

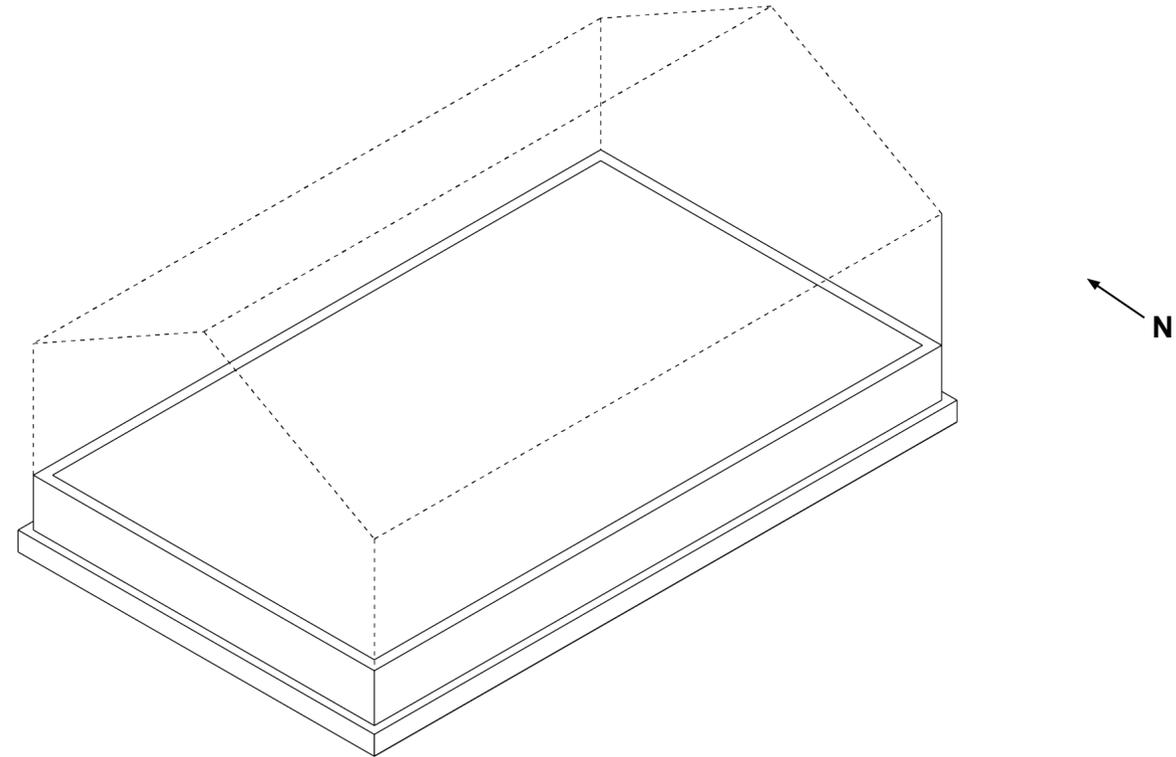
# Approche originale des chaînes de production de la maison sur catalogue

ENSA-Paris Malaquais, 08-12.02.2021

# GROUPE 1 Fondations

--

## Radier en béton de ciment



# GROUPE 1 Fondations

--

## Radier en béton de ciment

### A quoi servent les fondations ?

Les fondations sont les éléments d'une maison qui permettent sa stabilisation. Ancrées dans le sol, elles assurent la transmission des charges et permettent d'éviter un déséquilibre dû à un tassement de terrain.

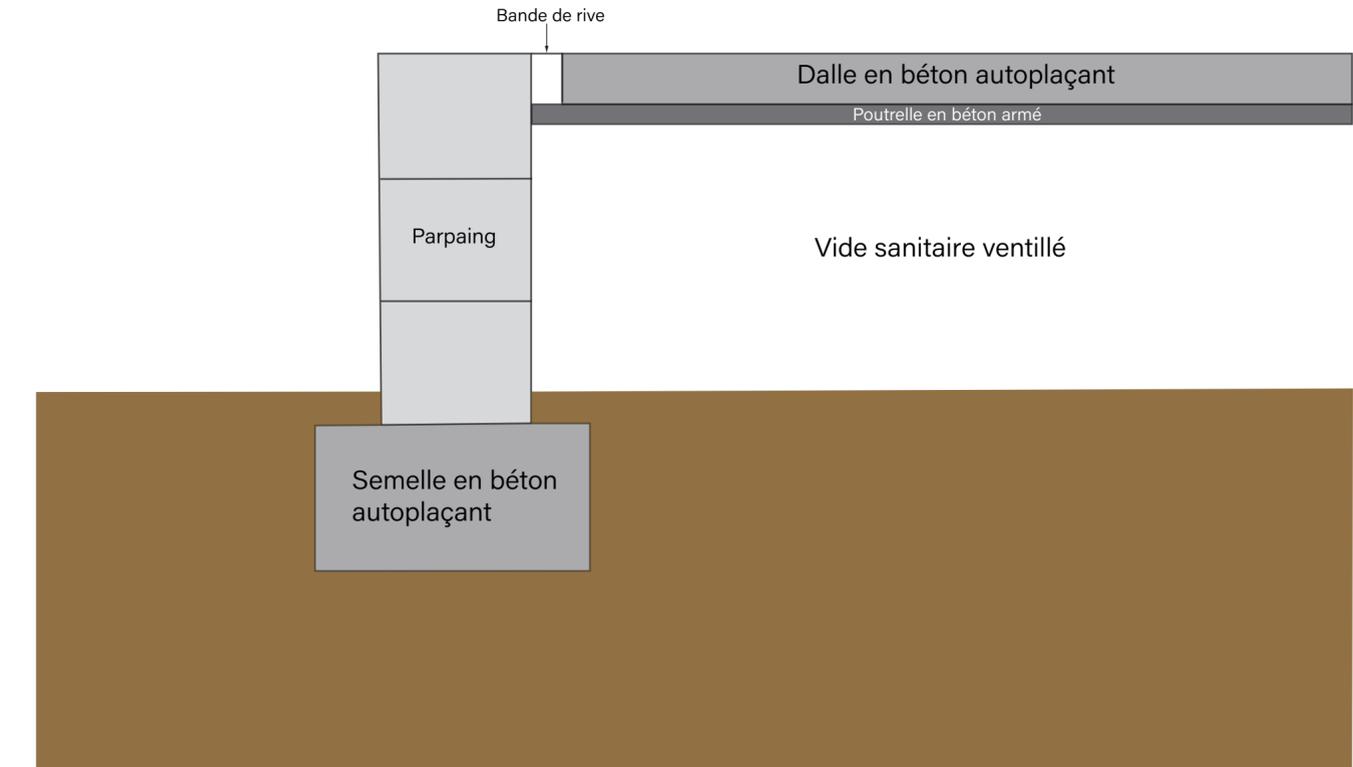
### Quelle technique choisir ?

