



**Cabinet d'Études
Géologiques et d'Environnement**

MAIRIE DE BANDOL

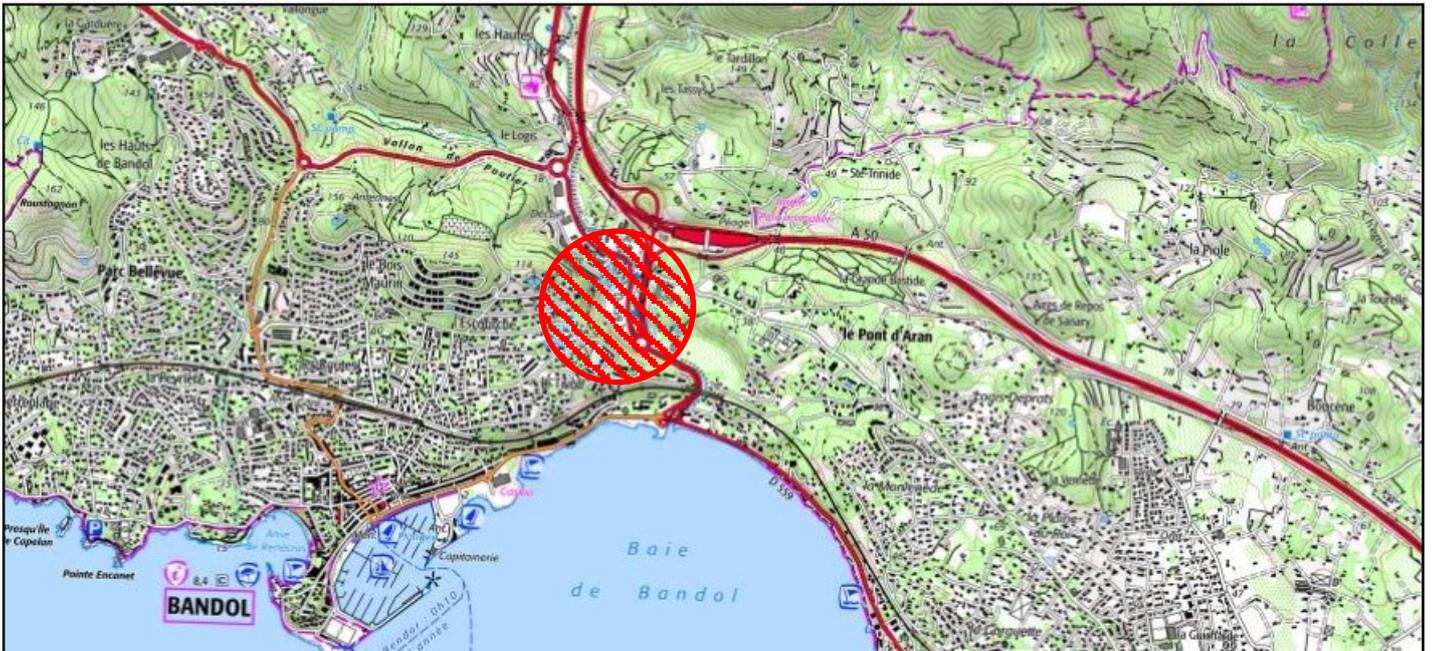
**CONSTRUCTION D'UN STADE DE FOOTBALL
QUARTIER DES GRANDS PONTS**

**ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
(missions G1PGC-G2AVP-G2PRO)**

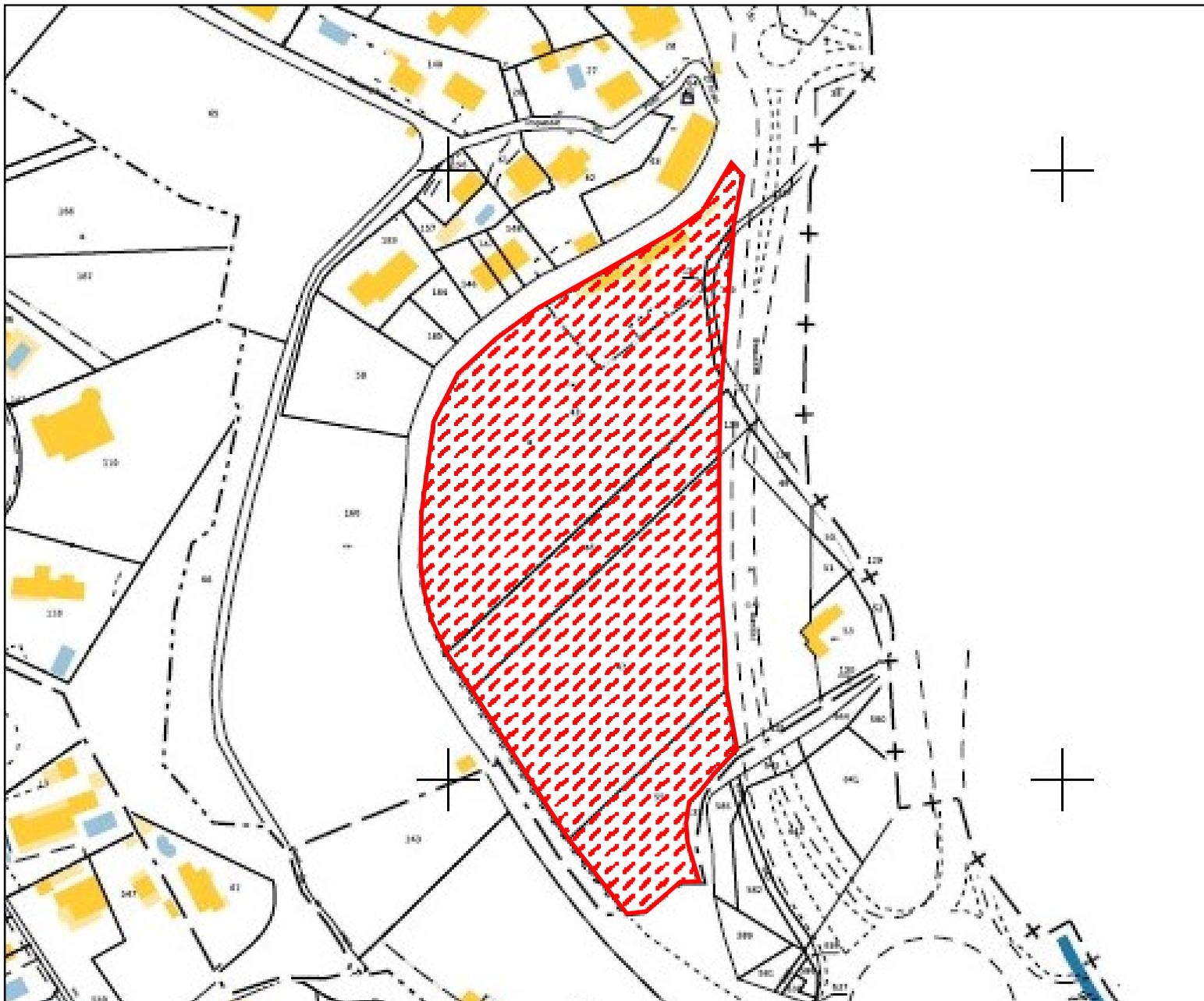
**3 avril 2024
AFF 202312-017**

**Thomas JONIS
GÉOLOGUE
71 AV. B. DAGNAN
83190 OLLIOULES
TEL : 04 94 63 03 29
thomas.jonis@gmail.com**

SITUATION 1/25000



EXTRAIT CADASTRAL 1/2000



I - INTRODUCTION.

La commune de Bandol envisage la construction d'un stade au quartier des Grands Ponts.

L'assiette du projet est composée des parcelles AN 43, 46, 47, 55,126 et 149.

Le projet prévoit les équipements suivants (selon l'Esquisse de l'Atelier NAOM du 16/10/23 jointe en annexes) :

- un terrain de grand jeu en gazon synthétique, de 105 m par 68 m avec 2,50 m de dégagement latéral et derrière les buts
- une tribune (210 places)
- des vestiaires, douches, sanitaires
- un club-house avec terrasse
- une salle polyvalente (danse, yoga, gym...) d'environ 200 m², avec sanitaires
- environ 60 places de parking.

II - ETUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE. CONTRAINTE DU SITE

1) Présentation du terrain :

1.1 Généralités : cf. planches 1 et 5

Le terrain a une superficie de l'ordre de 1,6 ha.

Il se situe immédiatement au Nord du rond point Alphonse Juin, entre la route D 559, du Beausset à Bandol, qui la longe à l'Est, et l'Impasse du Pont d'Aran qui la borde, à l'Ouest.

