



Centre Atlantique

ETUDES DE SOL

GEOLOGIE - GEOTECHNIQUE - INGENIERIE

Réf. : 25.102/B - 1

Indice : 0

Date : 7 Octobre 2025

LUSIGNAN (86)

INRAe

Site Le Chêne

Dalle cuve LCO²

RECONNAISSANCE DE SOL
Mission G2-PRO

SAS AU CAPITAL DE 502 200 € - SIRET 432 498 780 000 27 - APE 7112 B - TVA INTRACOM. FR05 432 498 780

Siège social : 81 Av. des Hauts de la Chaume - 86280 ST BENOIT

Tél. 05 49 88 00 33 - Fax : 05 49 52 70 68 - Email : contact@aisca.fr - Site : www.aiscentreatlantique.fr

Ets secondaire - 2 rue du Moulin Rambaud - 85520 JARD-SUR-MER - Tél. : 02 51 90 45 68 -  contact@aisca.fr - (siret 432 498 780 000 35)

Table des matières

1	CONTEXTE DE LA RECONNAISSANCE.....	3
2	MISSION / PROGRAMME DE LA RECONNAISSANCE.....	3
2.1	/ Mission.....	3
2.2	/ Rappel du Programme d'investigations.....	4
3	LE PROJET.....	5
4	CONTEXTE DU PROJET.....	6
5	CONTEXTE DU PROJET.....	6
5.1	/ Contexte géologique	6
5.2	/ Contexte sismique	6
5.3	/ Aléa retrait-gonflement des argiles.....	6
6	RAPPEL DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS.....	7
6.1	/ Les sondages à la tarière.....	7
6.2	/ L'hydrogéologie.....	7
6.3	/ Les essais pressiométriques	7
6.4	/ Les analyses en laboratoire	8
7	SYNTHESE - CONCLUSIONS.....	9
7.1	/ Synthèse.....	9
7.2	/ Le projet	9
7.3	/ Classe de sols selon l'Eurocode 8	10
7.4	/ Terrassements	10
7.5	/ Les conditions de réalisation de la dalle.....	11
7.5.1	Cas général.....	11
7.5.2	Remarque relative aux modules Es	11
7.5.3	Remarque relative aux tassements	12
7.5.4	Solution variante	12
7.5.1	Analyse et vérification du plan de fondations	12
7.5.2	Réalisation.....	13
8	SUITES À DONNER.....	14

La présente reconnaissance de sols a été effectuée par la société **AIS Centre Atlantique** – 81 Avenue des Hauts de la Chaume - 86280 ST BENOIT à la demande et pour le compte de l'**INRAe Centre Nouvelle Aquitaine Poitiers** – RD 150 – Le Chêne – 86600 LUSIGNAN.

1 CONTEXTE DE LA RECONNAISSANCE

La reconnaissance intervient dans le cadre de l'installation d'une cuve de CO2 sur une dalle béton sur le site INRAe de Lusignan.

Le présent rapport fait suite à la mission G2-AVP de référence 25.102 du 10/04/2025.

Les documents fournis au géotechnicien sont les suivants :

- vue en plan structure de DL Structures transmis le 01/10/2025,
- DPGF lot n°1 Gros-oeuvre.

2 MISSION / PROGRAMME DE LA RECONNAISSANCE

2.1 / Mission

Par référence à la classification des « Missions Géotechniques Normalisées » établie en novembre 2013 (Norme NFP 94-500), la présente reconnaissance est une mission d'ingénierie géotechnique de conception, phase projet, G2-Phase PRO, et voit de ce fait l'étendue de sa mission limitée aux prestations correspondantes.

Le présent rapport fournit au stade du projet, sur la base des documents transmis, les résultats des sondages et des essais de laboratoire de la campagne G2-AVP, les hypothèses et principes géotechniques à considérer : analyse du contexte géotechnique, définition de la Zone d'Influence Géotechnique du projet, mode de fondation de l'ouvrage projeté, principales sujétions concernant les terrassements et la plateforme de dallage ainsi que les dispositions à prévoir vis-à-vis des éventuelles arrivées d'eau.

La norme des missions géotechniques précise l'enchaînement des études. Cette reconnaissance devra être suivie d'une mission de Supervision géotechnique d'exécution (Mission G4).

