

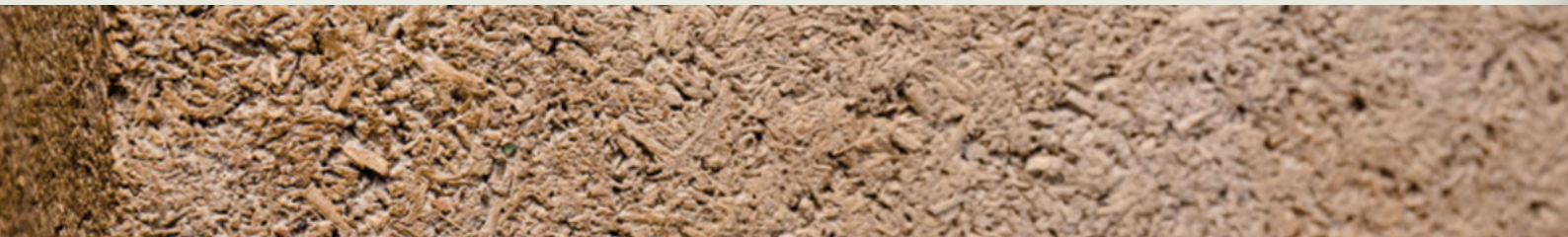
FABRIQUER

LA VILLE BAS CARBONE
AVEC **CYCLE TERRE**

Matériaux en
terre crue produits
à partir de déblais

La première fabrique
à Sevran dès 2021

Le futur dans les bâtiments bas carbone



Le secteur de la construction en milieu urbain génère de forts impacts environnementaux, que ce soit par l'extraction de la matière, sa transformation en matériaux de construction, son transport et sa mise en œuvre. Les villes sont actuellement dépendantes de ces matières au bilan carbone trop important.

Comment construire et rénover dans ce contexte de raréfaction des ressources (fossiles, sable) en empruntant la voie de l'économie circulaire ? Comment gérer nos terres excavées, résultat de la construction de tunnels et des chantiers de terrassement sans les rejeter à la périphérie ?

En réponse à ces défis urbains, le projet Cycle Terre se positionne en alternative et propose une nouvelle fabrique dans la ville. Projet d'économie circulaire ayant pour objectif de produire des matériaux de construction en terre crue à partir des terres excavées, le démonstrateur Cycle Terre cherche à repenser la gestion des déblais et les manières de construire.

Le projet entend développer un nouveau cycle de la terre excavée en construisant une chaîne de valeur avec trois fonctionnalités : récupérer, trier, valoriser.

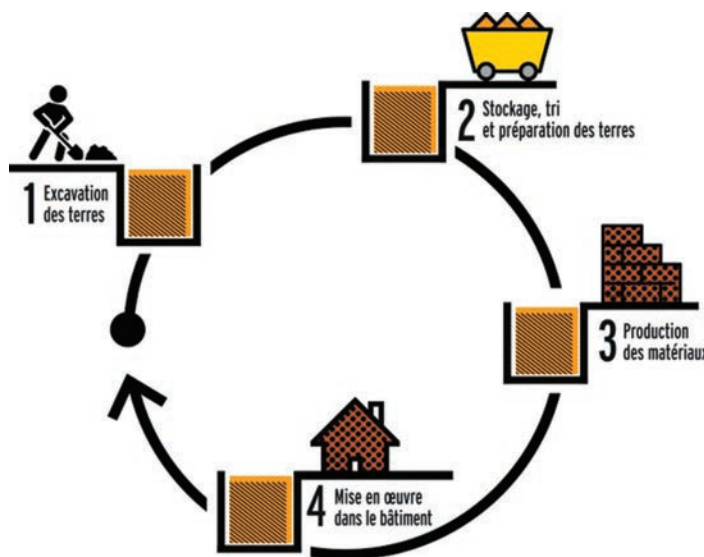
- **Le secteur de la construction à réformer**

Le secteur de la construction est le premier consommateur d'énergie au monde. En France, il représente 44% de l'énergie consommée, loin devant le secteur des transports (31.3%), de l'industrie (21%) et de l'agriculture (3%). D'après l'ADEME, chaque année, le secteur du bâtiment émet plus de 123 millions de tonnes de CO₂, ce qui en fait l'un des domaines clés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la transition énergétique.

Pour opérer cette transition, il est nécessaire de travailler sur la complémentarité des matériaux traditionnels et des matériaux biosourcés et géosourcés.

