



# RAPPORT

## Évaluation de l'impact environnemental de deux modèles de maisons prototypes au Mali

Novembre 2025

## Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement l'équipe de l'Aide internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise au Mali ainsi que la Croix-Rouge malienne.

Étude financée par le ministère des Affaires étrangères et européennes du Luxembourg (MAEE).

# Contenu

1.	Aperçu général de l'étude .....	3
1.1.	Informations générales .....	3
1.2.	Contexte .....	3
1.3.	Outcome and Outputs .....	4
1.4.	Méthodologie .....	5
2.	Contexte et objets de l'étude .....	6
2.1.	Profil du pays .....	6
2.2.	Défis environnementaux .....	7
2.3.	Description des modèles étudiés .....	8
3.	Critères d'analyse d l'impact environnemental des maison .....	9
4.	Impact environnemental des maison prototypes .....	10
5.	Résumé des résultats .....	28
6.	Conclusion .....	31
7.	Recommandations .....	32
	Glossarie .....	38
8.	Documents annexés .....	0

# 1. Aperçu général de l'étude

## 1.1. Informations générales

**Titre du projet:** Évaluation de l'impact environnemental de deux modèles de maisons prototypes au Mali

**Pays :** Mali

**Date du rapport :** Novembre 2025

**Type d'opération :** Consultation à distance

**Organisation requérante :** Aide internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise



## 1.2. Contexte

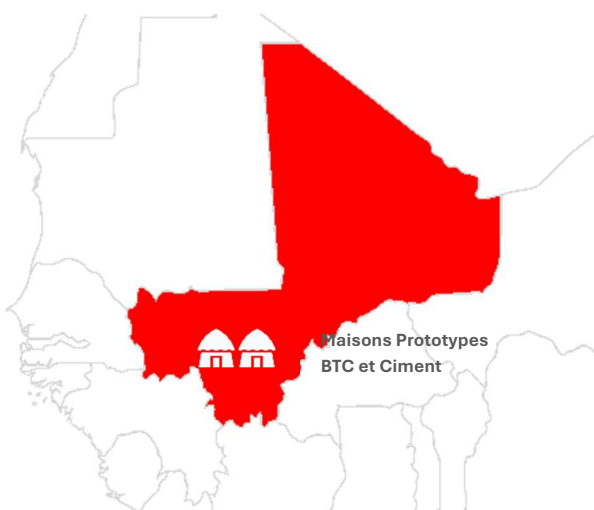
Au Mali, les communautés font face à une combinaison de crises politiques, sécuritaires, économiques et climatiques qui fragilisent leurs moyens de subsistance et accentuent la pression sur des ressources naturelles déjà limitées. La déforestation, la dégradation des sols, les sécheresses et les inondations récurrentes compromettent la sécurité alimentaire et alimentent un cercle de vulnérabilité marqué par la raréfaction des ressources, l'érosion accrue, la pauvreté, les conflits et les déplacements.

L'abri humanitaire joue un rôle essentiel pour protéger les familles et soutenir leur relèvement après une crise. Toutefois, sa construction peut elle-même générer des impacts environnementaux importants : coupe d'arbres pour le bois, extraction de terre pour les briques, recours intensif au ciment ou au métal, entraînant déforestation, érosion, diminution des ressources en eau, émissions de gaz à effet de serre et production de déchets persistants.

Face à ces enjeux, l'action humanitaire doit dépasser l'urgence immédiate et intégrer la protection de l'environnement au cœur de ses interventions. Prendre en compte les impacts dès la conception des abris est indispensable pour préserver les ressources naturelles dont dépendent les communautés et renforcer leur résilience à long terme.

Depuis 2014, l'Aide internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise (AICRL) et la Croix-Rouge malienne travaillent ensemble pour promouvoir des solutions d'habitat adaptées au contexte sahélien. À Banconi (Bamako), deux prototypes – l'un en briques de terre comprimée (BTC) et l'autre en ciment – ont été réalisés afin de tester des approches constructives conciliant adaptation locale et réduction des impacts environnementaux.

Cette étude s'inscrit dans la continuité de ces efforts. Elle vise à mieux comprendre les liens entre construction humanitaire et durabilité environnementale, et à encourager des pratiques de construction plus responsables et résilientes. En définitive, une aide véritablement durable doit protéger à la fois les populations et les écosystèmes dont leur avenir dépend.



**Carte 1 :** Localisation de deux modèles de maisons construits au Mali par l'AICRL, en partenariat avec la Croix-Rouge malienne.

### 1.3. Outcome and Outputs

#### Outcome

- L'AICRL vise à renforcer la qualité de la réponse en matière d'abris tout en réduisant au maximum l'impact environnemental de ses interventions dans le pays.

#### Outputs

- Une étude d'impact environnemental de deux modèles de maisons traditionnelles afin d'évaluer l'impact de chaque modèle ;
  - Maison Prototype en BTC
  - Maison Prototype en Ciment
- Recommandations pour réduire l'impact environnemental des interventions de l'AICRL au Mali.

#### Mise en garde sur la portée de cette étude

La portée de cette étude se limite à l'évaluation de l'impact environnemental de deux modèles de maisons au Mali. Elle n'inclut pas les aspects liés à la préparation ni à l'entretien des sites où les maisons sont implantées, pas plus qu'elle n'aborde des facteurs tels que le coût, la fonctionnalité ou la satisfaction des populations ciblées. Il convient également de préciser que cette étude a été réalisée à distance, sur la base des informations fournies depuis le terrain par les équipes locales.

## 1.4. Méthodologie

L'étude a été réalisée à distance, en étroite collaboration avec la Croix-Rouge malienne et le personnel de terrain de l'AICRL.

La méthodologie, décrite dans le graphique ci-dessous, reprend l'approche appliquée dans d'autres pays du Sahel (Niger, Burkina Faso, Tchad) ainsi qu'en RDC, au Burundi et à Madagascar. Chaque contexte a ensuite fait l'objet d'un rapport pays distinct<sup>1</sup>.



<sup>1</sup> Chaque rapport par pays et un rapport de compilation pour la région du Sahel sont disponibles sur le site web du Global Shelter Cluster, sous. Communauté de pratique sur l'environnement - Documents | Shelter Cluster

## 2. Contexte et objets de l'étude

### 2.1. Profil du pays

Tableau 1 : Profil du pays

MALI	
	<b>Localisation ;</b> Le Mali est un pays enclavé d'Afrique de l'Ouest d'une superficie de 1 240 000 kilomètres carrés. Il est bordé par l'Algérie au nord-nord-est, le Niger à l'est, le Burkina Faso au sud-est, la Côte d'Ivoire au sud, la Guinée au sud-ouest, le Sénégal à l'ouest et la Mauritanie au nord-ouest.
	<b>Population ;</b> Le Mali a une population de 23,3 millions d'habitants <sup>2</sup> .
	<b>Situation économique et sociale ;</b> L'indice de développement humain du Mali <sup>3</sup> (IDH) était de 0,410 en 2022, ce qui classe le pays comme ayant un faible niveau de développement humain. Il se classe au 188 <sup>e</sup> rang sur 193 pays <sup>4</sup> .
	<b>Aperçu de la crise<sup>5</sup> ;</b> Depuis le coup d'État de 2012, le Mali traverse une crise marquée par l'instabilité politique, la montée des groupes armés et plusieurs coups d'État (2020–2021). Le colonel Assimi Goïta dirige la transition, mais les élections ont été reportées indéfiniment. En 2023, la MINUSMA s'est retirée, et en 2025 le Mali a quitté la CEDEAO. Le pays reste fragilisé par l'insécurité et un processus de paix incertain.
	<b>Climat<sup>6</sup> ;</b> Le nord du Mali est aride et désertique, tandis que le sud connaît un climat plus humide et tropical. Les pluies, liées au déplacement de la ceinture tropicale, tombent surtout entre juin et octobre (pic en août). De novembre à mars, la saison sèche domine, avec très peu de précipitations, notamment dans le nord désertique.
	<b>Catastrophes naturelles<sup>7</sup> ;</b> La population malienne est exposée à de graves risques tels que les inondations, les sécheresses et les maladies affectant cultures et bétail. Les inondations de 2024, les plus fortes depuis 1967, ont été particulièrement dévastatrices.

2 Population, total - Mali | Data (worldbank.org)

3 The Human Development Index (HDI) HDI is a composite measure used to assess a country's overall human development, considering factors such as life expectancy, education, and per capita income. It is calculated and published by the United Nations Development Programme (UNDP)

4 HDR23-24\_Statistical\_Annex\_HDI\_Table.xlsx (live.com)

5 Mali Overview: Development news, research, data | World Bank

6 Global Security.org

7 Afrol news

## 2.2. Défis environnementaux

Tableau 2 : Défis environnementaux au Mali

DÉFIS ENVIRONNEMENTAUX	
	<b>Changement climatique et augmentation de la température ;</b> Le Mali est l'un des pays les plus touchés au monde par le changement climatique. Il est classé 180e sur 187 pays en termes de performance environnementale <sup>8</sup> . La température moyenne pourrait augmenter de +1,2 à +3,6 °C d'ici 2060 et de +1,8 à +5,9 °C d'ici 2090 <sup>17</sup> , entraînant un assèchement accru des sols <sup>9</sup> .
	<b>Événements climatiques extrêmes ;</b> Sécheresses et inondations sont de plus en plus fréquentes, affectant les zones le long des fleuves Niger et Sénégal <sup>10</sup> et aggravant l'insécurité alimentaire.
	<b>Désertification, dégradation des sols et érosion éolienne ;</b> Le nord du pays est particulièrement exposé, avec l'avancée du désert <sup>11</sup> , la rareté de l'eau et la perte de couverture végétale sous l'effet des vents forts <sup>12</sup> .
	<b>Déforestation et pression sur les ressources ;</b> La consommation annuelle de 6 millions de tonnes de bois entraîne la perte d'environ 4 000 km <sup>2</sup> de forêts, menaçant les savanes <sup>13</sup> .
	<b>Pollution et gestion des ressources ;</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Eau :</b> 3,5 millions de personnes n'ont pas accès à une eau potable<sup>14</sup>.</li><li>• <b>Air :</b> niveaux de PM2.5 (39 µg/m<sup>3</sup>) dangereux, aggravés par la poussière (Harmattan) et les véhicules<sup>15</sup>.</li><li>• <b>Déchets :</b> gestion déficiente, près de 2 millions de tonnes de déchets générés chaque année<sup>16</sup>.</li></ul>

8 Mali | Indice ND-GAIN

9 USAID (2018). Climate Risk Profile. April 2018: Mali. <https://tinyurl.com/smx7f3sc>

10 USAID (2018). Climate Risk Profile. April 2018: Mali. <https://tinyurl.com/smx7f3sc>

11 USAID (2018). Climate Risk Profile. April 2018: Mali. <https://tinyurl.com/smx7f3sc>

12 Mali : Agriculture : l'érosion du sol et insécurité alimentaire (maliactu.net)

13 Wikipedia

14 Wateraid.org

15 IAMAT

16 CIA

## 2.3. Description des modèles étudiés

### Maison Prototype BTC



La Maison Prototype en Briques de Terre Comprimée (BTC), d'une surface totale de 16 m<sup>2</sup>, a été développée par l'AICRL avec le soutien de la Croix-Rouge malienne, dans le quartier de Banconi (Bamako). À ce jour, deux unités ont été construites, dans le cadre d'un projet visant à promouvoir des logements durables et adaptés aux besoins des communautés locales.

La structure repose principalement sur des BTC, composées d'un mélange de terre, de ciment et d'eau, combinées à du sable de rivière, de la terre latéritique utilisée comme remblai, des chevrons en bois local, ainsi que des éléments métalliques (portes, fenêtres, tôles ondulées, fer à béton, fil attache).

La construction d'une unité requiert environ 120 heures de travail, soit 5 jours, et peut héberger au moins cinq personnes. Sa durée de vie est estimée entre 50 et 70 ans.

### Maison Prototype Ciment



La Maison Prototype Ciment, d'une surface totale de 16 m<sup>2</sup>, a été réalisée par l'AICRL avec le soutien de la Croix-Rouge malienne, dans le quartier de Banconi (Bamako). Deux unités ont été construites dans le but d'expérimenter des solutions de logement durable pour les ménages vulnérables.

La structure est composée principalement de blocs de ciment, associés à du sable, du gravier, de la terre latéritique pour le remblai, des chevrons en bois, ainsi que des éléments métalliques (portes, fenêtres, tôles ondulées, barres d'armature et fer attache).

La construction d'une unité nécessite environ 144 heures de travail, soit 6 jours, et peut accueillir au moins cinq personnes. Sa durée de vie estimée est de 50 ans ou plus.

