

DISCOURS GEOTECHNIQUE DANS BELIDOR, 1729, II

BELIDOR'S 1729 GEOTECHNICAL DISCOURSE, II

Jean-David VERNHES¹, Bassam BARAKAT¹

¹ UniLaSalle, Beauvais, France

RÉSUMÉ – La Science des Ingénieurs, ouvrage de Bélidor publié en 1729 et consacré au génie militaire, peut être considéré comme ouvrage de référence pour qui s'intéresse à l'histoire de la géotechnique. En complément des trois précédents sur le traité, cet article a pour objet de donner un aperçu des savoirs et pratiques en matière de reconnaissances de terrain, d'hydraulique des sols et d'ouvrages enterrés en France au début du XVIIIe siècle.

ABSTRACT – *La Science des Ingénieurs*, (The Knowledge of Engineers) was published in 1729 by the military academy professor Bélidor. It can be considered as an important landmark in the history of geotechnics. As a continuation of three other articles, this one aims at giving an insight on knowledge and practice regarding field investigation, soil hydraulics and buried structures in France at the beginning of the XVIIIth century.

1. Introduction

Le présent article est le quatrième d'une série (Vernhes et Barakat, 2016, 2020, 2022) portant sur un ouvrage du professeur d'école d'artillerie Bernard Forest de Bélidor (v. 1698-1761) publié en 1729 (Fig. 1). Le titre complet de cet ouvrage, « *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile* », ne laisse pas entrevoir ses références nombreuses et ses contributions parfois décisives à ce qu'on désigne aujourd'hui par « la géotechnique ».



Figure 1. Frontispice original de la Science des Ingénieurs, détail. Gravure de Rigault. Dans cette mise en abyme, l'artiste montre le traité environné de ses contenus (si ce n'est les puttis).

Après avoir mis en évidence l'originalité de son modèle de dimensionnement des murs de soutènement (2016) et discuté de la façon dont Bélidor fit usage du paramètre « pesanteur spécifique » dans ce modèle (2020), nous avons pris l'occasion des JNGG de 2022 pour passer en revue une première série d'informations géotechniques de nature descriptive et non calculatoire qui émaillent le reste de l'ouvrage. En les regroupant par

thème, nous avons exposé ce qui relève des matériaux géologiques, du terrassement et des fondations. Dans ce nouvel article seront retranscrits et commentés les enseignements de Bélidor sur les reconnaissances de terrain, l'hydraulique des sols, les ouvrages enterrés. Nous prions le lecteur de se référer dans le précédent article à la figure 2 pour disposer d'une vue d'ensemble sur la composition de la Science des Ingénieurs et ainsi accéder aux titres de ses livres et chapitres.

2. Reconnaissances de terrain

Dans l'ensemble des six livres composant La Science des Ingénieurs, il n'y a aucun chapitre, ni même de paragraphe, planche ou figure, spécifiquement consacré aux reconnaissances de terrain, et moins encore, s'il fallait le préciser, aux essais de laboratoire à visée géotechnique. Si les seconds, à cette époque, restent très marginaux (Kérisel, 1956 ; Skempton, 1985 ; Bordes, 2000), les premiers sont pourtant pratique courante et ce depuis au moins le Moyen Âge. Bien que Bélidor n'ait donc pas donné un exposé systématique des outils et méthodes de reconnaissance de son époque, il attire néanmoins à diverses occasions l'attention sur l'enjeu d'y recourir, occasions dont nous donnons ci-dessous l'inventaire.

2.1. L'observation, première méthode de reconnaissance

Le problème général des reconnaissances de terrain, avec son application particulière à la construction de places fortes et tout ce qu'elles comprennent de bâtiments civils, est explicitement posé une unique fois dans tout le traité de Bélidor, au livre III (consacré aux matériaux de construction), dans le chapitre VI (relatif aux ouvrages maçonnés), comme une incidente de son propos. Il choisit d'aborder la question à cet endroit en liant tout ce qui est maçonné, assimilé au gros œuvre, au problème de stabilité qui lui revient, mais dans le sens restreint et implicite de « géotechnique ».