- **Un cadre réglementaire durcissant les exigences en matière de performance énergétique**

Pour rendre les bâtiments plus durables, respectueux de l'environnement et économes en énergie, des normes de plus en plus strictes en termes de construction et de consommation d'énergie, sont progressivement mises en œuvre pour les bâtiments neufs. La réglementation actuelle, RT 2012, impose la construction de bâtiments bas carbone (consommation limitée à 50 kWh/m²) par une meilleure isolation thermique. Elle sera bientôt remplacée par la RE 2020, plus ambitieuse, prenant en compte l'approche carbone de l'énergie grise embarquée dans la matière et sa mise en œuvre.



Construire avec les terres locales, c'est réintroduire le naturel en ville face à l'artificialisation croissante de notre milieu de vie.

A terme, la performance énergétique sera une injonction et l'adoption de matériaux à faible impact carbone, une nécessité. Il est donc primordial pour les acteurs du bâtiment de se saisir dès aujourd'hui des techniques et outils nécessaires à leur transition.

La construction en terre crue répond pleinement à ces enjeux, ainsi qu'à celui de la gestion des déblais.

La problématique des déblais et la solution Cycle Terre



- **Des terres à évacuer pour éviter l'engorgement**

Un deuxième enjeu accompagne la croissance urbaine : la gestion des terres excavées. A lui seul, le Grand Paris Express devrait générer 45 millions de tonnes de terres excavées alors que le volume global de déblais généré par l'ensemble des constructions et aménagements du Grand Paris est évalué à environ 500 millions de tonnes d'ici 2030.

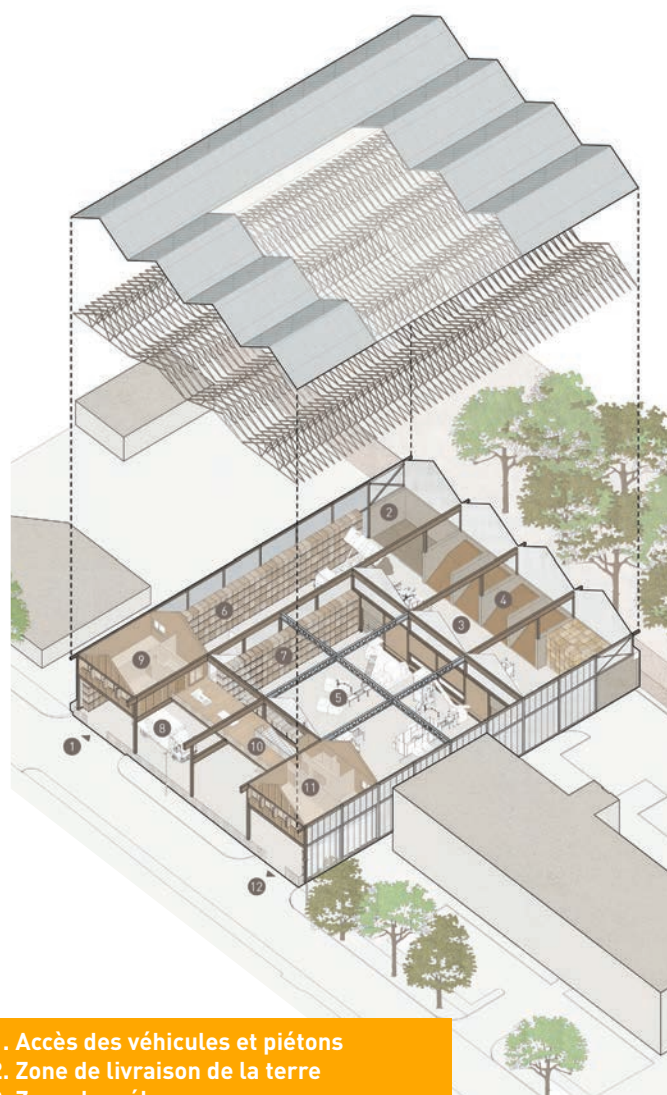
Cette matière extraite est aujourd'hui évacuée des centres urbains et son inévitable prise en charge se révèle problématique dans un contexte où le foncier disponible se raréfie. Aujourd'hui, les déchets de chantier sont principalement déversés dans des installations de stockage des déchets inertes (ISDI), avec un coût élevé pour le maître d'ouvrage. Par ailleurs, ces sites empiètent souvent sur des terres agricoles et leur saturation est proche.