### 3. Critères d'analyse d l'impact environnemental des maisons

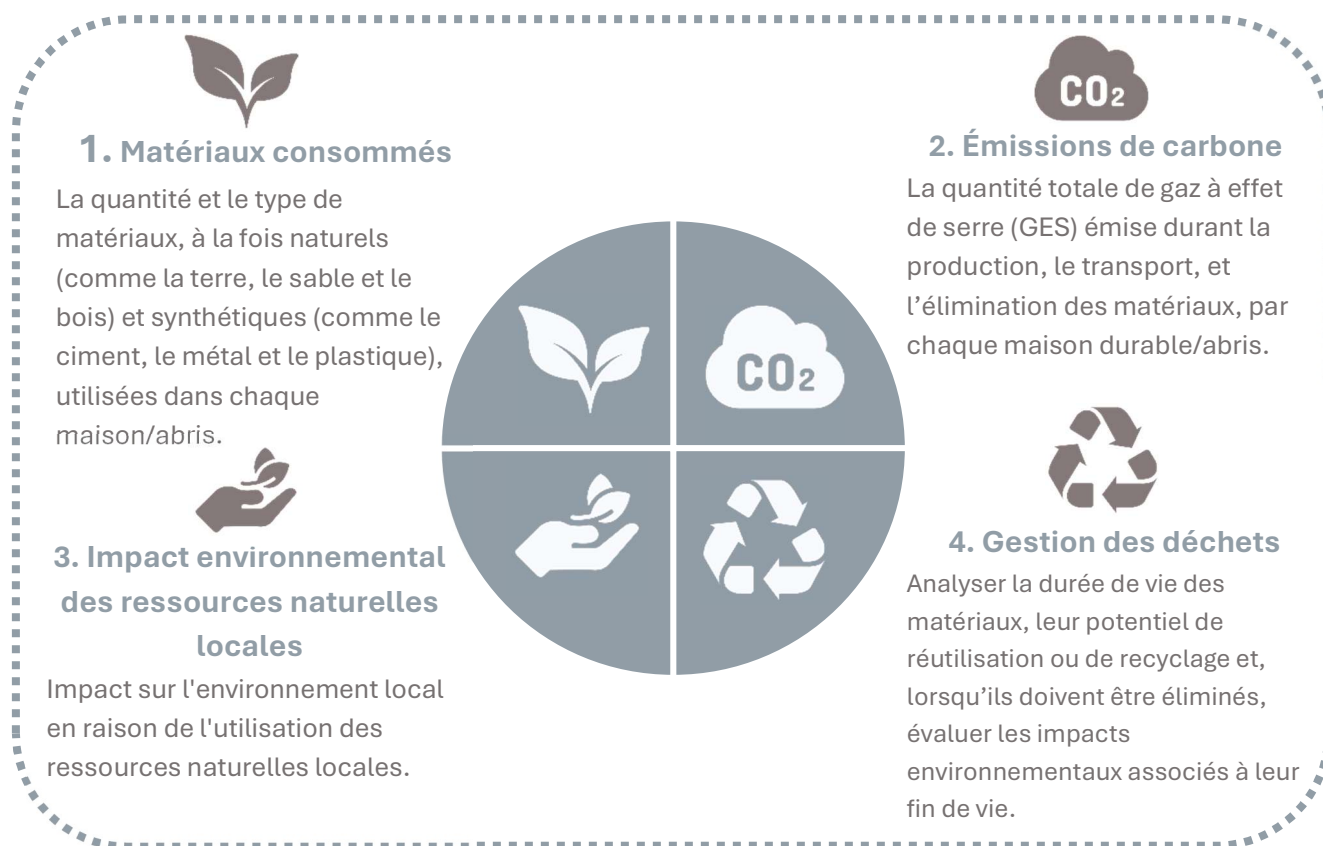
Afin de comparer l'impact environnemental des deux modèles de maisons, Maison Prototype BTC et la Maison Prototype Ciment, chaque maison, ainsi que les matériaux qui la composent, ont été analysés sur l'ensemble de leur cycle de vie, depuis la production jusqu'à la fin d'utilisation et à l'élimination.

Quatre critères principaux ont été retenus pour structurer l'analyse :

1. Matériaux consommés
2. Émissions de carbone
3. Impact environnemental des ressources naturelles locales
4. Gestion des déchets

Chacun d'entre eux est expliqué en détail ci-dessous ;

Figure 1 : Critères utilisés pour l'analyse de l'impact environnemental des modèles de maisons



**Note :** La description détaillée de chaque critère, la méthodologie appliquée et les paramètres d'évaluation, présentés selon une approche par tableau de bord (« scorecard approach »), figurent dans l'Annexe 1.

## 4. Impact environnemental des maisons prototypes

Cette section présente l'analyse des deux modèles de maisons (BTC et ciment) à partir des quatre critères définis dans la méthodologie. Chaque critère est évalué à l'aide d'une notation de 1 (faible performance) à 5 (excellente performance).

**Note ;** La méthodologie détaillée ainsi que les données de calcul figurent dans l'Annexe 1 et dans les Annexes techniques, Annexes 2 à 5.

### Critère 1 : Matériaux consommés

#### 1. Présentation de l'analyse

L'analyse compare la quantité et le type de matériaux utilisés dans :

- Maison Prototype CDB
- Maison Prototype Ciment

Les matériaux sont regroupés en deux catégories :

- Matériaux naturels (terre, sable, gravier, bois, etc.)
- Matériaux synthétiques (ciment, acier, PVC, etc.)

#### Note

La définition détaillée du critère 1 est présentée dans l'Annexe 1.

La composition et l'origine des matériaux sont indiquées dans l'Annexe 2.

Les listes, quantités et calculs d'eau incorporée figurent dans l'Annexe 3.

Les informations techniques sur les matériaux se trouvent dans l'Annexe 5.

#### 2. Origine et quantités de matériaux

La Figure 2 ci-dessous présente la classification des matériaux utilisés dans la Maison Prototype BTC, distinguant les matériaux naturels et les matériaux synthétiques.

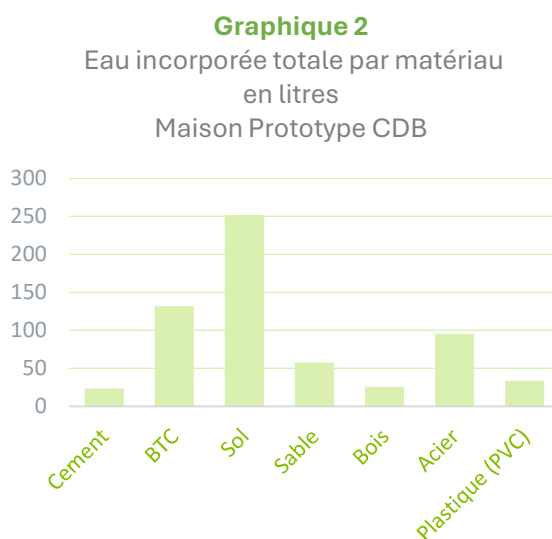
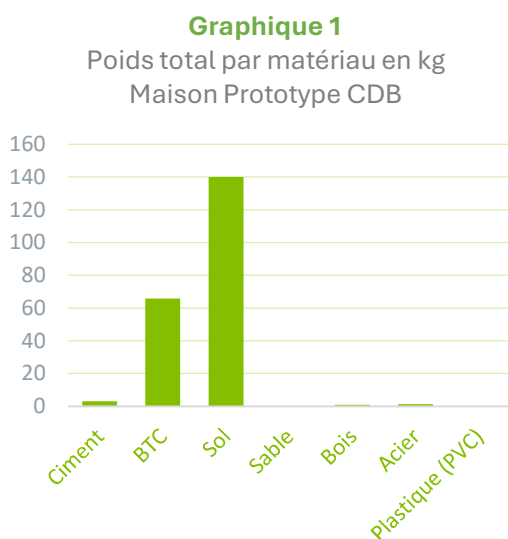


Figure 2 : Classification des matériaux utilisés dans la Maison Prototype CDB



Les Graphiques 1 et 2 illustrent la répartition des matériaux employés dans la Maison Prototype CDB :

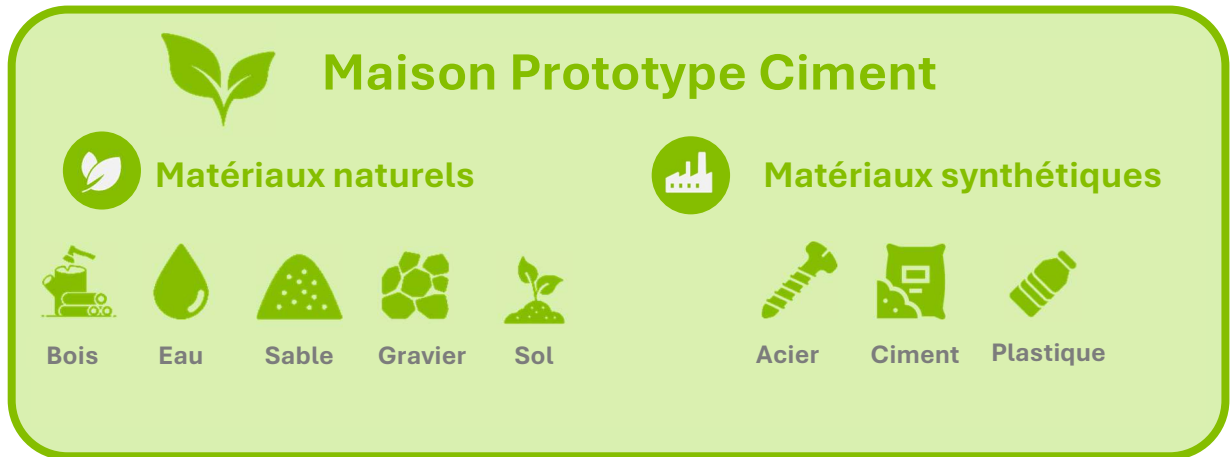
- Le Graphique 1 montre le poids total de chaque matériau (en kilogrammes).
- Le Graphique 2 indique la quantité totale d'eau incorporée (en litres) liée à leur production.





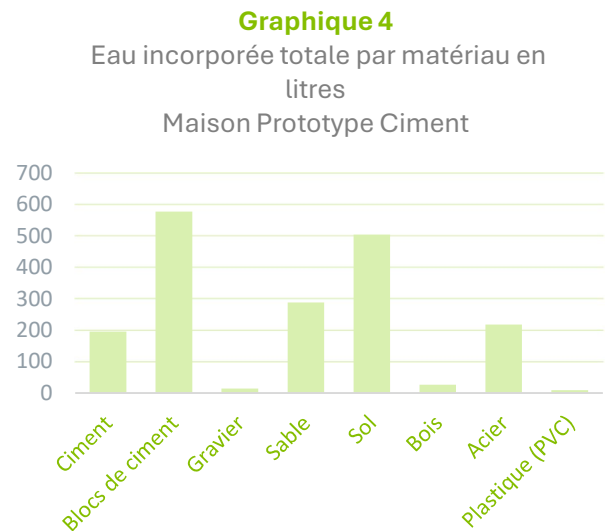
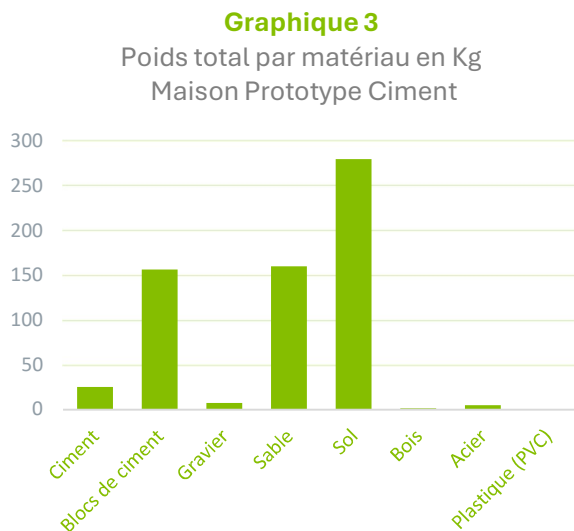
La Figure 3 ci-dessous présente la classification des matériaux utilisés dans la Maison Prototype Ciment, distinguant les matériaux naturels et les matériaux synthétiques.

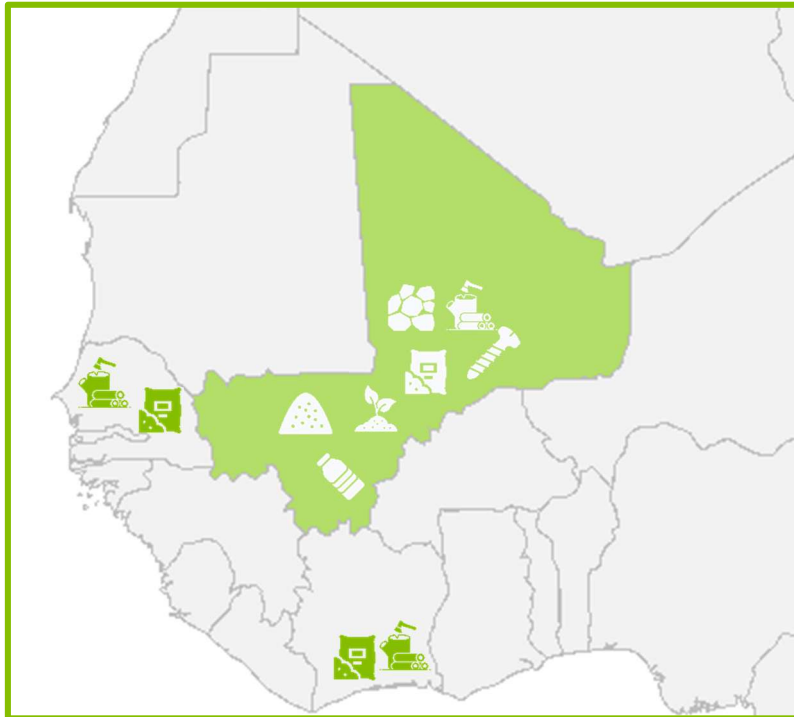
**Figure 3 : Classification des matériaux utilisés dans la Maison Prototype Ciment**



Les Graphiques 3 et 4 illustrent la répartition des matériaux employés dans la Maison Prototype Ciment :

- Le Graphique 3 montre le poids total de chaque matériau (en kilogrammes).
- Le Graphique 4 indique la quantité totale d'eau incorporée (en litres) liée à leur production.





### Carte 2

Carte montrant l'origine des matériaux pour les deux maisons.

BLANC = approvisionnement local.

VERT = importation.

Cette carte s'applique aux deux modèles, car les matériaux proviennent des mêmes zones d'approvisionnement. Elle ne reflète pas l'endroit où les matériaux ont été produits à l'origine si la chaîne d'approvisionnement est plus longue, puisque cette information n'était pas disponible.