L'étude des sols de la région de Montluçon a permis de déterminer que le terrain sur lequel se situe la maison est suffisamment stable pour soutenir une habitation individuelle de plain pied. Pour cette construction il est possible de faire des fondations superficielles (80 cm afin d'être hors gel), mais il existe aussi les fondations semi-profondes et profondes utilisées pour des sols meubles ou des ouvrages plus conséquents.

Pour la maison il est préférable de faire un vide sanitaire d'au moins 20 cm et de poser un cuvelage (éléments assurant la protection de la maison des remontées hydrauliques) afin d'isoler la maison de l'humidité de la terre, importante à Montluçon car classé zone inondable.

### Comment mettre en place ces fondations ?

Des tranchées sont creusées, suivant la forme de la maison. On coule du béton armé traditionnel ou du béton autoplaçant (plus facile à mettre en œuvre mais plus coûteux) sur lequel sont posés des parpaings. La dalle de béton, radier, permet de répartir les charges de façon homogène sur les fondations.



Coupe d'une fondation superficielle en béton armé

## GROUPE 1 Fondations

--  
*Radier en béton de ciment*

L'usage du béton remonte à l'Antiquité, en Mésopotamie, où était utilisé un mélange à faible longévité, constitué de granulats et de liants.

Époque romaine : **Opus Caementicium** mélange de ciment et de granulats qui permet la réalisation d'édifices toujours visibles (coupole du Panthéon).

XIX<sup>ème</sup> siècle : Louis Vicat, ingénieur des ponts et chaussées, détermine les composants du béton romain oubliés et trouve la composition d'un ciment hydraulique artificiel similaire à ceux des romains. (chaux et argile).

Brevets déposés :

- **Joseph Monier**, considéré comme l'inventeur du «ciment armé »
- **François Coignet**, ingénieur du 1<sup>er</sup> immeuble en béton coulé (1852)
- **François Hennebique**, ayant travaillé sur le béton armé.

Ils contribuent tous à la formalisation des recherches et essais qui entourent ce matériau.

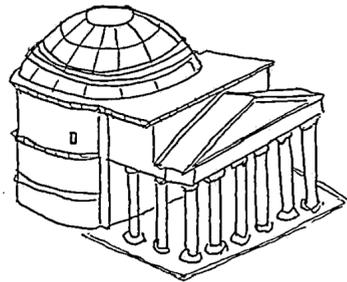
Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, les déclinaisons du béton sont nombreuses et apparaissent alors le **béton à poutres** réactives (plus résistant), le **béton précontraint** (avec câbles d'acier en tension), le **béton allégé** (billes de polystyrène) et plus tard, dans les années 80 les **bétons à hautes performances** (bhp), **béton autoplaçants** et **béton fibrés à ultra hautes performances** (bfup).

Le béton permet la construction d'ouvrages extrêmement impressionnants, battant des records en termes de longueur, hauteur et dont la forme peut être très variée grâce à sa réalisation en coffrage.

Aujourd'hui, le béton représente **6 milliards de m3** produit par an en France soit 190 m3/s. Il est le matériau de construction le plus utilisé.

**Approche originale des chaînes de production de la maison sur catalogue**

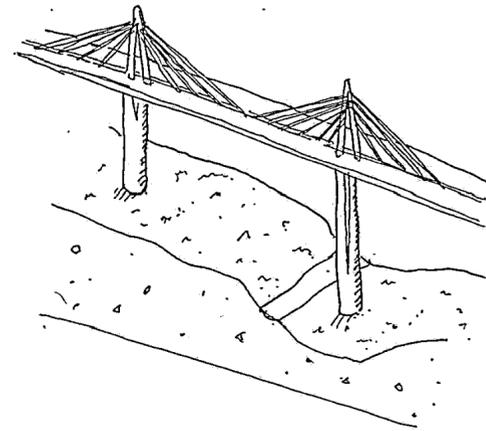
PANTHÉON DE ROME



LOGEMENT OUVRIER COIGNET



MADUC DE MILLAU



## HISTOIRE

## GROUPE 1 Fondations

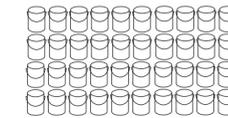
--  
*Radier en béton de ciment*

### Chaîne de production

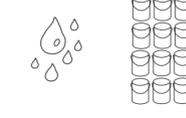
Dans notre projet, le béton utilisé est un béton composé de **ciment pouzzolanique** auquel est ajouté du **sable**, des **graviers** et de l'**eau**. Ce béton est plus résistant en milieux hostiles et humides qu'un béton classique. Il est réalisé à **St Victor** à côté de Montluçon.

Ci-contre, un schéma de la composition du béton pour 1m<sup>3</sup> :

**Ciment :**  
Clinker (45-90%) + pouzzolanes  
Réalise à **Créchy**



**Eau**



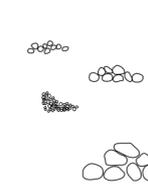
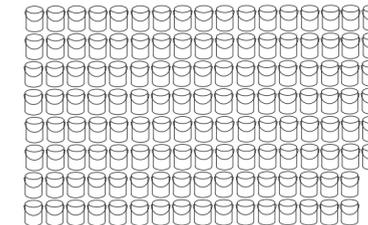
**Granulats :**

Issus des carrières de St Victor, exploitées par l'entreprise SERF, proches de l'usine de production du béton.

Granulats passés au tamis pour les catégoriser pour des utilisations spécifiques.

Diamètre entre 2 et 125 mm.

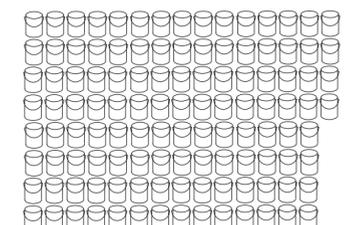
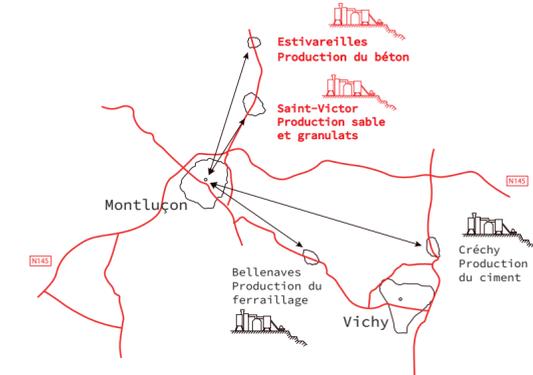
Permet de limiter la présence d'air dans le béton pour de meilleures capacités et adhérence.



**Adjuvants :**

Permet d'améliorer les propriétés mécaniques et physiques du béton.

