Proceedings of the XVII ECSMGE-2019
Geotechnical Engineering foundation of the future
ISBN 978-9935-9436-1-3
© The authors and IGS: All rights reserved, 2019
10.32075/17ECSMGE-2019-0428

XVII European Conference
ECSMGE 2019
Reykjavík
on Soil Mechanics
and Geotechnical Engineering

Le Grand Canal à Versailles : enquête géotechnique

The Versailles *Grand Canal* : geotechnical enquiry

J.-D. Vernhes
Institut Polytechnique UniLaSalle, Beauvais, France

A. Heitzmann
Etablissement Public du Château de Versailles, Versailles, France

RÉSUMÉ: Le plus grand bassin construit dans le parc du château de Versailles, à partir de 1668, porte le nom de Grand Canal. Il fut conçu par le célèbre jardinier du roi, André Le Nôtre. L'analyse des *Comptes des bâtiments du roi* a permis de reconstituer le contenu de quatre étapes majeures dans les 14 ans de travaux, dont la troisième en 1671-72 a vu les plus grandes difficultés de terrassement et donc les plus gros investissements. Aussi, ce qui ressort de notre étude contredit l'idée selon laquelle le canal aurait servi de drain géant en zone humide.

Mots-clés : Patrimoine géotechnique, terrassement, canal, XVII^{e} siècle, Versailles

ABSTRACT: The largest basin ever built in Versailles' castel park, as from 1668, is called the *Grand Canal*. It was designed by the famous King's First Gardener, André Le Nôtre. The analysis of the king's archive accounts for that period has allowed us to distinguish four phases during the 14 years the works lasted, among which the third (1671-72) concentrated the most critical earthworks challenges and therefore the highest financial investments. Besides, on the same set of historical elements, the idea according to which the canal would have been built as a drain in a water-saturated ground is discarded.

Keywords: Geotechnical heritage, earthworks, canal, XVIIth century, Versailles

1 UN ENJEU PATRIMONIAL

Le groupe de travail *Conservation des monuments et sites historiques* (TC301) de la Société Internationale de Mécanique des sols et de Géotechnique a pour vocation de fédérer l'expérience acquise sur ces questions dans les domaines académique et professionnel. Un des enjeux courants d'un tel travail est d'encourager les solutions techniques qui, dans la reprise en sous-œuvre des structures architecturales, respectent l'*authenticité* (ISO 13822:2010) de leur système de fondation. L'enjeu pour les ouvrages terrassés anciens est différent, puisque ce sont en eux-mêmes des structures géotechniques. Le TC301 peut donc chercher à les valoriser dans leur intégralité.

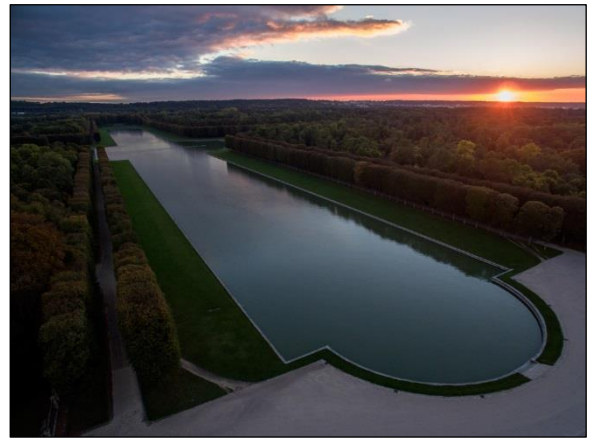


Figure 1. Vue du bras Nord du Grand Canal, depuis le Trianon vers la Ménagerie (© Th. Garnier)

Le Grand Canal du château de Versailles (France) est une de ces structures, grand bassin navigable construit durant le règne roi Louis XIV, de 1668 à 1680. En tant que monument toujours en service mais aussi comme témoignage d'un grand chantier du XVII^{e} siècle, il n'a encore jamais fait l'objet d'investigations géotechniques. En 2018-2019, des études de terrain (nivellement, tarière, géophysique) ont été initiées par des élèves techniciens et ingénieurs en géologie dans le cadre d'un partenariat entre UniLaSalle Beauvais et l'Etablissement Public du Château de Versailles. Les résultats de cette première campagne seront valorisés en 2019-2020. Ici, par l'exploitation des données cartographiques et d'archives disponibles, nous entendons donner une base aux travaux de terrain et contribuer aux efforts pour mieux connaître les œuvres anciennes du domaine géotechnique.