L'examen des differens terrains que la place doit occuper , fera connoître à peu-près quelle fera leur nature , si le fond sera bon ou douteux , s'il faudra piloter ou non , s'il y aura des épuisemens d'eau à faire & plusieurs autres circonstances qui augmentent souvent ou diminuent le prix des ouvrages ; je fais que le jugement qu'on peut porter sur la nature du fond est sujet à erreur , & qu'il n'est pas aisé de répondre de la qualité d'un terrain qui n'est pas fouillé & qu'on ne voit point ; cependant avec un peu d'experience , on en peut juger d'abord assez sainement par le coup d'œil & par la situation du lieu , ainsi pour les parties qui se trouveront à faire sur le Roc , ou qu'on présumera devoir y être fondées , on remarquera à peu-près

Figure 2. Bélidor, 1729, livre III, chapitre VI, p. 23.

Comme il revient à l'Ingénieur des Fortifications de décider du lieu favorable pour la place, c'est aussi sur lui que repose le soin d'anticiper l'influence du terrain retenu sur ce qui n'est encore qu'un projet. Mais au lieu de lui recommander une campagne de reconnaissance méthodique avec l'outillage qu'il peut avoir à sa disposition, Bélidor préconise avant tout un examen visuel du site (supposément : relief, cours d'eau, indices « géologique ») qui, grâce à l'expérience, peut lui donner d'accéder à des informations générales dont il ne doit pas se passer (Fig. 2). Pour autant, comme on le voit dans l'extrait ci-dessus, le professeur sait par expérience également que l'observation de la surface du terrain naturel n'exonère pas de vérifications qui peuvent se révéler déterminantes.

2.2. Un cas isolé d'expérience pratique in situ

Dans un chapitre consacré à l'approvisionnement en sable pour les mortiers utilisés en maçonnerie, Bélidor décrit l'expérience pratique suivante.

« Pour juger du sable dont on est incertain, il faut en jeter dans un vase plein d'eau claire et le brouiller ensuite avec la main. Si l'on voit que l'eau devient noire et bourbeuse, c'est une marque qu'il est gras et terreux ; si au contraire l'eau est presque aussi claire qu'auparavant, ou n'est devenue qu'un peu trouble, on sera convaincu que le sable est pur et net. » (Bélidor, 1729, livre III, chapitre IV, p. 11 ; orthographe et syntaxe révisées, ici comme dans les extraits suivants incorporés au texte).

Cette expérience pratique constitue le stade embryonnaire de l'essai d'équivalent de sable, longtemps décrit par la norme NF P 18-598 (AFNOR, 1991), visant tous deux à connaître la propreté du sable. L'expérience au vase est dans la Science des Ingénieurs le seul essai qualitatif in situ qui donne une antériorité à un essai actuel de physique de sols ou roches en laboratoire – on n'y trouve pas de trace d'essai au « *tamis de boulanger* » (livre III, chapitre XI, p. 79, pour la fabrication de mortiers), de pesée hydrostatique, de comportement plastique de certaines terres que les potiers connaissaient...

2.3. Sondes, tarières, pilots et planches d'essai

On compte moins de dix occurrences pour chacun des mots « sonde », « tarière » et leurs dérivés dans l'ensemble du traité de Bélidor, et ceux-ci sont dispersés dans cinq chapitres distincts des livres III, IV et VI. Aucune figure ne vient en montrer l'apparence. Bélidor a cependant fait grand usage des écrits de Vauban et c'est dans un mémoire de ce dernier que l'on trouve une planche donnant l'apparence de ces équipements parmi la trentaine d'« Outils de mineurs » (Fig. 3, voir la *Sonde pour les Terres* et les *Tarières de plusieurs Grosseurs*).

