrait - gonflement

Les argiles rencontrées sur le site appartiennent ou risquent d'appartenir à la catégorie des sols gonflants et/ou rétractables.

Il conviendra de rechercher les dispositions constructives suivantes :

- ↪ **Rigidification** du niveau bas (la rigidité maximale dans le sens de la plus grande pente),
- ↪ **Coulage** des fondations à **pleine fouille sur toute la hauteur** et protection des longrines,
- ↪ Mise **hors dessiccation** du sol de fondation à assurer par un encastrement suffisant par rapport aux niveaux finis extérieur (1.5 m minimum), et intérieur. On notera que la profondeur de la dessiccation est une donnée très approximative au stade actuel des connaissances scientifiques,
- ↪ Vide sanitaire à préférer au dallage sur terre-plein dans le cadre de bâtiment industriel il doit être envisagé une amélioration des sols support par inclusions rigides,
- ↪ Eviter tout épandage d'eau à proximité de la construction,
- ↪ Entourer les façades par un étanchement de surface suffisamment large pour éviter les infiltrations jusqu'au niveau des fondations (en particulier par les remblais) ou jusqu'au vide sanitaire s'il existe, aucun arbre de haute tige à une distance inférieure à 1.5 fois la hauteur de l'arbre adulte.

5 RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES

5.1 Textes réglementaires

Les textes réglementaires suivants ont été utilisés pour définir les pré-dimensionnements et recommandations fournis :

- ✓ Normes AFNOR en vigueur, ou notes techniques particulières existantes concernant les travaux de sondages et essais in-situ ou de laboratoire,
- ✓ AFNOR P 11-211 - DTU 13.11 Fondations superficielles et AFNOR P 11-711 - DTU 13.12 Règles pour le calcul des fondations superficielles,
- ✓ AFNOR P 11-212-1 - DTU 13.2 Fondations profondes pour le bâtiment.
- ✓ Fascicule n°62 Titre V « Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de génie civil ».
- ✓ Eurocode 7 - Partie 1 - « Calcul géotechnique - Règles générales »,
- ✓ NF P 94-261 - Calcul Géotechnique - Fondations superficielles (juin 2013) / Eurocode 7
- ✓ NF P 94-262 - Calcul Géotechnique - Fondations profondes (juillet 2012) / Eurocode 7
- ✓ AFNOR NF P 11-213 - DTU 13.3 Dallage, Conception, calcul et exécution - Partie 2 (mai 2007)
- ✓ Eurocode 8 - Partie 1 - « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes »
- ✓ NF P 94-281 - « Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Murs »,
- ✓ NF P 94-282 - « Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Ecrans »,
- ✓ NF P 94-270 - « Calcul géotechnique - ouvrage de soutènement - remblais renforcés et massif en sol cloué »,
- ✓ GTR / GTS.

5.2 Terrassements généraux et ponctuels

Il est rappelé que les terrassements prévus consisteront en un simple reprofilage du site ne nécessitant ni déblai ni remblai de hauteur supérieure à m.

ou

La plate-forme générale est prévue à la cote ; les terrassements généraux vont avoir les conséquences suivantes :

5.2.1 Zone en déblai

- ↪ Les déblais prévus atteignent une hauteur de 1 m. La terre végétale va être totalement décapé puis les faciès altérés des Argiles et Sables argileux de l'Orléanais vont partiellement décapés.
- ↪ La nappe phréatique ne sera interceptée par les déblais. Au droit des bassin d'infiltration des eau pluviale/noue, des venues d'eau ponctuelle restent toujours possibles, ce qui nécessitera des dispositions particulières d'épuisement à dimensionner dans le cadre d'une étude hydrogéologique spécifique.

5.2.2 Zone en remblai

- ↳ Les remblais sont de hauteur variable et atteindront au maximum de 1 m au droit du ru afin d'assurer la planéité de la plateforme et hors merlon de terre. Du fait la nature de ces remblais probablement extrait du site et la réalisation des voiries, il conviendra de les traiter à la chaux et ou aux liants hydrauliques afin d'en assurer la portance pour le trafic routier lourd.

5.2.3 Traficabilité en phase travaux

Les essais d'identification ont permis de classer les sols extraits comme :

- ✓ Sables altérés de l'Orléanais : classe G.T.R. A2
- ✓ Argiles sableuses altérées de l'Orléanais : classe G.T.R. A3
- ✓ Argiles altérées de l'Orléanais : classe G.T.R. A4

Il s'agit donc de sols sensibles au phénomène de retrait gonflement des argiles en fonction de leur état hydrique au moment de la reconnaissance.

En fonction des conditions rencontrées au moment des travaux, cet état hydrique peut varier sensiblement et les conditions d'utilisation de ces matériaux peuvent évoluer fortement.

Au droit des bâtiments et des voiries, l'état de la plate-forme au niveau prévu sera de qualité médiocre voire totalement décomprimé en cas d'intempéries ce qui posera d'importants problèmes de traficabilité. Les travaux préparatoires pourront être ceux qui seront à réaliser pour mettre en place correctement la couche de forme (cf paragraphe : niveau bas dallage)

5.2.4 Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais concernant les faciès altérés des Argiles et des Sables de l'Orléanais ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Il n'a pas été rencontré de blocs ou d'affleurement rocheux au droit des sondages. Malgré tout, il est possible d'en rencontrer sur ce site, pouvant nécessiter l'emploi d'engins ou de procédés spéciaux (éclateur, marteau pneumatique), voire d'explosifs.

L'entreprise veillera à utiliser une méthodologie et des moyens matériels adaptés à l'environnement , espace protégé pour l'écologie, des ouvrages et réseaux enterrés situés à proximité.

5.2.5 Drainage en phase travaux

En principe le terrain doit être sec en période estivale mais en période hivernale le ru en fond de vallat entre la partie Sud et la partie Nord de la parcelle.

La présence de venues d'eau à faible profondeur et la qualité médiocre des sols superficiels nécessitent de procéder à un drainage dès le démarrage du chantier (rigoles, épi, épuisement périphérique).

Cet aménagement devra être dimensionné par rapport à la phase d'exploitation de l'ouvrage car il sera obligatoire de réaliser des travaux hydrauliques sur cette parcelle afin d'assurer le maintien des écoulements d'eau du bassin versant circulant Est/Ouest.

