Compétence Géotechnique
Franche-Comté

SAS BLB AGRI-BIOGAZ

BOURBONNE-LES-BAINS (52)

RD 26
Construction d'un digesteur et d'une cuve de stockage

Dossier B19-038
Mission G2 AVP
Le 18/03/2019

Sondages et essais
Etudes de sol
Ingénierie - Instrumentation
Laboratoire – Expertises

Chemin des Maurapans – Chatillon-le-Duc
BP 3053 – 25046 BESANÇON CEDEX
Tél. : 03.81.80.73.24
Fax : 03.81.85.03.33
franche-comte@competence-geotechnique.fr
www.competence-geotechnique.fr

Groupe COMPETENCE GEOTECHNIQUE
COZES (17), BRIVE (19), CHATILLON-LE-DUC (25)
FONDETTES (37), SEYCHES (47),
MAIZIERES-LES-METZ (57), RADINGHEM-EN-WEPPES (59)

HISTORIQUE DU DOCUMENT

DATE	18/03/2019
INDICE	Version 1
OBJET/ MODIFICATIONS	Création du document
Nombre de pages	12 + 13
ETABLI PAR	Hélène LAURENT
VERIFIE PAR	Delphine BARDEY-GERVAIS

DIFFUSION DU DOCUMENT : le 18/03/2019

DESTINATAIRE / @	DESIGNATION	COURRIER	MAIL
SAS BLB AGRI-BIOGAZ / M. CLER st_cler@hotmail.com	Maître d'ouvrage	X	X

SOMMAIRE

I - MISSION *2*
II - PROJET *2*
III - LE SITE *3*
IV - ETUDE GEOTECHNIQUE *4*
4.1 METHODE DE TRAVAIL **4**
4.2 RESULTATS ET INTERPRETATION **5**
4.2.1 NATURE DU SOL 5
4.2.2 L'EAU DANS LE SOL 6
4.2.3 CARACTERISTIQUES MECANIQUES 6
V - TERRASSEMENTS *7*
VI - FONDATIONS DE LA STRUCTURE *8*
6.1 NIVEAUX MINIMUM D'ASSISE **8**
6.2 CONTRAINTE DE CALCUL **9**
6.3 EVALUATION DES TASSEMENTS **9**
6.4 CONSEILS DE MISE EN OEUVRE **10**
6.5 PROTECTION **11**
VII - DALLAGES *11*
VIII - L'EAU DANS LE SOL *11*
CONCLUSIONS *12*

I - MISSION

Notre mission fait suite au devis n°B18-11-551 du 28/11/2018, signé en bon pour accord le 10/02/2019 par M. CLER.

La présente étude correspond à une mission géotechnique du type G2 AVP (Avant-projet) selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 annexée, assurée par la SMABTP (contrat n : 418383J) dont l'attestation est disponible sur simple demande.

Les documents fournis pour remplir notre mission ont été les suivants :

- Un plan topographique,
- Un plan de masse,
- Des perspectives,
- Une notice d'étude de sol établie par PlanET.

Notre mission ne concernait que l'un des digesteurs et la cuve de stockage. Les autres ouvrages sont prévus hors-mission.

II - PROJET

Le projet consiste en la construction d'un digesteur de 24 m de diamètre, et d'une cuve de stockage de 30 m de diamètre.

La profondeur d'enterrement sera de 4 m. La hauteur des ouvrages ne nous a cependant pas été communiquée.

Les charges maximales reçues par les sols ne nous ont pas été communiquées. Nous les avons estimées en première approche de 6 à 8 T/m² (**nous avertir impérativement si les charges étaient supérieures à celles estimées**).

NOTES IMPORTANTES :

Les données concernant le projet, aussi précises soient-elles, nous ont été communiquées par le Maître de l'Ouvrage ou ses conseils ou résultent d'hypothèses de travail. Si la transcription des informations communiquées ou les hypothèses retenues sont erronées, il conviendra impérativement de nous contacter pour corriger ou compléter ces informations.
Si le projet évolue, quelle que soit l'importance de cette évolution, il conviendra également impérativement de nous en faire part afin d'étudier les éventuelles adaptations par rapport à nos préconisations.