Il est desservi par l'impasse du Pont d'Aran à partir du rond point Alphonse Juin.

Abstraction faite des dépôts de terres et remblais divers qui y sont stockés, il montre une topographie peu marquée, présentant de faibles déclivités :

- moins de 1 % dans le sens N-S
- moins de 4,5 % dans le sens O-E

Du point de vue altimétrique les cotes NGF varient de + 7 à + 9,50 respectivement dans les angles sud et nord du terrain.

1.2 Situation géographique : cf. planche 6

L'assiette du projet se localise dans la basse vallée du Grand Vallat, à 500 m au Nord de son débouché à la mer.

Elle est tout-entière située dans le lit moyen du fleuve, en rive droite de celui-ci.

N.B. : originellement, avant la construction de la bretelle d'accès à l'autoroute A 50, et le réaménagement de la D 559, elle en constituait partiellement la berge droite.

1.3 Situation géologique : cf. planche 7

1.3.1. Contexte lithologique :

Le terrain se situe dans les formations sédimentaires du "bassin de Bandol" ployées en synclinal ouvert sur la baie.

Il se localise, sur le flanc nord du synclinal, dans les calcaires et marno-calcaires du Jurassique moyen, ici masqués par les "alluvions modernes" argilo-caillouteuses du Grand Vallat.

N.B. : le "substratum calcaire" supportant les alluvions est visible, plissé et fracturé, dans le talus rocheux surplombant l'impasse du Pont d'Aran, au Sud de l'assiette du projet.



Vue vers le Sud



Vue vers le Nord

Impasse du Pont d'Aran : affleurement rocheux

1.3.2. Contexte hydrogéologique : cf. planche 8

Les alluvions du Grand Vallat recèlent une nappe phréatique dont l'alimentation résulte, essentiellement, d'apports en provenance des réservoirs karstiques que constituent les formations calcaro-dolomitiques du "synclinal de Bandol" plissées et fracturées (Trias calcaire et Jurassique dans son ensemble).

N.B. : les alluvions sont exploitées pour l'alimentation en eau de la commune de Bandol par le "puits de Bourgarel".

Il se situe à 30 m de la limite est de l'assiette du projet, sur la parcelle AN 53, à l'Est de la D 559, dans un bâtiment implanté entre celle-ci et la bretelle autoroutière.

L'ouvrage, de 2 m de diamètre est peu profond (9,50 m).

Il subvient pour environ 40 % aux besoins de la commune.

2) Identification des risques géologiques :

2.1. Risque sismique :

L'ensemble de la commune de Bandol est soumis à un "risque sismique de niveau 2" au sens de "La nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments", de janvier 2011.

Il s'agit d'une sismicité faible qui n'implique aucune exigence sur le bâti neuf.

N.B. : les installations prévues (tribunes, vestiaires, salle polyvalente, parkings) sont classés dans la catégorie d'importance II des "bâtiments à risque normal".

2.2. Aléa retrait/gonflement des argiles : cf. planche 9

Le territoire de la commune de Bandol est subdivisé en trois zones au regard du risque de retrait et gonflement des argiles, nul, moyen et fort.

N.B. : le stade ainsi que les installations prévues (tribunes, vestiaires, salle polyvalente, parkings) sont situés dans une "zone soumise à un aléa moyen".

2.3. Risque d'inondation : cf. planche 10

Il existe un risque d'inondation avéré lié à la présence du Grand Vallat sur la commune de Bandol.

Il en est tenu compte dans le "Plan Local d'Urbanisme", approuvé par délibération du Conseil Municipal du 25 septembre 2019, qui indique :

"La zone inondable est comprise entre l'A50 et la RD559b.

La RD559b est inondée sur environ 1 km ce qui représente un danger en cas de crue centennale.

Le champ d'inondation se rétrécit de façon considérable en amont du Rond Point de l'Armée d'Afrique et de la Libération de Bandol.

Les écoulements convergent en effet sous un ouvrage cadre béton sans débordement.

Par contre, dès la sortie de cet ouvrage, des débordements s'opèrent et impactent en rive droite le Centre Commercial et la zone d'activité du Val d'Aran.

La RD559b est également inondée et, compte tenu des débordements plus en aval, cette situation perdure jusqu'à la mer sur une distance d'environ 1300 m.

L'ouvrage sous la barrière de péage de l'A50 permet le passage de 190 m³/s environ.