- **La solution Cycle Terre : fabriquer vos matériaux de construction**

Cycle Terre répond à la nécessité de limiter les flux d'entrée et de sortie de ce schéma linéaire habituel en proposant une gestion circulaire. Les déblais des chantiers du territoire constitueront la principale matière première de la fabrique.

La fabrique Cycle Terre est située dans une zone d'activité proche de la gare Sevrans-Beaumont et facilement accessible. L'intégration d'une activité de production au cœur de la ville est l'une des ambitions clefs du projet ; c'est pourquoi le projet architectural propose un bâtiment urbain, compact et qualitatif, bien intégré dans son environnement.

Le bâtiment s'étend sur une emprise de 3100 m² et comprend les espaces nécessaires au processus de fabrication : zone de livraison et de préparation, zone de production, tunnel de séchage et zone de stockage des produits finis. La zone de stockage des terres et fibres (matières premières) se trouve sur le pourtour de la fabrique.



1. Accès des véhicules et piétons
2. Zone de livraison de la terre
3. Zone de mélange
4. Zone de stockage de la terre préparée
5. Zone de production
6. Zone de séchage
7. Stockage des produits finis
8. Zone de chargement et d'accès
9. Accueil + bureaux
10. Mezzanine extérieure couverte
11. Laboratoire + vestiaire du personnel
12. Sortie des véhicules

La fabrique à Sevran



© amàco

La fabrique Cycle Terre utilisera des terres naturelles et inertes sélectionnées et analysées, provenant des terrassements et déblais de chantiers de proximité. La sélection et le concassage des terres excavées nécessaires à la préparation des matériaux en terre crue sont réalisés par ECT, l'un des partenaires de Cycle Terre, à proximité de la fabrique de Sevran.

Etapes clefs de construction de la fabrique

1. Démarrage de construction de la fabrique : août 2020
2. Formation et recrutement des employés de la fabrique : été 2021
3. Mise en service de la fabrique : été 2021
4. Production et commercialisation : octobre 2021



© Joly & Lairet Architectes

La fabrique de matériaux en terre crue Cycle Terre, rue Paul Langevin à Sevran (93)

Production et commercialisation

Des produits disponibles dès octobre 2021

Trois lignes de production de matériaux en terre crue sont prévues : des blocs de terre comprimée (BTC) et des blocs de terre comprimée stabilisée (BTCS), des panneaux d'argile extrudée ainsi que des enduits et mortiers (voir fiches produits).

La production démarrera fin 2020.

5 produits seront commercialisés :

- **Les blocs de terre comprimée (BTC)** permettent la réalisation de tous types de parois verticales : murs, cloisons, doublages, parements.
- **Les blocs de terre comprimée stabilisée (BTCS)** permettent les mêmes usages mais seront choisis pour des utilisations nécessitant une très grande résistance à l'eau.
- **L'enduit MEC (mortier d'enduit de corps)** permet la réalisation du corps d'enduit ou la finition des supports en terre crue. Il peut également s'appliquer sur d'autres types de supports : paille, maçonnerie conventionnelle, béton, plaque de doublage, etc.
- **Le mortier de pose (MP)** convient pour la réalisation de maçonneries utilisant les blocs de terre crue comprimée, moulée ou extrudée (BTC, BTM ou BTE).
- **Les panneaux d'argile extrudée (PAE) à partir de 2022** permettront la réalisation de doublages de murs sous forme de plaques à enduire fixées sur des montants d'ossature bois ou métal.

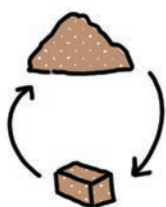
Consultez les fiches produits de ces matériaux pour davantage d'information sur leurs caractéristiques techniques. La grille tarifaire est également disponible sur le site de Cycle Terre : www.cycle-terre.eu



Il y a un véritable enjeu économique et social : transformer en ressource ce qui est aujourd'hui considéré comme un déchet. In'li ne pouvait que s'associer à Cycle Terre et ses partenaires pour relever ce défi majeur qui concilie besoin de construction fort et gestion des ressources. »

Benoist Apparu, Président du Directoire d'In'li

Les avantages de la construction en terre crue



→ ECOLOGIQUE

La terre est **recyclable** à l'infini. Elle peut être réutilisée comme matière première ou retourner « à la terre » sans générer de pollution lors de la démolition des bâtiments, à partir du moment où le matériau n'est pas stabilisé au ciment ou à la chaux. Elle ne nécessite pas de cuisson et peut sécher naturellement, tout en gardant de bonnes propriétés techniques. La disponibilité et la proximité de la terre en font donc un matériau de construction à très faible impact carbone.



