



**HAL**  
open science

## impression 3d robotisée de terre crue à partir de réutilisation de terre de chantier

Elodie Paquet, Benoît Furet

► **To cite this version:**

Elodie Paquet, Benoît Furet. impression 3d robotisée de terre crue à partir de réutilisation de terre de chantier. Congrès National de la Recherche des IUT, Mar 2024, Mulhouse, France. hal-04634969

**HAL Id: hal-04634969**

**<https://hal.science/hal-04634969v1>**

Submitted on 4 Jul 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Conception et réalisation d'îlots de fraîcheur en ville construits par impression 3d robotisée de terre crue à partir de réutilisation de terre de chantier.

---

Elodie PAQUET

Benoît FURET

[elodie.paquet@univ-nantes.fr](mailto:elodie.paquet@univ-nantes.fr) [benoit.furet@univ-nantes.fr](mailto:benoit.furet@univ-nantes.fr)

IUT de Nantes, Nantes Université  
Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes, UMR 6004

**Thèmes** – *Conception et impression 3d de terre au service du développement durable.*

**Résumé** – *Le présent article résume une partie d'activité R&D menée dans le cadre du projet TerraCool qui a pour objectif de concevoir et d'installer dans l'espace public urbain des îlots de fraîcheur construits par impression 3D en terre crue. TerraCool est dans un premier temps un projet de recherche-action qui croise les compétences de chercheurs nantais en robotique et procédés ainsi qu'en architecture et aménagement urbain durable. Ce projet est aussi un projet de transfert de technologique des développements réalisés vers une entreprise employant des travailleurs en situation de handicap et spécialisée en aménagement d'espaces verts.*

*Systématiquement, lors de chantiers de construction, de nombreux camions vont être amenés à déplacer des grandes quantités de terre excavée considérée comme un déchet transporté loin des villes. Nous nous proposons d'exploiter cette terre et d'en réaliser des espaces végétalisés de bien être et de fraîcheur conçus à la demande et en fonction de l'exposition et de l'exploitation souhaitée sur des places de ville ou des courts d'école que l'on a, jusqu'à présent, entièrement bétonnées ou goudronnées. La CAO 3d permet d'adapter l'aménagement de l'îlot de fraîcheur au lieu et à l'environnement. L'impression 3D permet d'avoir des possibilités formelles plus grandes et de réaliser des éléments d'ouvrage sans outillage. La terre est un matériau très utilisé dans le monde pour la construction ; en France, elle l'a aussi été par le passé avec des techniques très utilisées comme le torchis ou la bauge, dans des régions comme l'Alsace, la Bretagne ou les Pays de Loire. Le béton a pris le monopole de la construction pour des raisons de rapidité d'exécution de construction après la seconde guerre mondiale ; seules les briques de terre cuite ont continué à être exploitées. Aujourd'hui, de nombreux projets de construction en terre crue revoient le jour France. A l'IUT de Nantes, nous travaillons sur des projets de construction en terre crue avec des développements autour de la BTC : Brique de Terre Compressée mais aussi autour du torchis et donc de la construction par impression 3d de terre crue, objet de cette communication. La terre exploitée en construction possède de nombreux avantages tant du point de vue mécanique et de l'inertie thermique que de la régulation hygrométrique. C'est pourquoi dans nos premiers développements de construction en terre, pour débiter avec des bâtis de complexité pas trop contraignante, nous envisageons la réalisation de ces îlots de fraîcheur qui correspondent à des éléments élémentaires fait de parois massives, de mobiliers urbains, d'objets favorisant la végétalisation... le tout constituant un espace de bien être optimisé d'un point de vue forme et positionnement. Cette communication présente le déroulement de la création à la réalisation d'un îlot de fraîcheur en terre imprimée 3d à l'aide d'un robot ainsi que quelques visuels des premiers essais.*

**Mots-Clés** – *Impression 3d robotisée, scan et CAO 3d, terre crue, construction en terre.*

## Introduction

Deux chercheurs de l'IUT et deux de l'école d'architecture de Nantes Université ont proposé de faire converger leurs expertises pour concevoir et installer dans l'espace public urbain des îlots de fraîcheur réalisés par impression 3D en terre crue. Une fois installés, ces îlots de fraîcheur seront analysés du point de vue de leurs qualités matérielles, climatiques et spatiales, et de leurs usages et appropriations par les citoyens.

