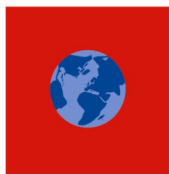


ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

Appel à Projets de Recherche « Vers des bâtiments responsables » Edition 2020

ANNEXE TECHNIQUE

eco2ec



Institut
Européen des
Membranes

Environnement
Propreté
Multi-services
Médiation



La
Métropolitaine
de Services



surva
CONSULTANTS

ecofilae
GIVING VALUE
TO WASTEWATER



FAB'LIM
Local for Good
Le Labo des territoires
alimentaires Méditerranéens

AVANT PROPOS

Localisation

C'est sur l'Eco-Site du Mas Dieu, situé à 11 kilomètres de Montpellier, sur la commune de Montarnaud qu'est situé le projet MACONDO. A terme, piloté par Ecosec, ce lieu a vocation à devenir un ateliers de conception et de fabrication low tech (bois, tissu, métal...), proposer des espaces collaboratifs de formation, des bureaux et des zones extérieures de tests agricoles.

Le Mas Dieu est un véritable poumon vert situé entre les communes de Montarnaud, Murviel-lès-Montpellier, Saint-Paul-et-Valmalle et Saint-George-d'Orques. Le projet Macondo s'inscrit dans un projet global dit « Eco-Site », permettant le développement et l'implantation d'équipement et structures liés à des activités environnementales et culturelles.

Objectifs du [projet MACONDO](#)

A l'origine, toute l'équipe d'Ecosec a eu une révélation en découvrant le superbe projet « Low-tech Lab ». Ce projet de recherche et de documentation collaborative visant à diffuser et promouvoir les basses-technologies.

Machine à laver à pédale, douche perpétuelle, chauffe eau solaire avec un vieux frigo, poêle de masse dans un vieux bidon d'huile, micro-méthaniseur sont autant de technologie que chacun peut construire et donc réparer, qui sont extrêmement sobres autant lors de leur construction que dans leur utilisation.

L'avenir est là, le temps joue contre nous. La fin des ressources abondantes et des énergies carbonées générera une énorme transition technologique.

Dans un avenir pas si lointain, nous pensons qu'il sera très utile de pouvoir se chauffer, se déplacer, construire sa maison, se procurer de l'eau à l'aide de technologie bon marché que nous pouvons réparer, améliorer, adapter à nos besoins.

Survivalistes dans notre coin, bien au contraire. Ce centre de ressource se veut avant tout un endroit de partage de connaissance, avec un lieu de séminaire, plusieurs ateliers, une bibliothèque et bien sur des habitats témoins qui permettent d'expérimenter en vrai toutes ces merveilles.

En réunissant les concepteurs et fabricants de Montpellier engagés dans une transformation profonde de notre rapport aux objets et aux déchets en général, nous créons une plateforme unique en France qui devient à la fois un lieu de conception, de production, de réparation et de formation. L'objectif du projet Macondo est de s'inscrire dans la démarche de la règle des 4R : Réparer, Réduire, Réutiliser, Recycler.



Pourquoi cet APR est parfaitement en phase

Ecosec a obtenu en juin 2019 un bail de 33 ans à loyer modéré pour développer le projet MACONDO.

Ecosec se positionne donc en tant que Maître d'ouvrage sur ce dossier APR «Vers des bâtiments responsables».

Les partenaires impliqués sont tous des acteurs de la transition écologique, spécialistes dans leur domaine. L'occasion de se grouper pour réaliser à l'échelle un bâtiment qui pousse au maximum tous les curseurs de l'écologie dans la construction est unique. L'idée est de créer ainsi une référence qui dans la région nous permettra par le biais d'études détaillées, d'ACV et d'enquêtes sociologiques de démontrer que l'impact carbone énorme du secteur de la construction n'est pas une fatalité.

Le présent dossier est ainsi présenté comme une note d'intention, qui nous espérons montre bien l'engagement écologique et social du groupement, mais qui naturellement a ses limites en terme de précision des budgets et détails constructifs.

Les idées sont là, l'ambition est grande. Toutes les entreprises du groupement sont des habitués de l'innovation, de la méthode agile et du prototypage, de penser et s'organiser hors des lignes. Cette manière d'évoluer, bien que restreinte par un cadre réglementaire parfois peu adapté, nous donne toute confiance pour mener à bien ce projet qui comporte des risques certains, mais qui a les acteurs et les méthodes adéquates pour les relever.

1 CONTEXTE ET ENJEU DU PROJET

1.1 Contexte et enjeux scientifiques et techniques

Les 5 thématiques traitées dans notre projet : Soleil / Terre / Eau / Organique / Numérique, ont été chacune largement étudiées dans l'architecture, mais de manière trop souvent isolées. Le recherche action que voudrait mettre en place le projet Macondo sera de grouper et analyser l'intégration de ces thématiques dans un unique bâtiment pour le rendre 100 % passif, 0% béton et le plus local possible.

Si le puit provençal, le thermo-voltaïque, la végétalisation des parois et la construction en Terre crue sont des techniques connues, pousser tous les curseurs écologiques à ce point dans une approche systémique est particulièrement novateur. Peu d'ouvrages scientifiques ont donc été trouvés qui considéraient tous les impacts possibles au-delà de leur seule dimension énergétique, ce tout au long du cycle de vie du bâtiment et de ses équipements (ACV).

Les travaux scientifiques qui résument nos inspirations et projets passés sont les suivants :

Soleil :

- [L'approche NegaWatt](#)
- [Principe du thermo-voltaïque, Cogen air](#)

Terre :

- [Construction en Terre Crue Compressée : Vidéo](#)

Eau :

- [Programme OCAP de séparation à la source](#)
- [Approche Ecosec Deconnect : Vidéo](#)

Organique :

- [Filière bois de Lozère](#)
- [Séparation à la source d'urine](#)

Numérique :

- [Le numérique dans le bâtiment, état des lieux](#)



1.2 Contexte et enjeux socio-économiques

Le projet MACONDO est né d'une double prise de conscience. Premièrement, que la fin des ressources et de l'énergie abondante va profondément amputer notre capacité à nous loger, nous chauffer et nous nourrir. Deuxièmement, que l'adaptation au changement climatique et l'amélioration rapide de la résilience de notre société devra se forger sur un partage de la connaissance, un partage des savoirs faire, une coopération plutôt qu'une compétition permanente, une culture du « libre » et de l'open source en somme.

L'essor des « Basses technologies », des approches intégrées circulaires et l'utilisation de matériaux locaux (Terre crue et bois) représente pour nous une voie particulièrement intéressante d'adaptation de l'habitat. Mouvement philosophique de société plus qu'un critère définissant la complexité d'un objet, cette appellation « Basse technologie » regroupe les techniques simples, pratiques, économiques et populaires.

Le principe de base est qu'elles soient constructibles et réparable par tout un chacun avec un minimum d'outils, de savoir-faire et d'énergie fossile. En plus d'accompagner notre société pour s'adapter à la sobriété, l'un des principaux atouts des basses technologies est de créer des profils de consommateurs, d'utilisateurs et constructeurs qui vont être beaucoup plus responsables et soucieux de la durabilité des objets et de leur empreinte écologique sur l'environnement.

Adaptons-nous collectivement à une civilisation techniquement et environnementalement soutenable, résume l'ambition de MACONDO



Construction en terre crue :

La terre est l'un des plus anciens matériaux de construction. Construire en terre crue permet d'exploiter le matériau le plus proche, celui que l'on a sous les pieds. Les murs en terre crue compressée ne sont pas très isolants mais, très denses, ils ont une inertie thermique qui ralentit considérablement les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur.

L'air ambiant y est particulièrement sain car la terre régule l'hygrométrie: elle absorbe l'humidité en excès, la stocke et la restitue quand l'air devient trop sec. La terre a également l'avantage d'absorber les odeurs et les graisses, et ne diffuse aucun produit toxique. Enfin, au niveau acoustique, les murs en terre ne réverbèrent pas les sons. Compacts, ils font obstacle aux bruits aériens. Il est prouvé par de multiples études qu'elle offre les avantages structurants suivants : Régule l'humidité de l'air intérieur (équilibre l'hygrométrie), ne provoque pas d'allergies, naturel, non toxique et sans ajout chimique, protège contre les ondes électromagnétiques et absorbe les odeurs.

C'est un matériau qui évite les problèmes de condensation et d'accumulation d'humidité du mur, permet des réparations facilement et évite les interventions lourdes. Ce matériau est simple d'utilisation, pas de prise chimique : facilité de nettoyage du chantier et des outils, les mélanges sont utilisables très longtemps et même après réhydratation, l'entretien et les réparations des enduits sont faciles. C'est en quelque sorte le matériau du développement durable.

Coût énergétique à la production faible (peu d'énergie grise), il permet un fonctionnement solaire passif grâce à une masse thermique régulatrice de température, ne génère pas de déchet, ce matériau est classé M0, sans traitement ignifuge. Dernièrement, il est réutilisable et réversible.

Le passage de méthodes nécessitant beaucoup de machines, d'énergie et de matériaux importés comme le béton vers un matériau qui s'extrait sur place, ne demande qu'une très faible énergie, peu de machines mais beaucoup de main d'œuvre est aussi symbolique de la transition nécessaire de notre mode de construction. L'organisation de chantiers d'insertion professionnelle est en ce sens une voie particulièrement intéressante sur un chantier de production de terre crue, que nous souhaiterions étudier dans ce projet.



Assainissement écologique et circulaire dans l'habitat :

Cela fait désormais 2 siècles que le paradigme du « tout à l'égout » a dominé notre vision du système d'assainissement. Avec 2 majors mondiales spécialisées dans le secteur de l'assainissement centralisé et de l'épuration à grande échelle, la France a d'autant plus de raisons de ne pas remettre en question cette approche qui pourrait être comparée au « tout à la poubelle ».

La séparation à la source des effluents (eaux grises / urines / fèces) est remise au goût du jour par la multitude d'intérêt que cette approche procure, ce champs d'étude permet d'ouvrir la voie d'une valorisation très locale différenciée des eaux grises et des urines particulièrement, s'affranchissant par la même du risque sanitaire qui est contenu exclusivement dans les fèces.

Le cercle vicieux du réchauffement climatique pallié par des climatiseurs qui eux même accélèrent le phénomène et réchauffe les espaces extérieurs est catastrophique. L'approche du groupement est d'une grande simplicité sur le papier: Réutiliser les eaux grises et urines produites localement et séparées à la source pour végétaliser massivement nos façades et ainsi refroidir nos bâtiments.

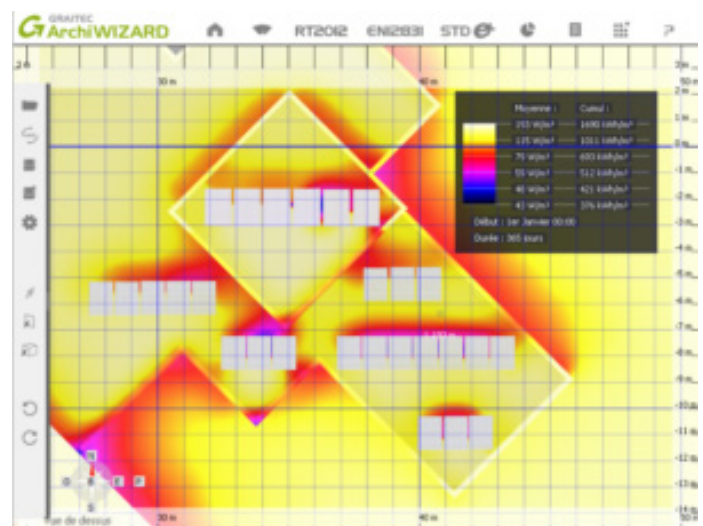
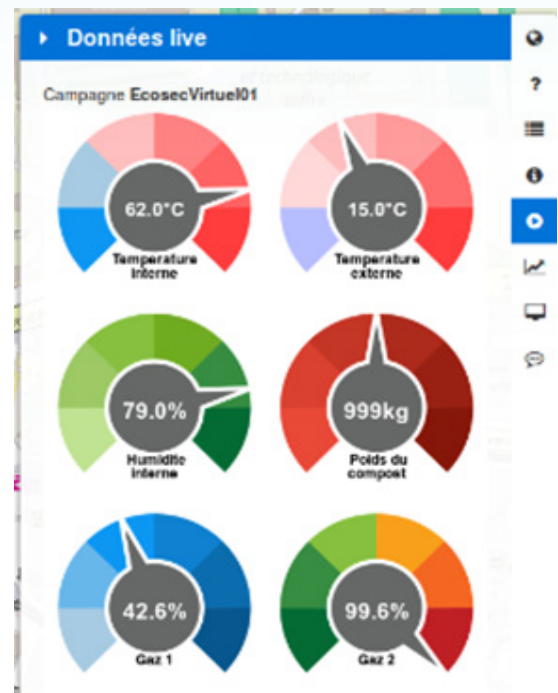
Si ce champs d'étude est relativement nouveau, les perspectives de croissance de cette approche sont gigantesques.