→ ECONOMIE D'ENERGIE

Utilisée dans la construction, la terre présente d'excellentes qualités d'**inertie thermique** : les murs en terre stockent ou déstockent l'énergie captée avec un déphasage journalier favorable. Ceci agit sur les températures intérieures et permet de lisser leurs variations en été comme en hiver.



→ CONFORT

La terre est un bon **régulateur hydrique** : elle réagit rapidement aux variations d'humidité de son environnement et permet, en absorbant ou en relâchant celle-ci sous forme de vapeur d'eau, de réguler le taux d'humidité de l'air ambiant. La terre permet une régulation hygrothermique bien plus performante que celle obtenue avec le béton. Lorsque ce dernier absorbe environ 20 g d'eau par m², les enduits terre en absorbent environ 60 et les BTC jusqu'à 150.



→ SANTE

La terre inerte ne comporte aucun produit chimique ni polluant. Cela garantit donc des constructions sans danger pour la santé des habitants et une bonne **qualité de l'air** intérieur, exempt de COV (composés organiques volatiles).

En complément des autres matériaux de construction, la terre crue offre la possibilité de bâtir des logements plus confortables, plus sains pour les occupants, et plus responsable pour l'environnement.

Mener un projet en terre crue

LA CERTIFICATION, LA FORMATION & L'EXPERTISE TECHNIQUE



- **La certification et la reconnaissance de la terre en tant que matériau de construction**

Malgré leur utilisation millénaire dans le monde entier, les techniques de construction en terre crue nécessitent d'être caractérisées (matériau, disposition constructive) afin de favoriser leur utilisation.

La première porte d'entrée vers la certification est l'Appréciation Technique Expérimentale (ATEX) délivrée par le CSTB. Celle-ci porte sur les performances d'un système constructif en évaluant trois aspects : la faisabilité, la sécurité et la durabilité. Cette évaluation repose sur la réalisation d'une campagne d'essais et de calculs de dimensionnement.

Cycle Terre travaille à la validation de trois ATEX de type A qui permettent l'application d'un procédé constructif sur plusieurs chantiers, par opposition aux ATEX de type B, plus couramment utilisées, dont la validité est limitée à un chantier précis.

Par ailleurs, six guides de bonnes pratiques pour les techniques de la construction terre crue viennent d'être publiés par un groupe d'associations nationales et régionales de professionnels. Cette initiative est dirigée par la DHUP (Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages) du Ministère de la transition écologique et solidaire et elle concerne les techniques suivantes : le pisé, les enduits, le torchis, les terres allégées, la bauge et les briques en terre crue. Les guides contribuent à faciliter l'acceptation de ces techniques par les bureaux de contrôle. Ils sont disponibles sur <https://www.astere.org/les-guides-de-bonne-pratique/>

- **3 ATEX déposées par Cycle Terre**

Cycle Terre certifie ses produits au moyen de 3 ATEX de type A qui bénéficieront à tous les acheteurs des matériaux. Elles couvrent les procédés constructifs suivants :

- **cloison simple et cloison séparative** (par exemple entre deux logements) en blocs de terre comprimée avec mortier terre,

- **parement intérieur et extérieur protégé** (par exemple avec débord de toiture) en blocs de terre comprimée avec mortier terre,

- **remplissage intérieur de façade** en blocs de terre comprimée comme support d'isolant.

Par ailleurs, la fabrique assistera les maîtrises d'ouvrage dans de nouvelles démarches de certification. Cycle Terre propose ainsi une mutualisation des demandes d'ATEX, et un travail de concentration des forces vives du domaine afin de permettre une reconnaissance progressive de la filière.

- **La formation**

La fabrique Cycle Terre sera aussi à terme un lieu de formation pour les maîtrises d'œuvre et d'ouvrage, ainsi que les ouvriers du bâtiment, pour fournir une main d'œuvre qualifiée aux futurs chantiers franciliens en terre crue.