Ils ont donc créé le projet TerraCool qui doit ainsi permettre de démontrer :

1. La faisabilité de l'impression de structures en terre crue dans l'espace public intégrant des dispositifs de rafraîchissement basés notamment sur l'inertie des parois, la vaporisation d'eau et le principe de rafraîchissement adiabatique, la création d'ombrages, l'installation de végétation, etc.
2. La capacité de ces structures en terre crue à constituer des aménagements urbains temporaires attractifs et vivants, appropriés par les citoyens.
3. L'intérêt de ces structures en terre crue pour offrir des espaces de confort et de restauration thermique lors des épisodes de forte chaleur.

## 1 L'impression 3d au service de la construction

Les chercheurs de l'IUT de Nantes Université possèdent une expertise internationalement reconnue sur la construction à l'aide de robots. En 2017, ils ont construit un logement entier de cette manière. Cette maison a fait l'objet d'une forte médiatisation nationale et internationale (<https://www.lemoniteur.fr/article/et-voici-la-premiere-maison-d-habitat-social-imprimee-en-3d.1958064>).

Aujourd'hui, l'équipe RoMaS du LS2N à l'IUT de Nantes développe ces technologies au service du développement durable. Ils expérimentent l'impression 3D de grande dimension en **terre crue** pour retrouver l'usage de **ce matériau noble, local, quasi gratuit et aux propriétés multiples**.



Figure 1 – Test d'impression de terre crue



Figure 2 – A gauche le pétrin de boulanger utilisé pour malaxer la terre et la pompe pour extruder la pâte ; à droite le cobot utilisé pour imprimer la pâte de terre crue.

## 2 Tester des îlots de fraîcheur en ville face au réchauffement climatique

Les chercheurs de l'école d'architecture de Nantes Université sont spécialistes du microclimat urbain et s'intéressent à l'aménagement de la ville face aux canicules estivales. Les îlots de fraîcheur constituent une réponse à cet enjeu. Ce sont des aménagements localisés qui sont des sources de rafraîchissement et de confort dans les flux urbains.

Les îlots de fraîcheur permettent de rendre la ville vivable face au réchauffement climatique. On les appelle également dispositifs spatio-climatiques (<https://coolscapes.hypotheses.org/194>). Les collègues de l'école d'Archi ont développé un chariot climatique unique en France pour évaluer précisément le confort thermique qu'ils procurent. Les mesures mobiles sont complétées par l'analyse des usages et des appropriations de ces lieux au moyen de relevés cartographiques et de vidéos.

## 3 TerraCool un triple challenge

Au-delà de la partie conception et de la partie analyse des usages... le volet réalisation réelle en vraie grandeur du chantier, la partie végétalisation et entretien de ces nouveaux espaces verts doivent s'appuyer sur des compétences spécifiques du domaine.

Pour cela, les chercheurs de l'IUT ont fait appel à la société SAPRENA, une entreprise inclusive et adaptée qui emploie des personnes en situation de handicap à hauteur de 70% de ses salariés et qui est spécialisée en création et entretien d'espaces verts.

L'idée du projet TerraCool est donc aussi le transfert de ces concepts de création et réalisation d'îlots de fraîcheur en terre crue imprimée 3d à cette entreprise à missions ce qui va tout de même engendrer un nouveau challenge pour nous : adapter nos moyens CAO de créations d'îlots, nos moyens de préparation et d'impression 3d robotisée de la terre crue à des personnes en situation de handicap. Nous allons donc devoir développer des IHM spécifiques.

## 4 Expérimenter en vraie grandeur

Afin d'expérimenter notre projet, nous avons sollicité Nantes Métropole qui rapidement en a conclu que le projet répond aux enjeux liés à l'innovation dans le design des espaces publics pour le développement urbain durable, à l'adaptation de la ville aux changements climatiques, à la participation citoyenne aux projets urbains, à l'urbanisme temporaire et expérimental. La métropole nous a proposé un terrain d'expérimentation sur l'île de Nantes, une place totalement minéralisée avec encore quelques arbres en place.