2.2 / Rappel du Programme d'investigations

Pour la phase G2-AVP, la reconnaissance d'avril 2025 avait consisté à :

- ⇒ Forage de **2 sondages à la tarière** de 4,40 m et 4,60 m de profondeur permettant le levé de la coupe géologique, le prélèvement d'échantillons et la réalisation d'essais pressiométriques
- ⇒ Réalisation de **8 essais pressiométriques**, répartis dans les sondages permettant de mesurer les caractéristiques mécaniques des terrains,
- ⇒ **Analyses en laboratoire** des échantillons prélevés permettant d'établir la **classification GTR** des différents faciès

3 LE PROJET

Le projet prévoit l'installation d'une cuve de CO² sur une dalle béton sur le site de l'INRAe à Lusignan.

Plan de situation - CarboSilex

INRAe



4 CONTEXTE DU PROJET

5 CONTEXTE DU PROJET

5.1 / Contexte géologique

D'après les études antérieures réalisées dans le secteur, les terrains du site sont constitués des faciès à silex du Mio-Pliocène.

5.2 / Contexte sismique

La commune de Lusignan est placée en zone de sismicité III (aléa modéré).

La classe de sols est définie dans le paragraphe de synthèse §6.3.

5.3 / Aléa retrait-gonflement des argiles

Selon le site www.georisques.gouv.fr, le terrain d'étude est classé en aléa fort vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles (non confirmé par les résultats des investigations).



6 RAPPEL DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS

Les coupes des sondages et le plan d'implantation sont fournis en annexe du présent rapport.

Les profondeurs indiquées ci-après sont définies à partir du niveau du terrain lors de notre intervention en avril 2025. En l'absence de borne cotée sur le terrain, les têtes de sondage ont été nivelées relativement par rapport à une dalle béton existante, cotée dans un système de nivellement indépendant à +100 m.

6.1 / Les sondages à la tarière

Les sondages de reconnaissance des sols ont été forés à la tarière mécanique de 63 mm de diamètre conformément à l'implantation jointe en annexe.

Ces sondages, dont le détail des coupes est présenté en annexe, ont permis de mettre en évidence la coupe géologique générale suivante :

- une plateforme en graves calcaires épaisse de 0,20 m ;
- des remblais calcaires reconnus au droit du sondage SP1 sous la plateforme calcaire sur 0,90 m d'épaisseur ;
- des argiles limoneuses marron observées au droit du sondage SP2 sous la plateforme calcaire sur 0,40 m d'épaisseur ;
- des argiles rouges à silex ou non, limoneuses ou non mises en évidence à partir de 1,10 m et 0,60 m de profondeur et ce jusqu'à l'arrêt des sondages au refus de pénétration obtenu à 4,40 m et 4,60 m de profondeur sur des silex résistants.

6.2 / L'hydrogéologie

Lors de notre intervention en avril 2025, aucune venue d'eau n'a été observée au droit des sondages.

Remarque : Ce constat n'exclue pas la possibilité de circulations d'eau superficielles en conditions météorologiques défavorables.

6.3 / Les essais pressiométriques

Les essais pressiométriques ont permis de mesurer et calculer les paramètres suivants :

- module pressiométrique : E_m (MPa) ;
- pression de fluage : p_r^* (MPa) ;
- pression limite : p_l^* (MPa).

Nous avons obtenu dans les argiles rouges (limoneuses ou non, à silex ou non) les résultats suivants :

$$E_M = 8,0 \text{ à } 46,9 \text{ MPa ;}$$

$$p_r^* = 0,53 \text{ à } > 1,80 \text{ MPa ;}$$

$$p_l^* = 0,86 \text{ à } 2,30 \text{ MPa.}$$

6.4 / Les analyses en laboratoire

Nous avons effectué les analyses et mesures suivantes sur des échantillons prélevés dans les sondages de manière à qualifier la nature des terrains prélevés au sens du GTR (LCPC/SETRA) :

- teneur en eau naturelle : Wnat (%),
- valeur de bleu du sol : VBS.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Sondages	Profondeurs (m)	Faciès	Wnat (%)	VBS
SP1	1,50	Argiles limoneuses rouges	22	1,8
SP2	0,50	Argiles limoneuses marron	18	0,9
SP2	1,00	Argiles rouges à silex	25	1,4

D'après le Fascicule « réalisation des Remblais et des Couches de Forme » du SETRA-LCPC, la classification GTR des terrains est la suivante :

- argiles limoneuses marron : classe **A1** ;
- argiles rouges, limoneuses ou non, à silex ou non : classe **A1** à **C1A1** en présence de gros silex.