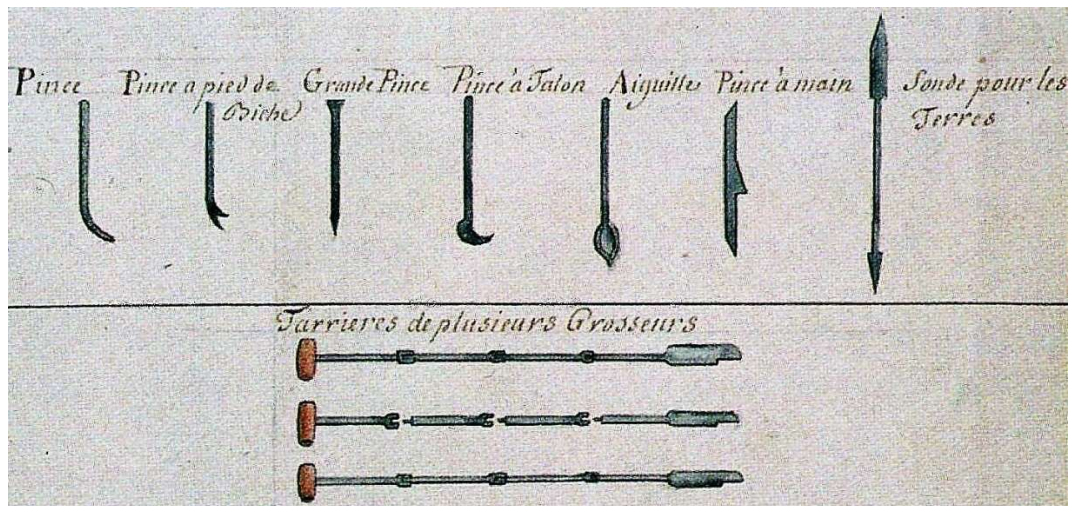


Figure 3. Traité de l'attaque des places, planche XVII, « Outils de mineurs », détail. Vauban (atelier de), 1705.

2.3.1. Où il serait question d'études

Voici les extraits dans lesquels ces deux mots sont employés dans un contexte de reconnaissance in situ :

« (...) pour les endroits vaseux ou marécageux, on connaîtra par différentes sondes les précautions qu'il faudra prendre pour les fondements, pour le pilotage, et la mesure des bois. » (Bélidor, 1729, livre III, chapitre VI, p. 23).

« On distingue le sable mouvant d'avec le ferme, par le moyen d'une sonde de fer dont le bout est fait en tarière, afin de voir en la retirant la nature du fond qu'elle a percé. »

« (...) quand on est obligé de fouiller fort avant pour rencontrer le bon fond, on allonge la sonde par le moyen de plusieurs branches de fer qui s'ajustent bout à bout avec des vis en écrou. » (*ibid.*, chapitre IX, p. 48).

« Si le fond du terrain se trouvait tendre, faible ou douteux, après l'avoir sondé avec la sonde à tarière (...) » (*ibid.*, livre VI [non chapitré], p. 68).

Ces extraits sont associés à la détermination des caractéristiques des fondations d'ouvrages maçonnés, et les reconnaissances ont pour but principal de vérifier la profondeur du sol de fondation ou de conduire l'Ingénieur à prévoir le recours à des pilotes (pieux). *Mutatis mutandis*, c'est une démarche qui sur le principe n'est guère étrangère à celle qui s'applique aujourd'hui. Cependant il n'est pas toujours évident de savoir s'il est question de méthodes de battage (auquel le mot *sonde* conduit *a priori*) ou de forage (avec la *tarière*, nécessitant une rotation). On peut par ailleurs se poser la question de quand ces reconnaissances ont lieu, au stade de la définition générale du projet comme on le ferait autant que possible aujourd'hui, ou bien au moment des travaux c'est-à-dire quand c'est l'Entrepreneur qui intervient et non l'Ingénieur des Fortifications.

2.3.2. Où la limite entre études et travaux s'estompe

Voici deux autres extraits dans lesquels les reconnaissances de sols sont clairement situées à l'exécution des travaux, dans le premier cas avec une planche d'essai et une marge de sécurité pour dimensionner des fondations, dans le deuxième – en contexte moins directement géotechnique – pour réaliser un puits artésien comme aboutissement d'une sorte de « reconnaissance à l'avancement » :

« (...) voici comme on pourra s'apercevoir de quelle longueur et de quelle grosseur on doit employer les pilotes selon le terrain où l'on aura à travailler. Il faut enfoncer un pilot jusqu'au refus du mouton, en sorte qu'on puisse connaître à quelle profondeur le fond fait une assez grande résistance, pour s'opposer fortement à la pointe. Ainsi, sachant de combien il sera enfoncé, on verra à-peu-près la longueur qu'il faudra lui donner ; je dis à-peu-près, devant les faire un peu plus longs que celui qui aura servi de sonde, puisqu'il se peut rencontrer des endroits où, le terrain résistant moins, ils pourront aller plus avant. » (*ibid.*, livre III, chapitre IX, p. 59).