Cela pourra impliquer la réalisation de missions géotechniques complémentaires.
Dans le cas contraire notre responsabilité ne pourra pas être engagée sur ces préconisations.

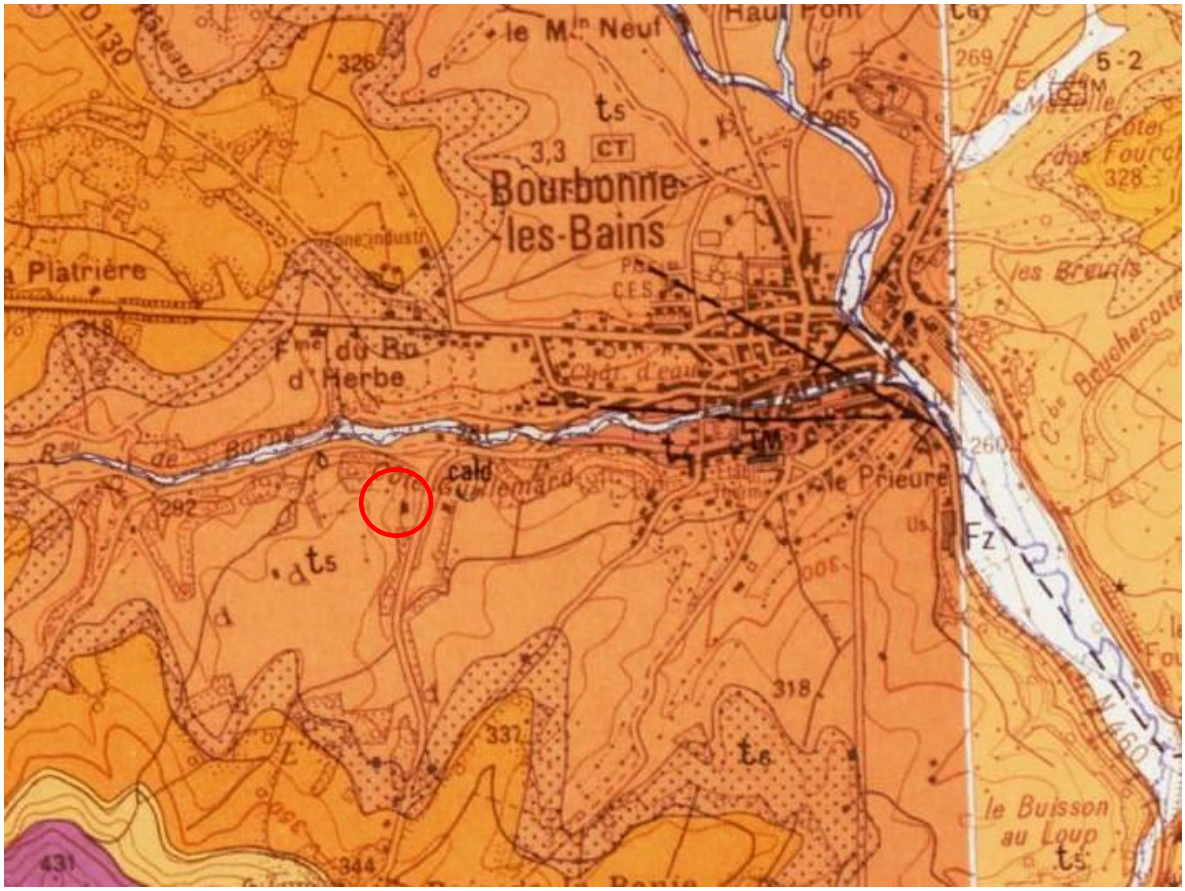
III - LE SITE

La situation du terrain étudié est indiquée sur l'extrait de la carte topographique IGN à 1/25000 placée en annexe.