D'une manière générale, les terrains rencontrés sont sensibles aux conditions météorologiques lors des travaux, leur portance pouvant chuter rapidement en période pluvieuse, rendant difficiles les conditions de circulation des engins de chantier à pneus. A l'état humide, ces matériaux sont sujets au matelassage.

Nous conseillons donc d'effectuer les travaux en période réputée sèche (été et début automne).

Par ailleurs, les faciès rencontrés présentent une légère sensibilité aux périodes de sécheresse intense avec apparition de phénomènes de retrait avec la diminution de la teneur en eau.

7 SYNTHESE - CONCLUSIONS

Nous allons aborder dans ce chapitre les points suivants :

- la synthèse ;
- le projet ;
- la classe des sols ;
- les terrassements ;
- les conditions de réalisation de la dalle.

7.1 / Synthèse

De ce qui précède, on retiendra les éléments suivants :

- sous une plateforme en graviers calcaires épaisse de 0,20 m, les sondages ont mis en évidence des remblais calcaires ou des argiles limoneuses marron, surmontant des argiles rouges, limoneuses ou non, à silex ou non ;
- aucune venue d'eau n'a été observée au droit des sondages lors de notre intervention ;
- les caractéristiques mécaniques des argiles rouges sont satisfaisantes ;
- d'une manière générale, les terrains rencontrés sont sensibles aux conditions météorologiques lors des travaux, leur portance pouvant chuter rapidement en période pluvieuse, rendant difficiles les conditions de circulation des engins de chantier à pneus. A l'état humide, ces matériaux sont sujets au matelassage. Par ailleurs, les faciès rencontrés présentent une légère sensibilité aux périodes de sécheresse intense avec apparition de phénomènes de retrait avec la diminution de la teneur en eau.

7.2 / Le projet

Il est prévu la construction d'un socle béton support d'une cuve CO².

Les caractéristiques de l'ouvrage sont les suivantes :

- surface du socle : 3,50 m par 5,50 m ;
- arase supérieure : 0,125 m au-dessus du niveau du terrain actuel et/ou fini ;
- charges rapportées : 4 à 5 t/m² ou 25 à 30 t par appui.

7.3 / Classe de sols selon l'Eurocode 8

Concernant le risque sismique, il appartiendra au maître d'ouvrage et au maître d'œuvre d'appliquer les règles de construction parasismiques. Les principaux éléments de dimensionnement à prendre en compte sont les suivants :

- zone sismique 3 (aléa modéré) ;
- accélération du sol « au rocher » $a_{gr} = 1,1 \text{ m/s}^2$;
- classe de sol : B ;
- les matériaux rencontrés ne sont pas liquéfiables.

7.4 / Terrassements

Avoisinants :

Compte tenu du projet, la zone d'influence géotechnique (ZIG) se réduit à la proximité immédiate des futurs ouvrages. Les ouvrages situés dans cette ZIG sont les suivants :

- fondations du bâtiment existant : nous attirons l'attention des entreprises sur la nécessité de prendre en compte les fondations du bâtiment existant lors de la mise en œuvre de la future dalle ;
- réseaux enterrés : les éventuels réseaux enterrés présents dans l'emprise du projet devront être déviés.

Terrassement :

Les terrassements généraux seront réalisés dans des remblais puis rapidement dans des argiles à silex. Ils nécessiteront l'utilisation d'engins puissants équipés éventuellement de BRH ou de doigt de déroctage en cas de passages de silex résistants et/ou dans un souci de rapidité d'exécution des phases de terrassement.

Nous préconisons de réaliser les terrassements en période favorable afin de pouvoir effectuer les fouilles après un éventuel épuisement des eaux issues des circulations de surface.

Nous rappelons la sensibilité des sols fins à la circulation des engins et aux variations hydriques. Les plates-formes provisoires et définitives, ainsi que les fonds de fouille devront être pentés suffisamment pour permettre l'évacuation des eaux météoriques vers un exutoire.