5.2.6 Réalisation des remblais

Compte tenu de leur classe et de leur état d'humidité au moment de la reconnaissance, les matériaux de déblai du site pourront être réutilisés en remblai par conditions météorologiques favorables. Pour leur mise en œuvre, les précautions suivantes sont :

- ↳ Compactage après aération et scarification éventuelle pour abaisser la teneur en eau. En période climatique sèche, il faudra prévoir une humidification des sols
- ↳ Traitement des sols en place aux liants hydrauliques : chaux, ciment,...Ce procédé nécessite une **étude spécifique**. Il convient notamment de vérifier que le sol ne contient pas de sulfates pouvant entraîner la formation de sels expansifs (ettringite ou thaumasite), et de définir les dosages à prévoir en fonction de l'argilosité des sols traités (classement GTR). La qualité pouvant être ainsi obtenue devrait permettre de réaliser en une seule opération la préparation de la plate-forme et la couche de forme décrite ci-après, à condition d'adapter les épaisseurs traitées en conséquence.

Les terres excédentaires du site, liées aux travaux de terrassement des fondations des bâtiments pourront être évacuées et mise en décharge ou conservées sur site pour constituer des merlons paysagés dans les zones d'espaces verts. L'épaisseur de chacune des couches mises en œuvre ne dépassera pas les valeurs limites indiquées dans les recommandations G.T.R., en tenant compte de la classe de sol et du type d'engin de compactage utilisé. Les pentes des merlons devront en assurer une stabilité.

Un contrôle régulier au fur et à mesure de l'avancement du remblai sera nécessaire. Ce contrôle est à prévoir à chaque couche unitaire d'apport, et au minimum tous les mètres d'épaisseur. Les critères de réception du remblai par essais à la Dynaplaque ou à la plaque Ø 60 cm selon le mode opératoire du L.C.P.C - Norme pourront être un module $EV2 \geq 30 \text{ MPa}$ (avec $EV2/EV1 \leq 2$).

5.2.7 Remblaiements périphériques après construction

Compte tenu de la qualité du sol support, les remblaiements périphériques peuvent être réalisés tout à fait en fin de construction.

Compte tenu de la compressibilité du sol support, les remblaiements périphériques pour l'aménagement des abords (hors terre végétale finale) doivent être réalisés immédiatement après exécution du soubassement et du drainage périphérique pour provoquer les tassements et réduire leur conséquence sur l'ouvrage.

5.3 Présence d'eau et protection envisagée

Il a été dit précédemment que des **arrivées d'eau** avaient été repérées dans les sondages entre 5 et 6 m de profondeur, soit NGF 118 mNGF et 117 mNGF.

Les ouvrages à construire, hangar de stockage et commerciaux, n'auront pas de sous-sol. Il conviendra néanmoins d'éviter les infiltrations d'eau par le dallage du rez-de-chaussée en cas de formation de rétentions d'eau superficielles en cas de fortes pluviométries.

5.4 Principe de fondation

Compte tenu des éléments précédents, et pour le projet décrit ci-avant, il pourra être envisagé les principes constructifs suivants :

↳ Systeme de fondations :

- Fondations superficielles par appuis isolés / continus, ancrés vers 2,5 m de profondeur dans les horizons sains des Argiles / Argiles sableuses / Sables de l'orléanais, reconnu à partir de 1 de profondeur par rapport au terrain naturel actuel ;
- Consolidation préalable du terrain par inclusion et fondations superficielles,
- Fondations profondes ancrées dans les Calcaires de Beauce après confirmation de l'absence d'anomalies (karts)

5.5 Justification des fondations par semelles

5.5.1 Définition des fondations

Compte-tenu des résultats de nos investigations, il est possible d'envisager un système de **fondations superficielles de type semelles continues ou massifs isolés** ancrés de 0,5 m minimum dans les Argiles et Sables de l'Orléanais. observés à partir de 2 m/TN et encastrées au minimum de 2,5 m par rapport au terrain fini extérieur.

5.5.2 Règlements utilisés

Les recommandations et justifications des prédimensionnements ont été faites conformément à la norme NF P 94-261, norme d'application française de l'Eurocode 7 pour les fondations superficielles.

5.5.3 Etats limites de résistance du sol

La contrainte de rupture q_{net} sous la base des fondations est donnée par la formule :

$$q_{net} = i_{\delta} \cdot i_{\beta} \cdot k_p \cdot p_{le}^*$$

- avec :
- i_{δ} : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement ($i_{\delta} = 1$ si la charge est verticale),
 - i_{β} : coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus β , ($i_{\beta} = 1$ si la fondation est suffisamment éloignée d'un talus : $d > 8B$),
 - k_p : facteur de portance (Cf. paragraphe suivant),
 - p_{le}^* : pression limite nette équivalente (cf. paragraphe suivant).

Les valeurs de résistance nette du terrain sous les fondations superficielles se déduisent selon la relation suivante :

$$R_{v;d} = A' \cdot q_{net} / (\gamma_{R;d;v} \cdot \gamma_{R;v})$$

- avec :
- A' : surface effective de la base de la fondation superficielle,
 - $\gamma_{R;d;v}$: coefficient partiel de modèle associé à la méthode de calcul utilisée pour la détermination de q_{net} (ici, il s'agit de la méthode pressiométrique),
 - $\gamma_{R;v}$: coefficient partiel permettant le calcul de la portance.

Etat limite	Situations	$\gamma_{R;d,v}$ (spécifique à la détermination de q_{net} à partir de la pression limite pressiométrique)	$\gamma_{R,v}$
ELU	durables et transitoires	1.2	1.4
	accidentelles	1.2	1.2
ELS	quasi-permanentes	1.2	2.3
	caractéristiques	1.2	2.3

Selon de la norme NF P94-261, il faudra s'assurer que :

$$R_{v,d} \geq V_d - R_0$$

Avec V_d : et R_0

R_0 Poids du volume de sol au-dessus de la fondation après travaux (= 0 en négligeant l'encastrement).
 V_d : descente de charge.

Pour le bâtiment Nord

Les modélisations des tassements sont calculées avec des descentes de charge théoriques de :

- Semelle carré de 1 m², ELS Qp = 25 t ou 250 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle carré de 4 m², ELS Qp = 100 t ou 100 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle carré de 9 m², ELS Qp = 225 t ou 2250 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle filante de 0,6 m, ELS Qp = 15 t ou 150 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle filante de 1,2 m, ELS Qp = 30 t ou 300 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4

Les sondages pressiométriques rattachés au bâtiment Sud Est sont :

- SP1 – 15m
- SP4 – 10 m
- SP5 – 10 m
- SP6 – 10 m

En l'absence de descente de charges transmises par le Maître d'Ouvrage, ESIRIS vérifie les tassements théoriques qu'avec les sondages SP3 et SP12.