2 LE GRAND CANAL AUJOURD'HUI

Le Grand Canal présente une forme en croix latine asymétrique dont le grand axe de 1,67 km de longueur, tourné vers le couchant, est d'orientation O22°N. Celle-ci a été dictée par l'axe constant des châteaux qui se sont succédés sur le site, depuis le pavillon de chasse de Louis XIII de 1623 jusqu'au château de Louis XIV, mondialement connu et visité aujourd'hui, qui avait atteint un état proche de l'actuel dès 1685.

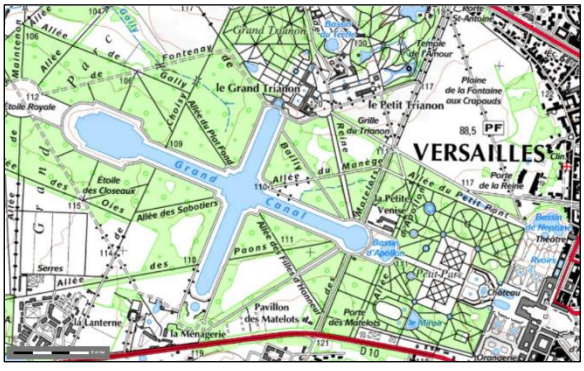


Figure 2. Le Grand Canal et le Grand Parc, d'après la carte topographique à 1/25000 (© IGN)

La surface du Grand Canal étant de 23 *ha* et le tirant d'eau de quelque 2 *m*, sa contenance est donc d'environ 460 000 m^3.

3 SITUATION NATURELLE

3.1 Topographie et hydrographie

Situé à l'ouest du château, au sud du Trianon et au nord de l'ancienne Ménagerie (fig. 1 et 2), ce bassin, dont les margelles calcaires sont proches de la cote 109 *NGF*, est construit dans la dépression topographique occupant la majeure partie des 800 *ha* du Grand Parc. Les pentes de cette cuvette sont cependant faibles et l'occupation forestière à canopée irrégulière forme un masque qui permet difficilement de s'en faire une idée.

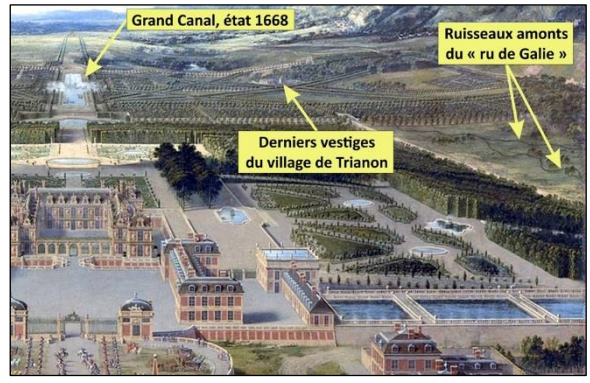


Figure 3. Vue, vers l'ouest, du château et des jardins de Versailles en 1668, par Pierre Patel. Châteaux de Versailles et de Trianon © Château de Versailles, Dist. RMN / J.-M. Manaï. Détail, habillé.

Les eaux de ruissellement ont comme exutoire le ru de *Galie* (ancienne orthographe de *Gally*), dont le cours amont, au nord du château, fut représenté en 1668 sur un tableau de Patel (fig. 3).