## 3. Résultats et interprétation

La comparaison entre la Maison Prototype BTC et la Maison Prototype Ciment montre des différences importantes dans le type de matériaux utilisés et leur impact sur l'environnement.

### Maison Prototype BTC – Note : 4 sur 5

La Maison BTC est construite surtout avec des matériaux naturels et locaux, comme la terre, le sable, les BTC et le bois. Ces matériaux sont faciles à trouver, demandent peu d'énergie et d'eau pour être produits, et ont un impact environnemental limité. Ils permettent aussi de soutenir les artisans et les ressources locales.

Les matériaux industriels, comme le ciment, l'acier ou le plastique, sont utilisés en très petites quantités.

Grâce à cet équilibre, la Maison BTC est plus respectueuse de l'environnement et mieux adaptée au contexte local.

### Maison Prototype Ciment – Note : 2 sur 5

La Maison Prototype Ciment utilise davantage de matériaux industriels, comme le ciment, les blocs de ciment et l'acier. Ces matériaux sont solides, mais leur production consomme beaucoup d'énergie et d'eau, ce qui augmente leur impact sur l'environnement. Le plastique (PVC) est aussi présent en petite quantité, mais il est difficile à recycler et reste polluant à long terme.



La maison utilise également du bois, du sable, du gravier, et surtout de la terre latéritique, qui représente la plus grande partie du poids total des matériaux.

### Comparaison générale

La Maison Prototype BTC présente un impact environnemental plus faible pour ce critère, grâce à l'utilisation de matériaux naturels et locaux.

La Maison Prototype Ciment consomme plus d'eau et d'énergie et dépend de matériaux industriels.

### En résumé

Maison Prototype BTC : 4/5 – Plus écologique et adaptée au contexte local.

Maison Prototype Ciment : 2/5 – Plus consommatrice de ressources et moins durable.



## Tableau de bord des *matériaux consommés*



## 4. Recommandations



### Comment améliorer le score des matériaux consommés



**Réduire l'impact des matériaux :** Limiter l'usage du ciment, de l'acier et du PVC, et privilégier des alternatives locales, recyclées ou naturelles comme la terre, le BTC, le sable, le gravier et le bois.



**Renforcer les capacités locales :** Former les artisans et équipes techniques aux méthodes de construction à faible impact et à l'usage efficient de l'eau.



## Critère 2 : Émissions de carbone

### 1. Présentation de l'analyse

Ce critère mesure les émissions de gaz à effet de serre (en équivalent CO<sub>2</sub>) générées tout au long du cycle de vie des maisons et des matériaux utilisés :

- À la production des matériaux
- À leur transport
- Et à leur fin de vie

Les émissions ont été calculées à l'aide de l'outil SMAC (*Shelter Methodology for the Assessment of Carbon*), à partir des données relatives au poids, à l'origine et au transport des matériaux.

#### Note

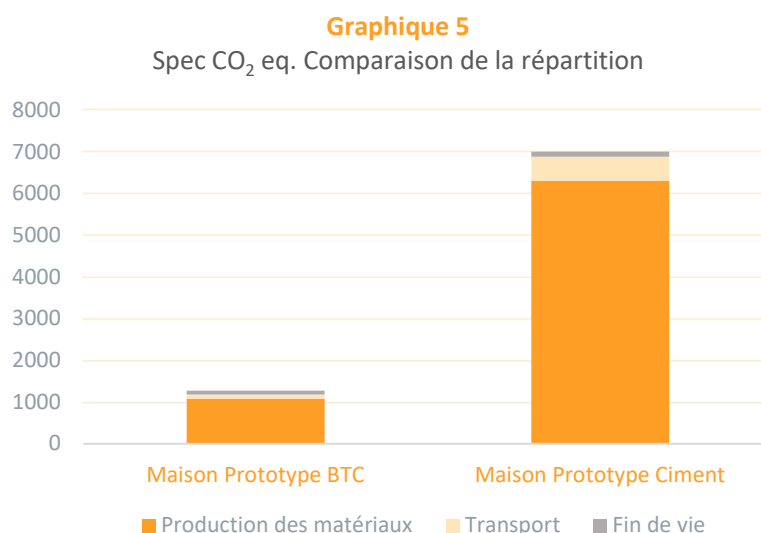
La définition détaillée du critère 2 et la description de la méthode SMAC figurent dans l'Annexe 1.

Les distances de transport prises en compte pour le calcul des émissions sont précisées dans l'Annexe 2.

Les données techniques ainsi que les résultats détaillés des calculs des émissions de carbone sont présentées dans l'Annexe 4.

### 2. Résultats généraux

Le Graphique 5 ci-dessous illustre la répartition des émissions de carbone pour chaque maison, mesurées en équivalent CO<sub>2</sub>.



### 3. Résultats et interprétation

La comparaison entre la Maison Prototype BTC et la Maison Prototype Ciment, montre une grande différence dans leurs émissions de carbone.

#### Maison Prototype BTC – Note : 4 sur 5

La Maison BTC produit environ 1,319 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> pendant tout son cycle de vie, ce qui est beaucoup moins que la Maison Ciment.

Cette bonne performance vient du fait qu'elle utilise surtout des matériaux naturels et locaux, comme la terre, le BTC, le sable et le gravier. Ces matériaux demandent peu d'énergie à fabriquer et sont produits ou collectés localement, ce qui réduit la pollution liée au transport. Ils émettent donc peu de gaz à effet de serre.

Le ciment, qui est le matériau le plus polluant, est utilisé en quantité limitée. Même si une petite partie des matériaux est importée (principalement une proportion du ciment et du bois), leur impact reste faible grâce à la forte utilisation de ressources locales.

#### Maison Prototype Ciment – Note : 2 sur 5

La Maison Ciment émet environ 7,007 kg d'équivalent CO<sub>2</sub>, soit plus de cinq fois plus que la Maison BTC. Cette forte différence vient de la grande quantité de ciment et d'acier utilisée, deux matériaux très énergivores et fortement émetteurs de carbone.

Le transport des matériaux, qui sont également importés mais en quantités plus importantes, augmente aussi les émissions totales. Ainsi, la Maison Ciment dépend davantage de matériaux industriels et polluants, ce qui explique son impact environnemental élevé.

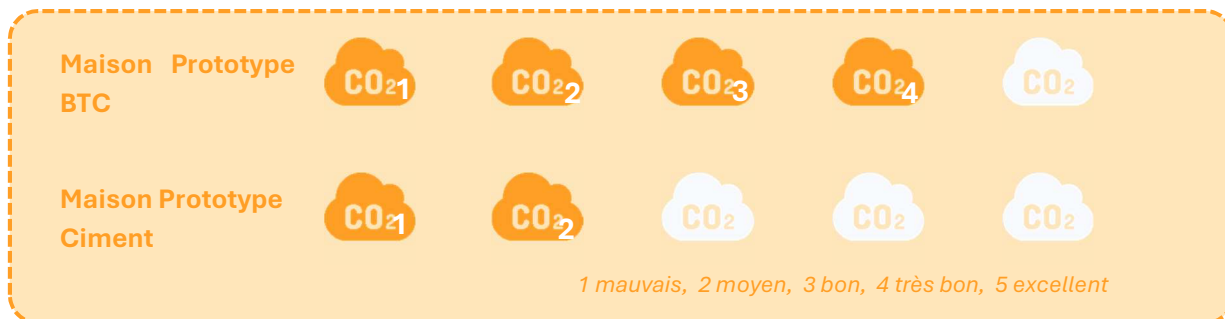
#### Comparaison générale

- La Maison Prototype BTC présente un impact carbone beaucoup plus faible, grâce à l'utilisation de matériaux naturels et locaux qui nécessitent peu d'énergie pour leur production et leur transport.
- La Maison Prototype Ciment, en revanche, émet beaucoup plus de CO<sub>2</sub> en raison de sa forte utilisation de ciment et d'acier, des matériaux industriels et énergivores.

#### En résumé

- **Maison Prototype BTC : 4/5** – Faible empreinte carbone, utilisation de matériaux naturels et locaux, modèle durable et adapté au contexte.
- **Maison Prototype Ciment : 2/5** – Très forte empreinte carbone liée au ciment et à l'acier, dépendance à des matériaux importés et énergivores.

## Tableau de bord des émissions de carbone



### 4. Recommandations



#### Comment améliorer le score des émissions de carbone



**Acheter localement :** Privilégier les matériaux produits sur place pour réduire les émissions de transport.



**Utiliser des matériaux à faible impact :** Veiller à optimiser l'utilisation du ciment, en réduisant les quantités au minimum sans compromettre l'intégrité structurelle de la maison.



**Renforcer les capacités locales :** Former les équipes aux techniques de construction à faible impact et soutenir les filières artisanales locales.



# Critère 3 : Impact environnemental des ressources naturelles locales

## 1. Présentation de l'analyse

Ce critère évalue l'impact environnemental lié à l'utilisation de ressources naturelles locales telles que la terre, le sable, le gravier, le bois, la latérite et la pierre.

L'objectif est de comprendre comment l'extraction, la transformation et l'utilisation de ces ressources peuvent affecter les écosystèmes locaux, par exemple, la déforestation, l'érosion des sols ou la dégradation de la qualité de l'eau.

### Note

La définition détaillée du critère 3 est présentée dans [l'Annexe 1](#).

Les données détaillées concernant la composition et l'origine des matériaux sont présentées dans [l'Annexe 2](#).

Les informations techniques relatives à chaque ressource se trouvent dans [l'Annexe 5](#).

## 2. Analyse des ressources locales utilisées

Les Figures 4 et 5 ci-dessous présentent, de manière simplifiée, les quantités de ressources naturelles locales utilisées pour chaque maison.

Chaque icône représente un type de matériau, bois, sable, gravier ou sol (terre/latérite), et le nombre d'icônes indique la quantité relative utilisée. La notation est basée sur une échelle de 1 à 10, où 10 correspond à la plus grande quantité observée (le sol) et 1 à la plus faible (le bois).

Les symboles situés à droite des tableaux indiquent le niveau d'information et de durabilité des ressources :



Ressource provenant de sources locales et gérées durablement.



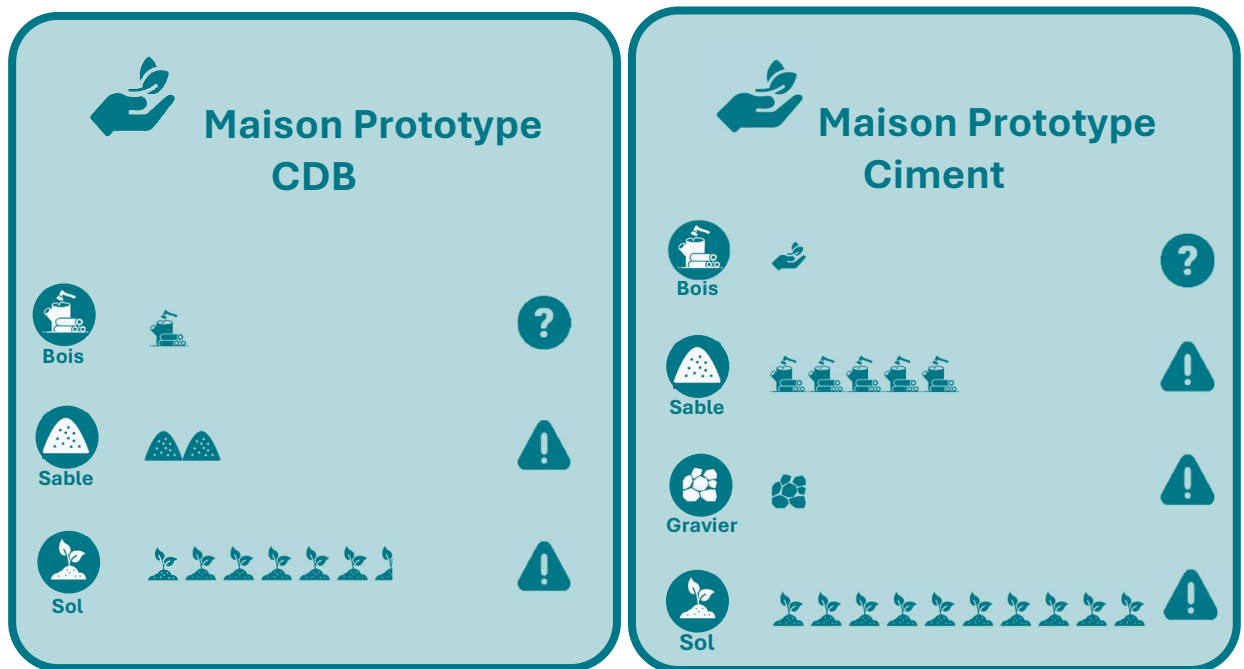
La provenance durable n'est pas confirmée.



Il existe un risque environnemental (surexploitation, déforestation ou extraction non contrôlée).



**Figure 4 et Figure 5 : Quantité de ressources naturelles locales utilisées par chaque maison prototype**



### 3. Résultats et interprétation

La comparaison entre la Maison BTC et la Maison Ciment montre des différences importantes dans la quantité et le type de ressources naturelles locales utilisées. En revanche, la traçabilité et les informations disponibles sur la provenance et la durabilité des matériaux sont similaires pour les deux modèles.

#### Maison Prototype BTC – Note : 3 sur 5

La Maison BTC utilise principalement des matériaux naturels locaux, pour une quantité totale estimée à 23,4 tonnes, un volume relativement faible qui limite la pression sur l'environnement. Ces matériaux comprennent :

- La terre latéritique,
- du sable
- les BTC,
- et une petite quantité de bois.

#### Origine et méthodes d'extraction :

- Les matériaux tels que le sable et le sol proviennent de carrières situées à Bamako et dans ses environs.
- Le sable est extrait manuellement des lits fluviaux, conformément au Code minier malien.
- L'extraction du sol destiné à la fabrication des BTC est effectuée de manière manuelle ou semi-mécanisée, en respectant également le Code minier malien.