Dans le cadre de la mission G3, il conviendra de vérifier les tassements des sols d'assises et les distorsions des massifs (< 1/500^{ème}) en fonction de chaque descente de charge et du zonage des sondages

Au droit du sondage SP1 avec une ancrage à 2,5 m de profondeur par rapport au TN actuel

Cas semelle isolée

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	R _{vd} ELS QP (kN)	R _{vd} ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	1*1 m	2480	1.03	930	1530	2,5	Vérifié	Vérifié
250	340	2*2 m	2700	0.94	3700	6070	3.5	Vérifié	Vérifié
250	340	3*3 m	2300	0.92	6890	11300	4	Vérifié	Vérifié

Cas semelle filante

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	R _{vd} ELS QP (kN)	R _{vd} ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	0,6 m	2240	1.01	490	805	2,5	Vérifié	Vérifié
250	340	1,2 m	2570	0.96	1040	1700	4	Vérifié	Vérifié

Au droit du sondage SP4 avec ancrage à 2,5 m de profondeur par rapport au TN actuel

Cas semelle isolée

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	Rvd ELS QP (kN)	Rvd ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	1*1 m	1120	1.03	420	690	4.5	Vérifié	Vérifié
250	340	2*2 m	1380	0.93	1800	3000	6.5	Vérifié	Vérifié
250	340	3*3 m	1700	0.88	5900	8000	8	Vérifié	Vérifié

Cas semelle filante

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	Rvd ELS QP (kN)	Rvd ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	0,6 m*	630	1.02	140	240	-	Invalide	Vérifié
250	340	1,2 m	1340	0.92	540	890	4	Vérifié	Vérifié

Il appartient tout de même au BET structure de vérifier que les tassements absolus et différentiels sont compatibles avec les différentes structures du projet

Dans le cas de descentes de charge permettant de respecter les contraintes de calcul définies ci-après avec des dimensions de fondations raisonnables, les contraintes sur les fondations sont les suivantes :

- Sol d'ancrage : Sables argileux (H2) et Argiles (H6)
- Terrain fini : 123 m NGF

- Ancrage / T.fini : au moins 120.5 m NGF
- une contrainte de calcul max (ELU) $q_{ELU} = 340 \text{ kPa}$ (3,4 bars),
- **une contrainte de service max (ELS)** $q_{ELS} = 250 \text{ kPa}$ (2.5 bars),

En cas de fondation par semelle filante*, il conviendra de retenir une contrainte admissible plus faible à savoir 200 KPa (2 bars) à l'ELS dans le cas de sol d'assise argileux.

Pour le Bâtiment Sud-Ouest

Les modélisations des tassements sont calculées avec des descentes de charge théoriques de :

- Semelle carré de 1 m², ELS Qp = 25 t ou 250 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle carré de 4 m², ELS Qp = 100 t ou 100 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle carré de 9 m², ELS Qp = 225 t ou 2250 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle filante de 0,6 m, ELS Qp = 15 t ou 150 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle filante de 1,2 m, ELS Qp = 30 t ou 300 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4

Les sondages pressiométriques rattachés au bâtiment Sud Est sont :

- SP2 – 15m
- SP7 – 10 m
- SP8 – 10 m
- S10 – 10 m

En l'absence de descente de charges transmises par le Maître d'Ouvrage, ESIRIS vérifie les tassements théoriques qu'avec les sondages SP3 et SP12.

Dans le cadre de la mission G3, il conviendra de vérifier les tassements des sols d'assises et les distorsions des massifs (< 1/500^{ème}) en fonction de chaque descente de charge et du zonage des sondages

Au droit du sondage SP2 avec ancrage à 2,5 m de profondeur par rapport au TN actuel

Cas semelle isolée

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	R _{vd} ELS QP (kN)	R _{vd} ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	1*1 m	1700	1.06	650	1080	4	Vérifié	Vérifié
250	340	2*2 m	1280	1.01	1870	3080	5	Vérifié	Vérifié
250	340	3*3 m	1250	0.96	3900	6400	9	Vérifié	Vérifié

Cas semelle filante

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	R _{vd} ELS QP (kN)	R _{vd} ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	0,6 m	1490	1.02	330	540	4	Vérifié	Vérifié
250	340	1,2 m	1800	0.95	740	1200	7	Vérifié	Vérifié

Au droit du sondage SP7 avec ancrage à 2,5 m de profondeur par rapport au TN actuel

Cas semelle isolée

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	R _{vd} ELS QP (kN)	R _{vd} ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	1*1 m	2240	0.93	750	1250	3	Vérifié	Vérifié
250	340	2*2 m	2040	0.88	2600	4300	4	Vérifié	Vérifié
250	340	3*3 m	2375	0.85	6600	10800	4.5	Vérifié	Vérifié

Cas semelle filante

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	R _{vd} ELS QP (kN)	R _{vd} ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	0,6 m	2170	0.92	435	715	3	Vérifié	Vérifié
250	340	1,2 m	2270	0.87	860	1410	4	Vérifié	Vérifié

Il appartient tout de même au BET structure de vérifier que les tassements absolus et différentiels sont compatibles avec les différentes structures du projet

Dans le cas de descentes de charge permettant de respecter les contraintes de calcul définies ci-après avec des dimensions de fondations raisonnables, les contraintes sur les fondations sont les suivantes :

- Sol d'ancrage : Sables argileux (H2) et Argiles (H6)
- Terrain fini : 123 m NGF
- Ancrage / T.fini : au moins 120,5 m NGF
- une contrainte de calcul max (ELU) $q_{ELU} = 340 \text{ kPa}$ (3,4 bars),

⇒ une contrainte de service max (ELS) $q_{ELS} = 250 \text{ kPa}$ (2.5 bars),

En cas de fondation par semelle filante*, il conviendra de retenir une contrainte admissible plus faible à savoir 200 KPa (2 bars) à l'ELS dans le cas de sol d'assise argileux.

Pour le Bâtiment Sud-Est

Les modélisations des tassements sont calculées avec des descentes de charge théoriques de :

- Semelle carré de 1 m², ELS Qp = 25 t ou 250 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle carré de 4 m², ELS Qp = 100 t ou 100 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle carré de 9 m², ELS Qp = 225 t ou 2250 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle filante de 0,6 m, ELS Qp = 15 t ou 150 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4
- Semelle filante de 1,2 m, ELS Qp = 30 t ou 300 kN et ELU Fond = ELS Qp *1,4

Les sondages pressiométriques rattachés au bâtiment Sud Est sont :

- SP3 – 15m
- SP9 – 10 m
- SP11 – 10 m
- SP12 – 10 m

En l'absence de descente de charges transmises par le Maître d'Ouvrage, ESIRIS vérifie les tassements théoriques qu'avec les sondages SP3 et SP12.