3.2 Géologie et hydrogéologie

Le ru de *Galie* a entaillé une partie de la série stratigraphique tertiaire du Bassin Parisien, du Stampien (~ 30 *Ma*) au Lutétien supérieur (~ 40 *Ma*). Ce sont les Sables de Fontainebleau (stampiens) qui forment les promontoires sur lesquels sont

construits les palais de Versailles et Trianon ; ces sables sont argileux à leur base (Goguel, 1967). Au-dessous, parfois intercalées avec de minces niveaux sableux ou calcaires, les strates sont marneuses (argilo-calcaires) ou argileuses, dont celle qui occupe le plus d'espace dans le parc et intéresse particulièrement le Grand Canal : les Masses et Marnes ludiennes du gypse (e7). Comme surface d'érosion, elles sont réduites à des marnes altérées ou couvertes de colluvions.

Cette dominance des faciès marneux dans le Grand Parc a une conséquence hydrogéologique : les sols ont de très médiocres capacités de drainage. Ils peuvent être gorgés d'eau mais celle-ci circule très lentement, hormis localement dans de possibles niveaux de circulation préférentielle. Ils alimentent donc peu le ru de *Galie*, dont le débit dépend essentiellement des ruissellements de surface. Un deuxième effet des faibles perméabilités des niveaux géologiques affleurants, couplées avec la topographie très plate en fond de cuvette, est que la zone forme spontanément des marécages. Cette contrée posait donc des contraintes d'aménagement, reconnues à l'époque – le lieu avait une réputation d'insalubrité (Baridon, 2013, p. 192). Louis XIV, dans le cours de la décennie 1660, confia au célèbre André Le Nôtre le soin de trouver une solution.

4 DONNEES D'ARCHIVES

4.1 Une solution gravitaire ?

Le grand Jardinier du Roi voulu d'abord drainer les eaux du val et « *y employa bien des hommes, bien du temps et beaucoup de dépenses* » sans résultat, d'après un témoin tardif. C'est alors qu'il aurait eu l'idée de les « *rassembl[er]* » pour en former « *un beau canal* » (Baridon, 2013). Autrement dit, l'idée de Le Nôtre aurait été d'installer au milieu du Grand Parc une gigantesque tranchée drainante, à demeure, et de lui conférer une fonction d'agrément. Il existait déjà à Fontainebleau (1606-1609) et Vaux-le-Vicomte (1650) des Grands Canaux (Farhat, 2013), grandes pièces d'eau de prestige très allongées, mais la construction d'un canal comme solution d'aménagement paraît alors nouvelle.

4.2 Les Comptes des bâtiments du roi

Les milliers de feuillets composant les *Comptes des bâtiments du Roi sous le règne de Louis XIV*, dont Le Nôtre a été contrôleur à partir de 1657, ont non seulement été préservés des destructions de la décennie 1790 mais encore compilés et indexés par Jules Guiffrey dans une sorte d'annuaire en cinq tomes, entre 1881 et 1901. Ils sont une source de premier ordre pour reconstituer, à partir des factures réglées à un ensemble très composite de fournisseurs et prestataires, les actes visant à augmenter les biens matériels de la Couronne, en particulier les biens construits.

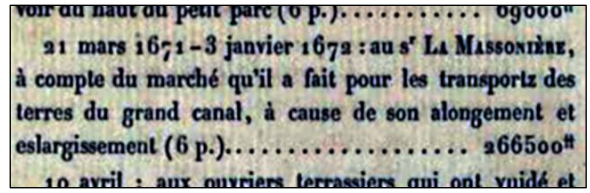

voir du haut du petit parc (6 p.)..... 69000#
21 mars 1671-3 janvier 1672 : au s^r^ La Massonière, à compte du marché qu'il a fait pour les transportz des terres du grand canal, à cause de son alongement et eslargissement (6 p.)..... 266500#
10 avril : aux ouvriers terrassiers qui ont vuidé et

Figure 4. Extrait des Comptes…, *Tome 1, colonne 518, (Guiffrey, 1881-1901)*

Disséminés sous plusieurs rubriques mais en premier lieu dans « *Fouilles et transports de terres* » et « *Maçonnerie* », se trouvent les « travaux géotechniques », dont ceux du Grand Canal. Les paragraphes suivants synthétisent ce qui ressort de la sélection de 219 entrées pertinentes pour le sujet étudié, dont 137 portant expressément sur le canal.