Il s'agit actuellement d'un pré à proximité de la ferme existante.

D'après les renseignements en notre possession, et notamment la carte géologique de BOURBONNE-LES-BAINS à 1/50000, les formations que l'on devrait normalement rencontrer sur le site sont de haut en bas :

- des **remblais**,
- des **argiles**,
- le **substratum** composé par des **calcaires**.



Extrait du site www.infoterre.brgm.fr

Des arrêtés concernant les risques naturels ont été pris sur la commune :

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
52PREF19990061	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Inondations et coulées de boue : 4

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
52PREF19970002	11/11/1996	13/11/1996	21/01/1997	05/02/1997
52PREF20000007	07/07/2000	07/07/2000	25/10/2000	15/11/2000
52PREF20020012	29/12/2001	30/12/2001	26/04/2002	05/05/2002
52PREF20120002	15/12/2011	17/12/2011	01/03/2012	07/03/2012

Extrait du site www.macommune.prim.net.

Les risques naturels recensés sur le site sont les suivants :

Risque naturel	Aléa / sensibilité	Source
Sismique	Faible (zone 2)	décrets n°2010-1254 et 1255 du 22 octobre 2010

Les plans de prévention des risques naturels en cours d'instruction ou approuvés sur la commune sont :

PPR	Etat	Situation du terrain d'étude
Inondations d'Apance	Approuvé le 01/06/2018	Non concerné

IV - ETUDE GEOTECHNIQUE

4.1 METHODE DE TRAVAIL

Nous avons procédé à l'exécution de **3 sondages de reconnaissance** au taillant ∅ 64 mm, associés à des essais de sol au **pressiomètre** (Norme NF P 94-110) notés CG, descendus à 9 m de profondeur par rapport à la surface topographique du terrain au moment de notre mission.

Des échantillons remaniés représentatifs des différentes couches traversées ont été prélevés au fur et à mesure de l'avancement pour leur identification géologique.

Les implantations des différents sondages sont reportées sur le plan d'implantation annexé.

Les têtes de sondages ont été nivelées par nos soins en prenant comme repère le coin Nord-Ouest du hangar existant situé à + 300,68 NGF (voir plan d'implantation des sondages).

Ces altitudes sont inscrites en marge des feuilles de sondages annexées, et sont données avec une précision de +/- 0,1 mètre.

La coupe géologique de chacun des sondages, et les résultats des essais sont joints sur les feuilles placées en annexe.

4.2 RESULTATS ET INTERPRETATION

4.2.1 NATURE DU SOL

Les 3 sondages de reconnaissance ont permis de distinguer les formations ci-après, de haut en bas :

■ **Couche 1 :**

- des **argiles limoneuses à cailloux et blocs**, de couleur dominante marron, sur les épaisseurs et jusqu'aux cotes suivantes :

CG N°	Prof. (m)	Cote (NGF)
1	0,6	+ 302,3
2	1,2	+ 300,1
3	Absentes	-

Ces argiles sont coiffées par de la terre végétale sur quelques décimètres d'épaisseur.

■ **Couche 2 :**

- des **calcaires dolomitiques parfois très altérés avec +/- de passages argileux**, de couleurs dominantes beige et marron, au-delà.

4.2.2 L'EAU DANS LE SOL

La technique de forage employée de nous a pas permis de reconnaitre d'éventuelles arrivées d'eau. Cependant, les forages étaient secs en fin de chantier.

AVERTISSEMENT :

Le fait qu'aucune arrivée d'eau n'ait été détectée au droit de nos sondages n'augure pas de l'absence d'eau en période pluvieuse ou en période de hautes eaux.

4.2.3 CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Les caractéristiques mécaniques mesurées au moyen d'essais au pressiomètre (Norme NF P 94-110) s'avèrent :

■ **Couche 1 :**

- **Médiocres** dans les **argiles,** avec un module pressiométrique (Em) de 3,1 MPa, et une pression limite effective (Pl*) de 0,23 MPa.