## CHAÎNE DE PRODUCTION ANALYSE CYCLE DE VIE



**Sable :**

Issu de la sablière de **St Victor**, proche de l'usine de production de la société Vicat.

Diamètre inférieur à 4mm.

ENSA-Paris Malaquais - Intensifs // 08-12.02.2021

**Approche originale des chaînes de production de la maison sur catalogue**

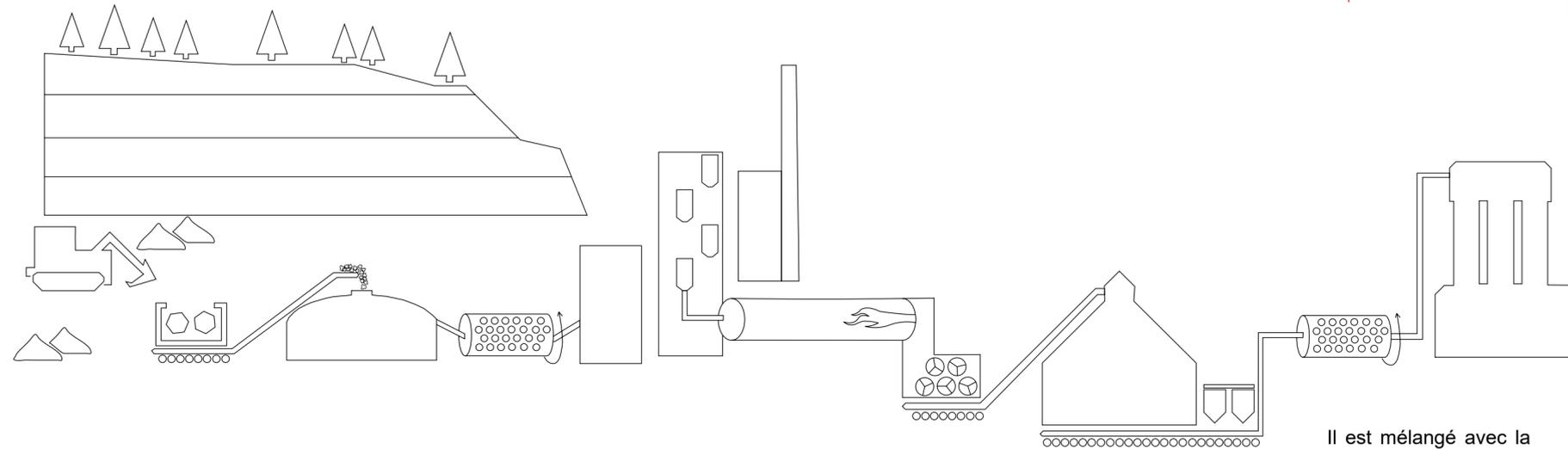
ENSA-Paris Malaquais - Intensifs // 08-12.02.2021

## GROUPE 1 Fondations

--  
Radier en béton de ciment

### Comment obtient-on le ciment ?

Le calcaire et l'argile sont extraits par explosions de la **carrière des Echassières** (30 km de Montluçon). La carrière est un lieu bruyant, dangereux et avec des vibrations qui peuvent être **néfastes**. Elle est donc un endroit très sécurisé et sous contrôle permanent. Les carrières ont obligation de **remblayer** les fossés laissés par les extractions ou de les **revaloriser** une fois exploités et de respecter le site qui les entourent et leur biodiversité.



Les blocs sont amenés dans un concasseur qui les réduit en cailloux. Arrivés à la cimenterie, les cailloux de calcaire concassés et l'argile est réduit en poudre.

Ils sont mélangés pour obtenir une composition homogène.

Ce cru est par la suite préchauffé à 850°C puis est calciné à 1450° dans un four en rotation alimenté par une flamme à 2000° 24h sur 24 et 7/7.

Les combustibles utilisés sont fossiles ou biomassiques ( récupération de boues des stations d'épuration ou même de noyaux d'olives).

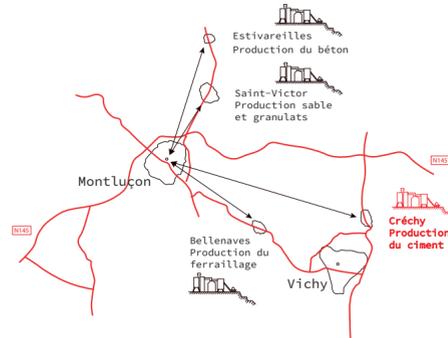
Le clinker est refroidi à 100°C par des souffleuses. La chaleur extraite est utilisée pour alimenter les ¾ du préchauffage.

Il est mélangé avec la poudre de pouzzolane issue des carrières de l'Auvergne.

Le ciment est homogénéifié, stocké et testé, et enfin prêt à être acheminé à l'usine de production.

Chaîne de production du ciment

## CHAÎNE DE PRODUCTION ANALYSE CYCLE DE VIE



## GROUPE 1 Fondations

--  
Radier en béton de ciment

### Comment obtient-on une armature en acier ?

L'acier est un **alliage métallique** fabriqué à partir de **minerais de fer** et de **minerais de charbon** (avec un pourcentage massique de carbone variant de 0,03 % à 2 %).

Le marché de la sidérurgie est dominé par les acteurs asiatiques (Chine en tête que se soit pour la production et la consommation)

Les principales entreprises sont ArcelorMittal (1er), des acteurs chinois (9 entreprises parmi le top 20), japonais, coréens, indiens et américains.

Le secteur de la sidérurgie en Europe utilise **40 millions de tonnes** d'acier pour le BTP, dont 43% destinés au béton armé.

Chaîne de production pour l'acier utilisé pour la maison de Montluçon :

- **Extraction** : Les minerais nécessaires sont extraits dans des mines du monde entier.
- **Dressage, Coupe** : par le fournisseur de ferrillages filetés (Intersig, Arcelor,...) acquisition minerais et chutes, provenant d'Espagne, France, Italie, Allemagne puis transformation sous la forme de bobines et barres filetés.
- **Façonnage** : Auvergne Armature achète l'acier pour façonner les armatures.
- Armat (Vichy) les **rachète**, et les **assemble** selon des plans délivrés par des bureaux d'études et les **livre** sur chantier où le maçon les **incorpore** au béton.