L'utilisation connectée des flux d'air chaud et froid dans le bâtiment :

L'ingénierie des maisons passives, assistée de modèles numériques, permet de réduire considérablement les dépenses d'énergie lié au confort thermique. La récupération d'air chaud sous panneaux solaires, l'utilisation de puits canadiens, de murs d'inertie et de puits de lumières permet d'obtenir des températures confortables quel que soit la saison sans apport d'énergie externe.

L'utilisation de l'air chaud généré sous les panneaux solaires est, avec l'essor exponentiel des toitures photovoltaïque, un champs d'étude particulièrement intéressant. Couplé aux puits provençaux qui permettent d'apporter de l'air à 15°C toute l'année dans le bâti, cette ingénierie des flux d'air pour un confort thermique à très faible consommation d'énergie (extracteurs d'air intelligents) est selon nous une approche très intéressante pour l'avenir.



1.3 Contexte et enjeux environnementaux

Indicateurs des gains environnementaux, cycle de vie.

Indicateur Matériaux de construction, états des lieux et méthode d'analyse

La fabrication du ciment est une importante source de gaz à effet de serre; elle est à l'origine d'environ 7 à 8 % des émissions totales de CO₂ à l'échelle du globe ! En effet, chaque tonne de ciment produite requiert l'équivalent de 60 à 130 kg de fuel (ou son équivalent) et une moyenne de 210 kWh. Considéré comme étant la deuxième ressource la plus utilisée après l'eau, le béton consomme énormément de sable, de graviers, d'eau et de ciment.

Une étude publiée en 2017 estimait que le sable est une ressource surexploitée, destinée à devenir d'ici peu une denrée rare. Les effets sur l'environnement sont désastreux, notamment en ce qui concerne la biodiversité.

Construire localement avec le matériau terre pourrait être une réponse aux besoins de construction de la population mondiale. Ce matériau "prêt à construire" favorise le développement local en mettant en valeur la culture et les savoirs locaux tout en étant créateur d'emplois et de richesses. Une voie à reconsidérer sérieusement.

À toutes les étapes de son utilisation, elle ne nécessite que très peu d'énergie grise. Accessible localement, la terre ne nécessite aucun transport, aucune transformation ou cuisson coûteuses en énergie. Son entretien et les réparations sont aisés. En fin de vie, le bâtiment est détruit et la terre peut être réutilisée ou bien retourner au sol dont elle provient. Elle est donc recyclable et ne génère pas de déchets. Son empreinte écologique proche de zéro représente un énorme avantage face au réchauffement climatique et à la nécessaire réduction de la consommation énergétique. La terre peut donc avantageusement remplacer les constructions en bétons de ciment dans de nombreux cas.

Une analyse de cycle de vie (ACV) permettra de réaliser l'écobilan du projet MACONDO. C'est une méthodologie qui se déroule selon un protocole normalisé (norme ISO 14040). En considérant la globalité du bâtiment (toutes ses étapes de cycle de vie), l'ACV permettra d'identifier si les choix de conception étaient optimaux non seulement pour l'utilisation mais aussi à la fabrication et la fin de vie. Elle permettra aussi de vérifier si la combinaison de matériaux n'altère pas la recyclabilité en fin de vie. C'est dans la phase étude du projet que tout se décidera.

L'ACV d'un bâtiment a pour avantage de valider des choix constructifs et d'équipements en considérant la globalité du bâtiment sans se focaliser uniquement sur les performances économiques et techniques telles que le chauffage et l'isolation.

Indicateur eau / Etat des lieux et méthode d'analyse :

La pénurie d'eau est devenue une préoccupation croissante en Occitanie, les régions sont de plus en plus confrontées à des problèmes de pénurie d'eau, en particulier dans le sud de l'Europe et dans les régions associées à de faibles précipitations, à une densité de population élevée ou à des activités agricoles ou industrielles intensives (Eurostat, 2017).

L'agriculture représente 24% du total des prélèvements d'eau en Europe et ce chiffre peut atteindre 80% dans certains pays du sud (AEE, 2009). La réutilisation de l'eau est donc fortement encouragée. Néanmoins, le principal problème environnemental sous-jacent lié à la réutilisation de l'eau est lié à la qualité de l'eau. En raison du système d'égout commun actuel, les eaux usées sont inutilement polluées par les fèces, ce qui nuit à leur réutilisation facile.

Une approche intégrée doit être développée pour fermer efficacement la boucle et créer un système spécifique et complet de gestion des eaux usées à l'échelle la plus locale.

L'urine ne représente que 1% du volume des eaux usées mais contient 90% de l'azote traité par la STEP et 60% du phosphore (P). En raison du mélange d'eaux usées domestiques, ces nutriments sont dilués. En particulier en raison du traitement à l'azote, le processus de traitement des eaux usées est très coûteux et consommateur d'énergie (la nitrification utilise 50% des besoins en énergie de la STEP, soit 10 MWh par tonne de N).

Sur la métropole de Montpellier, particulièrement avec l'extension de MAERA, l'ensemble des eaux usées traitées sont rejetées au loin dans la mer par le biais d'un émissaire de 11 km. Ces eaux douces traitées sont donc totalement perdues, mélangées à l'eau salée elles ne pourront donc jamais être valorisées pour un usage agricole ou comme climatiseur naturel.

L'outil numérique de calcul des débits consommés, des températures générées en façade végétalisée et l'ACV sont les outils qui permettront d'analyser avec des données précises l'impact à la construction et à l'usage de ce cycle de l'eau.

LOW-TECH LAB



Indicateur cycle des nutriments / État des lieux et méthode d'analyse

L'humain est producteur et consommateur de nutriments, mais a cloisonné ces deux mondes depuis trop longtemps. En France aujourd'hui, l'économie des nutriments, qui sont apportés aux sols agricoles sous forme d'engrais, est essentiellement linéaire et dépendante de ressources fossiles, ce qui est une catastrophe à moyen terme.

L'azote : les engrais azotés sont produits en usine à partir de l'azote gazeux contenu dans l'air. Cette synthèse chimique utilise usuellement le méthane comme réactif et comme source d'énergie. Ce procédé est consommateur de gaz fossile et fortement émissif en gaz à effet de serre (3 % de l'empreinte carbone de la France)

Le phosphore : les engrais phosphorés sont extraits de mines situées à l'étranger (notamment Tunisie et Maroc). Comme les combustibles fossiles et en l'absence de changement de pratique, cette ressource connaîtra, potentiellement dans un futur proche, un pic de production mondiale avant son épuisement. En outre, contrairement aux énergies fossiles qui peuvent être remplacées par des énergies renouvelables, le phosphore n'est pas substituable. Cette ressource stratégique est ainsi classée depuis 2014 comme matériau critique de l'approvisionnement de l'Union Européenne.

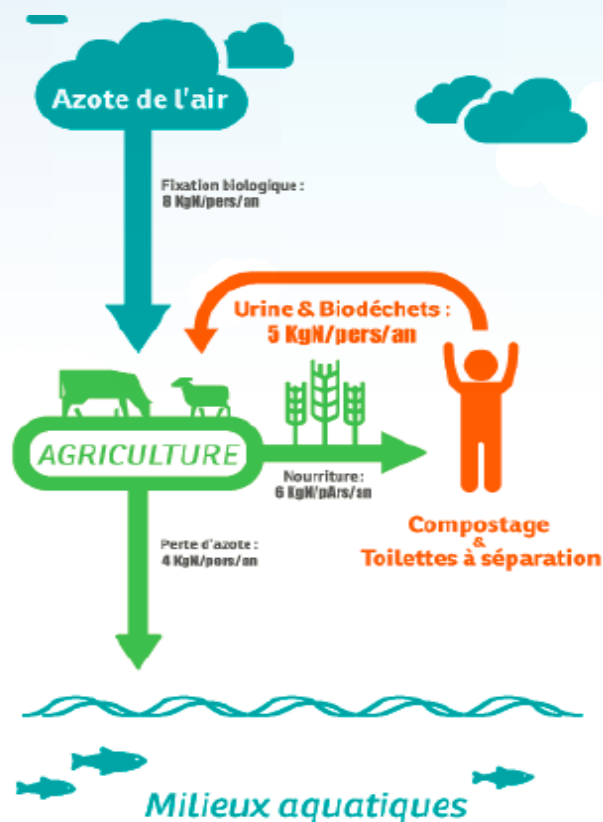
Avec l'intensification de la production agricole, l'utilisation d'engrais synthétiques azoté a été multipliée par neuf à l'échelle mondiale, tandis que l'utilisation d'engrais phosphatés a triplé. P, un nutriment essentiel à la vie, n'est pas une ressource renouvelable et des avertissements ont été émis concernant une crise de pénurie mondiale imminente. La production d'engrais azotés, basée sur le procédé Haber-Bosch vieux d'un siècle, est réputée pour être énergivore et représente environ 2% de l'énergie commerciale mondiale sous forme de combustibles fossiles. Cela indique qu'il est nécessaire de trouver de nouvelles solutions pour la production d'engrais, basées sur des ressources plus durables de N et P. Un cadre législatif cohérent et complet au sein de l'UE devrait également encourager et promouvoir des solutions alternatives.

L'alimentation et l'excrétion humaines présentent ainsi un potentiel quasiment total d'économie circulaire puisque les nutriments mobilisés par le corps sont intégralement excrétés par la suite. Ainsi, un Français ingère en moyenne 5 kg d'azote et 500 g de phosphore par an : on les retrouve majoritairement dans les urines (à hauteur de 4 kg d'azote et 300 g de phosphore) et de façon secondaire dans les matières fécales (1 kg d'azote et 200 g de phosphore). A Montpellier comme dans les grands centres urbains, les urines et matières fécales, de très faible volume, sont usuellement diluées en égout dans les 150 litres d'eaux usées rejetées chaque jour par chaque habitant.

La nécessaire exigence de protection des milieux aquatiques a entraîné la construction d'usines devant extraire ou détruire la majeure partie des éléments présents dans les eaux

usées avant le rejet des eaux épurées au milieu naturel. Les contraintes de ce type de traitement imposent des solutions coûteuses en équipement, en réactifs et en énergie.

La production agricole grâce à la valorisation in situ des nutriments produits (urines + biodéchets + eaux grises) dans des parois végétales offre une approche radicale par rapport au paradigme actuel. Une comptabilité précise des flux de nutriments entrants et sortant sera réalisée afin d'avoir une idée précise du degré de circularité atteint par nos installations.



Indicateur gestion de l'air / Etat des lieux et méthode d'analyse

La récupération d'air chaud sous la toiture photovoltaïque a deux principaux avantages : réduire les besoins de chauffage et préchauffer l'air neuf réglementaire.

La concomitance entre la production solaire et l'occupation du bâtiment permet de maximiser la production solaire et de la valoriser dans le bâtiment. Couplée à l'apport d'air relativement frais en été venant du puits provençal, ces deux sources d'air ayant des températures différentes ont un potentiel énorme de régulation thermique d'un bâtiment avec seulement très peu d'énergie à mobiliser par le biais de ventilateur et clapets.

L'outil numérique sera dans ce domaine un allié précieux. Le projet vise le développement d'un algorithme autonome de régulateurs de ces flux en fonction des différents indicateurs (température / hygrométrie), il nécessitera dans un premier temps une collecte de données précise à l'aide de capteurs répartis dans tout le bâtiment et dans les sources d'air chaud et froid.

2. OBJECTIFS ET CARACTERE INNOVANT DU PROJET

Nous irriguons nos plantes avec de l'eau potable quand 50 litres/jour de douches partent aux tout à l'égout, nous achetons de l'engrais de synthèse quand 5 kg d'azote/an de nos urines partent être détruits en station d'épuration, nous amenons du compost venu de tourbières quand 30% de nos déchets de cuisine sont fermentescibles, nous n'utilisons que du ciment cuit à 1 600 °C alors que nos pieds foulent une argile superbe ...

Nous avons un réel besoin de prendre de la hauteur, de regarder comment fonctionnait notre société pré carbone, de repenser local et circulaire, de n'utiliser le numérique que lorsqu'il apporte une vraie plus-value.