- La terre latéritique provient de carrières, parfois exploitées avec des machines lourdes (pelles mécaniques).
- Le bois est décrit comme local et partiellement exporté, sans précision sur son origine exacte ni sur la gestion des plantations.

#### Traçabilité et durabilité :

- La traçabilité du bois est incomplète, sans information sur la replantation ou la gestion forestière durable.
- Les autres matériaux sont encadrés par le code minier.

Globalement, la Maison BTC présente un usage modéré des ressources naturelles, avec un impact environnemental limité si les pratiques d'extraction restent bien encadrées et suivies.

#### Maison Prototype Ciment – Note : 3 sur 5

La Maison Ciment utilise également des matériaux naturels locaux, pour une quantité totale estimée à 44,8 tonnes, soit plus du double de celle de la Maison BTC. Ces matériaux comprennent :

- Du sable,
- du gravier,
- de la terre latéritique,
- et du bois.

#### Origine et méthodes d'extraction :

- Les matériaux tels que le sable, gravier et le sol proviennent de carrières situées à Bamako et dans ses environs.
- Le sable et le gravier proviennent des fonds fluviaux, où l'extraction est manuelle, conformément au code minier malien.
- La terre latéritique provient de carrières, parfois exploitées avec des machines lourdes (pelles mécaniques).
- Le bois est décrit comme local et partiellement exporté, sans précision sur son origine exacte ni sur la gestion des plantations.

#### Traçabilité et durabilité :

- La traçabilité du bois est incomplète, sans information sur la replantation ou la gestion forestière durable.
- Les autres matériaux sont encadrés par le code minier.

#### Comparaison générale

- Les deux prototypes présentent un niveau de traçabilité similaire, basé sur des informations partielles et sans vérification indépendante.
- La Maison Prototype BTC utilise moins de matériaux et privilégie des ressources légères et locales, entraînant un impact environnemental plus faible.



- La Maison Prototype Ciment consomme plus du double de ressources naturelles, dont plusieurs (sable, gravier, latérite) sont plus risquées pour les écosystèmes.
- Les deux modèles nécessitent un renforcement du suivi, une meilleure traçabilité et des évaluations environnementales indépendantes pour garantir une exploitation durable.

### En résumé

- **Maison Prototype BTC : 3/5** – Utilisation modérée de matériaux naturels locaux, faible volume global, mais traçabilité limitée et absence de vérification indépendante.
- **Maison Prototype Ciment : 3/5** – Quantité beaucoup plus élevée de matériaux naturels, dont plusieurs à fort impact environnemental, avec la même limite de traçabilité.

### Note sur la notation

Les deux prototypes obtiennent la même note de 3/5, car la traçabilité des ressources et les données de durabilité sont équivalentes pour les deux. La différence réside principalement dans la quantité et le type de ressources naturelles utilisées : la Maison BTC a un impact plus faible, tandis que la Maison Ciment dépend davantage de matériaux à risque environnemental élevé. Avec une traçabilité renforcée et un suivi indépendant, la Maison BTC pourrait atteindre une note plus élevée.



### Tableau de bord des ressources naturelles locales





## 4. Recommandations



### Comment améliorer le score de l'impact sur les ressources naturelles locales



**Collaborer avec les fournisseurs pour une extraction durable :** S'assurer que les matériaux proviennent de sources respectueuses de l'environnement, en conformité avec le code minier du Mali, et limiter les dommages liés à l'extraction.



**Assurer la durabilité du bois :** Promouvoir la transparence dans la chaîne d'approvisionnement, vérifier la légalité et la durabilité de l'exploitation forestière, et privilégier les sources certifiées ou gérées de manière responsable.



**Préserver les sols :** Veiller à ce que les taux d'extraction de la terre latéritique restent inférieurs aux taux de régénération naturelle afin d'éviter la dégradation et l'appauvrissement des terres.



**Encadrer l'extraction du sable et du gravier :** Mettre en œuvre des plans de gestion durables pour prévenir la surexploitation, l'érosion, la pollution et la perturbation des habitats fluviaux.



**Soutenir la restauration écologique :** Poursuivre les initiatives de reboisement et de protection des forêts, en partenariat avec des organisations locales, pour compenser les émissions et préserver les écosystèmes.





# Critère 4 : Gestion des déchets

## 1. Présentation de l'analyse

Ce critère évalue le comportement des matériaux en fin de vie. Comme les prototypes n'ont pas encore atteint cette étape, l'analyse se base sur leurs caractéristiques intrinsèques : durée de vie, potentiel de réutilisation, recyclabilité, biodégradabilité et niveau de pollution une fois devenus déchets. Il permet ainsi d'identifier les matériaux pouvant être valorisés ou réemployés, ainsi que ceux susceptibles de générer des impacts environnementaux plus importants en fin de cycle.

### Informations contextuelles issues du terrain :

Les équipes locales indiquent qu'une stratégie de gestion des déchets est généralement prévue dès la conception des projets. La remise en état des sites est de la responsabilité des fournisseurs, qui ont l'obligation de gérer leurs sous-produits. Dans les zones d'intervention, des systèmes de gestion des déchets existent via :

- Des GIE (Groupements d'Intérêt Économique) ; acteurs privés.
- La Mairie et ses services ; acteurs publics.

Les ménages ont accès à ces dispositifs. Les déchets ménagers sont collectés au niveau des foyers puis dirigés vers des dépôts de transit ou directement vers un site final d'enfouissement.

Des initiatives locales de tri, de recyclage et de valorisation (notamment des plastiques) existent, avec l'implication de certaines entreprises privées comme BNSS, qui forme les GIE au tri à la source.

### Note

La définition détaillée du critère 4 est présentée dans l'Annexe 1.

Les informations techniques relatives à chaque matériau, y compris leur potentiel de réutilisation, de recyclage et leurs scénarios de fin de vie, se trouvent dans l'Annexe 5.

## 2. Évaluation de la gestion des déchets

Les Figures 6 et 7 présentent une représentation simplifiée de la gestion des déchets pour chaque maison prototype.

Chaque icône représente des éléments pris en compte dans l'évaluation de la gestion des déchets :



Matériaux polluants



Matériaux biodégradables



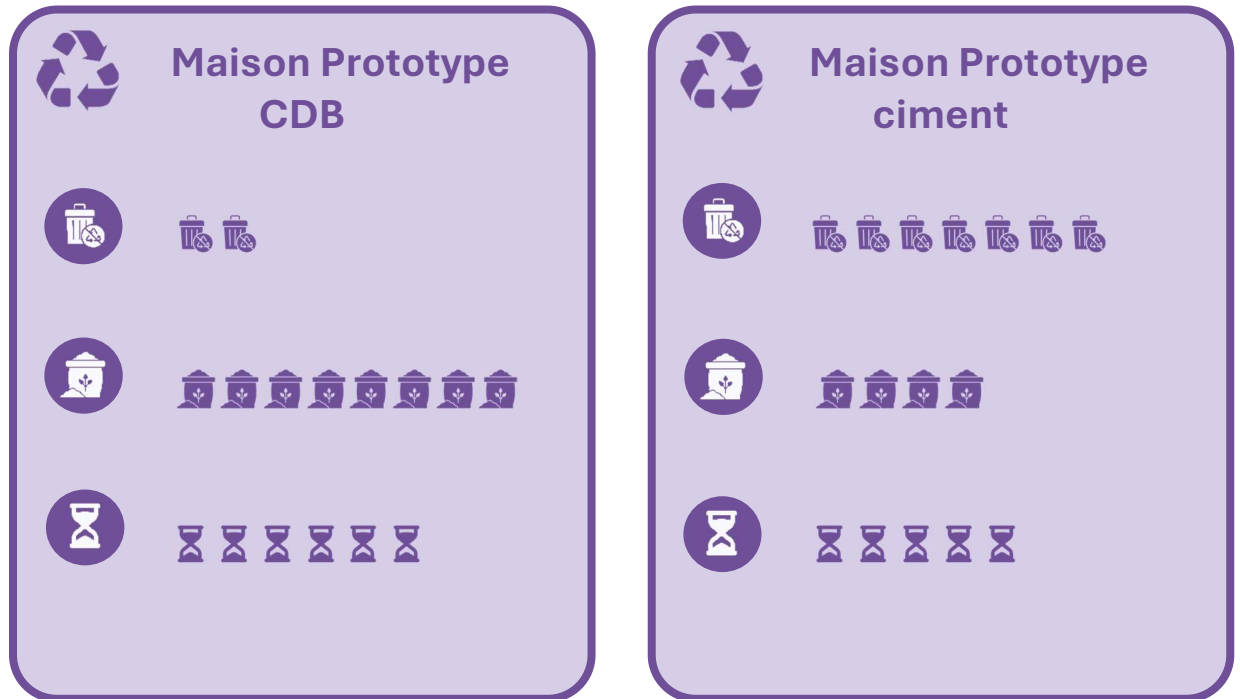
Durée de vie estimée de la maison



Le nombre d'icônes indique le niveau relatif de performance pour chaque catégorie.

Une durée de vie plus longue implique un remplacement moins fréquent des matériaux et donc une production réduite de déchets.

**Figure 6 et Figure 7 :** Quantité de matériaux polluants, de matériaux biodégradables, et durée de vie des maisons



### 3. Résultats et interprétation

La comparaison entre la Maison en BTC et la Maison en Ciment révèle des différences marquées dans la nature des matériaux utilisés, leur potentiel de réutilisation, et leur comportement en fin de vie.

Les deux prototypes ont une durée de vie similaire, mais la proportion de matériaux polluants et la capacité de valorisation des déchets diffèrent nettement.

#### Maison Prototype BTC – Note : 4 sur 5

La Maison BTC repose sur des matériaux majoritairement naturels, locaux et faiblement transformés, ce qui en fait un modèle à faible impact environnemental. Les principaux composants incluent :

- Les BTC,
- le sol latéritique,
- le sable,
- et le bois.

Des quantités limitées de ciment, acier et PVC sont également utilisées, mais de manière marginale.



#### Fin de vie et valorisation :

- Les matériaux naturels (terre, sable, bois) sont réutilisables ou biodégradables, avec un impact très limité sur l'environnement.
- Les BTC peuvent être concassés et réutilisés comme remblais ou agrégats, réduisant ainsi les déchets.
- Le bois est réutilisable ou biodégradable, à condition de ne pas être brûlé.
- Les éléments métalliques (portes et fenêtres, tôles, clous, fil de fer) sont hautement recyclables, bien que les infrastructures locales de recyclage existent, mais restent limitées.
- Le PVC demeure le principal point faible : non biodégradable et difficile à recycler, il finit souvent en décharge, ce qui en fait un matériau particulièrement problématique sur le plan environnemental.

#### Durabilité et impacts :

- La durée de vie estimée entre 50 et 70 ans confère au prototype une bonne performance de longévité.
- Le faible recours à des matières polluantes limite les déchets finaux.
- L'ensemble des matériaux naturels offre un haut potentiel de valorisation locale.

#### Synthèse :

- Matériaux polluants : faibles
- Matériaux biodégradables / réutilisables : très élevés
- Durée de vie : bonne

La Maison BTC présente une bonne gestion des déchets grâce à la prépondérance de matériaux naturels et valorisables. Avec un meilleur encadrement du recyclage des composants synthétiques, elle pourrait atteindre une performance quasi optimale.

#### **Maison Prototype Ciment – Note : 3 sur 5**

La Maison Ciment repose sur une proportion plus importante de matériaux synthétiques et non biodégradables, notamment :

- Le ciment,
- les blocs de ciment,
- l'acier,
- et une faible quantité de PVC.

Auxquels s'ajoutent également des matériaux naturels, avec des quantités importantes de sol et de sable, ainsi que de petites quantités de gravier et de bois.

#### Fin de vie et valorisation :

- Les composants cimentaires sont difficiles à recycler : ils génèrent des déchets inertes lourds, souvent réutilisés comme remblais mais rarement valorisés.



- Les éléments métalliques (barres d'armature, tôles, etc.) sont recyclables, mais même si des infrastructures locales de recyclage existent, leurs capacités restent limitées, ce qui réduit la valorisation réelle.
- Le bois et les agrégats naturels (sable, gravier, latérite) sont réutilisables, mais leur part est moindre que dans le prototype BTC.
- Le PVC demeure le principal point faible : non biodégradable et difficile à recycler, il finit fréquemment en décharge, ce qui en fait un matériau à risque environnemental élevé.

#### Durabilité et impacts :

- La durée de vie est estimée à environ 50 ans, ce qui reste solide mais légèrement inférieur à celle du BTC.
- La dépendance à des matériaux non biodégradables et à forte empreinte carbone (ciment, acier) augmente la quantité de déchets inertes et difficiles à valoriser.
- Les possibilités de recyclage existent mais sont peu exploitées localement.

#### Synthèse :

- Matériaux polluants : élevés
- Matériaux biodégradables / réutilisables : modérés
- Durée de vie : bonne

La Maison Ciment présente une gestion des déchets acceptable, mais son recours important à des matériaux non biodégradables limite sa performance environnementale. Le potentiel de valorisation reste faible sans filières locales de recyclage.