Les fonds de fouille devront être compactés dès exécution et protégés par un empierrement suffisant pour éviter la dégradation de leurs caractéristiques mécaniques.

7.5 / Les conditions de réalisation de la dalle

7.5.1 Cas général

- décapage des remblais et des argiles limoneuses marron sur toute leur hauteur, ainsi que de la partie supérieure des assises sous-jacente **sur une épaisseur minimale de 1,10 m** et ce de manière à créer un fond de forme horizontal. Par ailleurs, les éventuelles poches de sols trop humide ou foisonnés et les matériaux organiques/évolutifs seront également purgés ;
- contrôle strict des sols d'assise de manière à vérifier l'absence d'éléments évolutifs, réglage et compactage du fond de forme obtenu ;
- mise en œuvre d'un remblai d'apport de qualité couche forme (matériaux graveleux inertes, insensibles à l'eau et à granulométrie étendue mis en place par couches peu épaisses – 20 à 30 cm au maximum chacune). Un géotextile pourra être mis en œuvre en fonction de l'état du fond de fouille ;
- compactage des matériaux jusqu'à obtention des valeurs minimales suivantes :
 - densité sèche au moins égale à 95% de l'optimum Proctor,
 - module EV2 ≥ 50 MPa,
 - rapport de compactage EV2 / EV1 < 2 ,
 - module de Westergaard Kw ≥ 50 MPa/m.
- adoption **d'une hauteur minimale de remblai de qualité couche de forme de 0,80 m avec un matériau de classe GTR R21 ou R61 ou équivalent**,
- contrôle strict des matériaux mis en œuvre et réalisation d'essais à la plaque pour chaque couche afin de vérifier l'obtention des critères de réception visés.

7.5.2 Remarque relative aux modules Es

Conformément au DTU 13.3, les essais pressiométriques ont permis de calculer les modules Es des assises sous dallage :

Epaisseurs (m)	Faciès	Es (MPa)	α
0,80	Remblais	-	-
0,50	Argiles rouges	12	0,66
>4,00	Argiles rouges	51,5	0,66

Les valeurs de Es au sein des remblais seront fonction de la nature et de l'importance du compactage des matériaux.

Il sera nécessaire de prévoir un système de collecte et d'évacuation des eaux pluviales autour des ouvrages connecté à un exutoire permanent.

7.5.3 Remarque relative aux tassements

Dans l'hypothèse d'une charge transmise aux assises de 4 à 5 t/m² (0,04 MPa à 0,05 MPa) aux ELS, les tassements sous la dalle seront de l'ordre de 5 à 6 mm.

7.5.4 Solution variante

En fonction du mode de transfert des charges de la cuve (notamment dans le cas d'appuis ponctuels), il sera également possible de reporter les charges de l'ouvrage au moyen de fondations par puits ou massifs encastrés dans les argiles rouges et ce en respectant les conditions d'encastrement minimales suivantes :

- 0,50 m dans les argiles rouges ;
- 2,00 m par rapport au niveau du terrain actuel lors de notre intervention.

Une telle profondeur permettra de limiter les effets des mouvements sols dus aux variations hydriques et de traverser les terrains superficiels moins résistants.

Les dimensions planes des appuis seront établies en fonction des contraintes de calculs suivantes :

$$q'_{ELU} = 0,50 \text{ MPa}$$

$$q'_{ELS} = 0,30 \text{ MPa}$$

A titre d'exemple, nous avons effectué un calcul de tassement pour des appuis transmettant des charges permanentes de 25 et 30 tonnes aux ELS. L'estimation des tassements est donnée dans le tableau ci-dessous :

Charges (t)	Contrainte aux ELS (MPa)	Tassements (mm)
25	0,30	≤ 3
30	0,30	≤ 3

7.5.1 Analyse et vérification du plan de fondations

Le document transmis détaille les fondations suivantes :

- fondations de type massifs ancrés dans les argiles rouges sur une hauteur de 0,50 m et en respectant une profondeur totale de 2 m par rapport au niveau du terrain actuel ;
- radier reprenant la cuve CO2 et le réchauffeur et transmettant les charges aux assises par l'intermédiaire des massifs. L'épaisseur du radier est de 0,50 m.

Les dimensions des massifs sont les suivantes : 0,80 m par 3,20 m.

