

18 décembre 2012

La STEP de Marquette lez Lille



Le mardi 18 décembre, la délégation AFGC Nord Picardie a organisé, en partenariat avec Lille Métropole Communauté Urbaine, une visite du chantier consacrée à la STEP de Marquette

Rappel du programme

- 8h45 : Accueil des participants
- 9h10 : Le mot du Président
Yannick Jeanjean
AFGC Nord Picardie
- 9h15 : Présentation Générale de l'opération et de son contexte
M.Castelain, 1^{er} Vice Président, M.Leroy, Directeur de l'eau - LCMU
- 9h40 : Le Projet du groupement Conception Réalisation
Présentation du projet, Organisation et réparation
Focus sur Techniques épuratoires innovantes mises en oeuvre
M.Boucheteil - OTV Mandataire du Groupement
- 10h15 : Le Sous-groupement Génie-Civil
Organisation, interfaces et coactivités avec process
Les contraintes d'étanchéité, les bétons
M.Paillette, M.Leger - NORPAC
- 10h45 : La Géotechnique et les structures
M.Simon - TERRASSOL

- 11h00 : Pause café
- 11h15 : Bâtiment des Prétraitements
M.Carpentier- DEMATHIEU ET BARD
- 11h30 : Fondations, Colonnes à modules contrôlées (CMC)
M.Scache - MENARD
- 11h50 : Assistance Technique LMCU - Fondations
M.Coulon ou M.Habert - CETE NP
- 12h10 : Questions, Echanges
- 12h30 : Déjeuner sur Place
- 14h00 : Départ en Bus et visite de la STEP, retour LMCU avec dépose possible à la gare de Lille Europe

Présentation de l'opération

D'une capacité de traitement de 620000 Equivalents Habitants, la future station de Marquette se placera au 1^{er} rang des stations situées au Nord de Paris. Elle sera également l'installation la plus performante du bassin Artois Picardie.

Ce chantier de 145 millions d'euros d'investissements est un des projets les plus importants de Lille Métropole.

L'Opération est menée sous la forme d'un marché public de Conception Réalisation notifié au groupement OTV (mandataire et filiale de Véolia) – Norpac – Demathieu & Bard – Bonnard et Gardel – Amodiag – Alain Le Houedec

Conformément à la volonté du Maître d'Ouvrage LCMU, le développement durable a été placé au cœur du projet retenu : production et valorisation du biogaz sur site, réalisation de murs et toitures végétalisés, création de 6 hectares de zones humides favorisant un retour à la biodiversité, construction d'un bâtiment administratif au label BBC et enfin maîtrise des nuisances tant en phase de chantier (construction d'un pont dédié aux véhicules de chantier) que sur la future station (intégration architecturale et paysagère des installations, couvertures des ouvrages et désodorisation).

Sur le plan technique, la station fait appel aux dernières technologies disponibles tant en termes de process (traitement de l'eau et traitement des boues) que de génie civil (notamment pour les modes de fondation des ouvrages).

Le chantier débuté en 2010 regroupe désormais près de 350 personnes et se déroule au sein d'un site qui doit être maintenu en fonctionnement et garantir ainsi la continuité de service en matière de traitement des eaux usées.

Synthèses des présentations

L'hybass et les clarificateurs de la conception à la réalisation

B. Léger, Norpac

L'hybass

Présentation générale de l'ouvrage

3 files indépendantes de 20 m par 130 m de longueur

9,50 m d'eau

Une charge totale de 89 000 tonnes

Une contrainte moyenne au sol de 100 kPa

Une couverture complète de l'ouvrage

Le principe de conception

Un calage altimétrique pour minimiser les sollicitations du sol :

$$0,5 \times 10 + 3,50 \times 20 = 75 \text{ kPa}$$

soit une charge nette de 25 kPa

Une étude avec Terrasol sur l'évaluation des tassements et des modules de sol pour faire un calcul de prédimensionnement intégrant la souplesse du sol