#### Comparaison générale

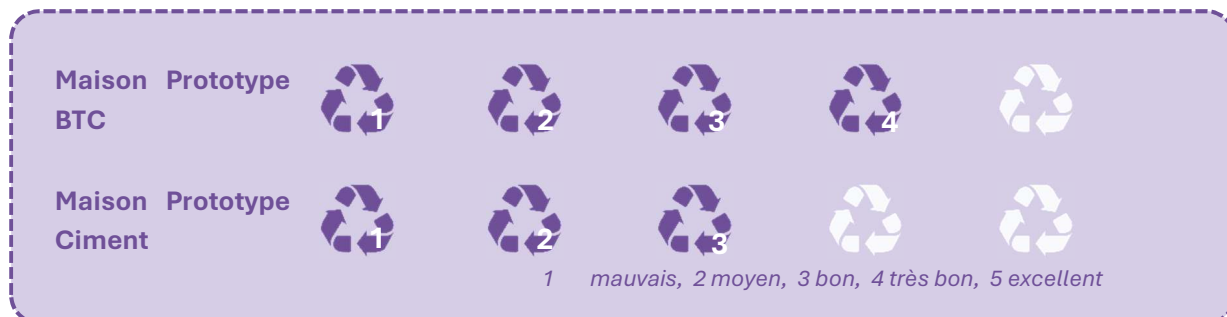
- La Maison Prototype BTC se distingue par une meilleure gestion de fin de vie, grâce à la forte proportion de matériaux naturels, biodégradables et réutilisables. Ses déchets sont peu polluants et faciles à valoriser.
- La Maison Prototype Ciment, au contraire, repose sur des matériaux lourds, transformés et difficilement recyclables, produisant une quantité importante de déchets inertes à forte empreinte écologique.
- Les deux modèles affichent une durée de vie similaire, mais leur comportement environnemental diverge nettement sur le plan de la valorisation des déchets.

#### En résumé

- **Maison Prototype BTC : 4/5** – Forte part de matériaux naturels, réutilisables et biodégradables, très bon comportement en fin de vie, peu de pollution.
- **Maison Prototype Ciment : 3/5** – Plus de matériaux transformés et polluants, recyclabilité faible, déchets inertes importants.



### Tableau de bord des Gestion des déchets



## 4. Recommandations



### Comment améliorer le score de la gestion des déchets



**Promouvoir le réemploi et la circularité des matériaux :** Réutiliser les éléments en bon état (portes, fenêtres, bois, métaux) et favoriser le concassage et la réutilisation des matériaux inertes (ciment, gravats, sable, gravier, latérite) pour de nouveaux ouvrages.



**Allonger la durée de vie des matériaux :** Renforcer les bonnes pratiques d'entretien afin de réduire la fréquence de remplacement des matériaux et, par conséquent, la production de déchets.



**Renforcer la gestion des déchets :** Intégrer un système de tri et de traitement des déchets de construction au sein du projet, en collaboration avec les GIE de Baconi et d'autres acteurs locaux.



**Sensibiliser et former :** Mener des actions de sensibilisation à l'assainissement environnemental et à la réduction de la pollution, tout en formant artisans, fournisseurs et communautés aux pratiques de réemploi et de recyclage.



**Collaborer avec les partenaires locaux :** Travailler avec les GIE, les autorités locales et les organisations partenaires pour renforcer les infrastructures de valorisation et promouvoir les matériaux durables.

## 5. Résumé des résultats

### Maison Prototype BTC



La Maison Prototype BTC repose majoritairement sur des matériaux naturels et locaux (environ 90 %), tels que la terre latéritique, le sable, le bois et les blocs de terre comprimée (BTC). Ces matériaux, faiblement transformés et disponibles localement, réduisent les besoins en transport et soutiennent les pratiques de construction traditionnelles, tout en renforçant les économies locales. L'usage limité de matériaux industriels comme le ciment, l'acier et le PVC permet de maintenir une faible empreinte environnementale globale.



L'impact carbone de la Maison BTC demeure faible : la production des matériaux, notamment du ciment en faible quantité, constitue la principale source d'émissions. Le recours limité à des matériaux importés contribue à cette performance, puisque la majorité des ressources proviennent de Bamako et de ses environs. Le transport a donc un effet restreint sur les émissions totales.



L'utilisation de ressources naturelles locales reste modérée, avec une pression limitée sur les écosystèmes. L'extraction manuelle ou semi-mécanisée du sable et de la terre s'effectue conformément au Code minier malien. Toutefois, la traçabilité du bois demeure partielle et nécessite une meilleure vérification de la durabilité des sources.



En fin de vie, la Maison BTC présente une bonne performance grâce à la forte proportion de matériaux réutilisables ou biodégradables. Les BTC peuvent être concassés et réemployés, le bois et la terre sont facilement valorisables, et les matériaux inertes comme le sable ou le gravier n'engendrent pas de pollution durable. Les seuls points faibles concernent le PVC et les métaux, dont le recyclage reste limité au Mali. La durée de vie de la maison est toutefois bonne (50 à 70 ans), ce qui limite partiellement la fréquence des remplacements.



## Maison Prototype Ciment



La Maison Prototype Ciment repose sur une proportion plus élevée de matériaux industriels (environ 60 %), notamment le ciment, l'acier et le PVC, complétés par des ressources naturelles locales comme la terre latéritique, le sable, le gravier et le bois. Si ces matériaux confèrent une solidité structurelle importante, ils entraînent également une forte consommation d'énergie et d'eau lors de leur production, augmentant l'empreinte environnementale de la maison.



Les émissions de carbone de la Maison Ciment sont environ cinq fois supérieures à celles de la Maison BTC. Le ciment et l'acier représentent les principales sources d'émissions, tandis que les importations de matériaux, notamment le ciment (40 %), accentuent encore l'impact du transport. Les hypothèses de fin de vie de l'outil SMAC, fondées sur la combustion du bois, surestiment probablement les émissions réelles, mais la maison reste nettement plus énergivore.



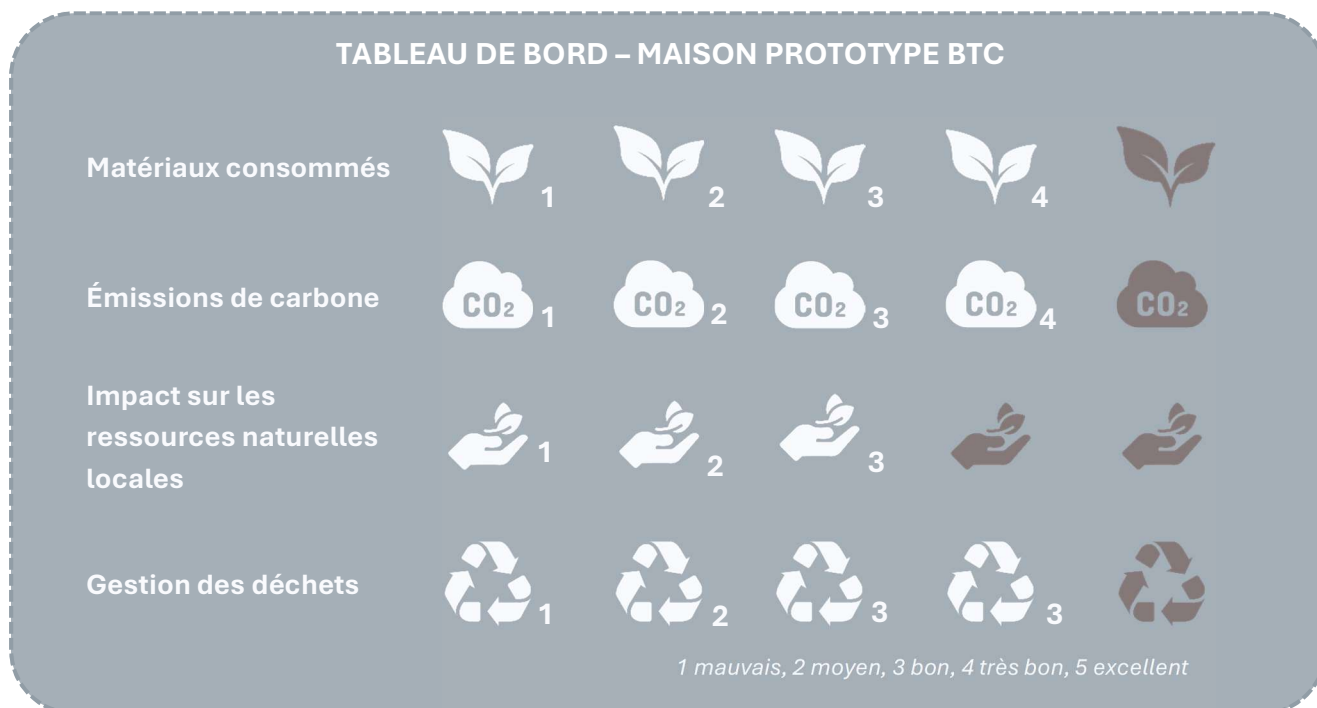
L'utilisation de ressources naturelles locales est importante (près de 45 tonnes au total), ce qui accroît la pression sur les carrières et les zones d'extraction. Les pratiques restent majoritairement conformes au Code minier malien, mais la traçabilité et la durabilité des sources, notamment pour le bois, demeurent insuffisantes. L'absence de suivi environnemental indépendant limite la capacité à garantir une exploitation durable.



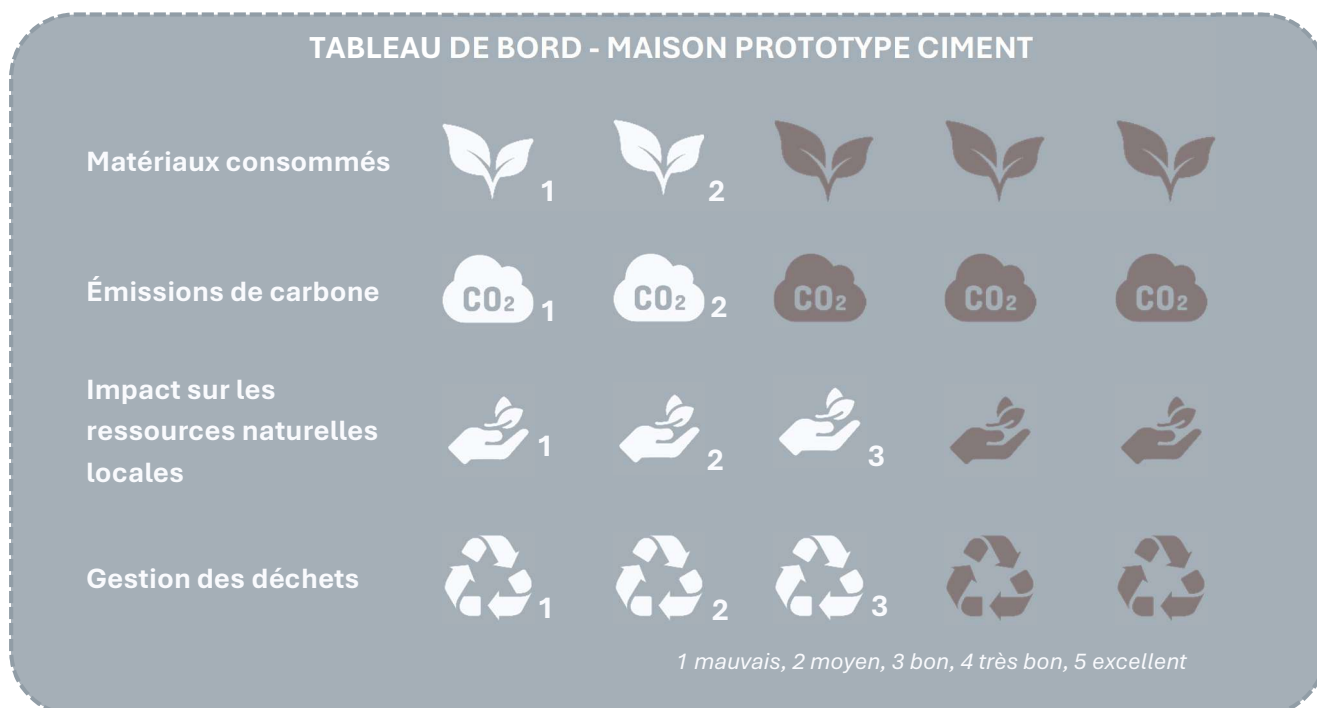
En matière de gestion des déchets, la Maison Ciment présente des limites notables. Les matériaux à base de ciment sont difficiles à recycler et produisent des déchets inertes lourds. Les éléments métalliques sont potentiellement recyclables, mais les infrastructures locales restent insuffisantes. Le PVC pose également un risque environnemental du fait de sa non-biodégradabilité. La durée de vie de la maison est toutefois bonne (environ 50 ans), ce qui limite partiellement la fréquence des remplacements.

Les Figures 8 et 9 ci-dessous présentent les deux tableaux de bord des deux maisons.

**Figure 8 :** Tableau de bord de la Maison Prototype BTC



**Figure 9 :** Tableau de bord de la Maison Prototype Ciment



## 6. Conclusion

L'évaluation environnementale des deux maisons prototypes met en évidence des différences significatives dans leurs performances écologiques et leur adéquation au contexte local. La Maison Prototype BTC se distingue par une empreinte environnementale nettement plus faible, tandis que la Maison Prototype Ciment présente un impact plus important, lié à l'utilisation accrue de matériaux industriels et à une consommation énergétique élevée.

La Maison BTC repose principalement sur des matériaux naturels et locaux tels que la terre, le sable, le bois et les BTC. Ces matériaux demandent peu d'énergie à produire, génèrent moins d'émissions de carbone et favorisent la réutilisation ou la biodégradabilité en fin de vie. Son recours limité aux matériaux synthétiques, ciment, acier et PVC, permet de maintenir un équilibre entre durabilité environnementale et adaptation au contexte de construction local. Elle obtient ainsi de très bons résultats pour les critères des matériaux consommés, des émissions de carbone et de la gestion des déchets.

La Maison Ciment, en revanche, s'appuie davantage sur des matériaux transformés et énergivores, comme le ciment et l'acier. Leur production et leur transport contribuent à une forte empreinte carbone et à une dépendance accrue vis-à-vis de chaînes d'approvisionnement externes. Bien que la maison offre une solidité structurelle satisfaisante, elle engendre une consommation d'eau importante, une quantité élevée de déchets inertes et une recyclabilité limitée.