Les écoulements sont alors divisés en 2 : une partie part vers le

Sud (environ 15 m³/s) inondant la RD559b et le terrain de l'ancien stade de football, l'autre partie passe vers l'Est par l'ancien chemin de Toulon, sous la barrière de péage.

Les débordements Sud regagnent le lit du Grand-Vallat au niveau du Rond Point du Maréchal Juin (diffuseur vers autoroute)".

N.B. : le P.L.U. mentionne l'inondabilité du "terrain de l'ancien stade" qui occupait, globalement, la parcelle AN 47.

L'assiette du projet constitue, de fait, une zone d'étalement des crues.

Sauf une étroite bande de terrain bordant l'impasse du Pont d'Aran, elle se situe en "zone R2" de la Carte règlementaire" du PPRI "GRAND VALLAT ET DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS".

Il s'agit d'une zone à "risque d'aléa fort" où la hauteur de submersion peut dépasser 2 m et la vitesse du courant atteindre 1 m/s.

3) Risque de pollution lié à l'aménagement : cf. planche 11

Le puits de Bourgarel exploite la nappe phréatique des alluvions du Grand Vallat (cf. § 2.3.2).

Compte-tenu de sa proximité avec le projet, et dans le cas d'éventuelles infiltrations d'eau inhérentes à celui-ci (travaux d'aménagement, collecte des eaux pluviales, collecte des eaux usées, ruissellements sur les surfaces imperméabilisées...), la qualité de ses eaux pourrait en être affectée.

N.B. : l'assiette du projet se situe en zone AU1s du PLU destinée à recevoir un espace sportif et ludique.

Cette zone est incluse, dans sa totalité, dans le "périmètre de protection rapproché" du puits de captage de Bourgarel.

III - RECONNAISSANCE DE SOL.

Trente deux sondages au pénétromètre dynamique standard ont été réalisés du 12 au 15 février 2024.

Ils ont été complétés par neuf fouilles de découverte à la pelle mécanique permettant d'identifier les terrains de couverture et le prélevement d'échantillon à des fins d'analyses de laboratoire.

1) Pénétromètres dynamiques :

Dix sondages courts, 0 à 3 m, sont implantés sur l'air de jeux et

vingt-deux sondages profonds, 0 à 6 m, sont implantés sur l'emprise des différents bâtiments du projet.

1.1 Situation des sondages : cf. plan en annexes

1.2 Résultats : cf. diagrammes en annexes

1.3 Commentaires :

1.3.1 Aire de jeu :

Les dix sondages ont été descendus à 3 m sans rencontrer de refus à la pénétration.

Les diagrammes de résistances dynamiques, R_d , montrent un sol globalement lâche présentant des R_d inférieures à 50 b. Les sondages de P1 à P4 révèlent une couche superficielle indurée épaisse de 0,50 m (P4 à 0,80 m (P2)).

1.3.2 Bâtiments :

Douze sondages (P18 et P22 à P32) rencontrent le refus à la pénétration.

P18	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32
3,50	4,50	4,70	5,60	2,70	3,00	2,00	5,40	5,40	5,40	1,10	2,20

Le sondage P21 a été arrêté à 4 m de profondeur sur déviation du train de tige.

Les neuf autres sondages ont été descendus à 6 m de profondeur sans rencontrer le refus à la pénétration.

Les diagrammes de résistances dynamiques montrent un sol alluvial composé d'une succession de passées lâches, $R_d < 50$ b, et passées indurées, $R_d > 50$ b, décimétriques à métriques.

Localement le terrain est recouvert de remblais de décharge (blocs, maçonneries, plastiques, ...).

Le refus en P31 est attribué à des blocs constitutifs des remblais de couverture.

Les autres refus sont attribués aux passées indurées des alluvions.

2) Fouilles de découverte :

Les fouilles F1 à F4 sont implantées sur l'aire de jeux.

Les fouilles F5 à F9 sont implantées sur l'emprise des bâtiments.

2.1 Situation : cf. plan en annexes

2.2 Résultats : cf. photos en annexes

2.3 Commentaires :

2.3.1 Aire de jeux :

Sous 0,20 m (F1 et F4) à 0,30 m (F3) de remblais terreux, les fouilles F1 et F2 montrent 5 à 10 cm de grave 0/31,5. En dessous, toutes les fouilles révèlent des limons argilo-sableux.

Les quatre fouilles montrent des états hydriques variables.