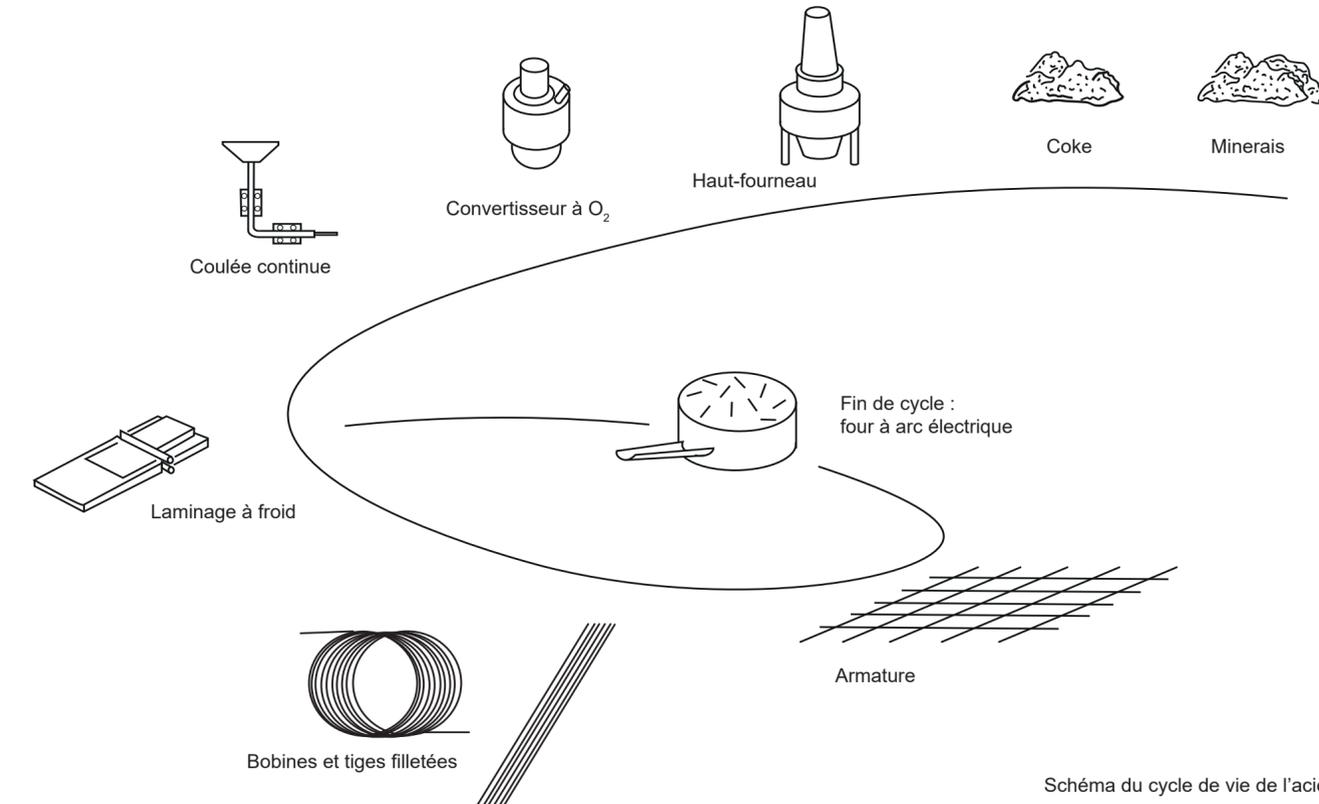
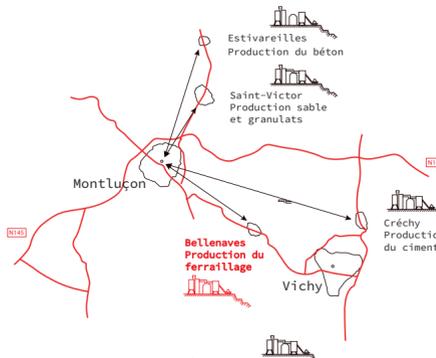


Schéma du cycle de vie de l'acier

## CHAÎNE DE PRODUCTION ANALYSE CYCLE DE VIE



## GROUPE 1 Fondations

--  
*Radier en béton de ciment*

### Quel avenir pour le béton armé ?

Le problème du béton est son utilisation mondialisée et intensive qui exacerbe ses inconvénients.

L'élément le plus polluant est le ciment, représentant 12% du béton en général il est responsable de 98% des émissions de CO2 du béton (acheminement, confection (combustion), brassage, mécanique). Pour tenter de réduire ces émissions il est intéressant d'essayer d'échanger des combustibles ou de chercher à réduire la quantité de calcaire (responsable des émissions durant la calcination).

Le deuxième grand problème concernant le béton est sa réutilisation et son recyclage. Le béton armé est difficilement séparable même si l'acier est recyclable à 90% et réutilisable. Il y a des recherches concernant ces sujets : le réduire en gravat pour le remblayage de route, ou le recycler pour créer du béton en tant que granulats (mais cela demande plus de ciment très émetteur en carbone) ou liant hydraulique de type clinker. Cependant ces solutions restent encore expérimentales.

L'autre souci est celui de la provenance des matériaux notamment des granulats et du sable. Dans le monde, ces ressources ne sont pas toujours exploitées dans le respect de l'environnement et des êtres humains. En effet, exploités sur les plages, dans les fonds marins ou en intérieur des terres, ils peuvent être l'origine d'une razzia intensive, en témoignent les exploitations sauvages au Maroc.