Tout d'abord, la végétalisation de nos villes et immeubles a une foule d'avantages, de l'îlot de fraîcheur qu'elle procure jusqu'au bien être des habitants, en passant par la biodiversité produite et la résilience de notre approvisionnement alimentaire. Cette végétalisation a besoin de trois choses : un substrat, de l'eau et des éléments nutritifs, 3 éléments que nous allons séparer à la

source pour les utiliser chacun au maximum de leur potentiel.

Ensuite, le captage puis la gestion connectée intelligente des flux d'air chaud (thermo-voltaïque toiture solaire) et froid (puit provençal) doit nous permettre de s'affranchir de systèmes de chauffage conventionnels.

Dernièrement, il nous est difficile d'appeler « innovant » l'utilisation du plus vieux matériau de construction au monde, la Terre. En revanche l'utilisation de la compression dans ce procédé est relativement nouvelle et pleine d'avenir, puis la prise en main de cette technique de construction par des entreprises d'insertion nous paraît pleine d'avenir.

La méthode et les outils développée par Meco-Concept permettent une réappropriation de la terre de manière très intéressante, potentiellement réalisable sans joints, avec un outillage relativement léger, simple d'utilisation et durable car facilement réparable.



Les objectifs sont de maximiser l'intensité d'innovation sur les thématiques suivantes :

1) Réutiliser in situ l'ensemble des bio-déchets et liquides produits par 400 m² (2 niveaux) de bâtiment tertiaire. A terme ces bureaux pourront héberger entre 30 et 50 employés. (Obj : 15 litres urine / jour ; 400 l eaux grises / jour ; 5 kg de biodéchets / jour)

2) Gestion exemplaire de l'eau. Collecte eau de pluie et création d'une coque extérieure végétale rafraîchissante par Fert-irrigation avec des eaux ménagères et des urines collectées séparément. Déconnexion au tout à l'égout, analyse de la réduction de chaleur sur les façade grâce à l'évapotranspiration créée. (Obj : maintenir la façade à 25°C quel que soit la température extérieure)

4) Etude poussée (assistée par ordinateur) sur les flux d'air chaud potentiellement mobilisables sous les panneaux solaires du bâtiment et le flux d'air froid mobilisable par des puits provençaux. (Obj : Maintenir une température de 18°C été comme hiver sans apport d'énergie de chauffage ou climatisation complémentaire)

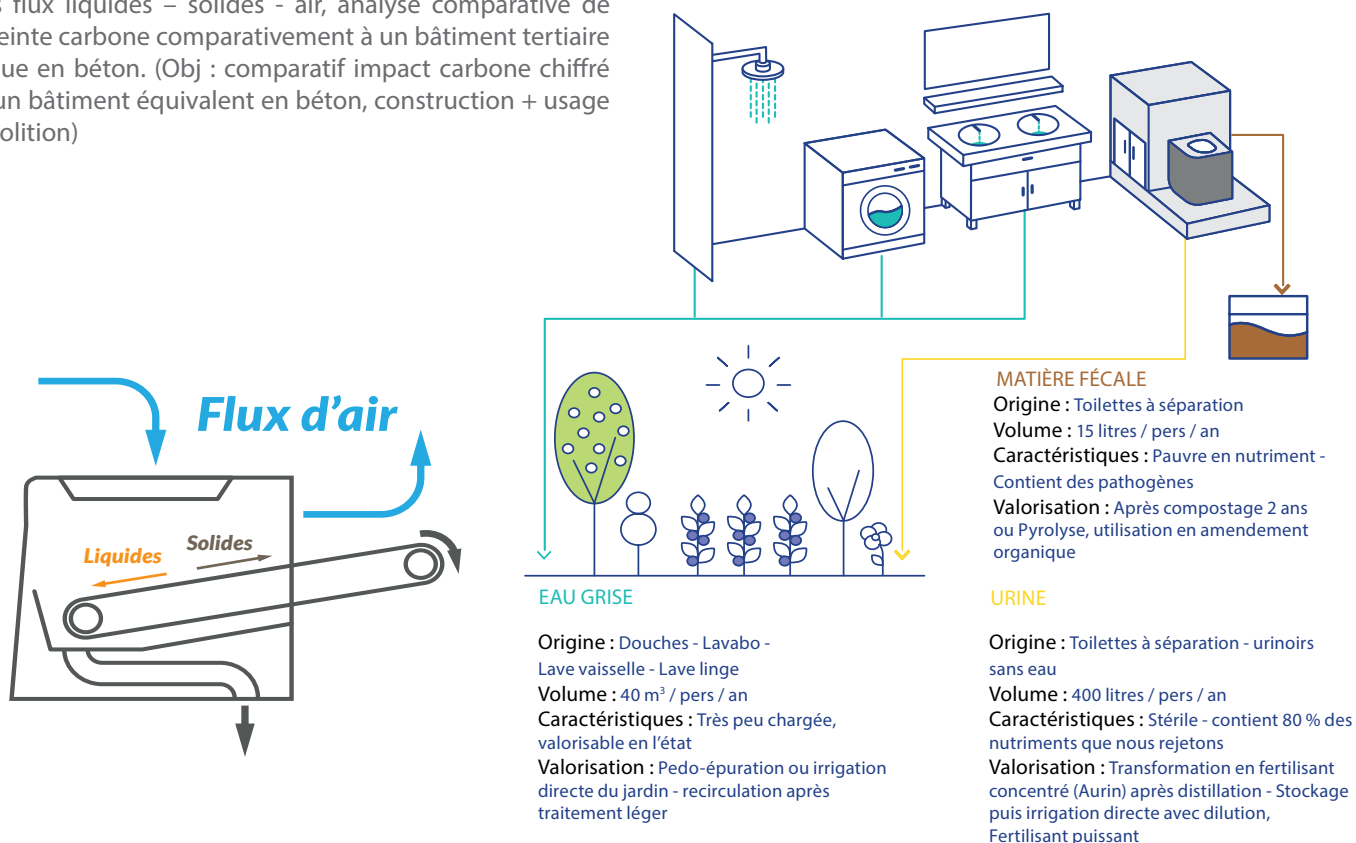
5) Construction bas carbone en ossature bois local et brique en Terre crue Compressée fabriquées à partir de la terre du terrain. (Obj : 0 Béton sur l'ensemble du bâtiment hormis les longrines en béton cyclopéen)

6) Analyse du Cycle de vie sur l'ensemble de la construction, sur les flux liquides - solides - air, analyse comparative de l'empreinte carbone comparativement à un bâtiment tertiaire classique en béton. (Obj : comparatif impact carbone chiffré entre un bâtiment équivalent en béton, construction + usage + démolition)

7) La construction en terre crue demande une main d'œuvre bien plus conséquente que les constructions conventionnelles en béton. Le groupement est très impliqué dans l'insertion professionnelle et souhaite travailler l'organisation logistique et opérationnelle de ce chantier, pour créer une méthodologie reproductible de chantier d'insertion. (Obj : Etablir une méthode d'organisation reproductible pour des chantiers de grande taille)

Le projet est en soit particulièrement en rupture avec toutes les technologies actuelles. Les toilettes sèches à séparation n'existent pas encore dans l'habitat collectif, aucun mur végétal n'est alimenté en France avec des eaux grises, la récupération et gestion d'air chaud sous toiture photovoltaïque et d'air frais issu de puits provençaux assisté par ordinateur est un champs d'étude complètement nouveau.

L'innovation réside dans une méthode de pensée, disruptive et intégrée, sur la gestion des flux et des éléments sur une parcelle. Les 8 partenaires se sont spécialisés depuis leur création dans la réflexion de solution basse technologie, hors des cases, sobres et faciles d'entretien. L'alliance de techniques anciennes traditionnelles et de l'assistance numérique, de l'usage du végétal et de l'inertie de la terre nous paraît une forme moderne de concilier écologie, confort, résilience et adaptation aux changements radicaux que vont connaître nos sociétés dans les décennies à venir.



3. DESCRIPTION DETAILLEE DES TRAVAUX

A1 Projet architectural

Face aux crises qui nous arrivent, les bâtiments tertiaires doivent eux aussi faire leur mue en des entités vivantes, autonomes, constructibles en matériaux locaux faciles à réparer, qui ne produisent pas de déchets ultimes, nourrissante, qui procureront bien être avec sobriété même dans une perspective d'augmentation importantes des températures.

La connexion des 5 éléments intégrées Soleil / Terre / Eau / Organique / Numérique est à la base du projet architectural. Le groupement est en quelques sorte un enfant des théories de l'architecture organique qui est inspirée par la nature pour être durable, bonne pour la santé, protectrice et diverse est une source d'inspiration.

Dépliée, comme un organisme se déploierait depuis l'intérieur d'une graine, cette approche permet d'exister à l'instant présent en renaissant toujours et encore. Elle permet de suivre le mouvement et la transformation actuelle de la planète, de rester flexible et adaptable, satisfaire des besoins sociaux, physiques et spirituels tout en se développant à partir du site, restant ainsi unique.

"Exigence et sobriété pour vivre au quotidien une autre façon d'habiter, d'entreprendre, de vivre ensemble, de consommer, d'éduquer."



Soleil

La maison passive doit manier le soleil avec intelligence. La puissance des rayons sera captée en hiver par un jeu de stores tournants en façade sud et viendrons éclairer un mur courbe d'inertie, placé au niveau central du bâtiment. L'installation d'un mur trombe permettra d'ajouter des calories dans le mur trombe façade ouest en hiver, il sera amovible. Dernièrement, une isolation sera réalisée sous la toiture solaire et un système de ventilation intelligent permettra de récupérer l'air chaud généré entre les panneaux et l'isolation.

La chaleur solaire sera en revanche réduite en été grâce à un système de plantes fert-irriguées à l'eau grise (mur végétal permanent au nord et à l'ouest, pergola caduque à l'est) qui par évapotranspiration ont déjà données des résultats impressionnant sur les essais pratiqués par Ecosec (mur à 25°C quand les températures extérieurs dépassent 40 °C).

La lumière est un des points centraux de ce projet, avec le réflecteur courbe situé en partie arrière du panneau, un confort de vie est ainsi créé été comme hiver. Les stores en face sud, seront adaptables pour ne jamais recevoir de lumière directe en été.



Terre

La brique de terre crue compressée est un mélange de terre non végétale composée de graviers, sable, et d'éléments fins (limons et argiles) et d'un agrégat liant (chaux entre 3 et 5%) qui est ensuite ajouté à la terre. On utilise une presse hydraulique de notre partenaire MecoConcept pour comprimer la brique. La brique de terre crue compressée est un matériau écologique qui permet de construire jusqu'à deux étages. Parfaite en remplissage d'ossature bois, en cloison intérieure, en habillage de poêle de masse, elle apporte au bâtiment l'inertie indispensable à une parfaite régulation thermique et hygrométrique. Avec une bonne isolation extérieure, un mur en brique de terre crue compressée possède toutes les qualités requises pour répondre à la réglementation thermique RT2012.



Eau

Nous irriguons nos plantes avec de l'eau potable quand 50 litres/jour de douches partent aux tout à l'égout, nous achetons de l'engrais de synthèse quand 4 kg d'azote/an de nos urines partent en station d'épuration, nous amenons du compost venu de tourbières quand 30% de nos déchets de cuisine sont fermentescibles ...

La végétalisation de nos villes et immeubles a une foule d'avantages, de l'îlot de fraîcheur qu'elle procure jusqu'au bien être des habitants, en passant par la biodiversité produite. Cette végétalisation a besoin de trois choses : un substrat, de l'eau et des éléments nutritifs.

Nous trions nos déchets solides afin de mieux les valoriser, pourquoi ne pas appliquer exactement le même principe aux flux liquides du bâtiment. Par le biais du projet Deconnect, Ecosec travaille depuis de nombreuses années sur ce sujet d'avenir qui voit aujourd'hui son essor dans plusieurs projets innovants en France.

La gestion du cycle de l'eau est selon nous un enjeu fondamental du bâtiment adapté aux changement climatique. Les principes de l'innovation sont donc de : 1) Irriguer des murs ouest et sud avec des eaux grises et des urines collectées séparément, déconnectant par même le bâtiment du tout à l'égout, 2) Analyse de la réduction de chaleur sur les façades grâce à l'évapotranspiration créée et 3) Réaliser une comptabilité des flux en terme de nutriment (principalement N / P / K) dans leur transfert sur tout le circuit qui leur est imposé.

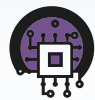


Organique

Le bâtiment photovoltaïque mono-pan sur pieux vissés actuel en lamellé collée est une structure particulièrement intéressante à investir. Les contraintes sont que nous devons faire descendre toutes les charges de l'aménagement sur les

platines des poteaux. En présence d'argile gonflantes, une longrine périphérique en béton cyclopéen et un drainage périphérique en gabions enterré est préconisé. Une structure ossature bois sera ainsi la meilleur en terme de poids et de cohérence d'ensemble du bâti.