La première partie de l'étude a été menée avec des étudiants du département GMP de l'IUT et a consisté à scanner la place proposée et réaliser un modèle CAO de l'existant, dont les arbres avec les vraies essences, les vrais positionnements et les vraies géométries.

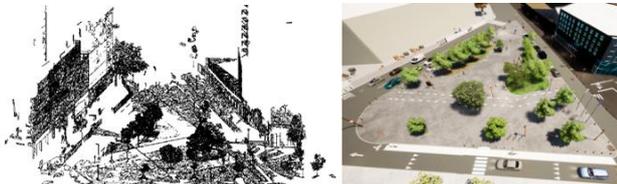


Figure 3 – Scan 3D de la place réalisé par des étudiants GMP à l'aide d'un Leica BLK 360 et création CAO

Un groupe d'étudiants de l'Ecole d'Archi et de l'IUT a étudié les flux de circulation des piétons, cyclistes et autres automobiles et bus afin d'enrichir les modèles. Une première étude de création de mobiliers urbains en terre a été réalisée et les résultats ont été échangés avec les services de la métropole. Un étudiant de LP a pu, durant son année d'alternance, travailler avec nous pour la conception en réalité virtuelle de l'ensemble de l'îlot de fraîcheur de la place étudiée.

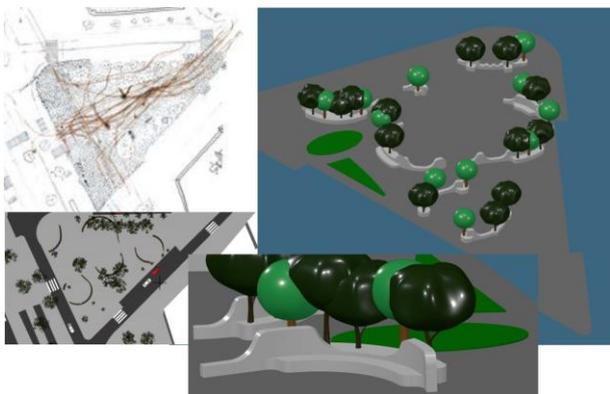


Figure 5 – Analyse des flux de circulation et premier concept

En parallèle de tout cela, nos travaux au sein du laboratoire LS2N sur le procédé d'impression 3d nous ont permis de définir des formulations de terre crue ad hoc

pour nos besoins. Nous avons aussi mis en place les moyens de malaxage et de pompage de nos matériaux. Nous avons aussi développé la solution robotisée adaptée à de telle réalisation qui repose sur un concept de « robot déplaçable et repositionnable » constitué d'un chariot avec un mat motorisé vertical portant un cobot polyarticulé.



Figure 6 – Visuels en RV d'un îlot de fraîcheur

## 5 Conclusions

Au-delà des enjeux scientifiques et de connaissance pour les chercheurs, le projet TerraCool a aussi pour but d'impliquer d'autres acteurs du territoire et de transmettre les développements.

Le projet TerraCool est un projet transdisciplinaire qui aborde de nombreuses thématiques comme les sciences des matériaux, le numérique, la robotique, l'impression 3d, le design centré usages mais aussi les enjeux importants pour notre présent et le futur : les aspects environnementaux et de durabilité, ainsi que les aspects sociaux autour du travail inclusif et du bien-être des citoyens.

## 6 Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude aux collègues Daniel SIRET et Ignacio REQUENA RUIS de l'Ecole d'Architecture de Nantes Université pour cet excellent début de collaboration.

## Références

B. FURET, P. POUILLAIN, S. GARNIER, 3D printing for construction based on a complex wall of polymer-foam and concrete, Additive Manufacturing (2019)

B FURET, S GARNIER, E PAQUET, N LEKLOU, P POUILLAIN, 3D Printing for build... reality or not, 22èmes Assises Européennes de la Fabrication Additive (AEFA), 21-23 juin 2016, Paris

Ph. POUILLAIN, E PAQUET, S GARNIER, B FURET, On site deployment of 3D printing for the building construction, MATBUD'2018, 25-27 June 2018, Cravow, Poland.