4.3 Sommes dépensées en 14 ans

Les courbes de la figure 5 montrent que les travaux pour le Grand Canal commencent, après des opérations préparatoires, en 1668. Les dépenses annuelles sont irrégulières. Elles connaissent un premier pic en 1668 puis un deuxième en 1671-1672. La dépense totale s'élève à une somme proche de 1 250 000 livres. Cette valeur ne peut être approchée à mieux que quelques dizaines de

milliers de livres près. La cause en sont les interactions entre les travaux pour le Canal et ce qui était concomitamment construit à son voisinage immédiat dans le Grand Parc (à commencer par le Trianon), mais aussi, occasionnellement, de l'imprécision des descriptions des *Comptes*.

Nous trouvons que la part des travaux de terrassement s'élève aux trois quarts du total des dépenses pour cet ouvrage.

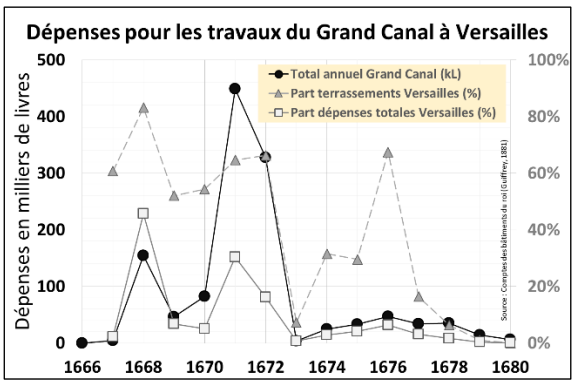


Figure 5. Evolution des dépenses engagées pour les travaux du Grand Canal entre 1667 et 1680, d'après les Comptes… *(Guiffrey, 1881-1901)*

La figure 5 montre aussi que, au regard de l'ensemble des contrats passés sous la rubrique générale « Versailles » pour chaque année étudiée, le Grand Canal représente pendant 9 ans de 30 à 80 % du total des terrassements effectués. En 1668 et 1671, la construction de cette pièce d'eau concentre 50 et 30 % de la totalité des paiements effectués, château compris : c'est dire l'importance qu'avait aux yeux de Louis XIV ce « grand projet géotechnique » comme on le qualifierait aujourd'hui.

4.4 Attribution des marchés

En 14 ans, des marchés sont passés avec 47 intervenants : en premier lieu terrassiers, maçons, mais aussi jardiniers, constructeurs de batardeau, fontainier, charpentier et géomètre. Sur la période, le cumul des règlements par prestataire va de 124 livres à 506 400 livres. Le lot maçonnerie est le fait presque exclusif de Bergeron (Antoine et Pierre) et Mazières (André), plus gros entrepreneurs en bâtiment de l'époque (Guiffrey, 1881) et souvent associés, pour un total de 304 000 livres.

Parmi les 38 spécialistes du terrassement sollicités, l'énigmatique Sieur La Massonière (fig. 4) reçoit en tout 506 000 livres, soit près d'une fois et demi ce que les 37 autres ont perçu. Cet « *entrepreneur de fouilles de terre* » apparaît dans les comptes en 1671 et 1672 pour le Grand Canal puis en disparaît.

4.5 Phasage des travaux, coûts et ratios

Nous distinguons, au cours des 14 ans sur lesquels s'est étendue la construction du Grand Canal, quatre périodes successives (fig. 6 et 7). L'année préparatoire 1667 n'est pas retenue comme significative. L'année 1673 voit une interruption quasi-totale du chantier, à une époque à laquelle la guerre de Hollande fait rage.