Le mur végétal a plusieurs fonctions, mais principalement celle de rafraîchir les façades ouest et sud en été. Les façades végétalisées en milieu urbain représentent une solution efficace et durable pour lutter contre l'îlot de chaleur et d'améliorer la gestion des eaux pluviales. En créant des espaces de fraîcheur, les plantes jouent ainsi un rôle dans l'adaptation des villes au changement climatique. Les murs végétaux améliorent également l'isolation thermique et phonique des bâtiments et contribuent au développement de la biodiversité en ville, leur développement représente donc un fort atout pour l'urbanisme de demain.



Numérique :

Le but de la connexion est tout d'abord de collecter un maximum de données qui nous permettrons de gérer l'ensemble des dispositifs mis en place de manière intégrée. L'influence d'un mur trombe, d'un mur d'inertie, du mur végétal, la capacité de l'air pulsé du puit canadien à rafraichir la pièce, le déphasage thermique entre la nuit et le jour ... sont autant d'information qui seront analysées une fois que nous aurons collecté, à l'aide de capteurs de température et hygrométrie

répartis dans tout le bâtiment, puis plaqué ces données sur une simulation 3D du bâtiment que nous ferons évoluer en temps réel. Corrélé à la température extérieure, nous pourrons ainsi estimer un comparatif énergétique de ce qu'il aurait fallu avec un bâtiment classique et une climatisation pour atteindre les mêmes performances, surtout en terme de fraîcheur l'été.

La deuxième étape sera d'élaborer un algorithme et un contrôleur automatisé qui, sous l'impulsion de seuil de températures, ouvrira et fermera les fenêtres automatiquement, activera ou arrêtera les ventilations de l'air chaud généré sous panneau ou frais généré par le puit provençal.

Responsable	Atelier Montpelliérains : Vinicius RATUNARU / Ecosec en pilotage : Benjamin CLOUET
Travaux prévus	Maitrise d'œuvre complète du projet
Risques	A tout vouloir incorporer en même temps dans le bâtiment, il est difficile de prévoir les impacts et interactions entre chaque système intégré dans le bâtiment.
Livrables	accompagnement au prototypage des solutions innovantes / principes d'intégration architecturale et programmation des innovations techniques / écologiques et sociales du projet global Macondo / faisabilité technico-économique de systèmes innovants intégrateurs; adaptation de principe des systèmes constructifs à l'autoconstruction
Liens avec d'autres tâches.	Tous les acteurs seront impliqués sur cette tâche au stade des études



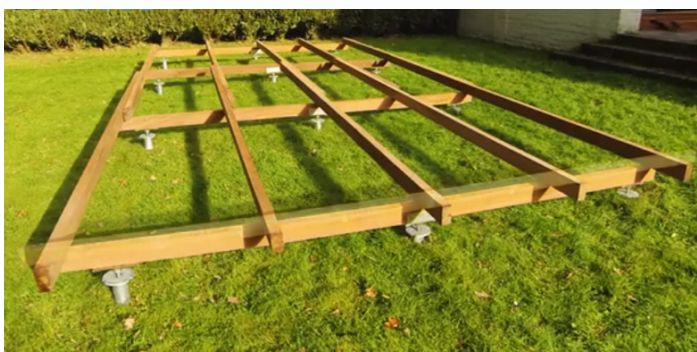
A2 / B2 Etudes techniques et Réalisation Structure Ossature Bois

Les éléments de structures de l'ossature porteront sur les platines des poteaux actuels de lamellé collé.

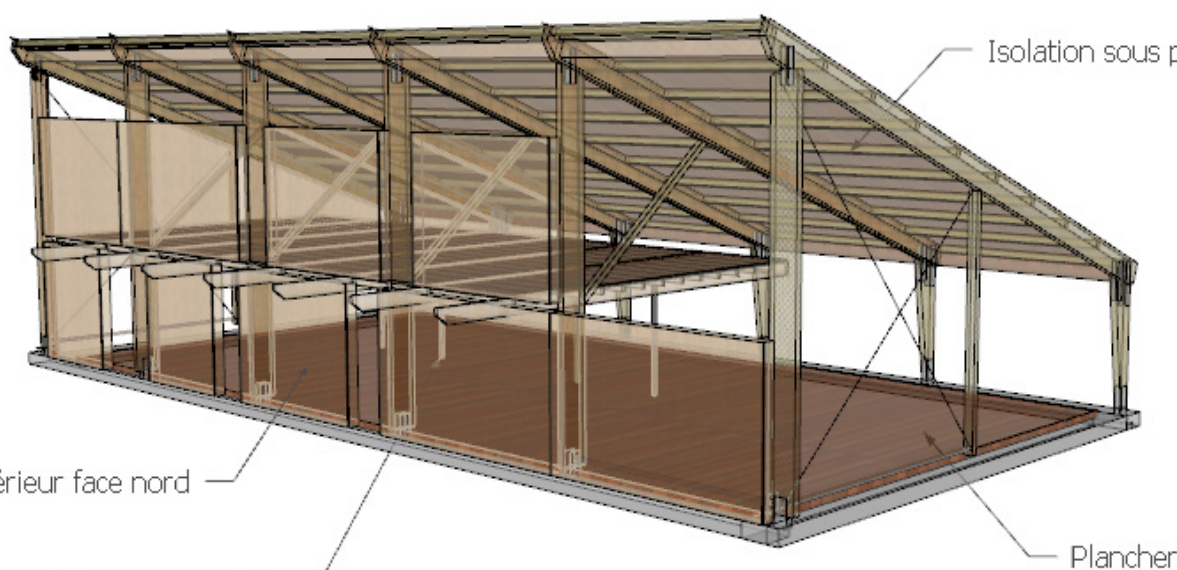
Le plancher en douglas origine Lozère isolé du RDC (250 m2) sera posé sur des pieux vissés à la main + machine (type WeasyFix). Le plancher du 1er étage sera monté sur une ossature bois avec des traverses qui porteront les caillebotis extérieur face nord.

L'isolation sous toiture photovoltaïque sera composée de poutrelles Steico et de planches d'OSB en partie supérieur et inférieur pour venir ensuite injecter de la Ouate de cellulose sous pression sur 26 cm d'épaisseur. Un pare pluie sera glissé entre cette isolation et les panneaux qui présente par endroit des micro fuite lors de pluie violente.

L'isolation du mur en terre crue compressée nord sera lui aussi en ouate de cellulose sur 20 cm.



Responsable	Vecteur Bois : Olivier CUSNARU
Travaux prévus	Plancher RDC isolé sur pieux vissés / Structure poteau poutre / Plancher 1er niveau / Isolation Face nord / Isolation sous panneaux photovoltaïque
Risques	Jonction Terre – Bois à travailler
Livrables	Note de calcul / Plans d'exécution
Liens avec d'autres tâches.	A8 et A10



A3 / B3 Etude construction Brique Terre Crue et réalisation

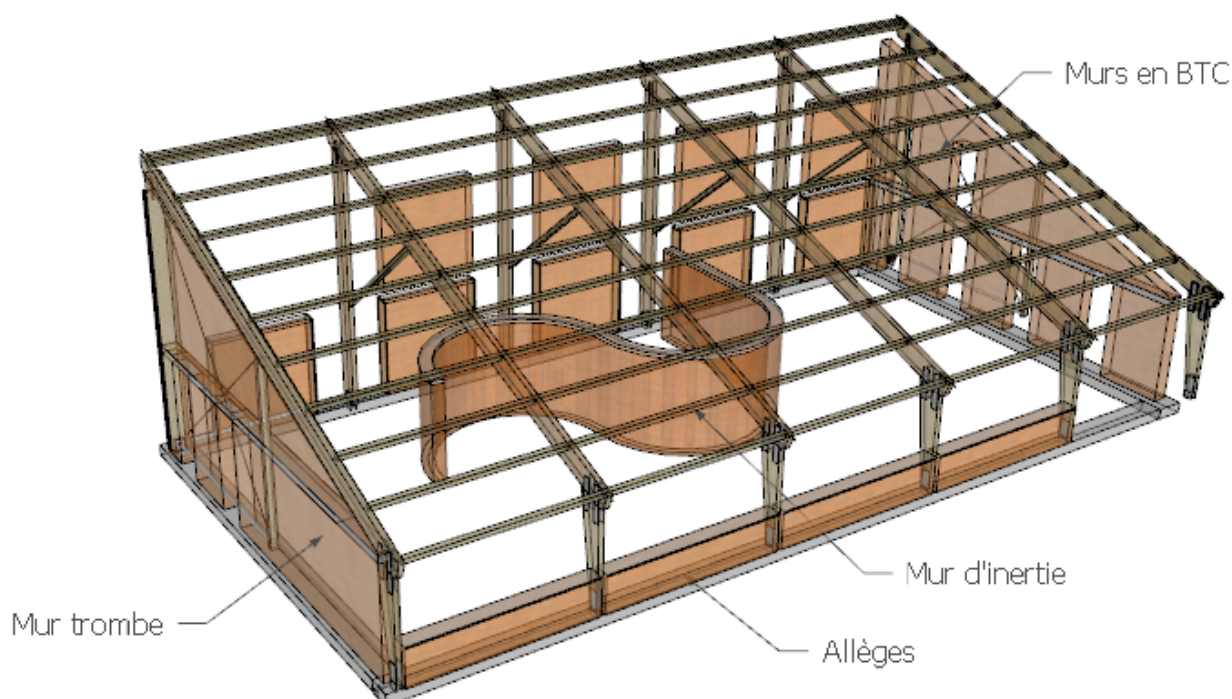
Les murs en BTC (Brique en Terre Crue) ne seront pas porteurs mais feront uniquement office de remplissage.

L'inertie de la Terre sera valorisée à son maximum, notamment dans un mur d'inertie courbe central. Un poil de masse y sera construit pour les période hivernales, en plus du mur trombe réalisé sur la façade ouest.

Dépendant de la nature de l'argile et du mélange utilisés. On atteint généralement des résistances supérieures à 4 Mpa pour une terre de qualité moyenne, et jusqu'à 10 Mpa pour les terres de bonne qualité (en comparaison : parpaings = 4Mpa, Briques cuites ~7Mpa, 1MPa = ~100 tonnes/m²)

La presse Meco concept a un système de compression de 30 tonnes par brique. Soit une compression de 46 kg / cm² pour une brique de 36×18×9 cm de surface. La compression minimum requise pour une BTC est de 26 kg/cm².

Responsable	Meco-Concept : Thierry Pech
Travaux prévus	Mur trombe à l'ouest / Façade nord / Mur ouest / Mur d'inertie centrale / Mur d'allège
Risques	Jonction Terre – Bois / Terre – menuiserie / Assise sur longrine à garder comme point de vigilance. Bonne protection aux risques de capillarité et protection en partie haute de la pluie.
Livrables	Note de calcul / Plans d'exécution / Test en laboratoire de la terre du terrain / Murs du bâtiment
Liens avec d'autres tâches.	A8 et A10



A4 Organisation de chantier participatif d'insertion

L'objectif de cette sous-tâche sera d'organiser en amont le chantier d'insertion et participatif. Ce dispositif est porté par la structure d'insertion en partenariat avec l'Etat, la Région, le Département et Pôle Emploi, et permet d'accompagner des personnes en grande difficulté dans une dynamique d'insertion sociale et professionnelle.