L'analyse globale démontre que la valorisation des ressources locales est essentielle pour réduire les impacts environnementaux. Toutefois, même les matériaux naturels peuvent générer des pressions sur les écosystèmes si leur extraction n'est pas correctement encadrée. L'absence de traçabilité complète du bois, la surexploitation du sable et la faible capacité de recyclage au Mali représentent encore des défis majeurs pour une gestion durable des ressources.

Pour renforcer la durabilité des futures interventions, plusieurs leviers d'action se dégagent :

- Réduire l'usage du ciment et de l'acier en favorisant des matériaux à faible empreinte carbone ;
- Encadrer et suivre l'extraction des ressources naturelles locales afin de prévenir l'érosion et la déforestation ;
- Améliorer la traçabilité du bois et promouvoir un approvisionnement durable ;
- Développer des filières locales de tri, de recyclage et de réutilisation des matériaux.

En conclusion, la Maison BTC apparaît comme une option plus écologique, mieux intégrée dans son environnement et plus adaptée au contexte socio-économique local. La Maison Ciment, bien que techniquement robuste, illustre les limites des approches fortement industrialisées dans les contextes humanitaires.

Cette étude met ainsi en évidence l'importance d'intégrer des critères environnementaux dès la conception des projets d'habitat, afin de concilier efficacité technique, viabilité économique et responsabilité écologique, et de tendre vers des solutions d'hébergement plus durables et résilientes.

## 7. Recommandations



### 1 Intégrer un contrôle environnemental dès le début

**Pourquoi c'est important :** Pourquoi c'est important : Il est plus facile de prévenir les dommages environnementaux que de devoir les réparer plus tard.

**Comment faire :**

- Utiliser des outils simples (ex NEAT+) pour identifier les risques avant la construction.
- Examiner les résultats en équipe et adapter les plans en fonction des conclusions.
- Attention : Ne pas considérer l'outil comme une simple formalité administrative, il doit servir à améliorer réellement la conception du projet.

**Attention :** Ne pas considérer l'outil comme une simple formalité administrative, il doit servir à améliorer réellement la conception du projet.



### 2 Assurer un approvisionnement durable en sol, sable, gravier et roche poreuse

**Pourquoi c'est important :** Une extraction excessive peut causer l'érosion, la pollution et la dégradation des terres. Préserver ces ressources assure leur disponibilité et protège les écosystèmes.

**Comment faire :**

- Vérifier que les fournisseurs pratiquent une extraction durable respectant la régénération naturelle.
- Éviter d'extraire près des rivières, puits ou zones agricoles.
- Réutiliser les carrières existantes avant d'en ouvrir de nouvelles.
- Consulter les autorités locales ou la plateforme nationale des risques avant toute extraction.

**Attention :** Creuser trop profondément ou trop près des sources d'eau peut provoquer de l'érosion ou des inondations.



### 3 Assurer une utilisation durable du bois

**Pourquoi c'est important :** Une exploitation non durable du bois peut entraîner la déforestation, la perte d'habitats naturels, l'érosion des sols et la diminution de la biodiversité. Utiliser du bois issu de sources responsables aide à préserver les forêts et à limiter l'impact environnemental.

**Comment faire :**

- Vérifier la durabilité des fournisseurs afin d'éviter la surexploitation et les dommages environnementaux.
- Choisir du bois provenant de plantations durables ou certifiées, garantissant une gestion responsable des forêts.
- Si le bois durable n'est pas disponible, envisager des matériaux alternatifs respectueux de l'environnement.
- Réaliser une étude sur la qualité du matériau, son impact écologique et les mesures d'atténuation nécessaires avant utilisation.

**Attention :** Éviter d'acheter du bois issu de zones protégées ou de forêts exploitées illégalement, afin de prévenir la déforestation et la dégradation des écosystèmes.



### 4 Réduire l'utilisation de matériaux à fort impact

**Pourquoi c'est important :** Les matériaux tels que le ciment, l'acier et le PVC ont une empreinte carbone très élevée. Leur fabrication consomme énormément d'énergie, d'eau et émet beaucoup de CO<sub>2</sub>. Réduire leur utilisation permet de limiter la pollution, de préserver les ressources naturelles et de favoriser des constructions plus durables.

**Comment faire :**

- **Ciment :** n'utiliser que la quantité nécessaire pour assurer la stabilité des structures (fondations, poteaux, dalles). Employer des alternatives comme les briques en terre comprimée ou les blocs de terre stabilisée lorsque cela est possible.
- **Acier (portes, fenêtres, fers, tôles, pointes) :** limiter son usage aux éléments structurels essentiels et réutiliser les pièces métalliques en bon état. Explorer des solutions de remplacement comme le bois traité ou le bambou.
- **PVC (rouleaux de gaines, conduits) :** éviter l'usage excessif de PVC, opter pour des matériaux recyclés ou alternatifs, et réemployer les gaines lorsque leur état le permet.

**Attention :** Les alternatives doivent être techniquement viables et acceptées par les bénéficiaires. En cas d'impossibilité de substitution, réduire les quantités et prolonger la durée de vie des matériaux reste la meilleure stratégie.



## 5 Gérer les déchets de construction dès le début

**Pourquoi c'est important :** Planifier la gestion des déchets dès la conception d'un projet réduit la pollution, limite les dépôts sauvages et favorise le recyclage et la réutilisation des matériaux. Cela contribue à un environnement plus propre et à une meilleure utilisation des ressources locales.

**Comment faire :**

- Séparer les déchets sur le chantier (terre, bois, métal, plastique) pour faciliter leur réutilisation ou leur recyclage.
- Réemployer les matériaux lorsque c'est possible : la terre pour le nivellement ou l'aménagement, le métal pour les réparations, ou le bois pour d'autres constructions.
- Collaborer avec les GIE établis à Banconi pour intégrer les déchets de construction dans leurs systèmes existants de tri et de recyclage.
- Soutenir et participer aux campagnes de sensibilisation menées par les GIE et les bénévoles afin de promouvoir la réutilisation des matériaux et la réduction des volumes de déchets.

**Attention :** La gestion des déchets doit être prévue même pour les abris temporaires. Les petites initiatives locales de tri ou de recyclage peuvent être très efficaces, mais il ne faut jamais brûler les déchets, car cela nuit à la santé et à l'environnement.



## 6 Acheter les matériaux localement lorsque c'est possible

**Pourquoi c'est important :** L'achat local permet de réduire la pollution liée au transport tout en soutenant les entreprises et les travailleurs locaux.

**Comment faire :**

- Acheter auprès de fournisseurs proches proposant des matériaux fiables et durables.
- Si une importation est nécessaire, regrouper les livraisons afin d'économiser du carburant.
- Toujours vérifier l'origine réelle des matériaux dits « locaux », certains peuvent provenir de zones éloignées ou être extraits de manière non durable.

**Attention :** Le terme « local » ne signifie pas toujours durable, des matériaux vendus à proximité peuvent avoir été transportés sur de longues distances ou produits de façon nuisible à l'environnement. Il est donc essentiel de contrôler leur provenance et les méthodes de production utilisées.





## 7 Promouvoir et plaider pour la construction de logements durables

**Pourquoi c'est important :** Des logements durables réduisent le besoin de reconstructions répétées, économisant ainsi des matériaux, du temps et de l'argent, tout en limitant la pression sur les ressources naturelles. Ils offrent aussi aux familles des habitations plus sûres, stables et dignes, contribuant à la durabilité des interventions humanitaires.

**Comment faire :**

- Construire des abris réparables, entretenables ou évolutifs, plutôt que de simples structures à remplacer.
- Utiliser des matériaux durables, même pour les abris temporaires, afin que certaines parties puissent être réutilisées ultérieurement.
- Former les constructeurs locaux et les familles à l'entretien et aux réparations simples pour prolonger la durée de vie des abris.
- Promouvoir des conceptions modulaires permettant d'améliorer les structures existantes au lieu de les reconstruire.
- Sensibiliser les autorités locales, les bailleurs et les communautés aux avantages économiques, sociaux et environnementaux du logement durable.

**Attention :** Dans les situations de refuge ou de déplacement, les droits fonciers, les politiques gouvernementales et le manque de financement peuvent limiter la construction d'abris permanents.



## 8 Former les constructeurs et les communautés

**Pourquoi c'est important :** Une meilleure connaissance permet de construire des maisons plus solides et durables, tout en utilisant les matériaux plus efficacement.

**Comment faire :**

- Organiser des formations pratiques sur l'éco-construction.
- Inclure des thèmes tels que le tri des déchets, la stabilisation des sols et l'entretien des structures.

**Attention :** Adapter les formations aux langues locales et aux contextes culturels, afin qu'elles soient accessibles et pertinentes pour tous.



## 09 Compenser les émissions par des actions locales

**Pourquoi c'est important :** Certaines émissions de carbone sont inévitables, mais elles peuvent être équilibrées par des actions locales positives.

**Comment faire :**

- Planter des arbres, restaurer les sols ou créer des jardins communautaires pour absorber le CO<sub>2</sub>.
- Promouvoir les lampes solaires et les outils à faible consommation d'énergie afin de réduire l'usage du carburant.

**Attention :** Se concentrer sur des actions simples et visibles qui profitent aux personnes et à la nature, plutôt que sur des programmes coûteux de compensation carbone.



## 10 Travailler en collaboration avec les partenaires locaux

**Pourquoi c'est important :** La collaboration permet d'éviter les doublons, de gagner du temps et des ressources, et de renforcer l'efficacité des actions.

**Comment faire :**

- Coordonner les activités avec les autorités locales, le Shelter Cluster et les ONGs présentes sur le terrain.
- Impliquer les leaders communautaires dans la planification, la supervision et le suivi des projets.

**Attention :** Informer régulièrement tous les acteurs pour éviter les chevauchements ou les incompréhensions.



## 11 Protéger et restaurer l'environnement : soutenir la plantation d'arbres et la reforestation

**Pourquoi c'est important :** Les arbres protègent le sol, offrent de l'ombre et stockent le carbone, contribuant ainsi à compenser les émissions liées à la construction.

**Comment faire:**

- Planter des espèces locales et résistantes à la sécheresse.
- Collaborer avec les groupes de jeunes ou les ONG environnementales pour planter et entretenir les arbres.
- Impliquer les communautés afin de définir qui prendra soin des arbres et à qui ils appartiendront après la plantation.

**Attention :** Choisir des espèces locales capables de pousser avec peu d'eau, surtout dans les zones arides. Dans les sites de déplacement, déterminer à l'avance qui sera responsable des arbres pour éviter les malentendus et assurer leur survie.



## 12 Promouvoir une cuisson plus propre

**Pourquoi c'est important :** L'utilisation du bois de feu provoque la déforestation et la pollution de l'air intérieur, ce qui nuit à la santé des familles.

**Comment faire :**

- Distribuer ou promouvoir des foyers améliorés qui consomment moins de bois.
- Encourager l'usage de combustibles alternatifs tels que les briquettes, le gaz ou les cuisinières solaires.

**Attention :** Toujours tester les équipements avec les utilisateurs, les foyers doivent être adaptés aux habitudes culinaires locales.



## Glossarie

**Analyse du cycle de vie (ACV) ;** Méthode d'évaluation des impacts environnementaux associés à toutes les étapes de vie d'un produit : extraction des matières premières, transformation, fabrication, distribution, utilisation, entretien, réparation, jusqu'à l'élimination ou au recyclage.

**Bilan carbone positif ;** Situation dans laquelle une activité va au-delà de la neutralité carbone en retirant de l'atmosphère plus de dioxyde de carbone qu'elle n'en émet.

**Carbone incorporé ;** Quantité de carbone émise lors de l'extraction, du raffinage, du traitement, du transport et de la fabrication d'un matériau ou produit (y compris les bâtiments). On le mesure généralement du berceau à la porte (usine), du berceau au site (utilisation) ou du berceau à la tombe (fin de vie)<sup>17</sup>.

**Changement climatique ;** Modification durable des conditions météorologiques mondiales ou régionales. Le terme désigne généralement l'augmentation des températures moyennes mondiales observée depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle<sup>18</sup>.

**Compensation carbone ;** Mécanisme permettant de compenser des émissions de gaz à effet de serre dans un secteur en réduisant des émissions équivalentes dans un autre, afin d'atteindre la neutralité carbone<sup>19</sup>.

**Cycle de vie ;** Ensemble des étapes consécutives d'un produit ou service, depuis l'acquisition des matières premières et la conception, jusqu'à la production, le transport, l'utilisation, la fin de vie et l'élimination<sup>20</sup>.

**Déchet ;** Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation dont le détenteur se défait ou a l'intention de se défaire<sup>21</sup>.

**Décomposition ;** Processus naturel par lequel les substances organiques mortes se transforment en composés plus simples (dioxyde de carbone, eau, sucres simples, sels minéraux)<sup>22</sup>.

**Défis climatiques ;** Ensemble des difficultés et des impacts liés au changement climatique, tels que l'augmentation des températures, la montée du niveau des mers, les sécheresses, les inondations ou les événements météorologiques extrêmes, qui menacent les écosystèmes, les ressources naturelles et les moyens de subsistance des populations.

**Dégradation de l'environnement ;** C'est la détérioration progressive de la qualité de l'air, de l'eau, des sols et des écosystèmes causés par les activités humaines ou naturelles. Elle peut résulter de la déforestation, de la pollution, de la surexploitation des ressources, de l'érosion des sols ou du changement climatique, et entraîne la perte de biodiversité ainsi qu'une diminution de la capacité de la nature à soutenir la vie.

**Durabilité environnementale ;** État dans lequel les besoins humains sont satisfaits sans compromettre la capacité de l'environnement à soutenir la vie, aujourd'hui et dans le futur. Elle inclut la réduction des impacts climatiques et le renforcement de la résilience des populations<sup>23</sup>.