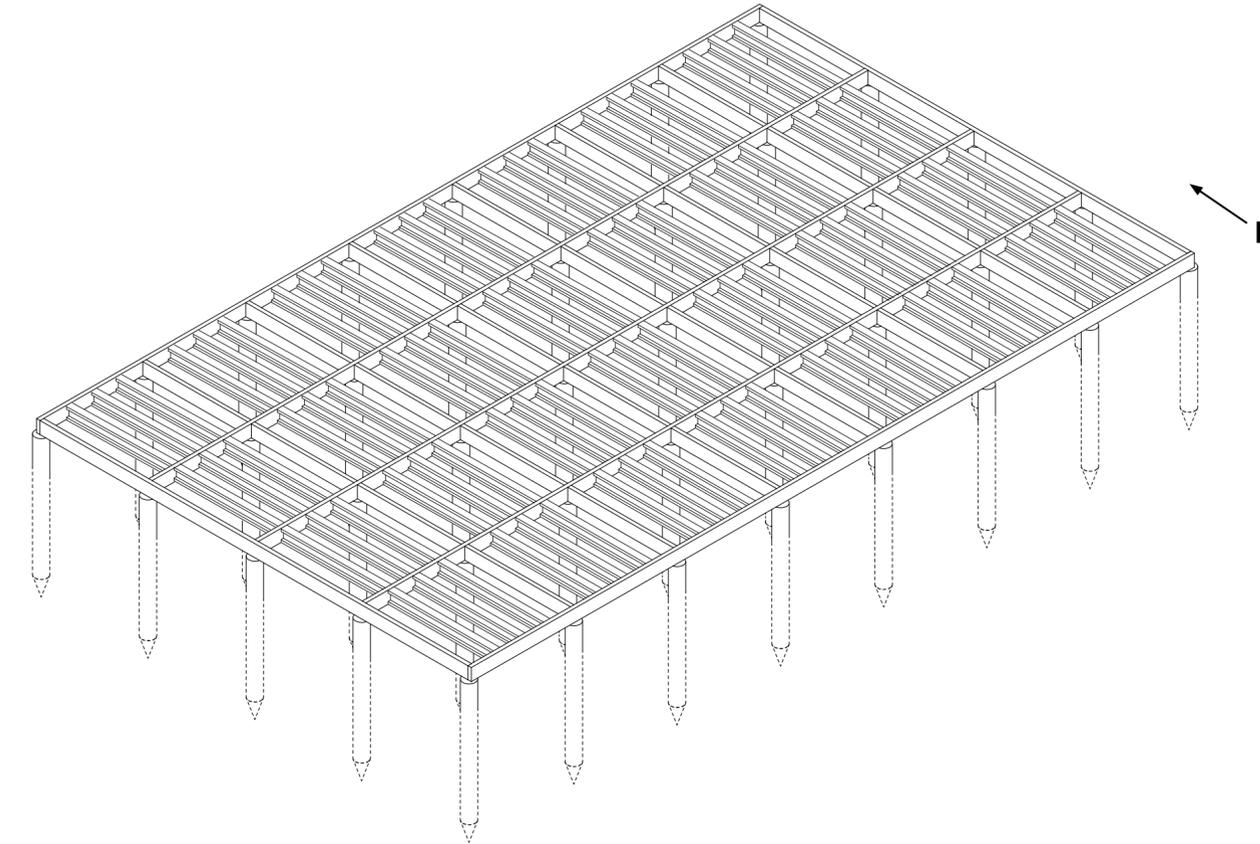


## CHAÎNE DE PRODUCTION ANALYSE CYCLE DE VIE

## GROUPE 1 Fondations

--

### *Matériau alternatif : Pieux de bois*



Axonométrie des fondations en pieux de bois



Photos du chantier du couple Dauch

## GROUPE 1 Fondations

Matériau alternatif : Pieux en bois

### Fondation en pieux de bois

Cette technique très développée **avant le 19ème siècle** s'est perdue en France avec l'arrivée des nouveaux matériaux acier et béton.

L'absence d'un cadre réglementaire français relatif aux pieux en bois est une des raisons pour laquelle la technique ne se répand pas.

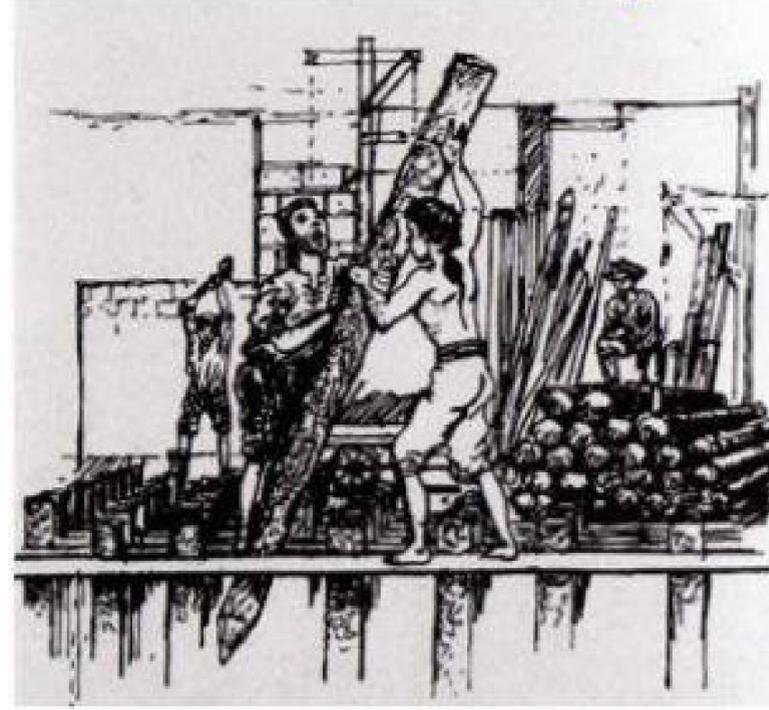
Aux Pays Bas, Etats-Unis et Canada les pieux en bois demeurent une technique de fondation largement utilisée.

Les pieux sont mis en œuvre dans les constructions de **bâtiments, ponts, berges de canaux, quais** et servent de protection contre les **phénomènes d'affouillement**. De nombreuses passerelles et belvédères piétons sont aussi fondés sur des pieux en bois pour des raisons esthétiques lorsque les pieux ressortent sous forme de pilotis.

Compte tenu des ressources naturelles présentes sur le territoire français, le développement de la filière bois représente aujourd'hui un **enjeu majeur** en France.



## PRÉSENTATION DU MATÉRIAU CHOISI HISTOIRE



Illustrations mise en oeuvre des pieux en bois à Venise

## GROUPE 1 Fondations

Matériau alternatif : Pieux de bois

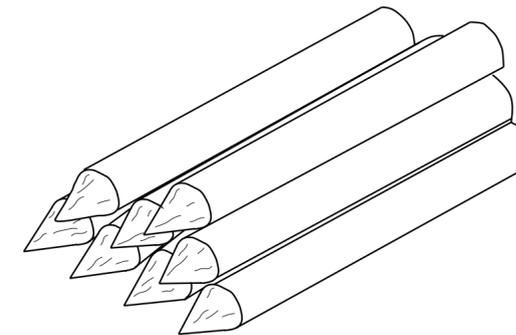
Le bois présente de forts **atouts environnementaux** par rapport aux autres matériaux de construction comme le béton et l'acier.

La base carbone de l'ADEME (Agence de la transition écologique) atteste par l'étude du stockage de dioxyde et la réduction des émissions de carbone que la fabrication du pieu **consomme davantage de CO2 qu'elle n'en produit**.

1 m<sup>3</sup> de bois sec pèse 500 kg et 1 g de bois sec est équivalent à 1 g de CO<sub>2</sub>.  
Donc 1 m<sup>3</sup> de bois sec consomme 500g de CO<sub>2</sub>.

Nous choisissons donc cette technique alternative afin de **réduire les émissions** commises par la chaîne traditionnelle de production des fondations.

Nous prenons en compte l'importance d'une **chaîne d'acteurs locaux** et l'utilisation d'une essence de bois cultivée proche du chantier pour ne pas contredire les avantages écologiques de ce système constructif.