Phase	Années 16..	Partie d'ouvrage		Terrassements Dépense (kiloLivres)	Surfaces (1000 m²)	Ratios (L/m²)
1	68-69	**Bras E-O**		110	89	**1,2**
2	70	**Bassins O (ini.) & E**		70	12 (E) → *12 (O)*	1,2 (E) ← *4,6 (O)*
3	71-72	**Bras S (ini.) & N, & bass. O**		565	108	**5,2**
4	74-80	**Achèvement aménag. : O(76), N(79) et S(80)**	**O : Bass. ouest**	32	-	-
			N : 'Trianon'	9	-	-
			S : 'Ménagerie'	40	*12* →	*3,3*
➲	**68-80**	**Grand Canal complet**		826	233	3,5

Figure 6. Phases des travaux du Grand Canal et ratios des coûts de terrassement associés ; les flèches indiquent la cible des calculs (par utilisation des ratios, ou contrôle de leur vraisemblance)

Des calculs de ratios, en chiffres arrondis, montrent l'évolution de l'effet de la topographie sur les coûts de terrassement. A surface égale de canal construit, ceux-ci sont multipliés par quatre entre la première à la troisième phase (de 1,2 à 5,2 livres par m²), lorsque sont entrepris en 1671 les bras Nord et Sud et l'amplification du bassin

Ouest. Cette troisième phase est décidée au mépris de fortes contraintes de relief et elle entraîne le triplement de la surface déjà construite du Grand Canal - pour un gain visuel depuis le château relatif, voire nul. L'effet des berges et allées latérales au canal sur les volumes de terrassement est en outre fortement amplifié par les reliefs contraignants, dont on peut remarquer qu'ils doublent encore l'aire de travail par rapport à celle de la seule pièce d'eau (51 *ha* en tout, voir fig. 7 et 8 : plan).