**Écosystèmes ;** Ensemble constitué des êtres vivants (plantes, animaux, micro-organismes) et de leur environnement naturel (air, eau, sol) qui interagissent

17 Circular Ecology

18 National Geographic

19 Parlement européen

20 ISO

21 <https://assembly.coe.int>

22 Lynch, Michael D. J. ; Neufeld, Josh D. (2015). "Ecology and exploration of the rare biosphere"

23 IFRC

entre eux. Chaque écosystème, forêt, lac, désert, récif corallien, etc., est un équilibre dynamique où chaque élément joue un rôle essentiel pour maintenir la vie et la stabilité de l'ensemble.

**Effet de serre ;** Phénomène naturel par lequel certains gaz présents dans l'atmosphère retiennent la chaleur et provoquent une élévation de la température à la surface de la Terre.

**Émissions de carbone ;** Rejets de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère, principalement issus de la combustion d'énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) pour la production d'énergie, les transports ou l'industrie. Ces émissions contribuent à l'effet de serre et au réchauffement climatique.

**Émissions de gaz à effet de serre ;** Ce sont les rejets dans l'atmosphère de certains gaz, comme le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) ou le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), qui retiennent la chaleur du soleil et contribuent au réchauffement de la planète. Ces émissions proviennent notamment de la combustion d'énergies fossiles, de la déforestation, de l'agriculture et de certaines activités industrielles.

**Empreinte carbone ;** Quantité totale d'émissions de gaz à effet de serre (exprimée en équivalent CO<sub>2</sub>) générée par une personne, un produit, un service, une organisation, un événement ou un lieu <sup>24</sup>.

**Environnement ;** Ensemble des conditions physiques, chimiques et biologiques dans lesquelles vivent les communautés humaines, incluant les ressources naturelles nécessaires à leur subsistance <sup>25</sup>.

**Équivalent CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e) ;** Mesure standardisée qui exprime les émissions de gaz à effet de serre en les convertissant en une quantité de dioxyde de carbone ayant le même potentiel de réchauffement planétaire<sup>26</sup>.

**Gestion des déchets ;** Ensemble d'opérations couvrant le tri, la collecte, le transport, le stockage, le recyclage et l'élimination des déchets, ainsi que la surveillance des sites concernés.

**Indice de performance environnementale (IPE) ;** Outil de mesure et de notation permettant d'évaluer la performance environnementale des politiques d'un État<sup>27</sup>.

**Indice de risque climatique (IRC) ;** Indicateur du niveau d'exposition et de vulnérabilité d'un pays face aux événements climatiques extrêmes, utilisé comme signal d'alerte pour la préparation et l'adaptation <sup>28</sup>.

**Neutralité carbone ;** Situation dans laquelle toutes les émissions de gaz à effet de serre sont intégralement compensées par l'élimination d'une quantité équivalente de gaz de l'atmosphère.

**L'impact environnemental ;** Toute modification de l'environnement, positive ou négative, résultant d'un projet, d'un processus, d'une activité ou d'un produit, de sa conception à sa fin de vie.

**Réchauffement climatique ;** Augmentation rapide et anormale de la température moyenne de la Terre au cours du dernier siècle, principalement due à l'effet de serre lié aux activités humaines<sup>29</sup>.

**Résilience des communautés ;** Capacité d'une communauté à résister, à s'adapter et à se rétablir face aux crises, aux catastrophes ou aux changements environnementaux, tout en maintenant ses fonctions essentielles et en tirant parti des leçons apprises pour renforcer sa durabilité future.

**Ressources naturelles ;** Éléments, matériels ou immatériels, fournis par la nature et essentiels au développement humain, économique et social. Elles comprennent notamment l'eau, l'air, le sol, les forêts, la biodiversité, les minéraux et les sources d'énergie. Les ressources naturelles peuvent être renouvelables ou non renouvelables. Leur gestion durable est indispensable pour préserver les écosystèmes et répondre aux besoins des générations présentes et futures, conformément aux principes du développement durable

<sup>24</sup> Carbon Trust

<sup>25</sup> NSW Government

<sup>26</sup> Energy Manager Canada

<sup>27</sup> Yale Center for Environmental Law & Policy, and Center for International Earth Science Information Network at Columbia University.

<sup>28</sup> Germanwatch

<sup>29</sup> NASA

## 8. Documents annexés

### **Annexe 1 – Critères d’analyse des incidences sur l’environnement**

Décrit la méthode utilisée pour évaluer les impacts environnementaux des modèles de maisons et d’abris mis en œuvre par l’AICRL et ses partenaires, selon quatre critères : matériaux consommés, émissions de carbone, ressources naturelles locales et gestion des déchets.

### **Annexe 2 – Composition, origine et transport des matériaux**

Présente la composition, les quantités et l’origine des matériaux utilisés pour la construction des deux maisons prototypes à Banconi (BTC et Ciment), ainsi que les distances de transport et les hypothèses méthodologiques appliquées.

### **Annexe 3 – Matériaux utilisés dans les maisons prototypes**

Détaille les matériaux naturels et synthétiques employés pour chaque modèle (BTC et Ciment), ainsi que la consommation d’eau incorporée estimée à partir de l’outil de durabilité du HCR.

### **Annexe 4 – Calculs des émissions de carbone**

Expose les résultats des estimations réalisées avec l’outil SMAC, incluant les émissions liées à la production, au transport et à la fin de vie des matériaux utilisés dans chaque prototype.

### **Annexe 5 – Fiches descriptives des matériaux utilisés dans les maisons prototypes**

Regroupe les fiches techniques et environnementales des principaux matériaux employés (bois, eau, gravier, terre, sable, ciment, acier, PVC, etc.), présentant leurs caractéristiques, avantages, impacts environnementaux et bonnes pratiques d’utilisation.

# Annex 1 : Critères d'analyse des incidences sur l'environnement

Cette annexe décrit la méthode utilisée pour étudier les impacts environnementaux des modèles de maisons et d'abris mis en œuvre par la Croix-Rouge luxembourgeoise (CRL) et ses sociétés nationales partenaires.

Les critères suivants ont été retenus pour structurer cette analyse :

1. Matériaux consommés
2. Émissions de carbone
3. Impact environnemental des ressources naturelles locales
4. Gestion des déchets

Chacun d'entre eux est expliqué en détail ci-dessous.

## Critère 1 : Matériaux consommés

Ce critère mesure la quantité et la nature des matériaux nécessaires à la construction d'une maison ou d'un abri.

L'analyse prend en compte les matières premières et les ressources utilisées pour fabriquer les matériaux, mais pas celles servant à la préparation ou à l'entretien du site.

Cette analyse se concentre sur deux groupes principaux de matériaux :

- Matières naturelles utilisées (en kilogrammes ou en litres) : produits d'origine naturelle (terre, bois, sable, gravier, pierre, eau, etc.) ;
- Matériaux synthétiques (en kilogrammes) : matériaux transformés industriellement (ciment, acier, PVC, etc.).

La consommation d'eau associée à la fabrication des matériaux est estimée à l'aide de l'outil du HCR (*Shelter and Settlements Sustainability Tool*).<sup>30</sup>

Les matières premières secondaires utilisées dans la production industrielle ne sont pas incluses, faute de données disponibles.

## Critère 2 : Émissions de Carbone

Ce critère évalue la quantité totale de gaz à effet de serre (GES) émise pendant le cycle de vie des matériaux. Les émissions proviennent principalement de la production, du transport, de la mise en œuvre et de la fin de vie des composants.

---

30 UNHCR-TSS

L'outil utilisé est SMAC<sup>31</sup> (*Shelter Methodology for the Assessment of Carbon*), spécialement conçu pour le secteur humanitaire.

Il calcule l'équivalent CO<sub>2</sub> pour quatre étapes clés :

1. "Production des matériaux constitutifs"
2. "Emballage"
3. "Transport"
4. "Fin de vie"

Les données utilisées comprennent la liste et la quantité de matériaux, le type d'emballage, les distances de transport et les modes de déplacement.

Les données d'emballage n'étant pas disponibles, cette source d'émissions n'a pas été comptabilisée.

**Limites :** Certains matériaux ne figurent pas dans la base de données de SMAC ; un matériau similaire est alors choisi. De plus, les hypothèses de fin de vie (recyclage, mise en décharge, etc.) sont basées sur des données publiques standards. Malgré ces limites, SMAC fournit une approche dite « suffisante » (*good enough approach*) pour ce type d'analyse.

### **Critère 3 : Impact sur l'environnement des ressources naturelles locales**

Ce critère examine les effets locaux de l'utilisation des ressources naturelles disponibles dans les zones d'intervention (terre, bois, sable, gravier, pierre, eau, etc.).

L'analyse identifie les risques potentiels, notamment :

- La déforestation ou la perte de végétation.
- L'érosion des sols.
- La dégradation de la qualité de l'eau.
- La perte de biodiversité.

L'usage de matériaux locaux permet souvent de réduire les émissions liées au transport, mais peut entraîner des conséquences écologiques s'il n'est pas géré durablement.

Les informations proviennent des équipes techniques de la CRL et de ses partenaires, de la documentation disponible et des observations réalisées sur le terrain.

### **Critère 4 : Gestion des déchets**

---

31 SMAC Il s'agit d'une méthodologie ACV simplifiée, développée par BRE Trust, le Global Shelter Cluster Environnement Community of Practice et le WWF, basée sur les composants des options d'abris qui utilisent les émissions d'équivalent CO<sub>2</sub> comme mesure d'évaluation. Des informations sur la méthode SMAC sont disponibles à l'adresse suivante : <https://www.sheltercluster.org/community-of-practice/environnement>  
Cette étude est l'une des deuxièmes à utiliser l'outil SMAC, et les commentaires ont été partagés avec les développeurs afin de l'améliorer.

Ce critère n'évalue pas une gestion des déchets déjà observée sur le terrain, car les matériaux des prototypes ne sont pas encore arrivés en fin de vie. L'analyse se fonde donc sur les caractéristiques propres à chaque matériau : leur durée de vie, leur potentiel de réutilisation, leur recyclabilité, leur biodégradabilité et leur niveau de pollution lorsqu'ils deviennent déchets.

Il s'agit d'identifier les matériaux pouvant être valorisés ou réemployés, et ceux susceptibles de générer des impacts environnementaux plus importants en fin de cycle, afin de limiter la production de déchets et de réduire les effets négatifs liés à leur élimination.

L'objectif est de minimiser la production de déchets et de prolonger la durée d'usage des matériaux tout en limitant les impacts environnementaux.

#### Hiérarchie des déchets – les "3 R"

1. Réduire : éviter ou limiter la production de déchets ;
2. Réutiliser : prolonger la durée de vie des matériaux ;
3. Recycler : transformer les déchets en nouvelles ressources ;
4. Récupérer et Éliminer.

### Approche du tableau de bord, « scorecard approach »

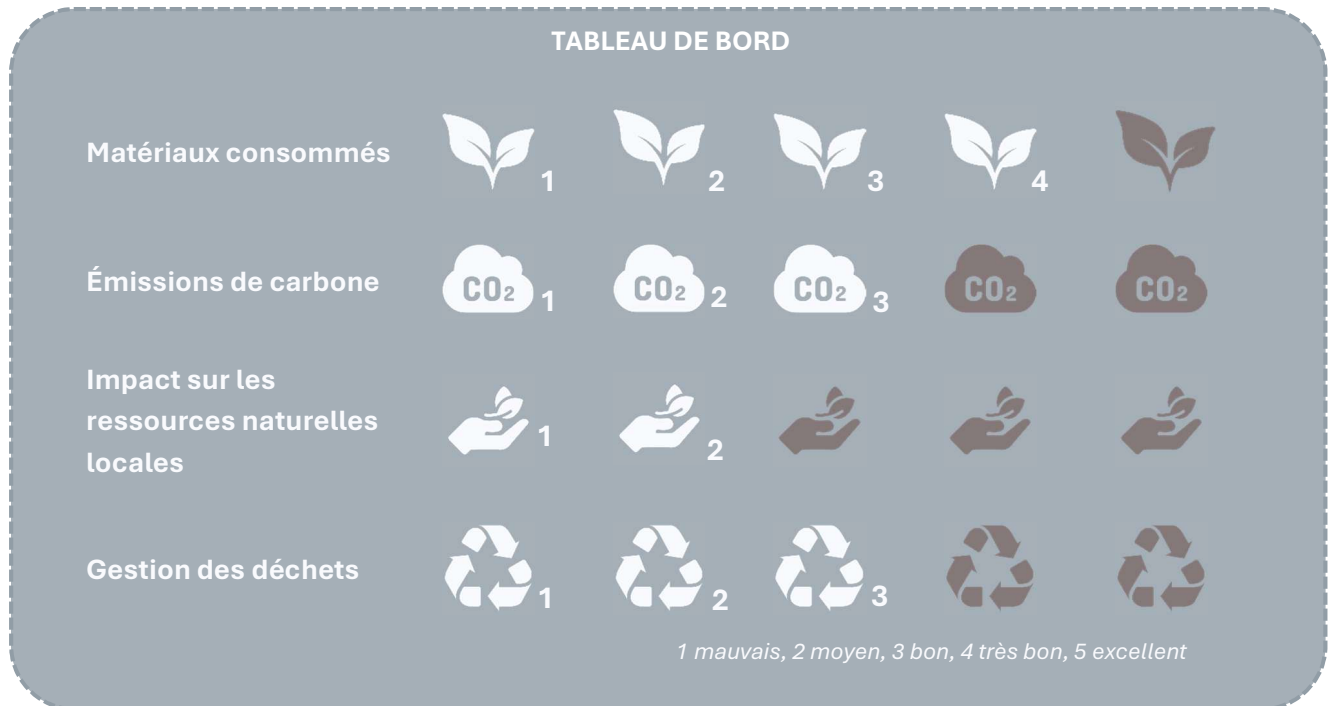
Les performances environnementales des différents modèles de logement ont été évaluées à l'aide d'un tableau de bord simple et visuel, conçu pour remplacer des calculs complexes et faciliter l'analyse dans un contexte humanitaire. Ce tableau permet de comparer chaque modèle selon quatre critères environnementaux, grâce à une notation de 1 à 5 :

- **1 = mauvais** → fort impact → **évaluation négative** : le modèle a un impact important sur l'environnement pour ce critère.
- **2 = moyen** → impact modéré → **évaluation intermédiaire** : certains aspects sont problématiques mais d'autres restent acceptables pour ce critère.
- **3 = bon** → impact limité → **évaluation plutôt positive** : le modèle montre des efforts en matière de durabilité pour ce critère.
- **4 = très bon** → faible impact → **évaluation positive** : le modèle est globalement respectueux de l'environnement pour ce critère.
- **5 = excellent** → très faible impact → **évaluation très positive** : le modèle est particulièrement durable et respectueux de l'environnement pour ce critère.