■ **Couche 2 :**

- **Moyennes à très bonnes** dans les **calcaires dolomitiques altérés** avec un module pressiométrique (Em) compris entre 6,6 et 55,5 MPa, et une pression limite effective (Pl*) comprise entre 0,66 et plus de 3,0 MPa.

Les valeurs à retenir dans chacune des couches pour les calculs sont données ci-après

Couche (n°)	Nature	α	Em (MPa)	Es (MPa)	Pl* (MPa)
1	Argile	0,67	3,1	4,6	0,23
2a	Toit des calcaires dolomitiques altérés (sur 1,5 m)	0,5	6,6	13,2	0,66
2b	Reste des calcaires dolomitiques altérés	0,5	15,5	31,0	1,96

α : coefficient rhéologique du sol. Ce coefficient fournit la corrélation entre le module pressiométrique Em et le module œdométrique Eœd, selon la relation Em = α .Eoed.
Es : module de déformation à long terme de la couche de sol = Em/α

V - TERRASSEMENTS

Rappel : La profondeur d'enterrement des ouvrages sera à priori de 4 m. Si la profondeur d'enterrement était plus importante, il sera impératif de réaliser des sondages complémentaires plus profonds.

Le projet nécessite la réalisation de déblais sur au maximum 4 m de hauteur.

Les terrassements auront principalement lieu dans les argiles (couche 1) et les calcaires dolomitiques altérés (couche 2) ; ils ne présenteront pas de difficultés particulières tant que les conditions météorologiques seront favorables (ni pluie, ni gel), mais nécessiteront l'emploi d'un B.R.H.

En l'absence d'étude complémentaire spécifique, les **talus provisoires** de la fouille seront dressés en première approche, avec une pente maximale de 1H/1B (1 de hauteur pour 1 de base). Ils seront protégés par des feuilles de polyane soigneusement fixées le temps du chantier, **purgés au préalable des blocs instables**, pour assurer la sécurité des personnes et des biens.

VI - FONDATIONS DE LA STRUCTURE

Rappel : La profondeur d'enterrement des ouvrages sera de 4 m. Nous vous rappelons que seule l'étude du digesteur et de la cuve de stockage nous ont été demandées. L'étude des autres ouvrages est hors-mission.

Les sondages ont permis de mettre en évidence sous une couche d'argiles limoneuses à cailloux et blocs (couche 1), des calcaires dolomitiques parfois très altérés à passages argileux (couche 2).

Eu-égard à la profondeur d'enterrement prévu, les ouvrages seront fondés par **radiers** ancrés dans les calcaires dolomitiques altérés (couche 2).

6.1 NIVEAUX MINIMUM D'ASSISE

Les radiers seront ancrés au minimum de 0,5 m dans les calcaires dolomitiques altérés (couche 2) et assis à la profondeur minimale de 2 m par rapport à la surface topographique actuelle.

En conséquence, la profondeur minimale des assises par rapport à la surface topographique actuelle sera de 2 m, et les cotes maximales seront :

CG n°	Cote (NGF)
1	+ 300,9
2	+ 299,3
3	+ 302,6

➲ **Notes :**

- ***Ancrage*** = hauteur de pénétration de la fondation dans la couche d'assise, ici, les calcaires dolomitiques altérés (couche 2).

- L'épaisseur des argiles (couche 1) pouvant varier sensiblement entre les sondages, seul le critère d'ancrage dans les calcaires dolomitiques altérés (couche 2) sera retenu, ce qui pourra conduire à un approfondissement du niveau des fondations. A cet effet, nous conseillons de commencer les fouilles des fondations au droit des sondages, afin de s'étalonner.

- Le dessouchage entraîne des volumes de béton supplémentaire.