La formation en ligne « Construire en terre crue aujourd'hui » est gratuite et disponible dès à présent sur la plateforme MOOC* bâtiment durable <https://www.moocbatiment-durable.fr/>

- **Des Fiches Descriptives Environnementales et Sanitaires**

Les Fiches Déclaratives Environnementales et Sanitaires (FDES) des produits Cycle Terre sont en cours de réalisation, dans le cadre d'une démarche partenariale co-financée par l'Alliance HQE et l'ADEME. Ces documents présentent les résultats de l'analyse de cycle de vie de chaque produit et permettent de calculer la performance environnementale et sanitaire du bâtiment pour son éco-conception. Grâce à cet effort de la filière, des fiches collectives pour les BTC et les enduits/mortiers verront le jour au printemps 2021 et pourront être utilisées par tous les producteurs.

Par le biais d'un moteur de calcul, Cycle Terre pourra également ajuster les paramètres aux spécificités de la fabrique et produire ainsi des fiches individuelles optimisées.

*MOOC : Massive Open Online Course

Ces démarches encouragent initiatives et investissements, visent à fédérer l'écosystème des acteurs de la terre crue à l'échelle de l'Ile-de-France, et favorisent à très court terme l'éclosion de cette filière innovante.

Exemples d'ouvrages en

PÔLE CULTUREL DE CORNEBARRIEU (31)



Programme	Equipement culturel composé de deux programmes : médiathèque et salle de concert multifonction
Livraison	2017
Maîtrise d'ouvrage	Ville de Cornebarrieu
Maître d'œuvre	Atelier Philippe Madec
Partenaires terre	DEMATHIEU&BARD + Les Briqueteurs Réunis, Gros Œuvre et Briques / Fournisseur Terre Crue, Briques Technic Concept (M. Etienne Gay)
Autres partenaires	Coloco, paysagiste / C&E ingenierie, Be Structure / Inex, Be Fluides, Hqe et coordination SSI / Scene Evolution, Be Scenographie / Aab, Be Acoustique
Phase d'arrivée de la terre crue dans le projet	
Types de produits en terre crue utilisés	Briques de terre crue comprimée structurales (36,5x17,5x10 cm) et en parement (30x10x10 cm)
Fonctions de la terre crue	Structurale et ornementale
Atex	Atex de type B pour les BTC structurales
Provenance de la terre	
Terre stabilisée ou non	Oui, les briques sont stabilisées avec 20% de chaux et le mortier terre avec 10% de chaux
Nombre de jours de chantier terre	
Superficie des éléments réalisés terre & superficie totale du projet	940 m ² (2 710 m ²)
Coût du lot terre crue	Coût total : 7 293 000 € (VRD compris)
Autres paramètres	Bâtiment passif, VNAC (Ventilation Naturelle Assistée et Contrôlée)



terre crue

CONSERVATOIRE EUROPÉEN DES ÉCHANTILLONS DE SOL À ORLÉANS (45)



© Paul Kozlowski

Programme	Un espace d'accueil, des espaces de travail, une salle de conférence, un laboratoire et un espace de stockage
Livraison	2015
Maîtrise d'ouvrage	INRA d'Orléans
Maître d'œuvre	Design & Architecture, mandataires et NAMA (LE TIEC + MISSE Architectes), associés
Partenaires terre	CRATerre (analyse des terres et formulation)
Autres partenaires	Batiserf – BE structure, Nicolas Ingénierie – BE Fluide et HQE, Bureau Michel Forgue – BE Economiste, BETIP – BE VRD, Ecologos – BE Acoustique
Phase d'arrivée de la terre crue dans le projet	Terre crue évoquée dans le programme du concours par la maîtrise d'ouvrage (3 réponses sur 4 employaient de la terre)
Types de produits en terre crue utilisés	Murs en pisé porteur de 40 à 60 cm d'épaisseur
Fonctions de la terre crue	Structurelle et ornementale
Atex	Non
Provenance de la terre	70 % de terres du site et 30 % de terres de carrière
Terre stabilisée ou non	Non (mais utilisation de la chaux pour sécher la terre de certains murs qui étaient trop humide pour la mettre en œuvre (2 %))
Nombre de jours de chantier terre	60 jours
Superficie des éléments réalisés terre & superficie totale du projet	260 m ² (shon 1 400 m ²)
Coût du lot terre crue	150 000 € (Coût total : 3 310 000 € HT)
Autres paramètres	Lauréat au OFF du développement durable 2017, finaliste aux Terra Awards 2015, prix national de l'architecture en terre crue 2013, catégorie chantier



© Paul Kozlowski



© Paul Kozlowski

Exemples d'ouvrages en

MAISON DU PARC NATUREL RÉGIONAL
DU GÂTINAIS FRANÇAIS À MILLY-LA-FORÊT (91)