Le poids de la cuve CO2 est de 12,84 t répartis sur 4 appuis.

Le poids du réchauffeur est de 0,3 t.

En fonction des charges transmises par l'ouvrage et son radier et des dimensions des massifs, la contrainte transmise aux assises est de 0,05 MPa.

Pour une telle contrainte, les tassements sous fondations seront inférieurs à 3 mm.

Remarque relative à l'examen du plan de fondation :

Le plan de fondation transmis respecte les conditions d'encastrement et de dimensionnement des fondations définis dans notre rapport G2AVP.

7.5.2 Réalisation

Les assises de fondation devront être réalisées à sec (système d'épuisement en fond de fouille), non remaniées, propres, planes et horizontales (curage systématique). Elles seront protégées dès exécution et réception par un béton de propreté ou un gros béton. Un contrôle strict de l'homogénéité de chaque fond de fouille sera réalisé par l'entreprise exécutant les travaux. En cas de mauvaise tenue des parois des fouilles, il sera nécessaire de prévoir des blindages.

Les fonds de fouille devront être propres et sains. Dans le cas où il subsisterait des passages humides et/ou remaniés en fond de fouille on prévoira une substitution par du gros béton.

Remarque : Nous attirons l'attention des constructeurs sur la présence possible d'eau dans les terrains et dont il faudra tenir compte lors de la mise en œuvre des fondations.

8 SUITES À DONNER

Le présent rapport solde notre mission d'étude géotechnique de conception - phase projet qui a été établie sur la base des documents transmis et des résultats des investigations géotechniques.

Conformément à la norme des missions géotechniques NF P 94-500, cette mission G2 devra être suivie d'une mission de Supervision d'exécution (Mission G4).

Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour toutes informations complémentaires.

Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve des conditions particulières jointes en annexe.



Philippe VIROULAUD



Thierry MARCHADIER

MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUES

NORME NFP 94-500 (Novembre 2013)

Mission G1 – Etudes géotechniques préalables

Mission G1 ES – Etude de Site

Réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'une étude d'esquisse ou d'un avant projet sommaire, elle permet de définir le modèle géologique préalable du site ainsi que les reconnaissances en vue d'y implanter un ouvrage non encore défini et de faire la première identification des risques géologiques d'un site à travers une enquête documentaire.

Mission G1 PGC – Principes Généraux de Construction

Réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'une étude d'esquisse ou d'un avant projet sommaire, elle permet de définir les principes généraux de construction envisageables pour le projet. Elle s'appuie sur la définition, la réalisation et/ou le suivi d'un programme d'investigations géotechniques.

Mission G2 – Etude géotechnique de conception

Mission G2 AVP – En phase Avant Projet

Réalisée au stade de l'avant-projet, elle étudie les principes constructifs et d'adaptation du projet au sol envisageables et fournit l'ébauche dimensionnelle d'un profil type pour chaque ouvrage géotechnique. Elle s'appuie sur la définition, la réalisation et/ou le suivi d'un programme d'investigations géotechniques. Elle permet une première approche des quantités.

Mission G2 PRO – En phase Projet

Réalisée au stade projet, elle fournit une synthèse actualisée du site, les méthodes d'exécution pour les ouvrages géotechniques et les valeurs seuils associées, ainsi que les notes de calcul de dimensionnement optimisé pour tous les ouvrages géotechniques et pour toutes les phases de construction. Elle permet une approche des quantités / délais / coûts d'exécution de ces ouvrages. Si besoin, des investigations complémentaires sont réalisées.

Mission G2 DCE/ACT - En phase DCE / ACT

Elle consiste en l'établissement des documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques et en l'assistance du client pour la sélection des entreprises et pour l'analyse technique des offres.

Mission G3 – Etude et suivi géotechnique d'exécution

Normalement à la charge de l'entreprise, elle permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation.

En phase Etude

Elle consiste à étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : hypothèses, définition et dimensionnement, méthodes et conditions d'exécution. Si nécessaire, des investigations complémentaires peuvent être réalisées.

En phase Suivi

Elle consiste à suivre l'exécution des ouvrages géotechniques, à vérifier les données et à participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

Mission G4 – Supervision géotechnique d'exécution

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du Maître d'Ouvrage.