« (...) on prend ensuite un pilot d'une longueur et d'une grosseur convenables, on perce dans toute sa longueur, avec les tarières ordinaires, un trou de 3 pouces de diamètre (...) ; on enfonce ce pilot avec le mouton autant qu'il est possible, et lorsqu'il n'y a plus moyen de le faire entrer plus avant, on emploie la tarière qui doit achever de percer le puits ; (...) on enfonce cette tarière dans le canal du pilot, et on perce à l'ordinaire tous les bancs qui se rencontrent, (...) et l'on continue de forer et vider le trou successivement, jusqu'à ce qu'enfin on ait trouvé de l'eau en abondance, (...) ; alors on perce le fond avec une longue tarière, et le trou étant achevé, l'eau monte et remplit non seulement le puits, mais encore se répand sur toute la campagne (...) » (*ibid.*, livre IV, chapitre XII, p. 83).

Le peu de cas que fait Bélidor de la question des reconnaissances in situ, autres que l'observation, vient *peut-être* du fait qu'elles ont lieu principalement au moment où les travaux ont commencé, et sont donc, bien que sous la supervision de l'Ingénieur, du ressort de l'Entrepreneur. Cette simultanéité n'est pas exclue de nos jours dans bien des projets, mais sûrement pas en substitution des reconnaissances en amont.

2.4. Un avertissement quand l'eau s'en mêle

Un dernier extrait sur le thème des reconnaissances mérite d'être rapporté, assurant une transition avec la partie suivante. Dans les lignes qui précèdent l'extrait, Bélidor décrit le problème de fonder des bâtiments dans des régions connues pour leur artésianisme (il cite celles d'Arras et Béthune), dont les nappes captives sont parfois situées dans des aquifères

très proches de la surface. Il donne alors la recommandation suivante, qui en filigrane révèle chez l'auteur un présupposé « d'horizons géologiques » réguliers.

« *Quand on rencontre de semblables terrains que l'on ne connaît pas parfaitement, il est bon de ne les sonder qu'à une certaine distance de l'endroit où on veut les travailler ; parce que si l'on vient à creuser trop avant, et qu'il en sorte une grande quantité d'eau, on n'en sera pas incommodé.* » (*ibid.*, livre III, chapitre IX, p. 59).

3. Hydraulique des sols

Comme pour les reconnaissances de terrain, la question de l'eau dans les terrains et celle de ses effets de premier ordre en géotechnique ne font pas l'objet d'un chapitre à part entière dans la Science des Ingénieurs. Dans l'introduction du neuvième chapitre du livre III (p. 47), Bélidor s'en justifie en partie en expliquant qu'il donnerait une place à part au sujet dans un ouvrage futur, l'Architecture Hydraulique, qu'il annonce comme le deuxième tome de sa publication de 1729. Or ce nouveau livre ne parut que huit ans plus tard, sans lien éditorial avec le précédent, et ce ne fut alors que son premier tome, et vingt-quatre ans plus tard pour son quatrième et dernier tome. En tout état de cause, nous rassemblons donc des propos en lien avec l'hydraulique souterraine ici encore dispersés dans diverses parties du livre de 1729.

Bien que les connaissances pour l'un servent l'autre, nous écartons de cet inventaire ce qui concerne l'eau d'approvisionnement au profit de l'eau comme cause de problèmes pour la construction, à l'exception de l'explication du phénomène d'artésianisme puisqu'il relève des deux, comme l'ont montré les extraits des parties 2.3.2 et 2.4 du présent article.

3.1. On sait correctement expliquer le phénomène d'artésianisme en 1729

Une présentation historique récente de l'hydrogéologie française (Margat *et al.*, 2013) ne précise pas à quand remonte l'explication du phénomène d'artésianisme, qu'il soit superficiel ou profond. Cette étude tendrait implicitement à la situer au début du XIXe siècle puisque la première figure qui mentionne ce phénomène est celle attachée à la théorie d'Héricart de Thury pour expliquer l'artésianisme profond dans le bassin parisien (1829).

jours ; car comme ces Puits sont occasionnés par les eaux qui partant de quelques montagnes voisines , se sont fait un chemin souterrain pour aller jusqu'à une certaine distance où elles sont ensuite retenues par des bancs de terre glaise ou de pierre qui les empêchent de se perdre , il faut que ces bancs puissent être percés avec les tarières ordinaires , & que l'eau qui est dessous soit capable de monter d'elle-même dans un tuyau vertical jusqu'au rez-de-Chaussée ,

Figure 4. Bélidor 1729, livre IV, chapitre XII, p. 82.