2.3.2 Bâtiments :

Les fouilles F5 à F7 montrent en surface 1,40 à 1,50 m de remblais et les fouilles F8 et F9 0,20 m de terre végétale. En dessous les limons argilo-sableux sont reconnus jusqu'à 2,70 (F5 et F 9) et 3,20 m (F6).

Les fouilles F5 et F7 ont trouvé les substratum rocheux a respectivement 2,70 m et 2,90 m.

3) Analyses de laboratoire :

Deux échantillons ont été prélevés dans les fouilles F1 et F3.

Les sols sont classés A1 et de type limon argilo-sableux selon la norme NF P11-300.

	fouille F1	fouille F3
état hydrique	très humide	sec/ très sec
$W_{nat} 0/ D$ (%)	13,5	6,7
Dmax (mm)	6,3	10
%0/ 50 dans 0/ D	100	100
VBS	1,81	1,41
IPI_{nat}	3	64

Analyse granulométrique selon MEI 12DTMD0003-P004-008 ; Valeur au bleu d'un sol selon NF P 94 068 ; résistance à la fragmentation - essai LOS ANGELES selon NF EN 1097-2 ; résistance à l'usure - essai Micro Deval en présence d'eau selon NF EN 1097-1 ; détermination de l'indice de portance IPI selon NF P 94 078.

La différence d'indice de portance IPI résulte de la différence d'état hydrique entre les deux échantillons ce qui induit des portance très différentes :

- F1 et F2 environ 10 MPa
- F3 et F4 environ 40 MPa

Ce matériau est utilisable en l'état en remblai mais il est très sensible aux conditions météorologiques. En cas de pluie, la portance de l'arase peut chuter. En couche de forme la grande sensibilité à l'eau de cette classe implique son traitement à l'aide d'un liant hydraulique, éventuellement associé à de la chaux.

4) Classe de sol :

Le sol est de classe E, profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions.

IV - AVIS GÉOTECHNIQUE.

Le présent avis géotechnique couvre les champs d'investigations des missions géotechniques G1, G2AVP et G2PRO.

Il ne prend pas en compte le volet hydraulique du projet.

1) Aire de jeu :

Le gazon synthétique sera mis en place sur une couche de forme de grave drainante identique sur l'ensemble de la surface afin d'atténuer les disparités mécaniques des alluvions de surface.

1.1 Couche de forme :

Les matériaux en présence sont très argileux, sensibles à l'eau et dans un état hydrique très humide à très sec ce qui amène à retenir une partie supérieure des terrassements de type PST1 à associer à une arase AR1.

Le matériau de couche de forme doit être insensible à l'eau au sens du guide des terrassements routiers, GTR :

- un maximum de 12 % de fines
- une V.B.S. supérieur à 0,2
- la résistance à la fragmentation (LA) et à l'usure (MDe) doivent être inférieurs à 45.

On retiendra un calcaire de carrière comprenant moins de 5 % de fine auquel sera incorporé 2 à 3 % de ciment compte-tenu du contexte hydrique et hydraulique du site (nappe à très faible profondeur et inondabilité).

La couche de forme en grave insensible à l'eau et drainante de 40 cm d'épaisseur sera mise en œuvre par couches de 20 cm compactées sur

un géotextile en prévoyant un recouvrement de la structure.

L'objectif de compactage à atteindre est un module $E_{v2} \geq 30$ MPa.

Cette couche de forme sera complétée par un réseau de drains sous-jacent permettant l'évacuation rapide de l'eau.

1.2 Réseau de drains : cf schémas en annexe

La nature des matériaux en fond de forme (A1) rend inenvisageable l'infiltration des eaux de pluies sous la grave drainante. Un réseau de tranchées drainantes permettra d'évacuer les eaux.

Les drains de diamètre 65 mm seront disposés en épis et aboutiront en périphérie dans un drain de diamètre 160 mm.

Le chapitre 5.3.2 de la norme NF P 90 112 permet de dimensionner les drains.

- Massif drainant dans les épis et dans le drain périphérique :

$$D_{\max} \leq 25 \text{ mm}$$

$$2 \text{ mm} < d < 5 \text{ mm}$$

$$D_{\max} / d \geq 2.5$$

Le massif drainant sera constitué de gravillon 4/14 emballé dans une géotextile.