## POURQUOI AVOIR CHOISI CE MATÉRIAU ?

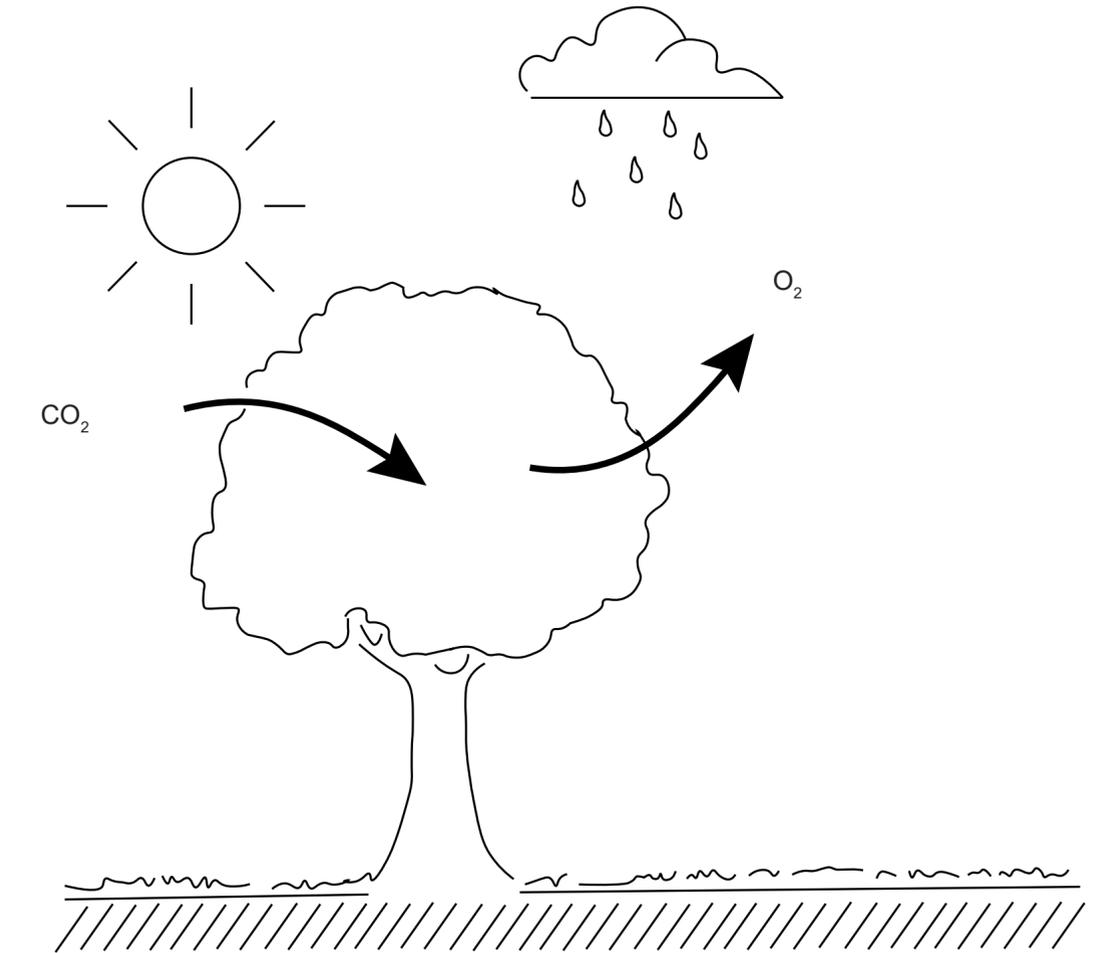


Schéma de la photosynthèse

## GROUPE 1 Fondations

--  
Matériau alternatif : ...

### Chaîne de production

L'étude sur la durabilité du matériau bois permet de mettre en évidence que le bois non traité peut être soumis à des dégradations selon la zone dans laquelle il est employé. Il faut donc utiliser une essence d'acacia ou de robinier qui sont des bois **résistants aux attaques extérieures**. La compacité de leur aubier leur permet d'être plus résistant à l'humidité que certains bois.

**Sylviculture d'acacia** (robinier pseudo acacia) : les bûcherons coupent les troncs et les emmènent en scierie.

A la scierie, les grumes (troncs bruts avec écorces) sont **triés** puis **tronçonnés** à la longueur demandée. L'écorce est ensuite **retirée**. Avant de partir sur le site, les têtes de pieux sont **façonnés**.

Le transport des grumes de la zone de débardage jusqu'à la scierie est pris en compte. La distance est évaluée à **90 km**, ce qui suppose dans la pratique d'utiliser des bois locaux.

Ces matériaux étant entièrement **biodégradables**, ils ne causeront aucune dégradation néfaste dans le sol mais pourront être **recyclés** ou **réemployés**. Les scieries récupèrent même les pieux et les broient afin de créer des **copeaux**.

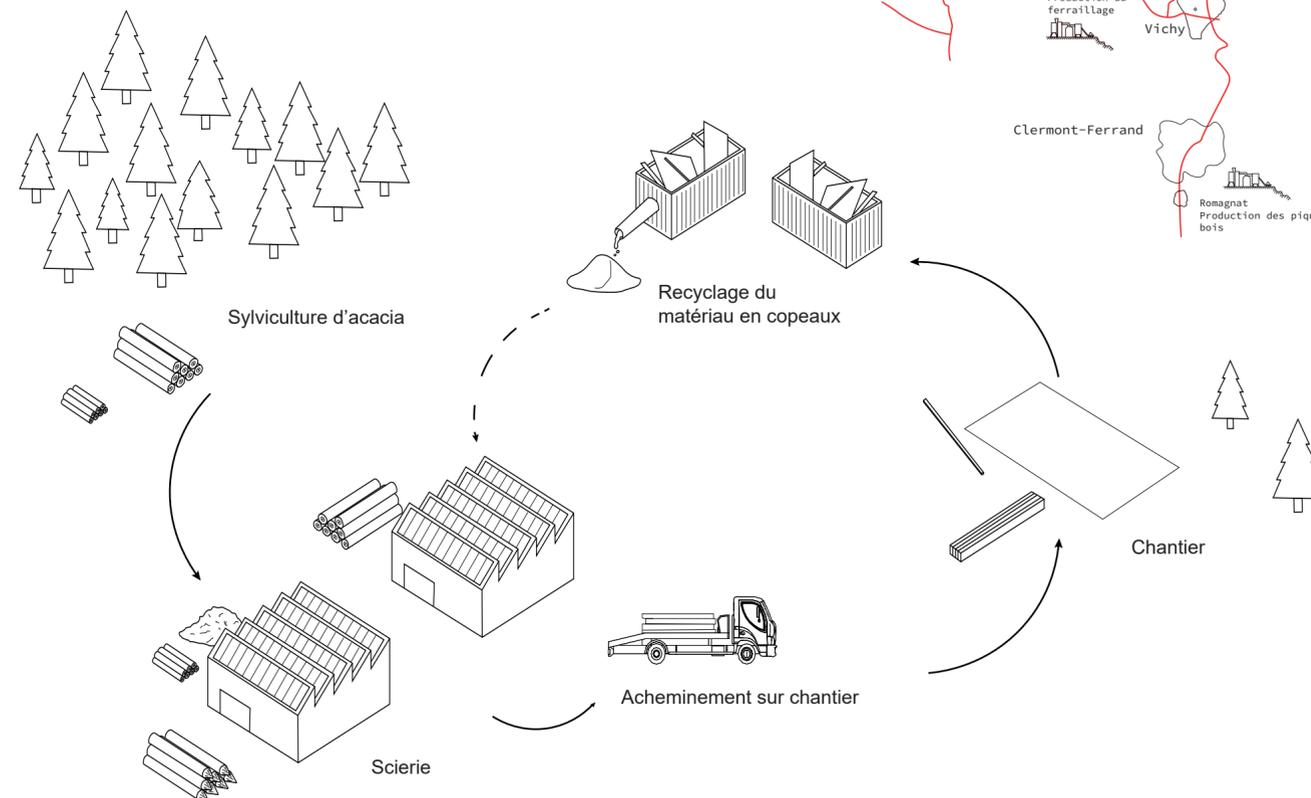
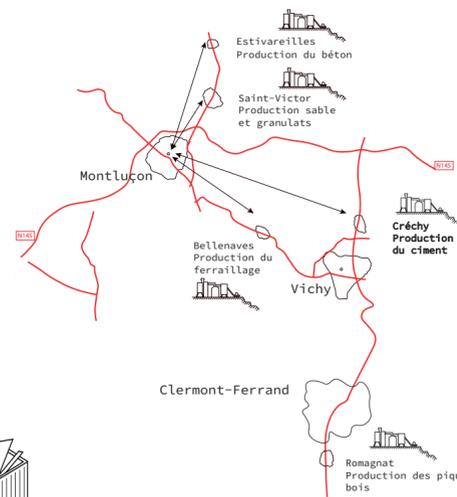