L'extrait de la Science des Ingénieurs ci-dessus (Fig. 4) montre clairement que le phénomène était connu et correctement expliqué en 1729. Malheureusement, dans ce passage, Bélidor ne cite pas ses sources – et ce n'est sans doute pas lui qui a introduit le premier une telle explication car il l'aurait alors mis en évidence, comme au livre I pour sa théorie concernant les murs de soutènement, et sûrement donné plus de visibilité à cette découverte dans le traité. La question est donc à examiner dans des écrits antérieurs à 1729.

3.2. L'eau dans l'environnement des constructions

3.2.1. Le problème dans sa généralité

Bélidor avertit ses lecteurs des méfaits possibles de l'eau dans la construction des places fortes, tout au moins des contraintes qu'elle occasionne, de manière générale.

Nous l'avons déjà vu dans l'extrait de la figure 2 où il est mentionné des « épuisements d'eau » qui souvent augmentent le prix des ouvrages. C'est allusivement que le professeur pose le problème de ces « *eaux étrangères* » dès que l'on travaille dans les « *lieux aquatiques* » (livre III, chapitre IX, p. 47), des « *eaux étrangères* » peut-être par opposition aux eaux pluviales, ce qui montrerait que tout n'est pas bien compris de leurs caractéristiques. Mais plusieurs passages de la Science des Ingénieurs démontrent qu'une certaine corrélation entre topographie, effets gravitaires et eau constitue un lieu commun.

C'est par exemple le cas quand Bélidor décrit les catégories de terres ni rocailleuses, ni sableuses, où, pour deux d'entre elles, la « *terre ordinaire* » et la « *terre grasse* », sont respectivement associés les termes « *lieux secs et élevés* » et « *lieux bas* » (livre III, chapitre IX, p. 48). C'est encore ce que l'on peut voir avec la recommandation de construire les glacières, sortes de citernes coniques revêtues ou en pleine terre, pour lesquelles « *il faut choisir un lieu élevé* » (livre IV, chapitre XI, p. 80), donc sans risque de pression hydrostatique ou d'infiltrations permanentes.

3.2.2. Le problème de l'eau en terrassement

Bâtir une fortification nécessite toujours des terrassements, le creusement de fosses permettant tout à la fois de modifier la topographie dans un objectif défensif mais aussi de s'approvisionner en terre pour les remblais, souvent terrepleins protégés par des remparts – murs de soutènement –, etc. Le problème de l'eau se pose tout particulièrement avec le creusement des fosses. L'idéal selon Bélidor est de pouvoir les réaliser sans grande largeur et profondes de dix-huit à vingt pieds (de l'ordre de six mètres). « *Si au contraire le terrain est aquatique* », la profondeur est réduite et c'est la largeur de la fosse qui permet d'obtenir tout le volume nécessaire de matériaux (livre III, chapitre VIII, p. 45). Ce n'est donc pas volontiers en terrassement que l'on recourt aux « *épuisements* » et autres drainages, bien que les solutions existent, en premier lieu pour des raisons de coût.

3.2.3. Le problème de l'eau en fondation

Deux passages selon nous parmi les plus surprenants du traité pour ce qu'il a de descriptif portent sur le problème de l'eau en fondation, l'un en fondation superficielle et l'autre en fondation profonde (ou, en toute rigueur, en amélioration de sol).

Maniere de détourner les sources.

Il arrive souvent qu'en voulant établir des Fondemens on rencontre des sources qui incommodent beaucoup le travail, il y a des gens qui prétendent les éteindre en jettant dessus quantité de cendre mêlée de Chaux vive, d'autres veulent remplir de vif-argent les trous par où elles sortent, afin que par son poids il les contraigne à prendre leur cours d'un autre côté. Je crois que tous ces expédiens ne sont bons que dans la speculation, & qu'ils ne réussissent guère quand on veut les mettre en œuvre; le meilleur parti est de travailler promptement, & pour ne point être inondé à un certain point, il faut diriger les eaux par petites rigoles que l'on amenera à un puits fait au-delà de la tranchée, d'où on les tirera par des machines à mesure qu'elles viendront, on leur laissera le cours libre

Figure 5. Bélidor 1729, livre III, chapitre IX, p. 54.