Le dimensionnement final

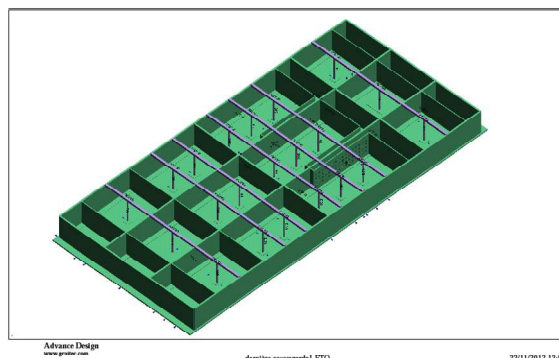
Etude d'exécution :

Intégration de bandes de clavetage pour gérer le retrait

Les manifestations régionales

Un calcul complet aux éléments finis intégrant les différentes phases

Calcul complet aux éléments finis



Modèle

Trois phases :

Béton avant clavetage

Clavetage + toiture

Charge hydraulique

Les clarificateurs

Caractéristiques générales :

Diamètre : 49 m intérieur

Hauteur d'eau : 5 m

Poids total : 10 300 tonnes

Une contrainte moyenne au sol de ~ 50 kPa

Le principe de conception :

Un calage altimétrique :

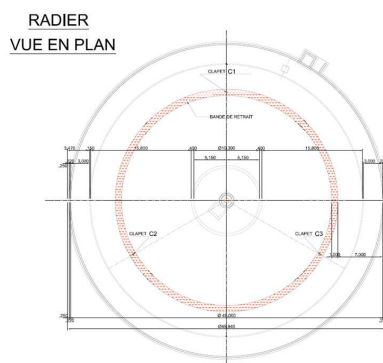
$$2,5 \times 20 \text{ KN/m}^3 = 50 \text{ kPa} \text{ soit une charge nette du sol : } \sim 0 \text{ kPa}$$

Une étude avec Terrasol de tassement et des modules de sol pour faire un calcul de prédimensionnement

Le dimensionnement final

Etude d'exécution :

Intégration de bandes de clavetage pour gérer le retrait

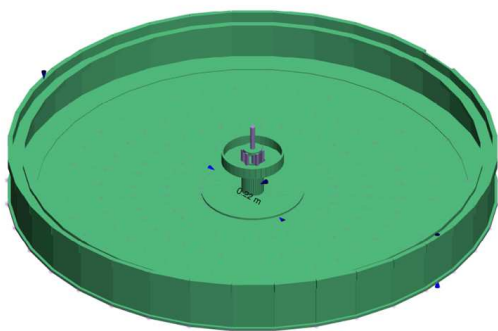


Une redéfinition des modules de réaction au sol en fonction de la campagne G3 :

Les clarificateurs 1, 2, 4 et 5 sans renforcement de sol

Les clarificateurs 3 et 6 avec des renforcements de sol type inclusion rigide

Un calcul complet aux éléments finis



Etudes géotechniques

B.Simon - TERRASSOL

1. Introduction – Contexte
 - Site alluvial en bordure de canal
 - Nappe à faible profondeur
 - Plateforme remblayée
2. Phase consultation
 - Etudier une solution de fondation superficielle ;
 - Estimer les tassements à attendre sous ouvrage

Principe de calcul :

- Radier (+voiles) : Plaque en éléments finis, produit « E.I » variable
- Chargement par bandes (files de traitement)
- Sol : succession de couches (Ei, vi)

3. Phase conception

Résultats :

- Nécessité d'itérations avec le bureau de structure ;
- Mode de fondation superficiel confirmé ;
- Définition de cartes de raideurs pour réalisation d'un calcul de structure

4. Suivi d'exécution

5. Conclusion

- Importance de l'enchaînement des missions géotechniques : suivi des problématiques aux étapes successives du projet et adaptation des solutions ;
- Apport des reconnaissances en phase conception
- Interaction avec le BE de structure