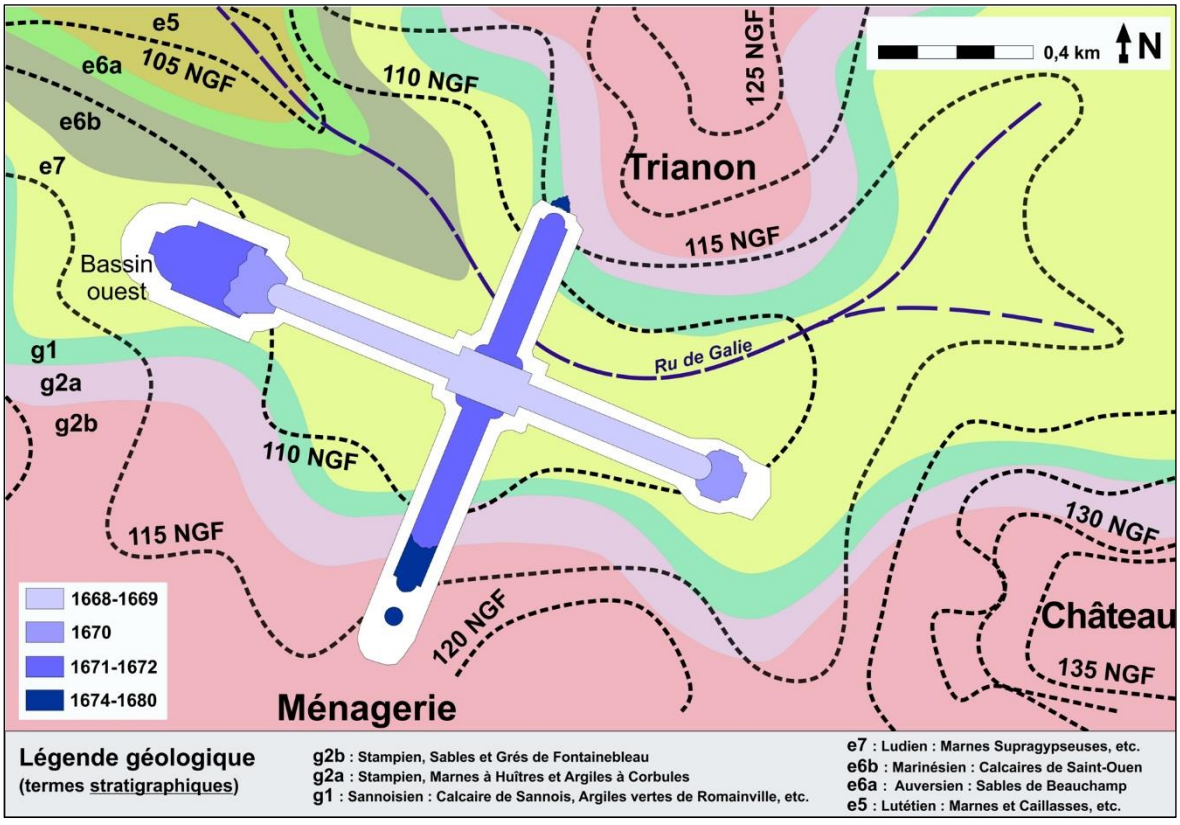


Figure 7 Phasage des travaux du Grand Canal de Versailles d'après les Comptes des bâtiments du roi*, sur fond topographique simplifié et interprété d'après la carte IGN à 1/25000, avec fond géologique (Goguel, 1967)*

Connaissant les dépenses, l'utilisation des ratios permet de suggérer une réponse à la question des degrés d'achèvement du bassin Ouest à fin 1670 et du bras Sud à l'interruption de 1673, non explicites dans les *Comptes*. Dans le premier cas, la dépense totale en terrassements de l'année 1670 et l'estimation du coût total de creusement du bassin Est permet d'estimer une surface de bassin Ouest achevée en 1670 de l'ordre de 1,2 ha, soit grossièrement un quart de la surface totale du bassin en état d'achèvement. Pour le bras Sud, c'est en estimant l'aire creusée après 1673 qu'il apparaît par différence que ce bassin aurait initialement été creusé sur la même longueur que le bras Nord. Ces résultats sont illustrés sur les figures 7 et 8.

4.6 Principes constructifs

Dans cette étude d'archives, tout concorde à écarter le principe selon lequel Le Nôtre aurait utilisé le Grand Canal comme drain permanent pour piéger les venues d'eau naturelles dans le terrain. En

effet, d'une part les tâches opérées par les terrassiers ont toujours inclus un poste *corroyage* (étanchéité ; fig. 8, coupe), à hauteur de quelque 10 % des coûts du volet global « terrassements », qui permit d'isoler hydrauliquement le canal du terrain encaissant. Qui plus est, les *Comptes* signalent en 1668 « *des fossez pour couler les eaux par dessoubs le canal* » et en 1669 des « *tranchées pour escouler les eaux qui passsoient soubz le canal de Versailles* » montrant que le risque local d'incident dû à l'effet de barrière hydraulique du nouveau canal était bien pris en compte. Malheureusement, ces deux descriptions des *Comptes*, uniques en leur genre et restreintes à la première phase de travaux, ne sont pas assez détaillées pour nous permettre de connaître leur localisation et la pérennité de leur fonction. De plus, les sommes dépensées sont restées très modérées (respectivement 328 et 838 livres) ce qui signifie que ces dispositions n'ont sûrement pas eu de caractère systématique, mais plutôt d'adaptation « observationnelle ». Nous avons quand-même forfaitairement signalé leur existence sur la figure 8 (coupe).

4.7 Fonctionnement du Grand Canal

Tout était prévu pour que le nouveau bassin n'ait pas à dépendre du terrain en place (fig. 8, plan) pour son remplissage (dispositif y conduisant les eaux de l'étang de Clagny signalé en 1670) ou encore sa vidange (exutoire à la croisée du canal complété en 1674 par un déversoir de décharge, semble-t-il au bassin Ouest). L'intérêt manifeste de ce système était à la fois de rendre possible l'utilisation du canal comme réservoir des fontaines du Petit Parc quand l'eau était abondante, grâce à un moulin de retour (signalé en 1673), et surtout de permettre un contrôle de sa hauteur d'eau en tout temps.