Dans le cadre de la mission G3, il conviendra de vérifier les tassements des sols d'assises et les distorsions des massifs (< 1/500^{ème}) en fonction de chaque descente de charge et du zonage des sondages

Au droit du sondage SP3 avec ancrage à 2,5 m de profondeur par rapport au TN actuel

Cas semelle isolée

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	R _{vd} ELS QP (kN)	R _{vd} ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	1*1 m	2100	1.04	790	1300	2.5	Vérifié	Vérifié
250	340	2*2 m	2600	0.93	3300	5800	3.5	Vérifié	Vérifié
250	340	3*3 m	2100	0.91	6300	10400	4.5	Vérifié	Vérifié

Cas semelle filante

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	R _{vd} ELS QP (kN)	R _{vd} ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	0,6 m	1870	1.01	410	674	3	Vérifié	Vérifié
250	340	1,2 m	2180	0.93	884	1450	4	Vérifié	Vérifié

Au droit du sondage SP12 avec ancrage à 2,5 m de profondeur par rapport au TN actuel

Cas semelle isolée

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	R _{vd} ELS QP (kN)	R _{vd} ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	1*1 m	3800	0.99	1370	2250	2	Vérifié	Vérifié
250	340	2*2 m	3600	0.92	4850	7980	3	Vérifié	Vérifié
250	340	3*3 m	2500	0.92	7580	12500	4	Vérifié	Vérifié

Cas semelle filante

Caractéristiques de la fondation			Hypothèses géotechniques		Résultats				
Charges ELS-QP (kN/m ²)	Charges ELU Fond (kN/m ²)	Géométrie	Ple (kPa)	Kp	R _{vd} ELS QP (kN)	R _{vd} ELU Fond (kN)	Tassement (mm)	Poinçonnement	Renversement
250	340	0,6 m	4000	0.96	837	1380	2	Vérifié	Vérifié
250	340	1,2 m	3700	0.91	1500	2450	3	Vérifié	Vérifié

Il appartient tout de même au BET structure de vérifier que les tassements absolus et différentiels sont compatibles avec les différentes structures du projet

Dans le cas de descentes de charge permettant de respecter les contraintes de calcul définies ci-après avec des dimensions de fondations raisonnables, les contraintes sur les fondations sont les suivantes :

- Sol d'ancrage : Sables argileux (H2) et Argiles (H6)
- Terrain fini : 123 m NGF

- | | |
|--|---|
| ↻ Ancrage / T.fini : | au moins 120.5 m NGF |
| ↻ une contrainte de calcul max (ELU) | $q_{ELU} = 340 \text{ kPa}$ (3,4 bars), |
| ↻ une contrainte de service max (ELS) | $q_{ELS} = 250 \text{ kPa}$ (2.5 bars), |

En cas de fondation par semelle filante*, il conviendra de retenir une contrainte admissible plus faible à savoir 200 KPa (2 bars) à l'ELS dans le cas de sol d'assise argileux.

5.5.4 Tassements

Il sera possible de calculer plus précisément les tassements une fois connues les descentes de charges précises du projet. Ces calculs pourront se faire dans le cadre d'une mission complémentaire de type G2 (phase PRO) définitive (descentes de charges à transmettre) ou G3 (phase EXE) phase projet) et donnant lieu à une commande spécifique. Toutefois, étant donné les caractéristiques mécaniques des sols sus-jacents, les tassements absolus devraient être d'ordre plurimillimétrique.

Il s'agit de tassements absolus évalués dans l'hypothèse où il n'y a pas de remaniement de fond de fouille et pour des descentes de charges estimées. Il faudra également tenir compte de la cartographie des anomalies détectées avec les essais pénétrométriques

Il appartiendra au bureau d'études de Genie Civil de s'assurer de l'admissibilité des tassements estimés et des distorsions entre les massifs pour l'ouvrage projeté et en fonction des descentes de charge réelles transmises en phase exé.

Dans le cas contraire, il conviendra d'envisager une réduction de la descente de charge ou un élargissement de la fondation, voire de passer à une amélioration / renforcement de sols.

La justification précédente vis-à-vis des tassements suppose que les couches compressibles ne sont surchargées par aucun remblai supplémentaire.

5.5.5 Efforts horizontaux - État limite ultime de glissement

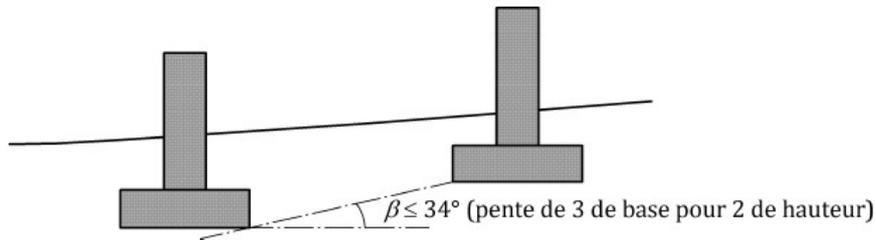
La vérification sera faite vis-à-vis des **états limites ultimes**. Si les efforts horizontaux sont intégralement repris par les forces de frottement s'exerçant à l'interface entre le sol et la fondation, la justification pourra être faite, selon le cas, conformément aux prescriptions de l'article 6.5.3. de l'Eurocode 7, « Calcul géotechnique, partie 1 ».

Si nécessaire, la réaction du sol sur les faces latérales de la fondation pourra être éventuellement prise en compte.

Cette justification pourra faire l'objet d'une mission complémentaire spécifique.

5.5.6 Sujétions particulières

Il conviendra de respecter la règle des 3/2 indiquée au paragraphe 8.1 de la norme NF P 94-261, à moins de dispositions particulières. Ce paramètre est notamment à respecter entre les fondations existantes (cave et mitoyens) et celles projetées.



5.6 Nappe phréatique et stabilité à vide

Dans le cadre de ces sondages, aucune venue d'eau n'a été observée sur les 2 à 3 premiers mètres. Les venues d'eaux ont été constatées entre 5 et 6 m de profondeur, soit NGF 118 mNGF et 117 mNGF.

En cas de période de fortes pluviométries des rétentions d'eau peuvent se former dans ce vallon. Il conviendra de s'assurer d'une évacuation/drainage des eaux de ruissellement vers le ruisseau drainant ce vallon.