Schéma de la chaîne de production des pieux en acacia

## CHAÎNE DE PRODUCTION ANALYSE CYCLE DE VIE



## GROUPE 1 Fondations

--  
Matériau alternatif : Pieux de bois

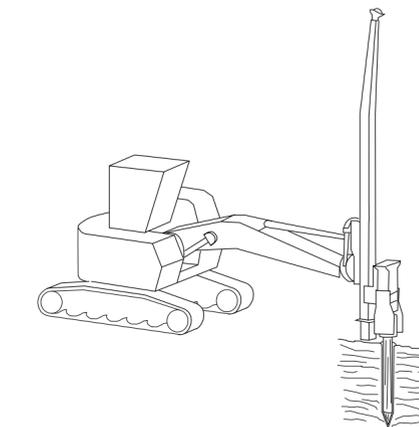
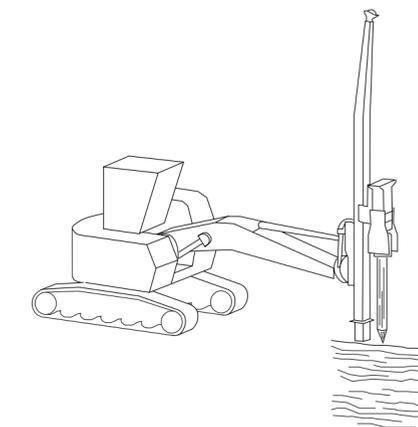
L'emploi des pieux en bois nécessite néanmoins quelques **précautions** :

- La pérennité des pieux en bois est assurée dès lors qu'ils sont intégralement et constamment **immergés**. En revanche, en **traitant** en conséquence la partie émergée des pieux, la durabilité des pieux est assurée. Cette partie est protégée par une **couche de chaux**.

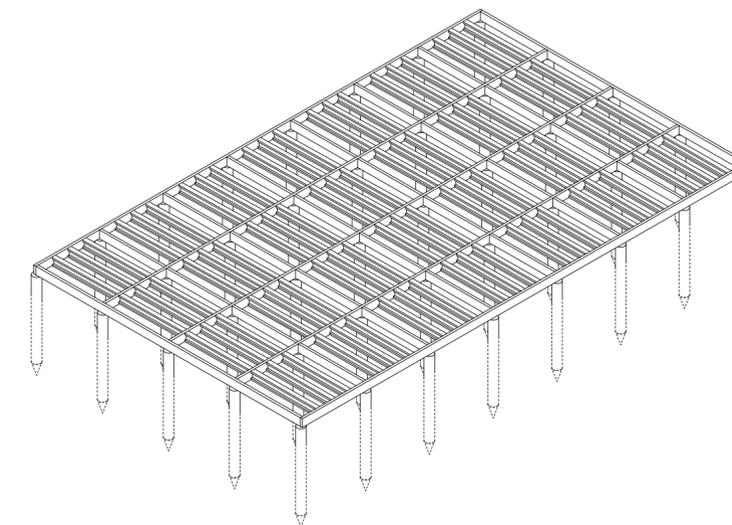
- Livrés sur le chantier, les pieux sont placés dans le sol à l'aide d'une **pelleteuse**.

- Un **cadre en bois** est installé sur les pieux afin de permettre une bonne continuité entre les fondations, les murs et le plancher du rez-de-chaussée.

- **L'isolation** est assurée par le **liège**, projeté en vrac entre les poutres du plancher et posé en plaques sur le contour des fondations cloturant le vide sanitaire.