6.2 CONTRAINTE DE CALCUL

En appliquant **l'Eurocode 7 et la norme d'Application Nationale NF P 94-261** "Fondations superficielles", la contrainte de calcul associée à la résistance nette q_{net} et aux états limites des calcaires dolomitiques altérés (couche 2) à plus de 2 m de profondeur seront, avec :

Pl_e* = 1,96 MPa
q_0 = 0,01 MPa
K_p = 0,8

D'où **q_{net} = 1,58 MPa (sans coefficient de sécurité)**

$q_{ELU\ ;E7}$ = 0,94 MPa (avec coefficient de sécurité de 1,68)

$q_{ELS\ ;E7}$ = 0,57 MPa (avec coefficient de sécurité de 2,76)

Note :

- **Il ne s'agira pas du taux de travail pour dimensionner les radiers. En effet, le facteur limitant ici sera les tassements (voir chapitre 6.3).**
- La méthode de calcul retenue est fondée sur des données mesurées in-situ.
- avec ple* : pression limite nette déterminée au moyen de l'essai de sol au pressiomètre, q0 : poids des terres au repos ou contrainte totale verticale à la base de la fondation superficielle en l'absence de celle-ci, Kp : facteur de portance caractérisant les fondations en fonction du rapport D/B (encastrement sur largeur).
- Kp est pris égal à 0,8 (cas le plus défavorable) car il convient de considérer D/B = 0 en conditions sismiques.
- **ATTENTION** : $q_{ELU\ ;E7}$ et $q_{ELS\ ;E7}$ ne sont pas équivalents à $q_{ELU\ ;DTU}$ ou $q_{ELS\ ;DTU}$ calculés selon le DTU 13.12.
- ***0,1 MPa = 1 bar = 1 daN/cm² = 100 kPa = 10 T/m² = 100 kN/m² = 0,1 MN/m²***

6.3 EVALUATION DES TASSEMENTS

Les tassements totaux W et différentiels W' ont été calculés aux ELS selon l'eurocode 7 (avec un coefficient de sécurité de 2,76 appliqué à q_{net}) par la méthode pressiométrique L. MENARD exposée dans la Norme d'Application Nationale de l'Eurocode 7 NF P 94-261 "Fondations superficielles" en annexe H :

soit un tassement total de l'ordre de :

Sondage n°	Ouvrage	P_{ELS} (kPa)	W (cm)	W' (cm)
CG1	Cuve	60	0,3	0,2
CG2		60	0,5	
CG1		80	0,5	
CG2		80	0,7	
CG2	Digesteur	60	0,4	0,1
CG3		60	0,5	
CG2		80	0,6	0,0
CG3		80	0,6	

Ces tassements totaux sont à priori admissibles, mais restent soumis à l'appréciation du bureau d'études structure. Les tassements différentiels apparaissent quant à eux comme admissibles.

Ils pourront être calculés en connaissant le type de fondations, les niveaux d'assises, les descentes de charge, en mission complémentaire G2 phase PRO.

6.4 CONSEILS DE MISE EN OEUVRE

Le radier sera mis sur les terrassements en respectant les modalités de réalisation suivantes :

1. Purge des argiles (couche 1) et des éventuelles poches médiocres et des sols détériorés par les engins de terrassement.

2. Compactage du fond de fouille à 95 % de l'Optimum Proctor Normal (O.P.N.). Cette opération ne sera réalisable que si les sols supports ne présentent qu'une teneur en eau faible ou voisine de l'O.P.N..

3. Mise en place d'une **couche de forme de 20 cm d'épaisseur minimale** en grave non traitée ou concassé compactée à 95 % de l'Optimum Proctor Modifié (O.P.M.) ou en matériaux d'apports locaux nobles et propres.

4. Contrôle de la couche de forme, à l'aide d'**essais de plaque**. La valeur minimale du coefficient de réaction K (Westergaard) devra être de 50 MPa/m, soit 5 bar/cm, du module EV2 de 60 MPa.