5.7 Justification des fondations profondes

5.7.1 Définition des fondations

Plusieurs techniques d'exécution de pieux sont envisageables et il appartient à l'entreprise, en fonction des moyens dont elle dispose et après visa du maître d'œuvre concepteur du projet de définir la méthode la plus adaptée à la bonne exécution de ces fondations.

Les outils et méthodes de forage devront être adaptés à chaque couche de sol rencontrée et devront permettre de traverser les formations superficielles pouvant renfermer localement des blocs et/ou contenant des éléments de grandes dimensions, de respecter l'ancrage et les profondeurs demandés (machine avec un couple élevé, ...) et de garantir une continuité de bétonnage. Des avant-trous pourront s'avérer nécessaire.

De plus, nous précisons que la plateforme devra être réceptionnée par l'entreprise qui réalisera les pieux avant mise en œuvre de la foreuse.

5.7.2 Règlements utilisés

La réalisation des pieux et les essais de contrôle à effectuer après réalisation devront être conformes aux préconisations de la norme d'application NF P 94-262 (Eurocode 7).

5.7.3 Paramètres de dimensionnement

Pour un pieu foré à la tarière creuse (Classe 2, catégorie 6 selon l'Eurocode 7), les paramètres de dimensionnement à prendre en compte sont repris dans le tableau suivant :

Nature des terrains	Base de la couche (m/TA)	Epaisseur de terrain (m)	Frottement latéral						Effort de pointe	
			a	b	c	f _{sol}	α _{pieu-sol}	q _s (kPa)	Ple* (MPa)	k _{pmax}
H1 et H5 : Mort terrain	0 - 2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
H2 : Sables argileux de l'Orléanais	2 à 4	2	0.003	0.04	3.5	Q1	1.5	65	1.8	1.3
H3 : Sables de l'Orléanais	6 à 8	2 à 4	0.01	0.06	1.2	Q2	1.8	140	2.3	1.65
H6 : Argiles de l'Orléanais	2 à 8	2 à 6	0.003	0.04	3.5	Q1	1.5	70	2.2	1.3
H4 : Calcaires de Beauce	≥ 15	> 8	0.08	0.08	3	Q4	1.6	180	4.2	1.6

Pour un pieu vissé moulé (Classe 3, catégorie 7 selon l'Eurocode 7), les paramètres de dimensionnement à prendre en compte sont repris dans le tableau suivant :

Nature des terrains	Base de la couche (m/TA)	Epaisseur de terrain (m)	Frottement latéral						Effort de pointe	
			a	b	c	f _{sol}	α _{pieu-sol}	q _s (kPa)	Ple* (MPa)	k _{pmax}
H1 et H5 : Mort terrain	0 - 2	2				-	-	-	-	-
H2 : Sables argileux de l'Orléanais	2 à 4	2	0.003	0.04	3.5	Q1	1.9	85	1.8	1.55
H3 : Sables de l'Orléanais	6 à 8	2 à 4	0.01	0.06	1.2	Q2	2.1	160	2.3	3.2
H6 : Argiles de l'Orléanais	2 à 8	2 à 6	0.003	0.04	3.5	Q1	1.9	90	2.2	1.55
H4 : Calcaires de Beauce	≥ 15	> 8	0.08	0.08	3	Q4	1.7	170	4.2	2.10

Les pieux devront être ancrés d'au minimum trois fois leur diamètre dans la couche porteuse (horizon n°3/6/4 en fonction de la charge reprise). Pour une mobilisation maximale du terme de pointe, l'ancrage devra atteindre cinq diamètres.

Selon de la norme NF P94-262, il faudra s'assurer que la capacité portante devra être inférieur ou égale à la charge de compression sur la fondation profonde F_{cd} tel que :

$$R_{v,d} \geq F_{cd}$$

D'autre part la capacité portante du pieu béton est d'autre part limitée par la résistance moyenne en compression du béton à 28 jours :

$$\sigma_{c,moy} = 0.3 \times k_3 \times f_{ck}^*$$

$$f_{ck}^* = \frac{\inf(C_{max}; f_{ck})}{k_1 k_2}$$

5.7.4 Ebauche dimensionnelle

A titre d'exemple, deux types de pieu sont envisagés, tarière creuse et vissé moulé, traversant deux successions géologiques différentes.

Les pieux de diamètre 420 mm pourront reprendre les charges suivantes :

Profondeur (m/TA) :		Pieux tarière creuse		Pieu vissé moulé	
Sol traversé :		H2/H3/H4	H6/H4	H2/H3/H4	H6/H4
Etats Limite Ultimes ELU (kN)	Combinaisons fondamentales	1625	750	1925	1600
	Combinaisons accidentelles	1475	675	1750	1450
Etats Limite de Service ELS (kN)	Combinaisons caractéristiques	1100	500	1500	1250
	Combinaisons quasi-permanentes (Q _{ELS})	900	400	1225	1025
Contraintes aux ELS dans le béton (MPa)		5.7	5.7	6.0	6.0

Les pieux de diamètre 300 mm pourront reprendre les charges suivantes :

Profondeur (m/TA) :	Pieux tarière creuse	Pieu vissé moulé
---------------------	----------------------	------------------

Sol traversé :		H2/H3/H4	H6/H4	H2/H3/H4	H6/H4
Etats Limite Ultimes ELU (kN)	Combinaisons fondamentales	1000	750	1175	950
	Combinaisons accidentelles	900	675	1075	850
Etats Limite de Service ELS (kN)	Combinaisons caractéristiques	700	500	900	725
	Combinaisons quasi-permanentes (QELS)	575	400	750	625
<u>Contraintes aux ELS dans le béton (MPa)</u>		5.4	5.4	5.6	5.6

On rappelle que les valeurs ci-dessus sont indicatives, obtenues sous charges verticales centrées en compression, et qu'il appartient au maître d'œuvre concepteur du projet et/ou à l'entreprise de réaliser une approche quantitative en fonction des reconnaissances effectuées sur ce site et des moyens mis en œuvre ou prévus.

Le diamètre et la longueur réelle des pieux dépendront de leur profondeur d'ancrage et des charges à reprendre (à définir en mission G2 phase PRO). Nous rappelons qu'un ancrage minimum de 3 diamètres \varnothing doit être respecté.

On s'assurera que la contrainte dans le béton ne dépasse pas la valeur limite requise (en général, 5.5 MPa).