L'équipe encadrant les chantiers d'insertion mettra en place un accompagnement individualisé pour chaque personne accompagnée. L'enjeu sera de répondre le mieux possible aux problématiques des personnes. À cet effet, trois dimensions seront développées et feront de l'accompagnement proposé une démarche objectivée :

- l'accompagnement social,
- l'accompagnement professionnel,
- la formation

Responsable	Métropolitaine de service : Emmanuel Kaspersky / Ecosec : Benjamin CLOUET
Travaux prévus	Fabrication des briques en Terre crue / montage murs
Risques	Qualités des briques
Livrables	3 500 briques
Liens avec d'autres tâches.	A3 et B3



A5 / B6 Etudes technique flux air chaud - air froid / Montage d'un réseau air chaud - air froid / élaboration d'un outil connecté de contrôle

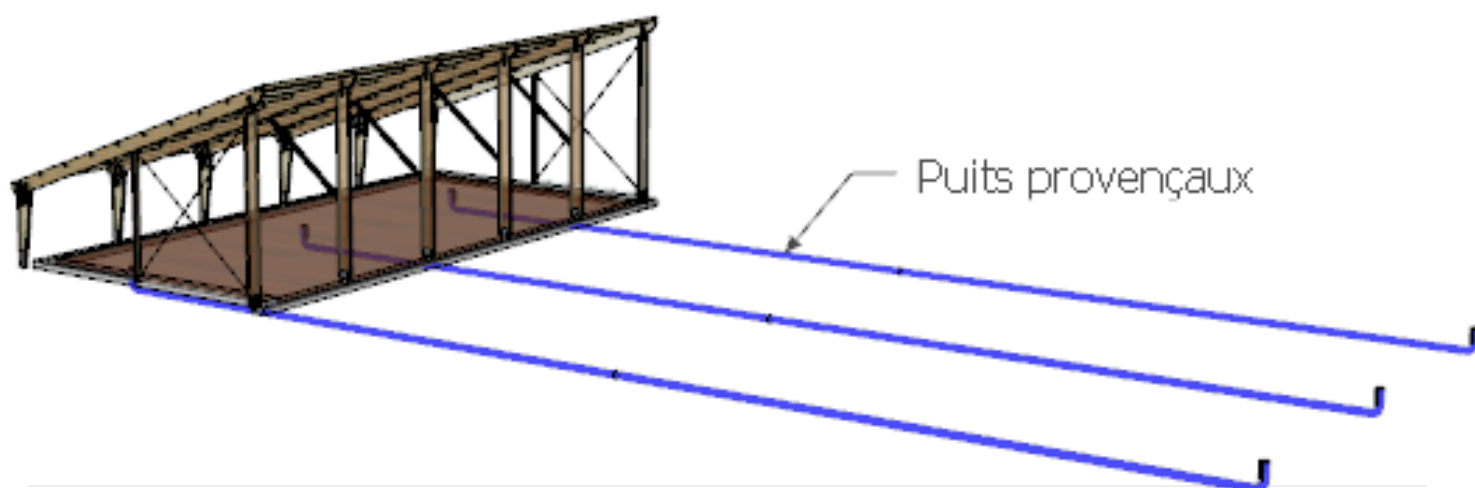
L'objectif de cette sous tâche sera de dimensionner le puit provençal pour permettre un refroidissement très peu consommateur d'énergie du bâtiment en été. Un puits provençal est un procédé géothermique qui met à profit l'inertie du sol pour réchauffer ou refroidir l'air ambiant d'un bâtiment et lui offrir une ventilation naturelle. En effet, le sol a une température quasi constante quelle que soit la saison : entre 10 et 15°C environ.

En hiver, une source d'air chaud sera générée entre le panneau photovoltaïque et l'isolation. Elle sera captée puis dirigée vers l'intérieur du bâtiment selon un réseau à développer afin de garantir une température de confort constante. La meilleure manière de diffuser cette chaleur sera aussi étudiée de manière précise avant de se lancer dans l'installation.

Le modèle numérique de contrôle des outils physiques, sous tâche B6, (clapets / ventilateurs / régulateurs / etc ...) de gestion de ces deux flux de ventilation sera élaboré en amont.

Si la chaleur générée sous les panneaux est indépendante de nos actions, la longueur des tuyauteries des puits provençaux et les détails techniques de leur installation devra être réfléchi, un calcul sera réalisé pour estimer à quelle température un flux constant de rafraichissement du bâtiment est nécessaire.

Responsable	Surya : Frédéric BŒUF / Ecosec : Benjamin CLOUET
Travaux prévus	Etude des potentiels thermique de chaque flux / Puits provençaux
Risques	Complexité du réseau de clapets automatisé
Livrables	Rapport d'analyse / prescription techniques / Plan d'exécution du réseau / Réalisation / Algorithme
Liens avec d'autres tâches.	A1



A6 Etudes flux liquides (Eau / urine) sur parois végétales

Point central de l'innovation du bâtiment, la gestion de l'eau devient un laboratoire d'expérimentation dans le domaine. Ecosec souhaite orienter son développement vers la séparation à la source des flux liquides dans le bâtiment. Approche totalement nouvelle en France, elle a une foule d'avantages mais n'est pas si simple à mettre en place de manière pratique et hygiénique.

L'implantation d'un réseau d'urine a fait l'objet de recherches variées mais aussi de retours d'expériences par différents types d'acteurs. Les différentes références collectées décrivent la rémanence de plusieurs thèmes liés à la gestion de l'urine de l'excrétion à sa mise en cuve de collecte dans le bâti. Des préoccupations différentes (l'économie d'eau ou la collecte des nutriments) ont mené à la mise en place de telles infrastructures dans le bâti qui font face à un problème commun : le risque de colmatage du réseau par la formation d'un précipité. Les objectifs de ces deux tâches sont :

- La collecte et stockage d'eau de pluie dans une réserve enterrée de 100m3, préalablement décaissée pour obtenir la terre nécessaire à la production des briques
- La collecte séparative des eaux grises, urines et des matières fécales pour 6 toilettes sèches à séparation, 4 douches perpétuelle de type « low tech lab » et une

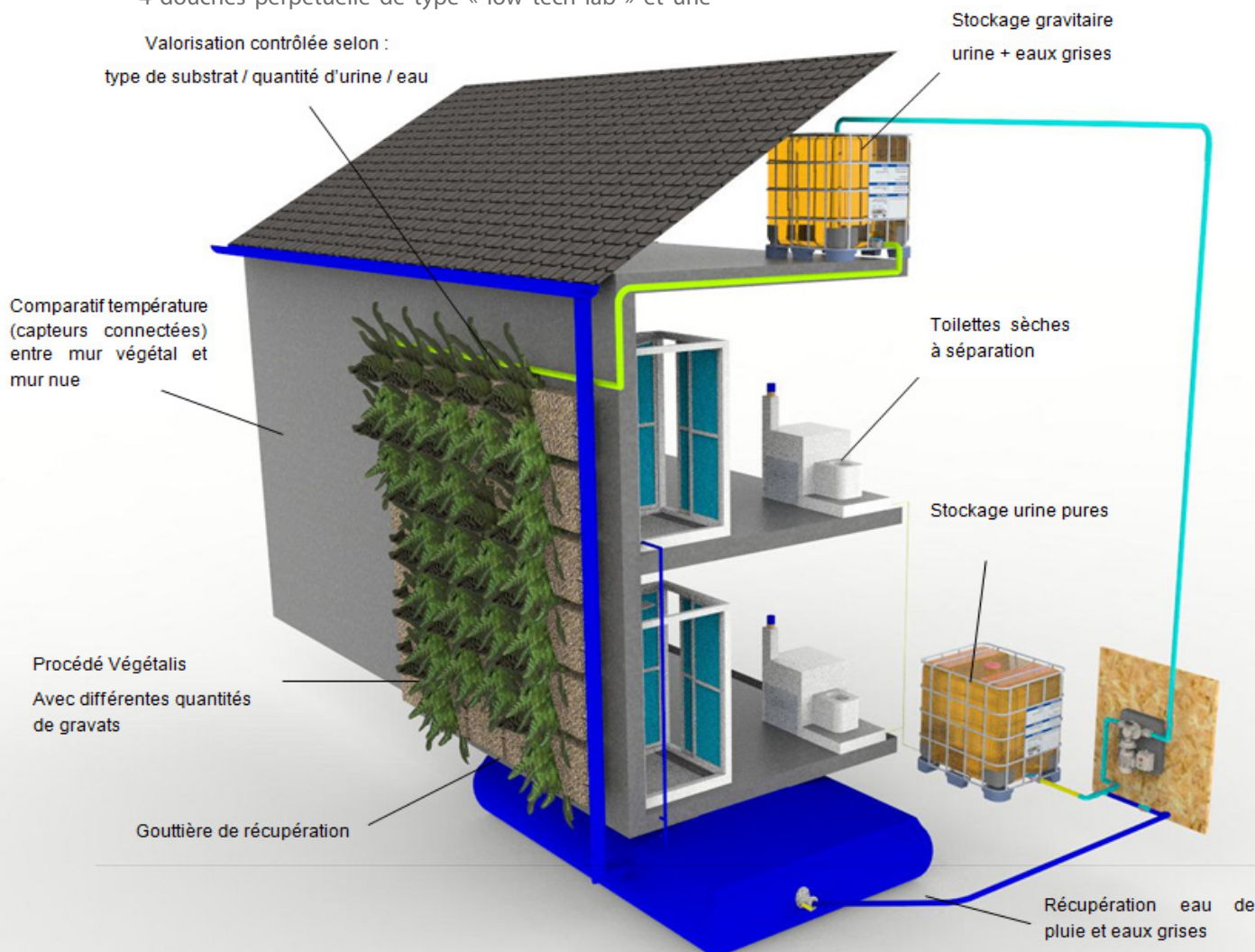
cuisine collective.

- Valorisation des eaux grises pré-traitées, eaux de pluie et urines dans les parois végétales du bâtiment par micro irrigation

Ce projet innovant et pionnier propose une démarche de déconnexion totale au tout à l'égout, de manière à rendre complètement indépendant le bâtiment sur son traitement intelligent des eaux. L'autre grand intérêt est la végétalisation de murs en façade ouest et sud par la valorisation recyclage des eaux grises et urines récupérées par des toilettes à séparation.

Pour éviter les risques, un excellent guide technique de prescriptions a été édité en Février 2019 : [Note pour concevoir et exploiter les réseaux de collecte de l'urine humaine](#)

Responsable	Ecofilae : Rémi DECLERC / Ecosec : Benjamin CLOUET / lem : Marc HERAN
Travaux prévus	Etude mise en place séparation des flux à la source / réalisation de 6 toilettes, 4 douches, réserves eau de pluie 100 m3, réserve urine 3 m3.
Risques	Colmatage des conduites, des micro irrigateurs, risque de pollution du murs si les eaux grises sont trop chargées
Livrables	Rapport d'analyse / Prescription techniques / Plan d'exécution du réseau / Réalisation
Liens avec d'autres tâches.	B4 et B5



A7 / B5 Etudes mur végétal / Réalisation

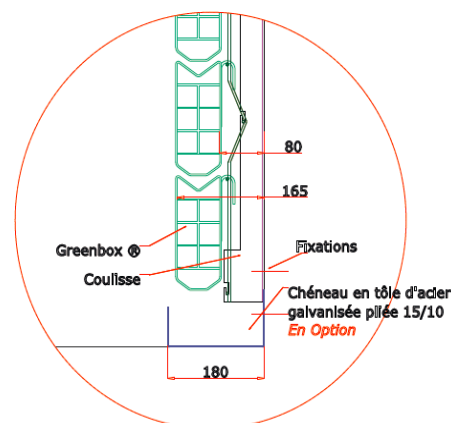
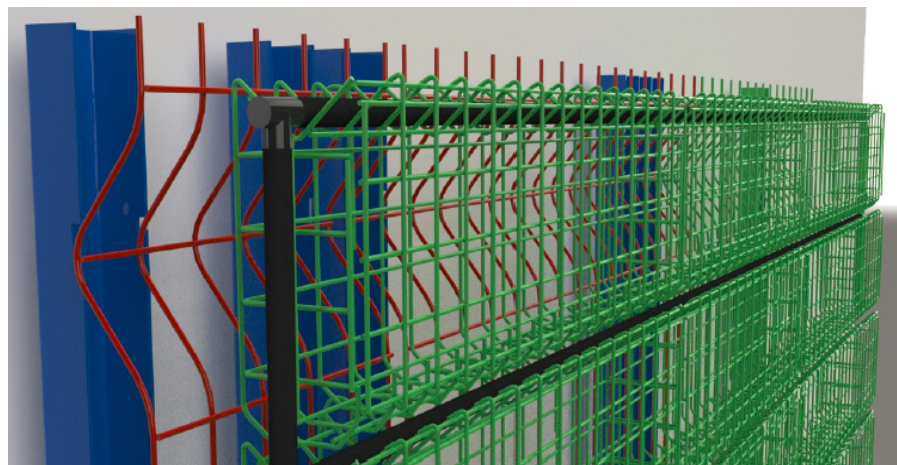
Les végétaux captent les rayons solaires et diffusent cette énergie via leur transpiration ce qui a pour impact de réduire la température environnante. En plus du refroidissement des parois, les murs végétaux présentent des services et fonctions positives sur différents aspects (biodiversité, isolation thermique, acoustique etc..) et à différentes échelles, de l'habitat jusqu'au quartier :

- Biodiversité : flore, insectes, oiseaux et microfaune du sol, les murs végétaux sont un site d'accueil non négligeable.
- Ecosystème : Rétention des eaux de pluies, humidification de l'air urbain, réduction des îlots de chaleur, captation de CO2 et certains polluants aériens et aquatiques, réduction de la pollution sonore.
- Sociétal : amélioration du cadre de vie en améliorant la vue (esthétique) et en régulant la température et l'humidité, aspect pédagogique de la représentation de la nature en ville et connexion avec le vivant.