Programme	Maison du parc naturel régional du Gâtinais
Livraison	2012
Maîtrise d'ouvrage	Département de l'Essonne
Maître d'œuvre	Joly&Loiret
Partenaires terre	Akterre, Claytec, Destas Gros Œuvre
Autres partenaires	CFERM (fluides, HQE), EVP (structure), VPEAS (économie)

Phase d'arrivée de la terre crue dans le projet	Concours
Types de produits en terre crue utilisés	Briques d'adobe, mortiers de terre et enduits terre
Fonctions de la terre crue	Aménagements intérieurs. Confort intérieur, inertie thermique (le bâtiment est passif en structure bois), régulation hygrométrique, coloration naturelle et chaude de la lumière, esthétique
Atex	Non, notes de calculs
Provenance de la terre	Briques en provenance d'Allemagne
Terre stabilisée ou non	Non
Nombre de jours de chantier terre	1 mois
Superficie des éléments réalisés terre & superficie totale du projet	200 m ² de mur, 40 cm d'épaisseur. Le projet fait 800 m ² SDP au total.
Coût du lot terre crue	80 000 € HT avec finition enduit 2 faces
Autres paramètres	Formation de l'entreprise de gros œuvre pendant le chantier : 2 jours

terre crue

GROUPE SCOLAIRE DES HAUTS DU MOULIN À VILLEPREUX (78)



Programme	Ecole maternelle et élémentaire, divers locaux mutualisés et un restaurant scolaire
Livraison	2020
Maîtrise d'ouvrage	Ville de Villepreux
Maître d'œuvre	Joly&Loiret
Partenaires terre	amàco, ECT, Dewulf, Di Terra,
Autres partenaires	EVP (structure), BMF (économie), BET Choulet (fluides, HQE), ARWYTEC (cuisiniste), LASA (acoustique), Société du Grand Paris
Phase d'arrivée de la terre crue dans le projet	Concours
Types de produits en terre crue utilisés	Briques extrudées, torchis, enduits terre
Fonctions de la terre crue	Aménagements intérieurs. Confort intérieur, inertie thermique, régulation hygrométrique, coloration naturelle et chaude de la lumière, esthétique
Atex	Non, décennale de l'entreprise poseuse. Notes de calculs acoustiques
Provenance de la terre	La brique vient de déblais de chantiers parisiens. Elle est chargée en fibres franciliennes. Les recherches ont été développées par amàco (formulations) en lien avec la briqueterie d'Allonne (mélanges, extrusion, séchage) et Joly&Loiret (détails de mise en œuvre, finitions).
Terre stabilisée ou non	Non
Nombre de jours de chantier terre	2 mois
Superficie des éléments réalisés terre & superficie totale	500 m ² de mur, de 10 à 50 cm d'épaisseur selon les cas. Surface totale du projet : 3500 m ² SDP
Coût du lot terre crue	140 000 € HT avec finition 2 faces
Autres paramètres	Les briques, non porteuses, ont été posées en refends entre classes pour répondre aux contraintes feu



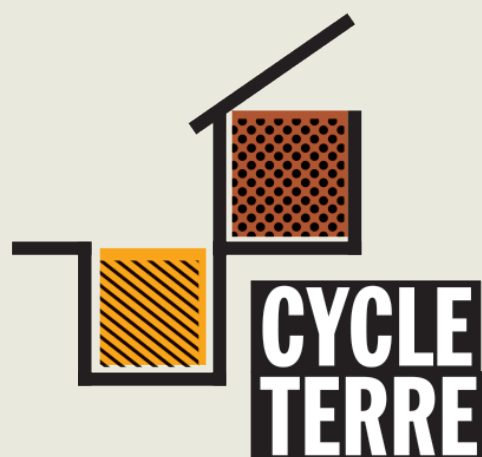
13 partenaires



Ils nous soutiennent



Groupe ActionLogement



Lauréat en 2018 d'Actions Innovatrices Urbaines, une initiative européenne qui soutient des solutions innovantes mises en œuvre par des collectivités, le projet Cycle Terre est financé à hauteur de 80% (4,9 M€ sur 6,1 M€) par le Fond Européen de Développement Régional (FEDER).

Il est également labellisé Démonstrateur Industriel de la Ville Durable, par le ministère de l'écologie et du logement.

L'action est financée par la Région Ile-de-France à hauteur de 200 000 €.

contact : www.cycleterre.eu