- Profondeur des tranchées des épis :

$$P_{\text{épi}} \text{ supérieure ou égale au diamètre du drain} + 0,15 \text{ m soit } 65 \text{ mm} + 150 \text{ mm} = 215 \text{ mm}$$

La profondeur des tranchées des épis sera de

$$P_{\text{épi}} = 24 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm.}$$

- Largeur tranchées des épis :

$L_{\text{épi}}$ supérieure ou égale au diamètre du drain + 5 fois le diamètre des plus gros éléments du massif filtrant , soit $65 \text{ mm} + 5 * 14 \text{ mm} = 135 \text{ mm}$

La largeur des tranchée des épis sera de

$$L_{\text{épi}} = 16 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$$

- Profondeur des tranchées des drains périphériques :

$$P_{\text{péri}} \text{ supérieure ou égale au diamètre du drain} + 0,15 \text{ m soit } 160 \text{ mm} + 150 \text{ mm} = 310 \text{ mm}$$

La profondeur des tranchées des drains périphériques sera de

$$P_{\text{péri}} = 33 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm.}$$

- Largeur des tranchées des drains périphériques :

$L_{\text{péri}}$ supérieure ou également au diamètre du drain + 5 fois le diamètre des plus gros éléments du massif filtrant , soit $160 \text{ mm} + 5 * 14 \text{ mm} = 230 \text{ mm}$

La largeur des tranchées des drains périphériques sera de
 $L_{\text{péri}} = 25 \text{ cm} +/- 2 \text{ cm}$

L'ensemble des drains présenteront une pente de 0,5 %.

1.3 Surface synthétique.

Au vue du contexte d'inondabilité et de la faible profondeur de la nappe sur le site, le revêtement du terrain devra être lesté en conséquence voire solidarisé à la couche de forme.

2) Bâtiments :

2.1 Définition du bon-sol :

Le bon-sol sera constitué par un matériau d'apport, de type grave insensible à l'eau et drainante, calcaire de carrière comprenant moins de 5 % de fine auquel sera incorporé 2 à 3 % de ciment.

Le matériau d'apport sera mis en place sur au moins 80 cm d'épaisseur par passes de 0,20 m compactées.

Le sol d'apport débordera de 1,00 m par rapport aux pignons des bâtiments.

Un géotextile de renfort, de 100 kN/m de résistance minimale à la traction dans les deux sens, emballera le matériau d'apport en prévoyant un recouvrement complet de la structure de substitution.

L'objectif de compactage à atteindre est un module $E_{v2} \geq 50 \text{ MPa}$.

2.2 Principe d'adaptation :

Le sol d'apport sera sollicité par un radier général d'au moins 40 cm d'épaisseur. Il observera un retrait de 50 cm par rapport au bord du sol de substitution.

Le taux de travail en sous face de radier est limité à 0,75 bar.

2.3 Sujétions de terrassement :

Sur la hauteur de la structure de substitution les talus pourront être verticaux.

Au-dessus les talus auront une pente maximale de 1V/1H.

Une couche de 60/80 de 10 cm d'épaisseur sera mise en place en fond de terrassement pour fixer le sol d'apport.

Les parois pourront être protégées de façon efficace par la mise en

place d'une membrane "polyane".

2.4 Sujétions de structure :

Les structures des différents bâtiments seront fortement raidies.
Les éventuels murs enterrés seront traités en soutènement.

3) Mâts d'éclairage :

Les mâts d'éclairage seront fondés par des massifs qui solliciteront les alluvions par l'intermédiaire d'une substitution de sol.

Le sol d'apport sera constitué par un matériau d'apport, de type grave insensible à l'eau et drainant, calcaire de carrière comprenant moins de 5 % de fine auquel sera incorporé 2 à 3 % de ciment.

Le matériau d'apport sera mis en place sur au moins 40 cm d'épaisseur par passes de 0,20 m compactées. Il sollicitera les alluvions à 0,80 m de profondeur.

Le sol d'apport débordera de 1,00 m par rapport au massif.

L'objectif de compactage à atteindre est un module $E_{v2} \geq 30$ MPa.

Le taux de travail en sous-face de massif est fixé à 0,5 bars.

4) Aménagements périphériques :

Le projet prévoit notamment la création de places de stationnement et d'une rampe d'accès PMR.

ces aménagements seront mise en œuvre sur une reconstitution de sol identique à celle prescrite pour l'aire de jeu, 40 cm d'épaisseur en grave insensible à l'eau et drainante incorporant 2 à 3 % de ciment par couches de 20 cm compactées avec un objectif de compactage $E_{V2} \geq 30$ MPa.