5.7.5 Dispositions constructives

Il conviendra de s'assurer de la dureté des Calcaires de Beauce par rapport à la technique de foration et de l'outil utilisé.

5.7.6 Effet de groupe – coefficient d'efficacité C_e

Nous supposons un entraxe supérieur à 3 diamètres entre pieux, et donc, aucun coefficient de groupe n'est pris en compte. A vérifier en mission G2 phase PRO définitive si nécessaire.

5.7.7 Frottement négatif

Les sollicitations sur les pieux devront inclure du frottement négatif sur la hauteur des remblais si ceux-ci sont rajouté dans le projet.

5.7.8 Efforts parasites sur les pieux

Compte tenu des informations qui nous ont été communiquées, il n'a pas été considéré d'effort parasite sur les fondations profondes. Si tel ne devait pas être le cas, il conviendrait de revoir tout ou partie des prédimensionnements réalisés.

5.7.9 Sujétions de conception et d'exécution

Il conviendra, de plus, de respecter les sujétions générales suivantes :

- › La stabilité des parois du forage devra être assurée par l'utilisation d'outils adaptés au contexte géotechnique du site (mise en place d'un tube de travail,...) ;
- › **Le forage des pieux ne devra pas générer de désordres sur les avoisinants (bâtiment industriel des parcelles voisines). Le battage, le vibrofonçage et l'utilisation de trépan devront faire l'objet de plot d'essais ;**
- › L'ouvrage est probablement concerné par la présence d'une nappe superficielle, il sera donc nécessaire de se prémunir du risque de corrosion des pieux ;
- › Les conditions d'exécution des pieux seront de la responsabilité de l'entreprise et devront être adaptées en fonction du contexte géotechnique général du site ;
- › Une reconnaissance de 5 m sous l'assise prévisionnelle des fondations est indispensable pour ce type de dimensionnement ;
- › A noter que dans les formations argileuses, des phénomènes de rétractation des argiles peuvent survenir, ce qui pourrait entraîner une diminution du diamètre du pieu en phase travaux et éventuellement coincer l'outil de foration. Toutes les précautions devront être prises vis-à-vis de ces phénomènes ;
- › La distance minimale entre deux pieux devra être au moins égale à 3 fois le diamètre du pieu. Sinon il faudra tenir compte d'un effet de groupe, dont la valeur pourra être déterminée dans le cas d'une étude complémentaire. ;
- › Si un remblaiement est prévu, il conviendra de calculer le frottement négatif qui sera induit sur l'épaisseur des horizons les plus compressibles et de le prendre en compte dans le dimensionnement définitif.
- › L'entreprise mettra en œuvre un matériel adapté lui permettant d'atteindre les profondeurs et fiches minimales requises.
- › Les pieux soumis à des efforts horizontaux ou des moments devront être armés en conséquence.

5.8 Amélioration des caractéristiques mécaniques des sols en place

Les techniques d'amélioration des sols permettent essentiellement la réduction de la déformabilité globale des sols et, conjointement, de diminuer l'amplitude des tassements prévisibles sous l'influence des charges induites par le projet.

Ces traitements préalables permettent de limiter le recours à des solutions de fondations profondes, et constituent des variantes d'exécution possibles au regard du contexte géotechnique du projet.

5.8.1 Amélioration des sols par inclusions

Compte tenu des éléments précédents, il est possible d'envisager la mise en œuvre d'une technique d'amélioration de sols, afin de pouvoir fonder les ouvrages superficiellement et réaliser des dallages sur terre-plein.

Il conviendra donc de procéder à l'amélioration des sols en place par une technique appropriée. Plusieurs techniques sont envisageables :

- ↪ compactage dynamique et/ou plots ballastés pilonnés,
- ↪ colonnes ballastées,
- ↪ inclusions semi-rigides (colonnes de mortier en technique refoulante ou non),
- ↪ inclusions rigides, (pieux, mini-pieux, micropieux, battus-foncés-forés ...)

Les améliorations de sols seront localisées au droit des dallages et des fondations se trouvant dans les parties remblayées. Une bande de contact sera toutefois mise en œuvre à la limite déblai/remblai afin d'assurer la transition entre les parties des bâtiments non renforcées et celles renforcées.

Les améliorations de sols devront être réalisées sous l'ensemble de la construction, avec un maillage adapté pour les fondations et dallages en considérant un débord d'au moins une maille.

Le dimensionnement de ces solutions (maillage, profondeurs et dimensions des colonnes/inclusions, maillage de traitement en compactage, etc...) devra être réalisé par une entreprise spécialisée, en fonction des techniques qui lui sont propres, des conditions du site, et des recommandations ASIRI.

On peut admettre, en première approche, la réalisation d'inclusions souples ou rigides descendues sous dans les Calcaires de Beauce avec un ancrage de 0.5 m minimum (soit en moyenne 8,5 m de profondeur).

En règle générale, la contrainte admissible aux ELS à retenir pour les fondations est de l'ordre de 625 à 750 kN et on ne devra pas dépasser cette valeur ; cette contrainte reste néanmoins sous la responsabilité de l'entreprise spécialisée car elle dépend du maillage, de la technique et du procédé de réalisation des inclusions.

La solution définitive doit faire l'objet d'une note de calcul de l'entreprise conforme les recommandations en vigueur et/ou cahier des charges spécifique agréé, en fonction des moyens d'exécutions mis en œuvre dont dépendent les caractéristiques des inclusions et des descentes de charge.

Dans le cas où il serait retenu un dallage traditionnel, il conviendra de réaliser un matelas de répartition dont l'épaisseur sera définie dans la phase projet. Selon les recommandations, l'épaisseur du matelas de répartition type graveleux, ne devra pas être inférieure à 50 cm pour les inclusions souples et 80 cm pour des inclusions rigides.

L'entreprise de fondations spéciales prendra toutes les mesures nécessaires pour ne pas déstabiliser les fondations mitoyennes (reconnaissance complémentaire des fondations, déport minimum de la machine, tonnage limité, tranchées anti vibratiles, ...)

NOTA : pour les fondations, le matelas de répartition n'est pas impératif **selon procédé d'exécution retenu**. L'assise des fondations pourra donc être posée directement sur les têtes d'inclusions. Dans ce cas, les têtes d'inclusions devront être vérifiées vis-à-vis du poinçonnement et des efforts transversaux.

Lors de la réalisation des travaux, il conviendra de réaliser un traitement préalable à la chaux et ou aux liants de de la plateforme des sols support pour la traficabilité des engins de chantier pour toutes conditions climatiques, notamment en cas de pluies.