L'objectif est nouveau par rapport aux murs classiques, étant donné que nous souhaitons faire évaporer un maximum d'eau sur une surface minimale, au contraire de tous les murs végétaux dans le commerce qui ne travaillent qu'à économiser l'eau. Suite à l'expérience d'Ecosec dans ce domaine ([module Bata](#)), et avec l'aide et l'expertise du végétale de FabLim et lem, les enjeux de la construction des murs végétaux en façade est et sud sont les suivants :

- Choix du substrat
- Choix des plantes qui résistent à des pollutions type d'eaux grises (savons / graisses / etc ...) / Prendre en compte les faces exposées des faces au nord / Réfléchir aux interactions entre plantes / Pour les plantes de production alimentaire, réflexion sur le mode de collecte (accès) des fruits et légumes
- Choix du mode constructif en cage et système de fixation au mur / Distance optimale des murs en Brique de Terre Compressée / Simplification du remplacement des modules
- Système d'irrigation qui colmate le moins possible, facile à réaliser une maintenance
- Système de récupération (trop plein) en partie basse du mur en vue d'une recirculation

Responsable	Ecosec : Benjamin CLOUET / FabLim : Juliette Peres / lem : Marc HERAN
Travaux prévus	Etude et construction de murs végétaux façade sud et ouest
Risques	Colmatage des micro irrigateur, risque de pollution du murs si les eaux grises sont trop chargées
Livrables	Rapport d'analyse / Prescription techniques / Plan d'exécution murs / Réalisation
Liens avec d'autres tâches.	A6



A8 Etudes second œuvre / interconnexion des réseaux / intégration des approches

La préparation du projet de construction (PRO) doit permettre l'élaboration des futurs documents contractuels des marchés de travaux qui seront lancés ultérieurement.

Une des difficultés principales de cette phase est de répartir correctement les prestations entre les différentes entreprises. En effet, l'allotissement est la règle : la construction de l'ouvrage doit donc être segmentée en lots et l'enjeu est de parvenir à une coordination optimale de ces différents travaux et à les répartir judicieusement. En effet, la question des limites de prestations constitue un des principaux conflits de chantier et apparaît bien souvent difficile à arbitrer.

Étapes :

- Connaître la définition de la notion d'allotissement
- Maîtriser les limites du principe d'allotissement
- Bien définir le contenu des lots techniques
- Prévoir de rappeler les limites de prestations dans les CCTP de chaque lot

Responsable	Atelier Montpelliérains : Vinicius RATUNARU / Ecosec : Benjamin CLOUET / Montpel-liéraine de service : Emmanuel KSPERSKY
Travaux prévus	Etude limites de prestation de chaque partenaire / allotissement des travaux
Risques	Mauvaise organisation du chantier et manque de clarté sur la mission de chacun
Livrables	Rapport d'analyse / Prescription techniques / CCTP de chaque lot associé aux plans d'exécution
Liens avec d'autres tâches.	Toutes les études

A9 / B6 Connexion numérique de l'ensemble des éléments, Etude et réalisation

L'approche proposée est à la fois expérimentale et de modélisation, Monitoring et de suivi de température et de confort. Nous utiliserons pour cela nos outils de monitoring en temps réel, Surya Monitoring. Les capteurs sans fil envoient les données mesurées sur nos serveurs. Notre plateforme permet d'afficher en temps réel sur des sites web les données, et d'en assurer un traitement en continu.

Nous proposons de mesurer : Météo locale / température, humidité, rayonnement solaire / Température d'air extérieur proche du mur / Température d'air entre le complexe végétalisé et le mur / Température de paroi extérieure / Température de paroi intérieure / Température d'air intérieur.

Le système d'instrumentation utilisé par Surya Monitoring repose sur une technologie entièrement open source. Ceci est valable aussi bien pour la partie matérielle que pour la partie logicielle.

Cela signifie que l'ensemble de la conception de ce système est entièrement documenté et libre d'accès. Contrairement aux solutions propriétaires fermées, ce principe fait appel à l'innovation collaborative.

Ceci en fait une solution extrêmement performante, fiable, et flexible dans la mesure :

- Constamment améliorée par une importante communauté de développeurs qui collaborent entre eux dans un but commun.
- Adaptable par chacun pour corriger immédiatement un « bug » ou bien l'adapter à ses propres besoins.
- Repose sur des standards libres et ne dépend pas d'un tiers.

La technologie OEM de suivi de performance repose sur un ensemble de capteurs dispersés sur l'ensemble du bâtiment. Il est possible de mesurer plusieurs paramètres en fonction des besoins : température et humidité de l'air, consommation électrique, ensoleillement, température de surface, CO2, etc.

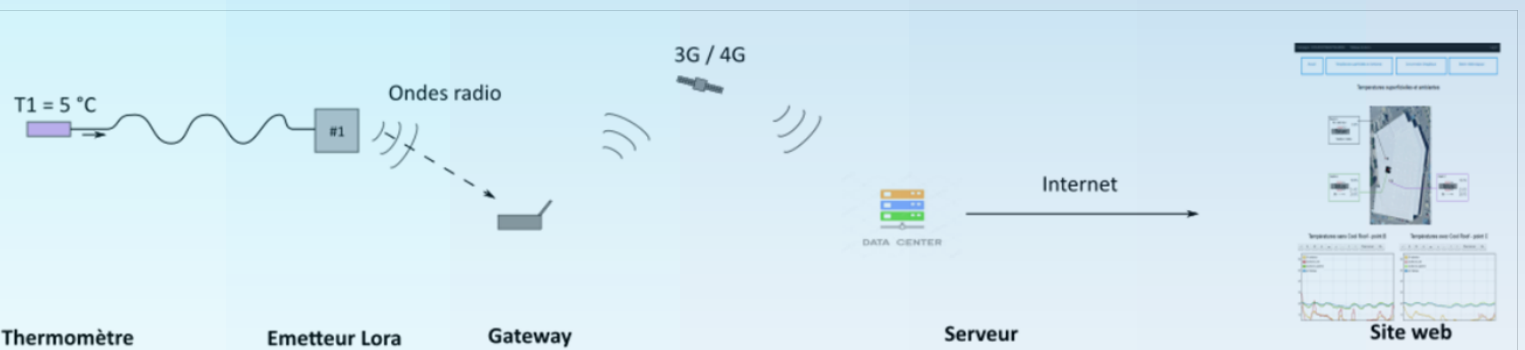
La récupération des données s'effectue, quel que soit le type de capteurs, à l'aide du même protocole. Les capteurs mesurent le/les paramètres souhaité/s et communiquent en radio-fréquences (433 ou 868 MHz) avec une passerelle (EmonBase) qui transmet les données recueillies à un serveur de données (EmonCms) chargé de stocker et de publier les informations mesurées.

Les capteurs sans-fil peuvent très facilement être déployés temporairement dans un bâtiment sans modifier son réseau électrique, ni perturber son fonctionnement.

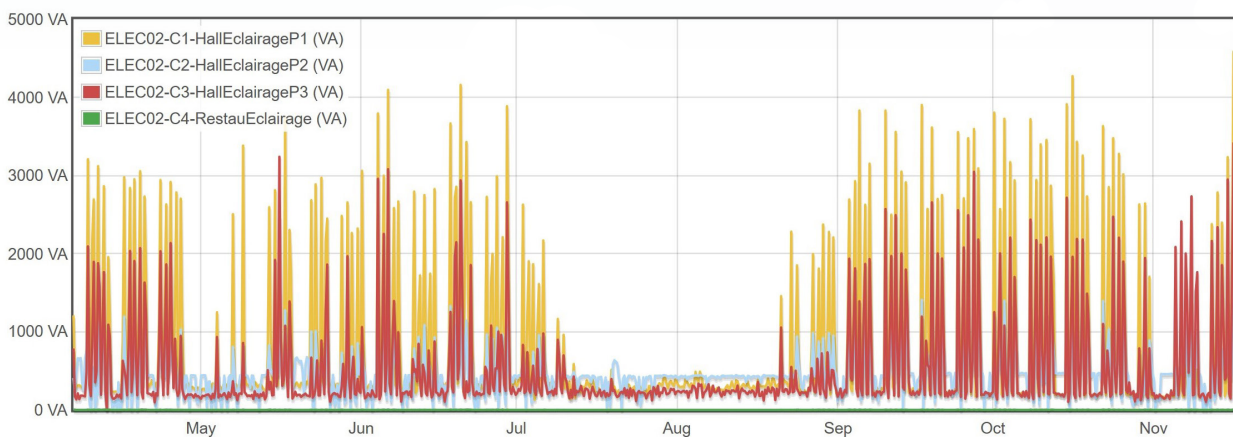
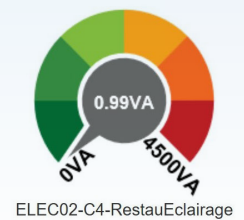
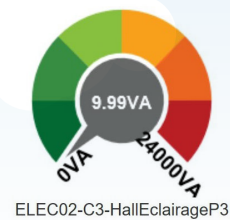
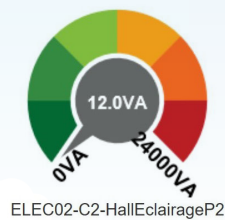
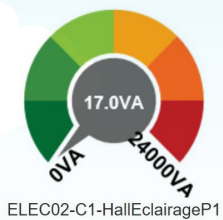
Le serveur de données permet de stocker les informations venant des capteurs de manière sécurisée au moyen d'une base de données relationnelle de type MySQL. Les données peuvent être très facilement consultées sur une interface web.

La fonction principale de cette interface web est de visualiser les données venant des capteurs au travers de tableaux de bords de suivi. De nombreuses possibilités de visualisation sont proposées aux utilisateurs de cette interface : graphiques en temps réel, moyenne par jour, par mois ou par an, histogramme de fréquence cumulées, ...

Responsable	Surya : Frédéric BCEUF
Travaux prévus	Etude captage de données dans tout le bâtiment + murs végétaux / 2laboration d'un mo-dule de contrôle air chaud air froid automatisé
Risques	Mauvais placement des capteurs / liés à l'électronique / Difficulté d'élaboration du cahier des charge
Livrables	Rapport d'analyse / Prescription techniques / Guide d'utilisation et de paramétrage de l'outil de contrôle automatisé des flux d'air chaud - froid
Liens avec d'autres tâches.	A5, A9 et B4

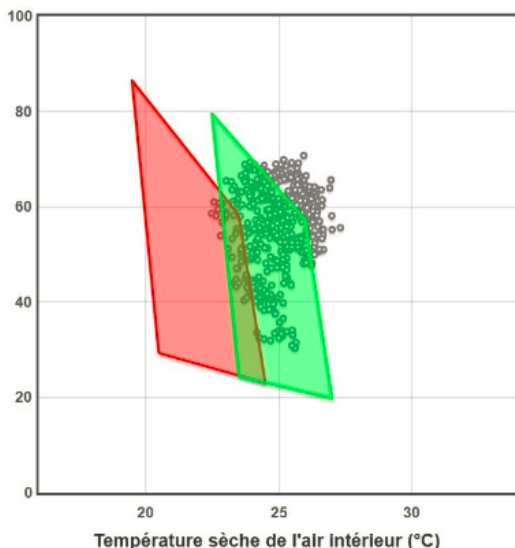


Puissances et énergies apparentes du capteur ELEC02



Zones de confort

Humidité relative de l'air intérieur (%)



Heure de début (0-24) : 6 Ok

Heure de fin (0-24) : 22 Ok

Intervalle de temps : 1 heure

☒ ASHRAE 55-1992 (hiver)

☒ ASHRAE 55-1992 (été)

☐ COSTIC

☐ Zone paramétrable 1 : Définition : 20,30,24,30,24,70,20,70 Ok

☐ Zone paramétrable 2 : Définition : 23,30,26,30,26,70,23,70 Ok

En utilisant l'outil [CBE thermal comfort tool](#), vous pouvez définir une zone de confort spécifique en prenant plus précisément en compte les principaux facteurs qui influencent le confort thermique (la température de l'air, la température radiante, la vitesse de l'air, et l'humidité relative d'une part et l'activité et l'habillement des occupants d'autre part).

Pour utiliser cette zone de confort spécifique, il faut modifier l'une des zones paramétrables de confort en respectant le format suivant : temp1,hum1,temp2,hum2,temp3,hum3,...,temp1,hum1.