Les manifestations régionales

Bâtiment des Prétraitements

M.Carpentier- DEMATHIEU ET BARD

Les chiffres clés

Zone prétraitement

Planning

Travaux préparatoires : Janvier à Mars 2011

Fondations profondes : Avril 2011 à Juin 2011

Génie civil : Juillet 2011 à Avril 2012

Premiers essais en eau : Décembre 2011

Clos couvert : Décembre 2011 à Juin 2012

Début Installation Process : Janvier 2012

Gros œuvre : 11,95 M€

Main d'œuvre : 88 300 heures

Béton : 14 800 m³

Armatures : 1 280 Tonnes

Surfaces de coffrage : 37 200 m²

Volume d'étalement : 78 600 m³

Clos couvert (y compris charpente) : 7,30 M€

Charpente : 460 Tonnes

Couverture : 5 300 m² dont végétalisée : 1 500 m²

Bardage : 6 800 m²

dont Trespa : 2 300 m²

dont translucide : 650 m²

dont métallique : 3 550 m²

dont végétalisé : 300 m²

Effectif de pointe

Gros œuvre : 80

Clos couvert : 55

Zone Séchage des boues

Planning

Travaux préparatoires : Août 2012

Fondations profondes : Septembre 2012

Génie civil : Octobre 2012 à Avril 2013

Clos couvert : Avril à Août 2013

Début Installation Process : Juin 2013

Gros œuvre : 3,40 M€

Main d'œuvre : 21 600 heures

Béton : 3 640 m³

Armatures : 320 Tonnes

Surfaces de coffrage : 4 830 m²

Volume d'étalement : 17 400 m³

Clos couvert : 1,05 M€

Charpente : 110 Tonnes

Couverture : 3 200 m²

Bardage : 1 200 m²
 dont Trespa : 800 m²
 dont métallique nervuré : 400 m²

Le Bâtiment PRETRAITEMENT



Ouvrage d'arrivée



Relevage



Dessableur



Les manifestations régionales



Zone de séchage des boues

Fondations, Colonnes à modules contrôlés (CMC)

M.Scache – MENARD



CMC sous la zone de prétraitement

Quelques chiffres

1750 CMC

1500 m³ de mortier

7 semaines de production

10 essais de chargement

40 essais d'impédance

Phase III: Clarificateur, épaisseur et stockage des boues

Clarificateur n°6

50 m de diamètre environ

4.5 m de décaissé

Renforcement pour la reprise des charges dues au voile

Avantages de la technique

Déformation verticale maximale de 30 mm,
Chargement uniformément réparti,
Chargement dissymétrique de 2 à 13 t/m²,
Dimensionnement du radier plus simple suite à l'évolution du dimensionnement du process,
Rapidité d'exécution.

Suivi et contrôles

Essais de chargement

Essais d'impédance

Enregistrements de paramètre

Essais en compression du mortier

Suivi des tassements

Assistance Technique LMCU - Fondations

M.Habert - CETE NP

Des ouvrages à fondés « multiples »

Spécificité des ouvrages de la STEP de Marquette

- Une géologie moyennement compressible mais homogène :

- Alluvions de la Marque

- Reposant sur formations de Flandres :

- sables d'Ostricourt

- puis argiles de Louvil

- Des typologies d'ouvrages variées :

- Radiers de dimension et de forme variées,

- Descentes de charge ponctuelles

- Amplitudes des charges à reprendre sous les radiers : 50 à 200 kPa

- Des tassements admissibles (absolus et différentiels) limités, notamment par la pérennité des canalisations entre les différents éléments de la station

Des fondations « adaptées » aux charges à reprendre

Les fondations gèrent les problématiques de portance ou servent « uniquement » à réduire les tassements

Une panoplie de fondations permettant de s'adapter graduellement aux descentes de charges apportées par les ouvrages

- Radiers superficiels encastrés

Les manifestations régionales

- Radiers fondés sur un sol renforcé par inclusions rigides

- Colonnes à module contrôlé sous les bâtiments de prétraitement, clarificateur C6, épaisseurs, sécheur,...