6.5 PROTECTION

Du fait de la profondeur d'enterrement prévue, la protection contre le gel qui nécessite normalement une profondeur d'assise au-dessous du terrain fini extérieur supérieure à 0,8 m, sera automatiquement assurée.

VII - DALLAGES

La solution radier règle le problème des dallages sur terre-plein.

VIII - L'EAU DANS LE SOL

Aucune arrivée d'eau n'a été constatée lors de notre mission, les 11 et 12/03/2019.

Il sera cependant nécessaire de protéger les parties enterrées du projet (sous-sol, etc.) contre les eaux infiltrées qui circulent de façon anarchique dans les terrains superficiels, par un système de drainage périphérique collectant ces eaux et les évacuant vers un exutoire existant ou à construire, fiable et pérenne.

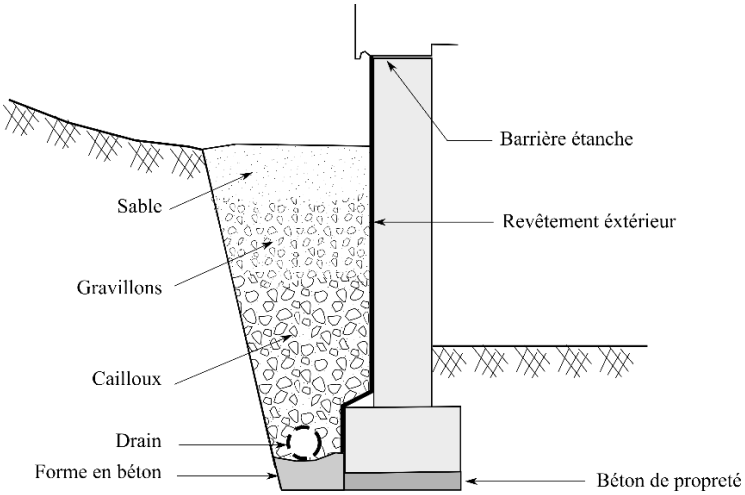


Figure extraite du DTU 20.1, partie 2

CONCLUSIONS

Les 3 sondages ont reconnu :

Couche 1 : des **argiles limoneuses à cailloux et blocs** sur 0,6 et 1,2 m d'épaisseur.

Couche 2 : des **calcaires dolomitiques parfois très altérés**, à passages argileux, au-delà.

✧ ✧ ✧

Il n'a pas été rencontré d'eau dans le sol les 11 et 12/03/2019.

✧ ✧ ✧

La cuve de stockage et le digesteur seront fondés par radiers ancrés d'au moins 0,5 m de profondeur dans les calcaires dolomitiques altérés (couche 2), et assis à 2 m de profondeur par rapport à la surface topographique actuelle.

Ces radiers seront dimensionnés sur **la base du taux de travail admissible $q_{ELS\ ;E7}$ des calcaires dolomitiques altérés (couche 2) à plus de 2 m de profondeur de 5,7 daN/cm^2 (= 57 T/m^2).**

On devra s'assurer auprès d'un bureau d'études structure que les tassements sont admissibles.

✧ ✧ ✧

La solution radier règle le problème des dallages sur terre-plein.

✧ ✧ ✧

L'étude des terrassements est au chapitre V. Les suggestions dues à l'eau figurent au chapitre VIII.

✧ ✧ ✧

L'intégralité du contenu de ce rapport est supposée connue de l'ensemble des intervenants sur ce projet.

Le maître d'ouvrage, son assistant, et/ou le maître d'œuvre du projet veilleront au respect des prescriptions de ce rapport, ainsi qu'au bon enchaînement des missions géotechniques décrites dans la norme NP P94-500 de novembre 2013.

Nous restons à la disposition des différents intervenants pour tous renseignements complémentaires.

L'ingénieur chargé du dossier
Hélène LAURENT

Contrôle Qualité
Delphine BARDEY-GERVAIS