Mise en oeuvre sur le chantier



Axonométrie des fondations en pieux de bois

## GROUPE 1 Fondations

--  
*Matériau alternatif : Pieux de bois*

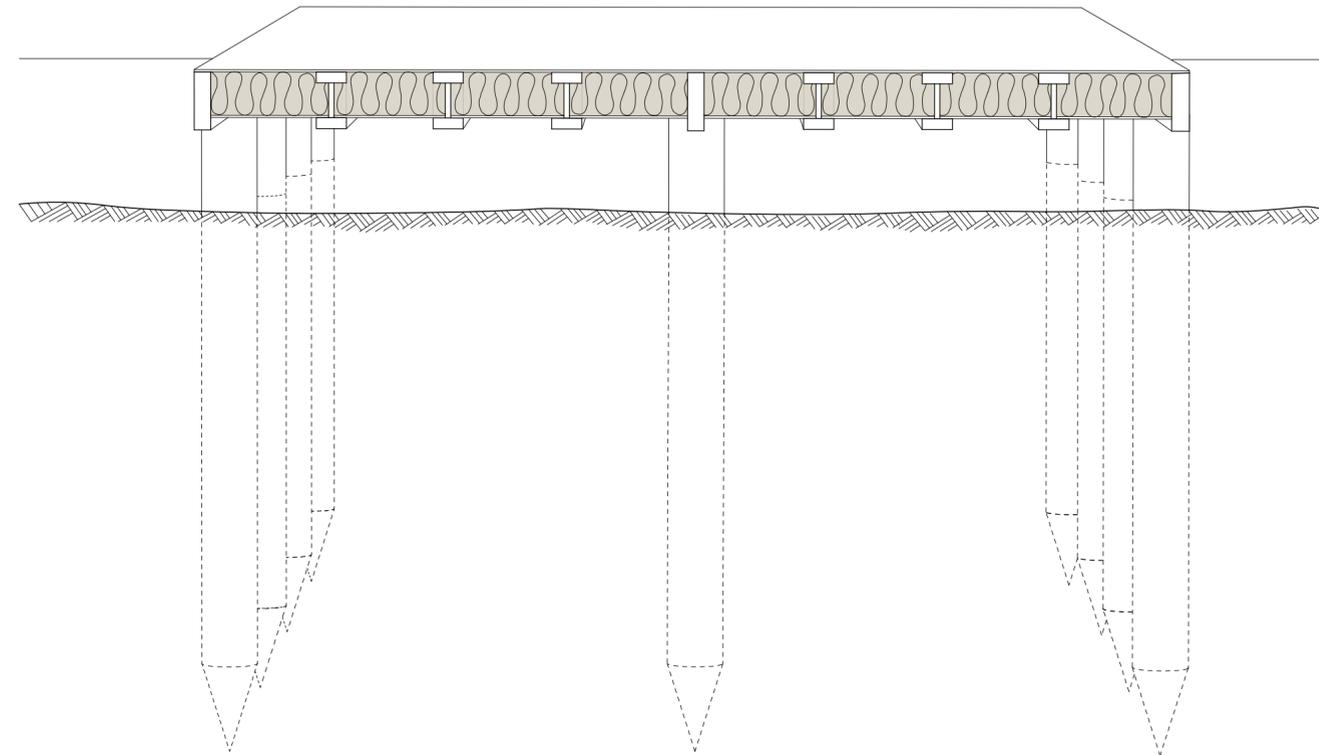
### Dans le cas de notre projet

Nous utilisons des **pieux en bois d'acacia semi enterrés recouverts de chaux** afin de les isoler des attaques extérieures.

Les pieux ont un diamètre de **25 cm** et une longueur de **2.5 m** et sont immergés sur **2 m**.

Nous avons conçu un **cadre en bois** constitué de poutres d'une longueur de **2.1 m**, une hauteur de **25 cm** et une largeur de **7.5 cm**.

Des **IPN en bois** sont placées en structure secondaire et permettent de fixer deux planchers en OSB aux niveau des semelles. Dans l'espace entre les deux est projeté du **liège en vrac** afin d'assurer l'isolation du plancher du rez-de-chaussée. Le liège est placé aussi sur toute la bordure des fondations au niveau du vide sanitaire. Cet isolant est le plus adéquat car **imputrescible**.

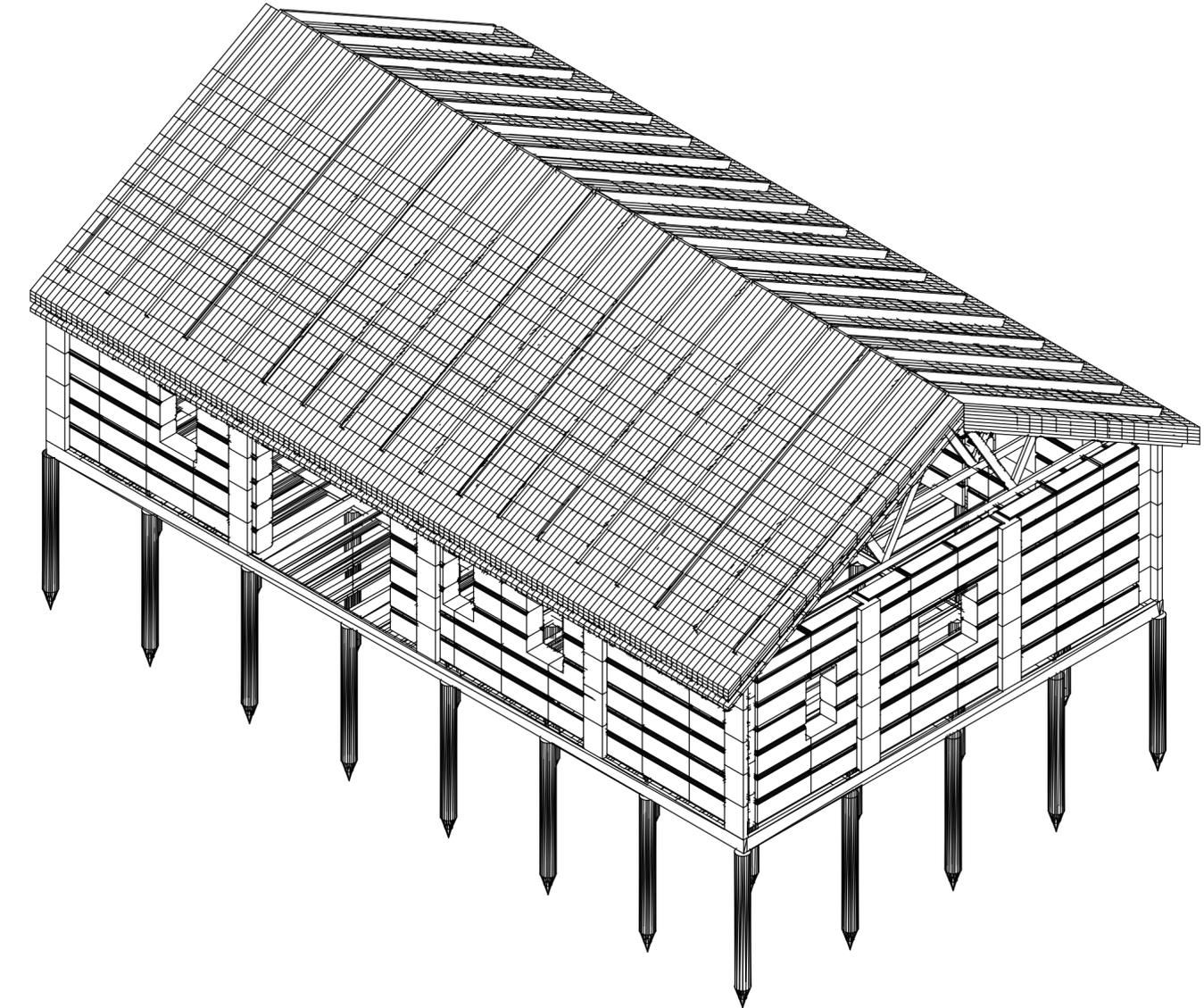


Coupe axonométrique des fondations au 1/20<sup>ème</sup>

## PROCÉDÉ DE MISE EN OEUVRE PRÉSENTATION TECHNIQUE

## GROUPE 1 Fondations

--  
*Matériau alternatif : Pieux de bois*



## PROCÉDÉ DE MISE EN OEUVRE AXONOMÉTRIE FINALE