- Inclusions à la tarière continue creuse sous le clarificateur C3

- Fondations profondes

- Pieux à la tarière continue creuse de type 2 sous les bâtiments administratifs, électrique,...

- Pieux « vissés moulés » sous les digesteurs

Des fondations optimisées => une modélisation « complexe »

Caractère optimisé des renforcements : exemple des fondations du clarificateur C3 => inclusions à la tarière creuse « ponctuelles »

=> des modélisations également complexes

=> nécessite préalablement un calage sur des configurations simples

Contexte réglementaire

Un contexte normatif et de recommandations évolutif (début des travaux : fin 2010) concernant les calculs et l'exécution des travaux de fondation

- Normes de calculs ou guides de recommandations

- Parution de la norme NF P 94-262 => justification des fondations profondes :

- Norme d'application française de l'Eurocode 7

- « Fusion » des DTU 13.2 pour les bâtiments et fascicule 62 titre V du CCTG pour les ouvrages de génie-civil

- Prise en compte de nouveaux types de fondations profondes (pieux vissés moulés notamment)

- Septembre 2011 : présentation des résultats des recommandations ASIRI (Amélioration des sols par Inclusions Rigides)

Normes européennes d'exécution :

- Exécution des pieux forés : NF EN 1536, révisée en 2010)

- Exécution des pieux refoulants : NF EN 12699, de 2001, (en cours de révision)

Des cahiers des charges spécifiques pour les différentes technologies mises en oeuvre

- CMC,

- Inclusions à la tarière creuse (diamètre < 400 mm),

- Pieux vissés moulés

Les CDC traitent des points suivants :

- conception

- réalisation (et donc le suivi et le contrôle)

Problématiques liées aux cahiers des charges

Des techniques innovantes, qui nécessitent de déterminer le comportement spécifique des éléments de fondations

Exemple des Colonnes à Module Contrôlé (CMC) :

- Procédé de fondation non décrit dans DTU 13.2 ou fascicule 62 titre V
- Que retenir pour les paramètres de résistance à l'interface sol-inclusion?

- Frottement axial (latéral) unitaire q_s
- Résistance de pointe, c'est-à-dire le facteur de portance pressiométrique k_p

Pour vérifier le comportement des fondations, des essais de chargement en vraie grandeur sont nécessaires

Essais de chargement des inclusions rigides

Réussir un essai de chargement :

☑ Choisir une inclusion représentative :

- Le modèle géotechnique doit être bien connu
- Utilisation des paramètres de forage et de bétonnage
 - Choisir la charge maximale de l'essai :
- Prendre en compte le fonctionnement de l'inclusion lors de l'essai de chargement
- Quelle plage de charge appliquée veut on tester?
 - Dépouillement spécifique des résultats de l'essai en tenant compte du fonctionnement distinct de l'inclusion lors de l'essai et en phase de service

Comportement de l'inclusion différent lors de l'essai et en phase service

Lors de l'essai de chargement, pas de frottement négatif

En « service »

=> Les tassements obtenus lors de l'essai de chargement ne peuvent pas être directement comparés aux seuils admissibles de tassement

=> La charge d'essai doit être plus forte que l'effort maximal dans l'inclusion : prise en compte du frottement négatif



Modélisation des inclusions rigides

Plusieurs approches possibles :

➢ Modèles spécifiques développés dans ASIRI
=> Ces méthodes présentent l'avantage d'être basées sur les caractéristiques couramment utilisées pour le dimensionnement des fondations profondes (caractéristiques pressiométriques)
=> « Seul » le logiciel FOXTA inclut « déjà » ces éléments

➢ Calculs « numériques » (éléments finis ou différences finies) mais nécessitent des calages assez lourds => à réserver plutôt aux configurations complexes

=> Exemple clarificateur C6

Développement d'un logiciel en lien avec l'IFSTTAR pour calculer les inclusions rigides

Vérification des prévisions

Instrumentation des ouvrages : implantation de repères topographiques

=> Exemple du bâtiment de prétraitement