5.8.2 Sol support – Couche de forme

On réalisera une couche de forme suivant les préconisations suivantes :

- ↗ Purge et substitution de la totalité des terre végétales, remblais, des éventuelles lentilles ou poches de matériaux décomprimés ;
- ↗ Compactage du fond de forme avec possible prétraitement à la chaux afin d'améliorer la portance de l'arase de terrassement ;
- ↗ Mise en place d'un géotextile (pouvant être facultatif uniquement en fonction de la qualité du sol support) ;
- ↗ Mise en place d'une couche de forme avec des matériaux sains (selon le GTR) dont l'épaisseur dépendra de la nature du matériau utilisé et de la qualité de compactage ; dans tous les cas, celle-ci ne devra pas être inférieure à 60 cm ;
Il pourra également être envisagé la réutilisation des matériaux du site voire d'un autre site si le matériau n'est pas pollué et s'il est apte à l'emploi.
Les sols du site nécessitent un traitement à la chaux et aux liants hydrauliques afin d'en améliorer les caractéristiques physique et mécaniques. Un prétraitement à la chaux avec mis en stock des terres chaulés devra être envisagé afin d'améliorer la qualité du traitement.
- ↗ Traitement en place de l'arase de terrassement afin d'assurer une insensibilisation des sols à l'eau, obtention d'une AR1 ayant un module de déformation supérieur à 35 MPa puis de la couche de forme avec une formulation adaptée (selon le GTS) dont l'épaisseur dépendra de la classe mécanique des sols traités étudiés en laboratoire et des spécifications de la plateforme (mission G3) ;
- ↗ Contrôler la qualité de la plateforme ainsi obtenue. Il conviendra d'obtenir, selon le DTU 13.3 un module de réaction de Westergaard Kw d'au minimum 120 MPa/m.

Les formulations de traitement seront à établir dans le cadre de la mission géotechnique G3.

ESIRIS IDF ing, dans le cadre d'une mission spécifique, peut réaliser ces essais de contrôle.

Sols utilisables en couche de forme sans traitement préalable à la chaux et/ou aux liants hydrauliques. :

Appellation des sols selon la norme NF P 11-300	Symbole de classification selon le Guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme (GTR 92)
Sols sableux et graveleux avec fines non argileuses et gros éléments	B11, B31
Sols comportant des fines non argileuses et des gros éléments	C1B1, C1B3, C2B1, C2B3, C1B4, C2B4 après élimination de la fraction fine 0/d
Sols insensibles à l'eau	D1, D2, D3 (sauf D32)
Craies	R11
Calcaires rocheux divers	R21, R22
Roches silicieuses	R41, R42
Roches magmatiques et métamorphiques	R61, R62

5.8.3 Modèle pour les tassements

Pour le dimensionnement du dallage, on retiendra les caractéristiques reprises dans le tableau suivant :

Au droit du bâtiment Nord

Sondage SP1

Nature du sol	Profondeur de la base de la couche (m/TN)	Epaisseur de la couche (m)	Module de déformation du sol Es (MPa)
Couche de forme en sols traité (PF3)	0,5	0,5	120
Sables argileux	3	2.5	29
Sables fins	6.5	3.5	44
Marnes sableuses	15	8.5	140

Sondage SP4

Nature du sol	Profondeur de la base de la couche (m/TN)	Epaisseur de la couche (m)	Module de déformation du sol Es (MPa)
Couche de forme en sols traité (PF3)	0,5	0,5	120
Argiles	4	3.5	9
Marnes brunes	6.5	3.5	45
Marnes à caillasses	15	8.5	140

Au droit du bâtiment Sud Ouest

Sondage SP2

Nature du sol	Profondeur de la base de la couche (m/TN)	Epaisseur de la couche (m)	Module de déformation du sol Es (MPa)
Couche de forme en sols traité (PF3)	0,5	0,5	120
Sables argileux	3	2.5	16
Sables argileux	4.5	1.5	42
Sables argileux	7	4	30
Marnes sableuses	15	8	140

Sondage SP7

Nature du sol	Profondeur de la base de la couche (m/TN)	Epaisseur de la couche (m)	Module de déformation du sol Es (MPa)
Couche de forme en sols traité (PF3)	0,5	0,5	120
Argiles	4	3.5	9
Marnes	6.5	3.5	38
Marnes à caillasses	15	8.5	125

Au droit du bâtiment Sud Est

Sondage SP3

Nature du sol	Profondeur de la base de la couche (m/TN)	Epaisseur de la couche (m)	Module de déformation du sol Es (MPa)
Couche de forme en sols traité (PF3)	0,5	0,5	120
Sables argileux	2.5	2.0	15
Sables fins	6.5	4.0	50
Marnes sableuses	15	8.5	120

Sondage SP12

Nature du sol	Profondeur de la base de la couche (m/TN)	Epaisseur de la couche (m)	Module de déformation du sol Es (MPa)
Couche de forme en sols traité (PF3)	0,5	0,5	120
Sable argileux	2.5	2	18
Sables argileux	6.5	3.5	60
Marnes à caillasses	10	3.5	110

5.8.4 Approche des tassements admissibles

Pour les hypothèses suivantes :

- ↪ Une surcharge d'exploitation de 5 t/m² (verticale et uniformément répartie) ;
- ↪ Substitution de la terre végétale et des poches de remblais par un remblai améliorant incompressible, couche de forme de type PF3 ;
- ↪ Une épaisseur de dallage de 0,15 m.

Les seuils de déformations admissibles sont définis par :

- ↪ Tassements absolus : $\Delta H < 20$ mm ;
- ↪ Tassements différentiels : $\Delta H / L < 1/500$;
- ↪ Déplacement horizontal : $\Delta L < 10$ mm sous sollicitation statique.

	Tass (Max (mm))	Tass (Min (mm))	Tass Absolu (mm)	Tassement différentiel (mm)	Distance L2 (mm)	Distance L1 (mm)	Limite absolue (mm)	Limite différentielle (mm)	Vérif absolue	Vérif différentielle
Bat Nord	7,1	6,0	7,12	1,1	3000	6000	23	11.5	Vérifié	Vérifié
Bat Sud Ouest	5.3	4.3	5.3	1.0	3000	6000	23	11.5	Vérifié	Vérifié
Bat Sud Est	6.7	5.6	6.7	1.0	3000	6000	23	11.5	Vérifié	Vérifié

Nous rappelons la règle issue du DTU, fixant les seuils des tassements absolus et différentiels :

$$\Rightarrow W_{\text{abs}} = (L1/2000) + 20 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow W_{\text{dif}} = (L2/2000) + 10 \text{ mm}$$

Le dimensionnement du dallage devra prendre en considération des déformations entre les bords et le centre de la dalle permettant de reprendre les tassements différentiels. La réalisation du dallage devra être conforme au DTU 13-3.