Dans ce premier extrait (Fig. 5), on note le caractère expéditif voire désastreux des méthodes que Bélidor rapporte, sans les approuver, la cendre mêlée de chaux vive étant une sorte de ciment et le vif-argent du mercure. Le choix technique qu'il défend consiste à un recueil et une évacuation gravitaires des eaux, qu'il pense inutile de contrarier – le problème serait le plus souvent ainsi traité de nos jours. Cohérent avec ce raisonnement, il

préconise de pratiquer de petits aqueducs au sein des maçonneries de fondations construite dans de tel sols, « afin de leur laisser un cours libre du côté qui conviendra le mieux » (*ibid.*, p. 55).

Quoique de tout tems on se soit servi de pilots pour affermir un mauvais terrain, il se rencontre néanmoins bien des occasions où il seroit dangereux de les employer; par exemple s'il étoit question d'un endroit aquatique où il y eut un grand nombre de sources, il ne faut pas croire que les pilots soient fort utiles pour y établir des fondemens; mais au contraire puisqu'on a remarqué qu'en les enfonçant on éventoit les sources, qui furnissoient de l'eau avec tant d'abondance, que le terrain devenoit incomparablement plus mauvais qu'il n'étoit auparavant: & ce qu'on trouvera affés extraordinaire, c'est qu'ayant enfoncé des pilots à refus de mouton avec autant de difficulté que si ç'avoit été dans un bon fonds, on étoit étonné de voir que ces mêmes pilots étoient sortis de terre le lendemain ou quelques heures après, parce que l'eau des sources les avoient repoussés en faisant effort pour sortir, desorte qu'il falut renoncer à s'en servir davantage, & avoir recours à quelqu'autre moyens beaucoup plus difficiles à excuter, que ceux dont on au-

Figure 6. Bélidor 1729, livre III, chapitre IX, p. 58.

Le cas qui est rapporté dans ce deuxième extrait (Fig. 6) est un saisissant exemple de l'effet combiné de la poussée d'Archimède et des forces de filtration sur des pieux en bois, dont la densité est généralement un peu moindre que celle de l'eau et dont le frottement latéral sur les terrains s'avère ici bien insuffisant pour éviter l'accident.

4. Ouvrages enterrés

Nous terminons par une brève évocation de ce qui concerne dans la Science des Ingénieurs les ouvrages *enterrés*, mais que Bélidor appelle *souterrains*. Par ce terme sont en effet désignées des sortes de tranchées recevant des structures abritées sous des remblais, principalement pour les protéger des bombes. Ce ne sont donc pas ouvrages souterrains au sens habituel. Ceux-ci, comprenant les tunnels, existaient du temps de Bélidor mais n'ont fait dans tout le traité l'objet d'aucune mention.

En mettant de côté le chapitre XII du livre IV, sans élément déterminant, c'est au livre III, principalement dans le chapitre XI intitulé « *De la construction des souterrains et comment on applique sur leur voûte les chapes de ciment* », que ces ouvrages enterrés sont décrits. On y lit dès le début une définition : « *L'on entend par souterrain tous les lieux voûtés qui se pratiquent sous les remparts d'une place (...)* », et un peu plus loin un avertissement : « *(...) il ne suffit pas de les rendre à l'épreuve de la bombe, il faut les mettre aussi à l'abri des injures du temps, et le plus qu'il est possible de l'humidité (...)* » (livre III, chapitre XI, p. 79). Ce point explique la mention dans le titre du chapitre des « *chapes de ciment* », la maçonnerie étant insuffisante pour assurer son propre cuvelage.