T-Min 16 T-Max 34 H-Min 0 H-Max 100 Ok

C1 ACV Eau et Murs végétaux

Point central du projet, l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) sur toute la partie eau est une méthode d'analyse multicritères qui permet d'avoir une vision aussi complète que possible des effets sur l'environnement d'une activité humaine étudiée.

L'ACV environnementale est la seule méthode d'évaluation capable de quantifier et de comparer l'ensemble des impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie d'un système de réutilisation des eaux à l'échelle d'un bâtiment.

Cette méthode normée (ISO 14 040) est dans une logique « cycle de vie » et multicritère :

- Etape 1 : définition de l'objectif et du champ de l'étude.
- Etape 2 : inventaire des flux de matière et d'énergie entrant et sortant du système, associés aux étapes du cycle de vie.
- Etape 3 : évaluation des impacts environnementaux.
- Etape 4 : interprétation

Malgré toutes les innovations de la partie eau du projet, le cadre réglementaire du projet MACONDO devra toutefois se conformer aux textes spécifiques suivants, qui est une autre

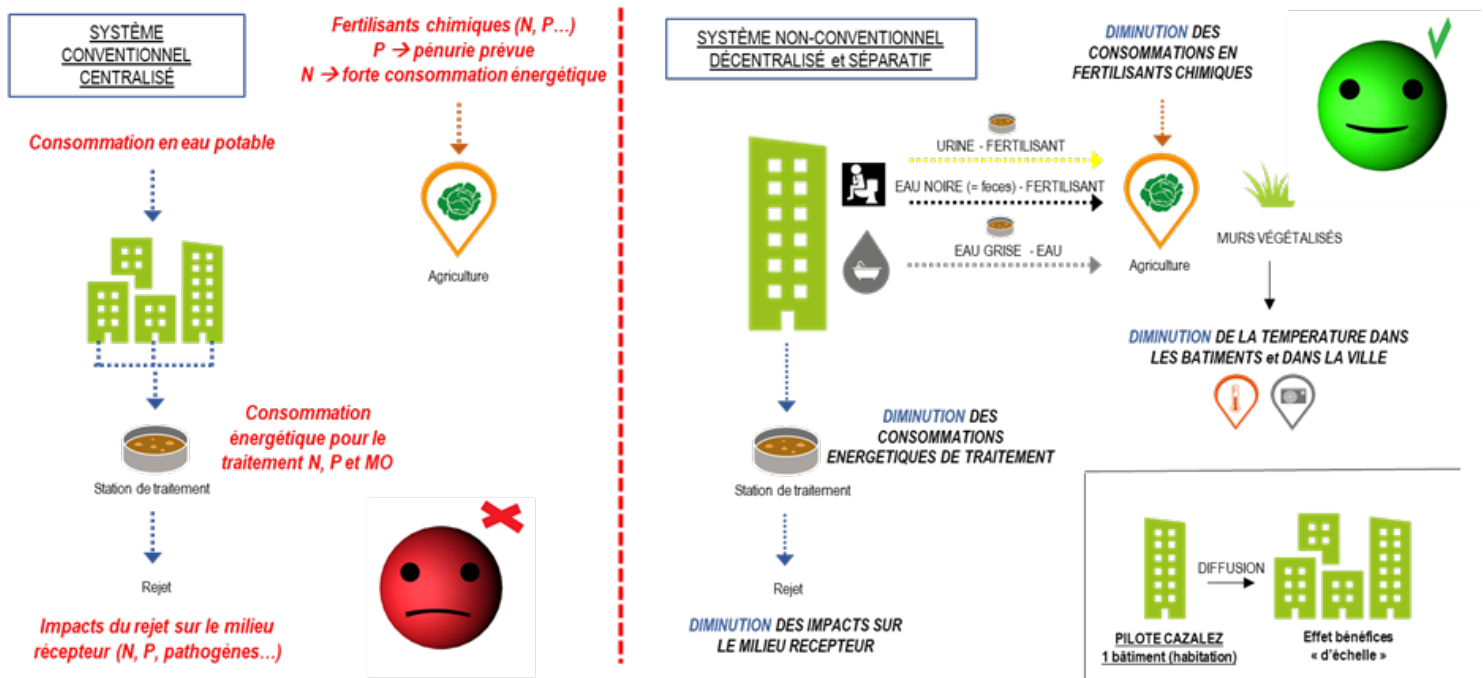
partie de ce travail d'étude :

- L'Arrêté du 2 août 2010 révisé le 25 juin 2014 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts ;
- L'Avis de L'ANSES de 2015 pour la réutilisation des eaux grises pour des usages domestiques.

Pour les indicateurs ACV nous utiliserons la méthode RECIPE 2016 avec 17 indicateurs / midpoints pour les filières de traitement / réutilisation d'eau. Lors de l'étude d'application au bâtiment certains indicateurs seront certainement à supprimer ou à ajouter.

Responsable	Ecofilae : Rémi DECLERC / Ecosec : Benjamin CLOUET / lem : Marc Hérin
Travaux prévus	ACV sur toute la partie eau du bâtiment
Risques	Choix du mauvais indicateur, oubli ou omission de certains impacts
Livrables	Rapport d'Analyse Cycle de Vie
Liens avec d'autres tâches.	A6, A7 et B5

N = Azote
P = Phosphore
MO = Matière Organique



C2 ACV Construction

Les indicateurs que nous utiliserons pour cette étude sont les suivants :

- Potentiel de réchauffement climatique (GWP) (kg CO₂ eq.)
- Potentiel d'eutrophisation (EP) (kg eq. PO₄³⁻)
- Pollution de l'air (m³)
- Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables (énergie primaire et ressources d'énergie primaire utilisées comme matières premières) (MJ)
- Utilisation totale des ressources d'énergie primaire (énergie primaire et ressources d'énergie primaire employées en tant que matières premières) (MJ)
- Utilisation nette d'eau douce (m³)
- Déchets dangereux éliminés (kg)
- Déchets non dangereux éliminés (kg)

L'analyse de Cycle de Vie comparative avec un bâtiment « classique » réalisé en béton visera à transformer un inventaire de flux en une série d'impacts clairement identifiables. L'évaluation des impacts était anciennement standardisée par la norme ISO 14042 qui stipule que cette étape servira à :

- Identifier et aider à classer les opportunités d'amélioration d'un système de produits,
- Caractériser la performance environnementale d'un système de produit,
- Comparer plusieurs systèmes de produits ayant la même fonction,
- Indiquer les points environnementaux nécessitant une action.

Tout comme le reste de l'analyse de cycle de vie, l'évaluation des impacts sera fondée sur une unité fonctionnelle. L'évaluation des impacts du cycle de vie prend comme données d'entrée l'analyse de l'inventaire du cycle de vie, c'est-à-dire une liste de flux entrants (les matières premières, matières transformées, énergies) et sortants (les rejets, déchets, émissions, etc.) agrégés sur l'ensemble du système de produit, à toutes ses étapes de vie.

Ces flux seront agrégés dans des catégories d'impacts pour ensuite donner des indicateurs de catégorie. Ultiment, il est possible d'arriver à un score environnemental unique, bien que ceci implique une pondération entre les catégories d'impact.

Responsable	Surya : Frédéric BOEUF
Travaux prévus	ACV sur la partie construction
Risques	Choix du mauvais indicateur, oubli ou omission de certains impacts
Livrables	Rapport d'Analyse Cycle de Vie
Liens avec d'autres tâches.	B1, B2, B3, B4

C3 Bilan Circularité eau / nutriments

S'affranchir autant de l'approvisionnement en eau que de l'assainissement est un enjeu sur lequel beaucoup d'ingénieurs se sont penchés. Si l'on met de côté les aspects réglementaires (interdiction d'utiliser de l'eau grises traitées dans la douche, fût-elle plus propre qu'en entrée du bâtiment) pour ne s'attacher qu'aux aspects sanitaires, Nous souhaitons réfléchir à la question du bâtiment autonome en eau et en nutriment. La circularité, la sobriété et l'efficacité des équipements doit ainsi être très finement étudiée, c'est l'objet de cette sous tâche.

La problématique à laquelle nous allons nous intéresser dans cette sous-tâche consiste à étudier dans quelle mesure les systèmes alimentation / excrétion du bâtiment serait susceptibles d'opérer une transition afin de garantir leur soutenabilité par la fermeture du cycle des nutriments à une échelle ultra localisée.

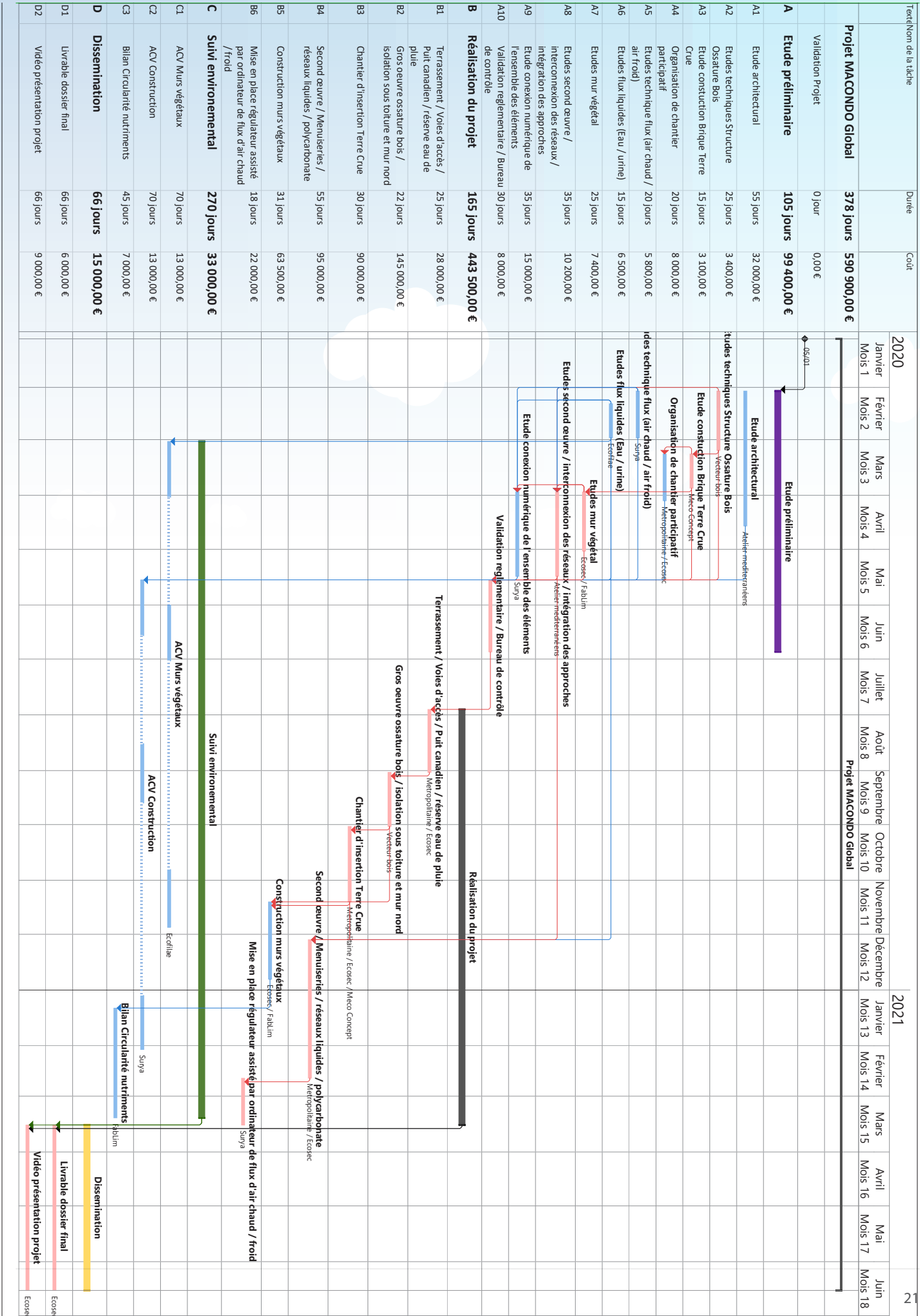
Le recyclage de l'ensemble des nutriments produits, issus des urines (1L/pers/jour), des bio-déchets (0,3kg/pers/jour) et des matières fécales (0,15kg/pers/jour) vers les murs végétaux, pour produire l'alimentation des usagers du bâtiment est à analyser afin d'évaluer le degré de résilience et d'autonomie du système.

La récupération d'eau de pluie et le recyclage de l'ensemble des eaux grises a besoin d'être monitoré et analysé pour évaluer la surface de toiture récupératrice nécessaire par usager ainsi que le degré d'efficacité des outils consommateurs (douche / lavabo / murs végétaux / etc ...), pour pouvoir déclarer une autonomie complète en eau du bâtiment.