Sous réserve de l'appréciation du Maître d'Œuvre et du BET, ces déformations paraissent admissibles pour le dallage, en considérant une charge d'exploitation limitée à 5 t/m².

Si une telle charge d'exploitation admissible ne s'avère pas suffisante, il conviendra de s'orienter vers une solution de plancher porté ou une amélioration de sols.

Les sols d'assise sont de type A2/A3/A4. Ces sols sont sensibles au phénomène de retrait gonflement des argiles. Il conviendra adapter l'ouvrage afin de réduire l'évapotranspiration des sols d'assises.

Ceci comprend la pose d'un mur antiracine et antiévaporation des sols à la périphérie du bâtiment ancré vers 2 m sous le niveau du dallage. Un trottoir étanche viendra couvrir le sol entre le mur anti racine et le bâtiment.

Un film polyane sera placé à l'interface entre la dalle et la couche de forme afin de réduire l'évaporation des sols d'assises.

5.8.5 Sujétions de conception et d'exécution

La norme qui correspond au dallage est la norme NFP 11-213 et la référence DTU est le 13.3. Cette norme est décomposée en trois parties en fonction de la destination du dallage.

Épaisseur minimale d'un dallage :

- ↪ Dans le cas d'un dallage armé ou non de type industriel ou assimilé, l'épaisseur minimale sera de 15 cm.
- ↪ Dans le cas d'un dallage armé ou non et ayant un usage autre qu'industriel ou assimilé, l'épaisseur minimale sera de 13 cm.

Forme ou fondation :

- ↪ La forme repose sur le sol partiellement décapé de la terre végétale, nivelé et éventuellement consolidé et assaini par drainage avec couche anti-contaminante si nécessaire.
- ↪ Dans certains cas, le sol en place suffisamment stable peut directement recevoir le corps du dallage (sol rocheux ou caillouteux dont le module de réaction est supérieur à 30MPa/m).
- ↪ La plupart des désordres proviennent des déformations à long terme. Ainsi la fondation doit-elle avoir certaines caractéristiques physiques et mécaniques :
 - ✓ Insensibilité à l'eau
 - ✓ Homogénéité
 - ✓ Portance uniforme et suffisante

Béton et armatures :

- ↪ Le béton aura un dosage minimal de 300 kg/m³ et, dans certains cas, il peut être utile d'employer des plastifiants et entraîneurs d'air pour diminuer la fissuration et la perméabilité du béton.
- ↪ Les armatures seront employées dans tous les cas de dallage et la plus appropriée sera le treillis soudé. Pour des raisons de facilité de mise en œuvre, il est préférable d'utiliser les panneaux aux rouleaux. L'enrobage sera au minimum de 2 cm et conforme aux règles du EC2.
 - ✓ Dallage de type industriel ou assimilé : le pourcentage mini est de 0,4 % de la section du dallage (exemple : 0,4 % x 15 cm x 100 cm = 6 cm² mini) dans les deux sens. Le diamètre maxi des aciers ne doit pas être supérieur à H/15 (exemple : 15 cm/15 = 1 cm (Ha10 maxi)) et l'espacement maxi des aciers ne doit en aucun cas dépasser 2H (H= épaisseur du dallage)
 - ✓ Dallage ayant un usage autre qu'industriel ou assimilé : Section mini des aciers 5 cm² dans les deux sens et 3 cm² si la surface des panneaux est inférieure à 50 m² et que le coulage de deux panneaux adjacents est séparé d'au moins un mois.
 - ✓ Dallage non armé de type industriel ou assimilé : Il est nécessaire de conjuguer les joints par un treillis soudé général dans le cas de charges roulantes ou de revêtement de sol. Le pourcentage mini des armatures sera de 0,06 % dans les deux directions (exemple : 0,06 % x 15 cm x 100 cm = 0,9 cm² mini.) avec un diamètre mini des fils de 6mm et un espacement des fils qui ne dépassera pas 20 cm.
 - ✓ Dallage non armé ayant un usage autre qu'industriel ou assimilé : Il est nécessaire de conjuguer les joints par un treillis soudé dans le cas de

charges roulantes ou de revêtement de sol. Aucun pourcentage minimal n'est imposé.

- ↪ Le recouvrement des treillis soudés dans les deux directions sera de 2 mailles ou 3 soudures.
- ↪ Il est bien entendu qu'un dallage doit être calculé et la section d'aciers dépendra des charges supportées par le dallage et de la qualité du support qui le recevra.

Joint de retrait et de construction :

Les principales causes de désordres rencontrés dans un dallage sont dues au retrait et aux effets thermiques. Pour lutter contre ces phénomènes, il est indispensable de prévoir des joints que se classent en plusieurs catégories :

- ↪ Joints constructions
- ↪ Joints de retrait
- ↪ Joints de désolidarisation
- ↪ Joints de dilatation

Ils sont disposés de façon à délimiter des panneaux dont la diagonale sera de 7 m pour les dallages non couverts au moment de leur exécution et de 8.5 m pour les dallages couverts.

Dans le cas de joint de retrait, on réalise des joints sciés ou on incorpore des profilés plastiques. Leur hauteur sera de 1/4 de l'épaisseur du dallage

Dans le cas de joints de construction, il est recommandé de réaliser des joints à embrèvement ou des joints en cornière. Les joints de construction traversent toute l'épaisseur du dallage.

Joint de désolidarisation :

- ↪ Le dallage doit être désolidarisé des parties de construction fondés sur une couche de sol différentes de celle du dallage (cas de poteaux, longrines, murs,...).
- ↪ Dans le cas de poteaux, un joint d'isolement sera réalisé à 45° tout autour du poteau de manière à diriger la fissure possible.
- ↪ Ce joint traverse toute l'épaisseur du dallage.

Joint de dilatation :

- ↪ Il est recommandé de réaliser des joints à embrèvement ou des joints en cornière. L'épaisseur du joint sera de 2 cm mini avec un bourrage souple voire un joint d'étanchéité. Les joints de construction traversent toute l'épaisseur du dallage.

5.9 Talus - Soutènement

5.9.1 Talus

Aucune fouille autre que celles des puits de fondation ne sera creusée dans le cadre de ce projet pour la réalisation des bâtiments.