Le professeur a fourni dans le deuxième livre de son traité une analyse physico-mathématique pour justifier le dimensionnement des voûtes et leurs piédroits – seul autre livre, avec le premier sur les murs de soutènement, qui soit de nature calculatoire. C'est donc en référence à son propre travail qu'il donne une préconisation générale de dimensionnement : « *Les voûtes des souterrains, pour être à l'épreuve de la bombe, doivent avoir au moins trois pieds d'épaisseur [env. 1 m], recouvertes par cinq ou six pieds de terre. Quant à la figure qu'elles doivent avoir, celle de plein cintre est la meilleure, pour les raisons rapportées dans le livre II.* » (*ibid.*, p. 82).

Telle que Bélidor la présente, la réalisation de l'étanchéité apparaît en revanche comme une pratique moins sujette à standardisation, probablement en raison du fait qu'elle dépend des approvisionnements en matières premières, divers d'une circonstance à l'autre. La méthode est ainsi décrite à travers deux exemples, celui des voûtes des tours bastionnées de Neuf Brisach et celui, plus surprenant, de « *la fameuse Orangerie de Versailles* » en contexte civil (*ibid.*, pp. 80 et 81). Ils ont en commun d'associer à la couche étanche une couche drainante trois fois plus épaisse, cette combinaison pouvant faire l'objet de superpositions, pour une épaisseur globale de vingt-cinq centimètres à presque un mètre.

Précaution instructive, Bélidor indique que le complexe d'étanchéité doit être appliqué, une fois terminée la maçonnerie, après un délai considérable d'au moins cinq ou six mois. Ce délai est justifié par le temps qu'elle requiert à « *sécher et prendre ses affaissements* » (*ibid.*, p. 80), sans que soit dissociée la part géotechnique de la part structurelle.

5. Conclusions

En extrayant selon les trois thèmes des reconnaissances de terrain, de l'hydraulique des sols et des ouvrages enterrés le contenu géotechnique du discours de Bélidor en 1729, nous avons voulu souligner une nouvelle fois l'intérêt qu'il y a à se pencher aujourd'hui encore sur un texte ancien, quand bien même officiellement dépassé depuis sa réédition critique par Navier en 1830.

Nous y avons trouvé des retours d'expérience, des partages de pratique et des raisonnements qui, certes dans un contexte technique et scientifique nettement distinct du nôtre, restent toujours instructifs, peut-être parce que les contraintes imposées par le milieu naturel au géotechnicien n'ont, elles, guère changé.

6. Références bibliographiques

- AFNOR (1991). Granulats : Equivalent de sable. NF P 18-598. 8 p.
- Bélidor B. F. de (1729). La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile. Ed. C. Jombert, Paris, 533 p. | Editions critiques de Navier (Via Gallica, BNF) : F. Didot, 1813, Paris, 593 p., F. Didot, 1830, Paris, 596 p.
- Bordes J.L. (2000). Regard sur le passé de la géotechnique. Revue française de géotechnique, n°91, pp. 13-26.
- Kérisel J. (1956). Historique de la mécanique des sols en France jusqu'au 20e siècle. Géotechnique, vol. 6, n° 3, pp. 151-166.
- Margat J., Pennequin D., Roux J.-C. (2013). Histoire de l'hydrogéologie française. Comité Français d'Hydrogéologie, Orléans. ISBN 978-2-9530816-7-1
- Skempton A.W. (1985). A history of soil properties 1717-1927, The Golden Jubilee Book, pp. 95-123. (voir réf. Kérisel, 1985)
- Vauban S. L. de (1705). Traité de l'attaque des places. In : Virol M. (dir.) (2007). Les Oisivetés de Monsieur de Vauban, Tome VIII, pp. 1275-1278.
- Vernhes J.-D., Barakat B. (2016). Prémices du dimensionnement géotechnique. Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'ingénieur, Nancy, 6-8 juillet 2016. Actes du colloque.
- Vernhes J.-D., Barakat B. (2020). Un problème de masse volumique dans Bélidor, 1729. Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'ingénieur, Lyon, 30 juin-2 juillet 2020. Actes du colloque.
- Vernhes, J.-D., Barakat, B. (2022) – Discours géotechnique dans Bélidor, 1729 – Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'ingénieur, Lyon, 28-30 juin 2022. Actes du colloque.
- Virol M. (dir.) (2007). Les Oisivetés de Monsieur de Vauban, ou Ramas de plusieurs mémoires de sa façon sur différents sujets, Edition intégrale, Seyssel, Champ Vallon, 1726 p.