Une comptabilité sera ainsi effectuée à toutes les étapes du parcours des nutriments pour évaluer avec précision leur degré de valorisation d'un système à l'autre. Les éléments que nous étudierons seront N (Azote), P (Phosphore), K (Potassium), et une série de micro nutriments.

Responsable	FabLim : Juliette PERES / Iem : Marc HERAN
Travaux prévus	Comptabilité des flux de nutriment sur l'ensemble des systèmes circulaires d'alimentation – excrétion – production alimentaire
Risques	Le cycle de l'azote est complexe, les dégagements gazeux sont toujours compliqués à évaluer, de même que la fixation de l'azote de l'air par les plantes ainsi que la teneur initiale des substrats utilisés
Livrables	Rapport d'évaluation, degré de circularité et donc d'autonomie de MACONDO
Liens avec d'autres tâches.	C1, A7, A6 et B5

5 ORGANISATION ET PILOTAGE DU PROJET



6 PERTINENCE DU PARTENARIAT



SURYA :

Surya consultants est un bureau de conseil et d'accompagnement à destination de tous les acteurs de la construction. Suivi de performance à distance pour des audits et diagnostics, télé relève, outils de traitement des données, garantie de performance intrinsèque de l'enveloppe, ... Simplicité, rapidité, efficacité sont les maîtres mots de leur prestation, permettant d'apporter sur les projets une qualité de service pragmatique et exploitable directement.

Réf : [Crèche passive de conte](#)

Atelier Montpelliérains :



Vinicius Raducanu, diplômé en architecture de l'UAUIM de Bucarest en 1996 et de l'ENSA Montpellier en 2001. Architecte libéral inscrit à l'Ordre des Architectes (Languedoc-Roussillon) et en exercice à Montpellier. Issu d'une double culture et passé par plusieurs écoles, il a la volonté d'entretenir un regard neuf, curieux et chercheur sur les lieux, les êtres et les choses.

La volonté de pousser les curseurs environnementaux au maximum de manière intégrée est pour lui un aboutissement de la direction qu'il prend depuis plusieurs années vers une transition de sobriété radicale de nos modes de vie.

Réf : [Groupe scolaire Caumont sur Durance](#)

Vecteur Bois :



Vecteur Bois s'est spécialisé dans l'ossature bois mais souhaite plus spécialement renforcer son activité dans l'habitat durable sous toutes ses formes, particulièrement dans la conception et la fabrication pour la construction de maisons bioclimatique et passives. Le défi de joindre la Brique en Terre crue et l'ossature Bois est un pari sur l'avenir, ces deux éléments étant probablement les matériaux les moins émetteurs de carbone.

Réf : [Ossatures bois sous toutes ses formes](#)

Métropolitaine de Service :

La Métropolitaine de services a pour finalité, avec ses associés et partenaires, d'apporter de l'emploi aux habitants des quartiers prioritaires. La Métropolitaine de services a pour spécificité de :

- Recruter son personnel parmi les habitants des quartiers dans lesquels elle intervient,
- Les habitants à l'identification du besoin de service ainsi que l'évaluation des services rendus
- 33% de ses excédents de gestion sont investis dans des projets économiques ou culturels portés par des habitants (sélectionnés par le collège des associés Salariés-habitants des quartiers).

Réf : [Projet de réhabilitation](#)

Environnement
Propreté
Multi-services
Médiation





Ecofilae :

Entrons dans L'économie circulaire de l'eau. Que ce soit au niveau d'un bâtiment ou d'un éco-quartier, les eaux usées et résidus de production ne sont pas un fardeau mais des gisements d'eau et de matière abondamment disponibles et largement inexploités. Ecofilae et Ecosec sont des partenaires Montpelliérains de longues dates sur ces thématiques. Libérer ces nouvelles ressources c'est rendre nos modes de vie adaptés et résilients, sécuriser les productions industrielles et agricoles tout en préservant et restaurant les masses d'eau.

Réf : [Etude de faisabilité juridique, technique, économique et organisationnelle REUT sur petite échelle](#)



FabLim :

Le projet Fab Lim est de soutenir et impulser des dynamiques d'innovation dans les territoires en faveur d'une agriculture et d'une alimentation durables. En se positionnant sur un projet de résilience à l'échelle du bâtiment et d'analyse comptable de la circularité des nutriments, Juliette PERES souhaite ouvrir un mode de pensée innovant de l'agriculture urbaine et notre alimentation, qui redonne vie aux bâtiments minéraux, le tout dans une perspective de transformation sociale radicale de notre société.

Réf : [Analyse cycle de vie en agriculture](#)



Meco Concept :

Lorsque Thierry Perrocheau remet au goût du jour l'habitat en terre en 2008 en Occitanie, il sait que le chemin pour débêtoniser nos modes de construction va être long. Il crée Meco Concept afin de produire les machines de fabrication des briques d'une résistance particulièrement élevée, qui peuvent s'emboîter à sec et permettre l'utilisation de la terre en place sur chantier. Pour ouvrir cette technique au plus grand nombre et notamment à l'adapter aux chantiers d'insertion, il travaille sur une prise en main des outils ultra rapide. Allier le plus vieux matériau du monde aux techniques de compression moderne, le résultat en terme d'empreinte carbone est sans appel.

Réf : [Construction en Terre Crue](#)

Iem :



L'iem est le partenaire historique d'Ecosec sur toutes les analyses bactériologiques et physico chimiques des cycles de l'eau hétérodoxes qu'ils préconisent depuis leur création. Le couplage expérimentation-modélisation a été déjà éprouvé et s'est avéré particulièrement pertinent dans sa mise en œuvre par une approche de type génie des procédés à tous les niveaux de la fabrication du système complet. Toute l'équipe du laboratoire surveillera les pathogènes, le transfert de nutriments, les impacts sur les substrats, ainsi que les aspects réglementaires et juridiques.

Réf : [Projet VALURINE](#)

7 RETOMBÉES SCIENTIFIQUES ATTENDUES

L'ensemble du groupement a comme valeur cardinal le partage de la connaissance et la diffusion des résultats obtenus, de surcroît si une subvention publique a permis l'acquisition de ces données. Non seulement les résultats de ce projet seront publics, mais le groupement s'efforcera de les rendre accessibles au plus grand nombre par différents médias : guide pratiques / conférences et visites guidées / vidéos / site internet et outils interactifs de suivi de performance / outils d'aide à la décision / ...

Le captage des données sur l'ensemble du bâtiment va permettre d'évaluer de façon précise la pertinence de chaque système mis en place :

- Capacité de régulation de température d'un bâtiment par captage d'air chaud et froid : Thermo-voltaïque et Puit provençal

- Création d'une enveloppe de fraîcheur par valorisation urine + eaux grises sur des murs végétaux
- Bilan carbone et ACV d'une construction tertiaire Ossature bois + Terre crue
- Etude d'un passage à l'échelle de construction en terre crue par chantier d'insertion

En terme de retombées techniques et scientifiques, le but du projet est clairement de démontrer par l'expérience :

- Qu'il n'est plus nécessaire d'utiliser du béton aujourd'hui dans nos constructions, que la terre et le bois sont une option méconnue mais qu'il faut remettre au goût du jour pour toutes leurs vertus.
- Qu'il n'est plus nécessaire d'utiliser de l'énergie fossile ou électrique pour obtenir une température de confort de 20°C toute l'année.

8 RETOMBÉES INDUSTRIELLES ET ECONOMIQUES ATTENDUES

L'ensemble du groupement souhaite suivre la dynamique actuelle de transition écologique en Occitanie. Pour en faire un territoire 0 déchet et 100% renouvelable à la pointe des technologies verte dans la construction, les efforts doivent venir de tous les acteurs, notamment des PME engagées sur le terrain.

Les perspectives de croissances de chacun des thèmes abordés est selon nous très intéressante à moyen / long terme.

Sur la séparation à la source des flux dans le bâtiment, l'année 2019 a été marqué par plusieurs événements. Le premier bâtiment collectif de 24 logement entièrement en séparatif sort de terre à Dol de Bretagne / Le premier appel à projet de promotion immobilière avec comme cahier des charge la séparation à la source est sorti à Paris : ZAC Hôpital saint Vincent de Paul, 120 logements / L'agence de l'eau Seine Normandie annonce financer 80 % des projet de séparation à la source. La perspective de création d'emploi sur ce secteur qui vise à métamorphoser de fond en comble le paradigme du tout électricité est énorme.

A l'approche des élections municipales, face au défis de la pollution de l'air, du bien être en ville et des îlots de chaleur en zone fortement minéralisées, la végétalisation des villes est sur toutes les lèvres. En parallèle d'une problématique de ressource, une baisse des débits des rivières, la seule source d'eau restante disponible en ville est l'eau grise et les urines. La végétalisation massive des centres urbains passera forcément par cette approche qui a de beaux jours devant elle. Avec des études sérieuses, de belles références et des techniques qui se professionnaliseront en quelques années, le secteur de la végétalisation des centres urbains a un avenir très prometteur en terme de création d'emploi.

La construction en terre crue revient au goût du jour. Comme de nombreuses « innovations » qui ressortent aujourd'hui, elle est symbolique d'un retour aux sources, d'un retour aux savoir-faire anciens, d'un retour à la terre en l'occurrence. La problématique du sable et les émissions de CO₂ du ciment font du béton de fait déjà un matériaux du passé. En montant des chaînes de production de briques, en formant sur le terrain des opérateurs, des méthodes de production / construction autant que des architectes à la maîtrise de ces matériaux, c'est une filière qui se crée et qui a de beaux jours devant elle compte tenu des nombreux avantages que procure ces matériaux.

En faisant la promotion d'une filière bois venant de Lozère, c'est une volonté des acteurs Occitans de relocaliser nos modes de construction, les rendant par là même durables. Un autre enjeu majeur pour l'emploi dans la construction est que les filières deviennent non délocalisables et que nous puissions éviter les ruptures d'approvisionnement.

La gestion du numérique dans le bâti n'a plus ses preuves à faire. Au-delà des gadgets connectés, la gestion des flux d'air chaud et froid pourrait réduire drastiquement nos consommations tout en procurant un confort thermique aux habitants.

Il est difficile de chiffrer le potentiel d'emploi créé à moyen terme dans chaque thématique, mais les grouper dans un bâtiment permet d'en faire une référence qui pourra être analysée, visitée, qui inspirera nous l'espérons les constructeurs, les promoteurs autant que les maîtres d'ouvrages de toute la région.

Lorsque l'on défriche, l'important c'est l'impulsion !

Texte	Nom de la tâche	Début	2021																	
			Avr Mois 4	Mai Mois 5	Jui Mois 6	Jul Mois 7	Aoû Mois 8	Sep Mois 9	Oct Mois 10	Nov Mois 11	Déc Mois 12	Jan Mois 13	Fév Mois 14	Mar Mois 15	Avr Mois 16	Mai Mois 17	Jui Mois 18	Jul Mois 19		
	Projet MACONDO Global	Ven 17/04/20	Projet MACONDO Global																	
A	Etude préliminaire	Ven 17/04/20	Etude préliminaire																	
	Dossier architectural complet	Ven 17/04/20	Dossier architectural complet																	
	Dossier Etudes technique complet	Lun 18/05/20	Dossier Etudes technique complet																	
B	Réalisation du projet	Mar 01/09/20	Réalisation du projet																	
B1	Livable / réception du terrassement	Mar 01/09/20	Livable / réception du terrassement																	
B2	Liraison / réception ossature bois	Jeu 01/10/20	Liraison / réception ossature bois																	
B3	Livraison / réception Terre crue	Jeu 12/11/20	Livraison / réception Terre crue																	
B4	Livraison / réception Second oeuvre	Jeu 18/02/21	Livraison / réception Second oeuvre																	
B5	Livraison / réception Mur végétaux	Ven 25/12/20	Livraison / réception Mur végétaux																	
C	Suivi environnemental	Jeu 26/11/20	Suivi environnemental																	
C1	Livable rapport ACV Murs végétaux	Jeu 26/11/20	Livable rapport ACV Murs végétaux																	
C2	Livable rapport ACV Construction	Mar 02/02/21	Livable rapport ACV Construction																	
C3	Livable rapport Bilan Circularité nutriments	Ven 12/03/21	Livable rapport Bilan Circularité nutriments																	
D	Dissemination	Mer 16/06/21	Dissemination																	
D1	Livable dossier final	Mer 16/06/21	Livable dossier final																	
D2	Vidéo présentation projet	Mer 16/06/21	Vidéo présentation projet																	