Phase Supervision de l'étude d'exécution

Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielle des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

Phase Supervision du suivi d'exécution

Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

Mission G5 – Diagnostic géotechnique

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, cette mission consiste dans le cadre d'une mission ponctuelle à étudier un ou plusieurs éléments géotechniques dans le cadre d'un diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.

Cette mission peut inclure après enquête documentaire, la définition d'un programme d'investigations spécifique et sa réalisation.

CONDITIONS PARTICULIERES

Le présent rapport ou Procès verbal ainsi que toutes annexes, constituent un ensemble indissociable.

La Société AIS Centre Atlantique. serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans son accord écrit préalable.

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols, doit être signalé à AIS Centre Atlantique qui pourra reconsidérer tout ou partie des conclusions du Rapport.

De même, des changements dans l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du Rapport et doivent être portés à la connaissance d'AIS Centre Atlantique.

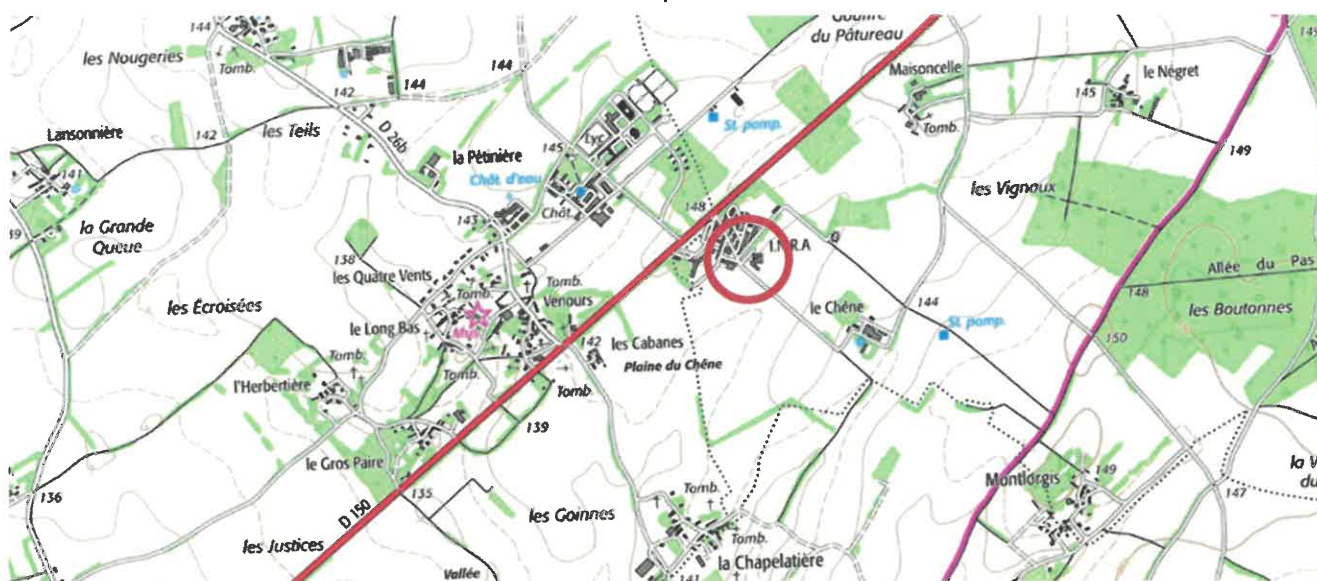
La Société AIS Centre Atlantique. ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur lesdites modifications.

La Société AIS Centre Atlantique ne saurait trop conseiller le client de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des travaux de fondation, à une visite de chantier par un de ses spécialistes qui vérifiera la conformité de la nature des sols et la profondeur des horizons d'ancrage.

Cette prestation peut éventuellement être incluse dans le contrat d'étude et donnera lieu à un Procès Verbal.

ANNEXES

PLAN DE SITUATION et EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE



Extrait carte géologique de la France n°612 – Feuille de LUSIGNAN

LEGENDE

LP : Limons des plateaux

m-pS : Mio-pliocène : formations détritiques des plateaux : faciès à silex

J3 : Callovien : calcaires fins, faiblement argileux

LUSIGNAN (86)
Dossier n°25.102 – 1

SCHEMA D'IMPLANTATION DES POINTS D'INVESTIGATION



Référence
Z = 100.00