**Les différentes reconstitutions de sol devront être
contrôlées par des essais de plaques.**

5) Sujétion de terrassement :

Les terrassements en bordure de l'impasse du Pont d'Aran pourront nécessiter la mise en œuvre de protection (palplanches, gunitage, ...).

La nature et le dimensionnement de ces protection seront définis dans le cadre d'une mission géotechnique G3 à la charge de l'entreprise de terrassement.

6) Adaptation aux risques :

6.1 Risque sismique :

Le classement du projet dans la catégorie d'importance II de bâtiment à risque normal n'entraîne aucune exigence.

Catégorie d'importance	Description
I	 <ul style="list-style-type: none"> Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
II	 <ul style="list-style-type: none"> Habitations individuelles Etablissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5 Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. Parcs de stationnement ouverts au public.
III	 <ul style="list-style-type: none"> ERP de catégories 1, 2 et 3. Habitations collectives et bureaux, h > 28 m. Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 pers Établissements sanitaires et sociaux Centres de production collective Établissements scolaires
IV	 <ul style="list-style-type: none"> Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre Bâtiments indispensables au maintien des communications, la production et le stockage d'énergie, le traitement des eaux potables, la distribution publique de l'énergie. Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. Bâtiments indispensables à la gestion de crise. Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. Centres météorologiques.

Extractions de "La nouvelle RÉGLEMENTATION PARASISMIQUE applicable aux bâtiments"

	I	II	III	IV
Zone 1				
Zone 2	aucune exigence			Eurocode 8 ³ a _g =0,7 m/s ²
Zone 3		PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ a _g =1,1 m/s ²	Eurocode 8 ³ a _g =1,1 m/s ²
Zone 4		PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ a _g =1,6 m/s ²	Eurocode 8 ³ a _g =1,6 m/s ²
Zone 5		CP-MI ²	Eurocode 8 ³ a _g =3 m/s ²	Eurocode 8 ³ a _g =3 m/s ²

6.2 Risque retrait-gonflement des argiles :

Le projet se trouve en zone de risque moyen. Une profondeur minimale d'encastrement de 0,80 m est attendue.

La mise en place d'un sol de substitution sur 0,80 m répond à cette exigence.

6.3 Risque inondation :

6.3.1 Stade :

L'assiette du terrain de jeu se situe en zone R2 du PPRI.

Il est admis qu'elle puisse être inondée. Dans cette éventualité la zone d'expansion des crues n'est pas modifiée.

Le lestage de la pelouse synthétique et son éventuelle solidarisation avec la couche de forme répondent à ce risque.

6.3.2 Bâtiments :

Les bâtiments projetés se situent tous en zone R1 du PPRI.

Ils échappent à la crue centennale au sens du PPRI.

Ils devront toutefois être transparents pour des crues d'occurrences supérieures.

6.4 Risque de pollution de la nappe :

L'assiette du projet est située dans le périmètre rapproché du captage de Bourgarel.

En conséquence différentes mesures devront être prises tout au long de la vie du projet.

6.4.1 Phase de conception :

Les profondeurs mis en œuvre pour la fondation des différents ouvrages, bâtiments, aire de jeu, aménagements périphériques, restent superficielles à 0,80 m de profondeur pour limiter toute interaction avec la nappe.

6.4.2 Phase travaux :

Toutes mesures devront être prises pour éviter une quelconque pollution des sols.

Les sols d'apport recyclés sont proscrits pour éviter tout contact entre la nappe et d'éventuels résidus polluants (enrobés notamment).

Les engins de chantiers seront ravitaillés dans une zone spécialement aménagée avec un fond étanche et un système de récupération des hydrocarbures.

6.4.3 Phase exploitation :

Tous dispositifs utiles doivent être mis en œuvre pour empêcher les eaux de ruissellement pluviales de se déverser au droit de la zone AU1s du PLU incluse dans le périmètre de protection rapproché du captage.

La création d'ouvrages de rétention est nécessaire pour compenser l'imperméabilisation partielle du site.

De ce fait, les eaux provenant de toutes les surfaces imperméabilisées (toitures, terrasses, parking et cheminement divers y compris PMR) devront être soigneusement collectées par tous dispositifs étanches.

Préalablement à leur rejet dans le milieu extérieur, elles devront être traitées, dégrillage, dessablage et déshuilage).

T. JONIS