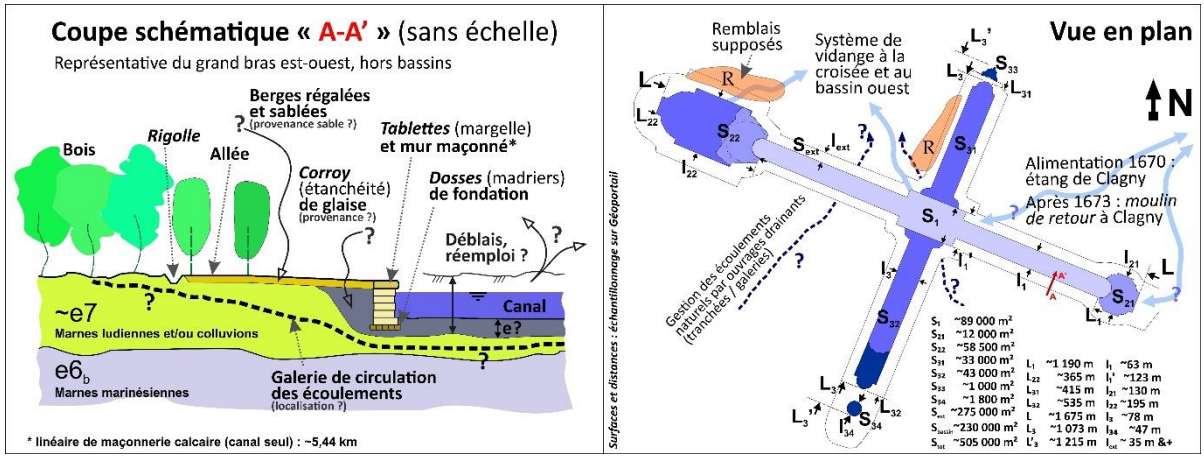


Figure 8 Détails techniques sur le Grand Canal d'après les contrats de travaux et l'ouvrage existant

5 CONCLUSIONS

Les enseignements qui précèdent sont tirés de données d'archives. Elles ont permis de préciser le phasage des travaux du Grand Canal de Versailles et leurs principes constructifs. C'est ainsi que nous proposons une division de la période des travaux en quatre phases. Chacune correspond à une étape architecturale mais aussi à des intervalles de temps délimités par des interruptions plus ou moins longues d'activité, sans doute liées au financement des travaux. Quant aux principes constructifs, il apparaît que le Grand Canal, installé dans des terrains à la fois peu perméables et gorgés d'eau, n'a pas été construit comme un drain mais plutôt comme le bassin inférieur du Parc, hydrauliquement contrôlé.

Les premières observations *in situ* permettent de distinguer deux zones majeures (fig. 8, plan) où le niveau du terrain est sans aucun doute au-dessus du niveau de terrain naturel d'origine.



Figure 9. Installation d'une ligne d'acquisition de sismique réfraction en septembre 2018. Extrémité ouest du Grand Canal, Versailles. (© J.-D. Vernhes)

Elles conduisent à des questions sur la stratégie de terrassement phase après phase, autrement dit sur la façon dont les terrassiers, sous l'égide de Le Nôtre, ont pu optimiser la gestion des déblais produits par le creusement du Grand Canal.

6 REMERCIEMENTS

Que soient remerciés ici les quatre élèves d'Uni-LaSalle (Beauvais, France) qui consacrent cette année 2018-2019 leur mémoire de recherche en géoscience au Grand Canal à Versailles : Abdel Hussein Cissé, Guillaume Le Motheux du Plessis, Maxime Peron et Corentin Rubio. Leur travail permettra de donner une suite à cet article.

7 REFERENCES

Baridon, M. 2013. « Les jardins de Le Nôtre et d'Hardouin-Mansart », dans Arizzoli-Clementel P. (dir.), Versailles, Paris, Citadelles et Mazenod.

Farhat, G. 2013. « Les grandes perspectives dans l'oeuvre de Le Nôtre » in « André Le Nôtre en perspectives (1613-2013) », exposition présentée au Château de Versailles du 22 octobre 2013 au 23 février 2014.

Guiffrey, J. (éd.) 1881-1901 (5 tomes), *Comptes des bâtiments du roi sous le règne de Louis XIV* (1664-1715). Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France.

Goguel, J. 1967. Versailles, Carte géologique de la France à 1/50000, n°182, Orléans, Bureau de recherches géologiques et minières.

ISO 13822:2010. Annexe I, Bibliographie, note 1.