Cette approche offre une lecture claire et transparente des résultats. Elle permet d'identifier rapidement les matériaux et choix de conception les plus problématiques, ceux présentant de bonnes performances, ainsi que les pistes d'amélioration pour réduire les impacts négatifs lors de la conception et de la mise en œuvre des abris et maisons.

L'illustration ci-dessous montre un exemple du tableau de bord utilisé dans les études.

**Illustration 1 –** Tableau de bord



## Annex 2 : Composition, origine et transport des matériaux

Cette annexe présente la composition, l'origine et les distances de transport des matériaux utilisés pour la construction des deux maisons prototypes à Banconi (Bamako) :

- La Maison Prototype BTC (briques de terre comprimée)
- La Maison Prototype Ciment.

Les informations ont été fournies par les équipes techniques de l'Aide internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise (AICRL) et de la Croix-Rouge malienne (CRM) sur la base des matériaux réellement utilisés.

Les données sur les matériaux incluent la composition, la quantité, le pays d'origine, la distance parcourue, et le moyen de transport jusqu'au site de construction.

Les distances ont été estimées à l'aide de Google Maps, en collaboration avec les équipes de terrain, afin d'alimenter les calculs de l'outil SMAC (Shelter Methodology for the Assessment of Carbon).

Les principales hypothèses méthodologiques sont les suivantes :

- Les distances représentent le trajet entre les points d'achat et le site de construction à Banconi.
- Le transport en amont de la chaîne d'approvisionnement (production, importation) n'a pas été inclus, les données n'étant pas disponibles.
- Le transport des déchets en fin de vie n'a pas été pris en compte.
- Les matériaux sont considérés comme transportés par camion, principal moyen logistique au Mali.
- Lorsqu'un matériau provient de plusieurs origines, une distance moyenne pondérée a été utilisée.
- Les pays d'origine indiqués correspondent aux points d'achat et ne reflètent pas toujours les lieux réels de fabrication. Certains matériaux peuvent avoir été partiellement transformés ou assemblés ailleurs avant leur acquisition.

**Tableau 1 – Maison Prototype BTC**

Nom	Matières premières	Quantité/ Kg	Pays d'origine	Distance parcourue Km	moyen de transport	Mise en paquets
Ciment	Ciment	300 kg	Mali (Bamako 60%) Côte d'Ivoire (Abdjan 20%) Sénégal (Dakar 20%)	506 km	Camion	Oui
Briques de terre comprimée	Terre + Ciment + eau	6,586 kg	Mali (Bamako)	7 km	Camion	Aucun
Remblais latéritique	Sol	14,000 kg	Mali (Koulikoro)	6 km	Camion	Aucun
Sable de fleuve propre	Sable	3,200 kg	Mali (Koulikoro)	17 km	Camion	Aucun
Chevron	Bois	97 kg	Mali (33% Yanofilila, 33% Bougoun) Côte d'Ivoire (33% Abidjan)	509 km	Camion	Aucun
Portes métalliques	Acier	10 kg	Mali (Bamako)	7 km	Camion	Aucun
Fenêtres en métal	Acier	6 kg	Mali (Bamako)	7 km	Camion	Aucun
Tôles ondulées en fer galvanisé	Acier	119 kg	Mali (Bamako)	5 km	Camion	Aucun
Pointes	Acier	2 kg	Mali (Bamako)	5 km	Camion	Aucun
Fer attache	Acier	2 kg	Mali (Bamako)	5 km	Camion	Aucun
Rouleaux de gaines Injelec	PVC	6 kg	Mali (Bamako)	5 km	Camion	Aucun

**Tableau 2 - Maison Prototype Ciment**

Nom	Matières premières	Quantité/ Kg	Pays d'origine	Distance parcourue Km	moyen de transport	Mise en paquets
Ciment	Ciment	2,500 kg	Mali (Bamako 60%) Côte d'Ivoire (Abdjan 20%) Sénégal (Dakar 20%)	506 km	Camion	Oui
Blocs de béton creux 15	Ciment + sable + eau	8,730 kg	Mali (Baconi)	2 km	Camion	Aucun
Bloc de béton massif 15	Ciment + sable + eau	6,900 kg	Mali (Baconi)	2 km	Camion	Aucun
Gravier de fleuve propre	Gravier	725 kg	Mali (Koulikoro)	17 km	Camion	Aucun
Sable de fleuve propre	Sable	16,000 kg	Mali (Koulikoro)	17 km	Camion	Aucun
Sol latéritique	Sol	28,000 kg	Mali (Bamako)	6 km	Camion	Aucun
Chevrans	Bois	97 kg	Mali (33% Yanofilila, 33% Bougoun) Côte d'Ivoire (33% Abidjan)	514 km	Camion	Aucun
Portes métalliques	Acier	10 kg	Mali (Bamako)	7 km	Camion	Aucun
Fenêtres en métal	Acier	6 kg	Mali (Bamako)	7 km	Camion	Aucun
Tôles ondulées en fer galvanisé	Acier	119 kg	Mali (Bamako)	5 km	Camion	Aucun
Pointes	Acier	2 kg	Mali (Bamako)	5 km	Camion	Oui
Fer attache	Acier	2 kg	Mali (Bamako)	5 km	Camion	Aucun
Barre d'armature (AHA 10)	Acier	95 kg	Mali (Bamako)	5 km	Camion	Aucun
Barre d'armature (AHA 06)	Acier	235 kg	Mali (Bamako)	5 km	Camion	Aucun
Rouleaux de gaines Injelec	PVC	1.5 kg	Mali (Bamako)	5 km	Camion	Aucun

## Annex 3 : Quantités de matériaux et volumes d'eau incorporée dans les maisons

Les tableaux ci-dessous présentent les matériaux utilisés pour la construction des deux modèles de maisons étudiés : la Maison Prototype BTC (briques de terre comprimée) et la Maison Prototype Ciment.

Les informations ont été fournies par les équipes techniques de l'Aide internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise (AICRL) et de la Croix-Rouge malienne (CRM) dans les pays d'intervention.

La consommation d'eau associée à chaque matériau a été calculée à l'aide de l'outil de durabilité du HCR pour les abris<sup>32</sup>.

**Tableau 1 - Maison Prototype BTC**

Matières premières	Quantité / Kg	Eau incorporée (L)
Bois	97 kg	2,574 L
Sol latéritique	14,000 kg	25,200 L
BTC	6,586 kg	13,172 L
Sable	3,200 kg	5,760 L
Consommation d'eau	61,894 kg	-
Matière synthétique	Quantité / Kg	Eau incorporée (L)
Ciment	300 kg	2,340 L
Acier	139 kg	9,572 L
Plastique (PVC)	6 kg	3,366 L

**Tableau 2 - Maison Prototype Ciment**

Matières premières	Quantité / Kg	Eau incorporée (L)
Bois	97 kg	2,574L
Gravier	725 kg	1,378 L
Sable	16,000 kg	28,800 L
Sol latéritique	28,000 kg	50,400 L
Consommation d'eau	183,139 kg	-
Matière synthétique	Quantité / Kg	Eau incorporée (L)
Ciment	2,500 kg	19,500 L
Blocs de ciment	15,630 kg	57,831 L
Acier	469 kg	21,815 L
Plastique (PVC)	1.5 kg	842 L

<sup>32</sup> [https://tims.unhcr.org/tss/green\\_house\\_gaz/list](https://tims.unhcr.org/tss/green_house_gaz/list)

## Annex 4 : Calculs des émissions de carbone

Les émissions de carbone (en équivalent CO<sub>2</sub>) ont été calculées à l'aide de l'outil SMAC, développé pour évaluer l'impact environnemental des modèles d'abris humanitaires.

L'outil estime les émissions à chaque étape du cycle de vie :

1. Production des matériaux,
2. Transport,
3. Fin de vie.

Les émissions liées à l'emballage n'ont pas été incluses, faute de données disponibles.

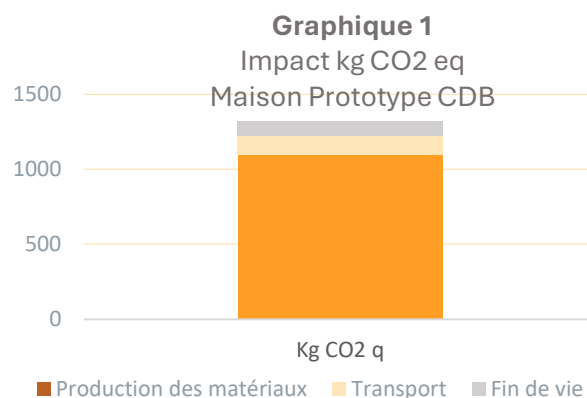
**Sources de données ;** Les informations sur les matériaux (poids, origine, transport et usage) ont été fournies par les équipes de terrain de l'Aide internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise (AICRL) et de la Croix-Rouge malienne (CRM). L'outil SMAC utilise des bases de données de référence et des valeurs types pour estimer les émissions de chaque matériau.

### Maison Prototype BTC

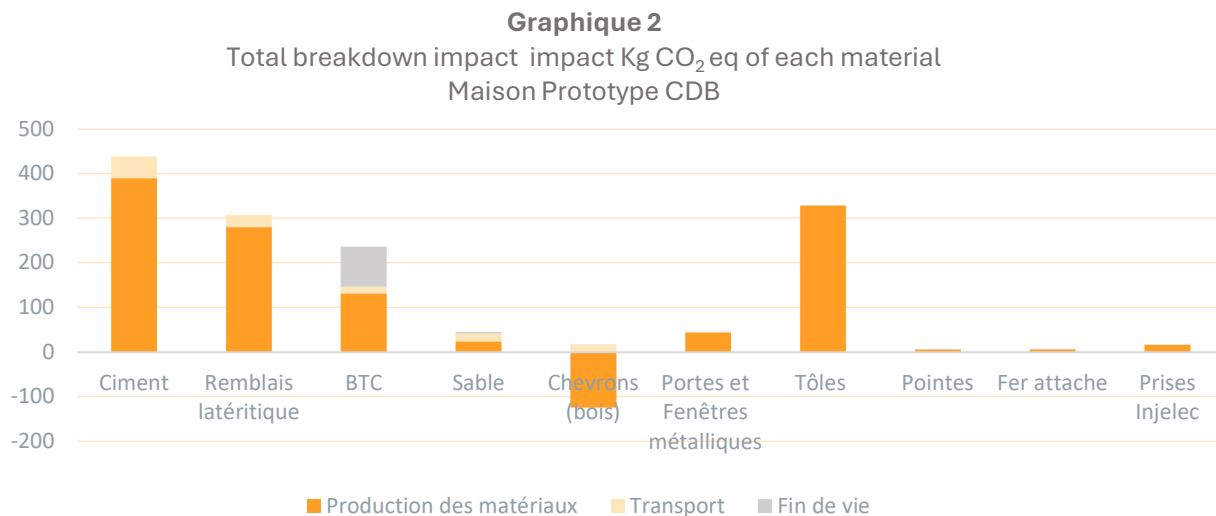
Le tableau 1 et le graphique 1 ci-dessous présentent la répartition des émissions de carbone (en kg CO<sub>2</sub> éq.) de l'unité Maison Prototype BTC, selon les différentes étapes du cycle de vie : *production des matériaux constitutifs, transport et fin de vie.*

**Tableau 1 - Maison Prototype BTC**

Impact	Émissions de carbone Kg CO <sub>2</sub> eq.
Matériaux constitutifs	1100
Emballage	Données non prises en compte
Transport	124
Fin de vie	95
<b>Total</b>	<b>1319</b>



Le graphique 2 ci-dessous illustre les émissions totales (en kg CO<sub>2</sub> éq.) de chaque matériau composant la Maison Prototype BTC, réparties selon les contributions de la *production des matériaux constitutifs*, du *transport* et de la *fin de vie*.

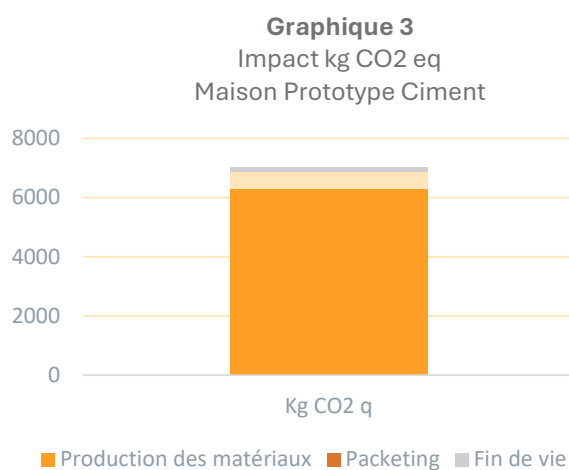


### Maison Prototype Ciment

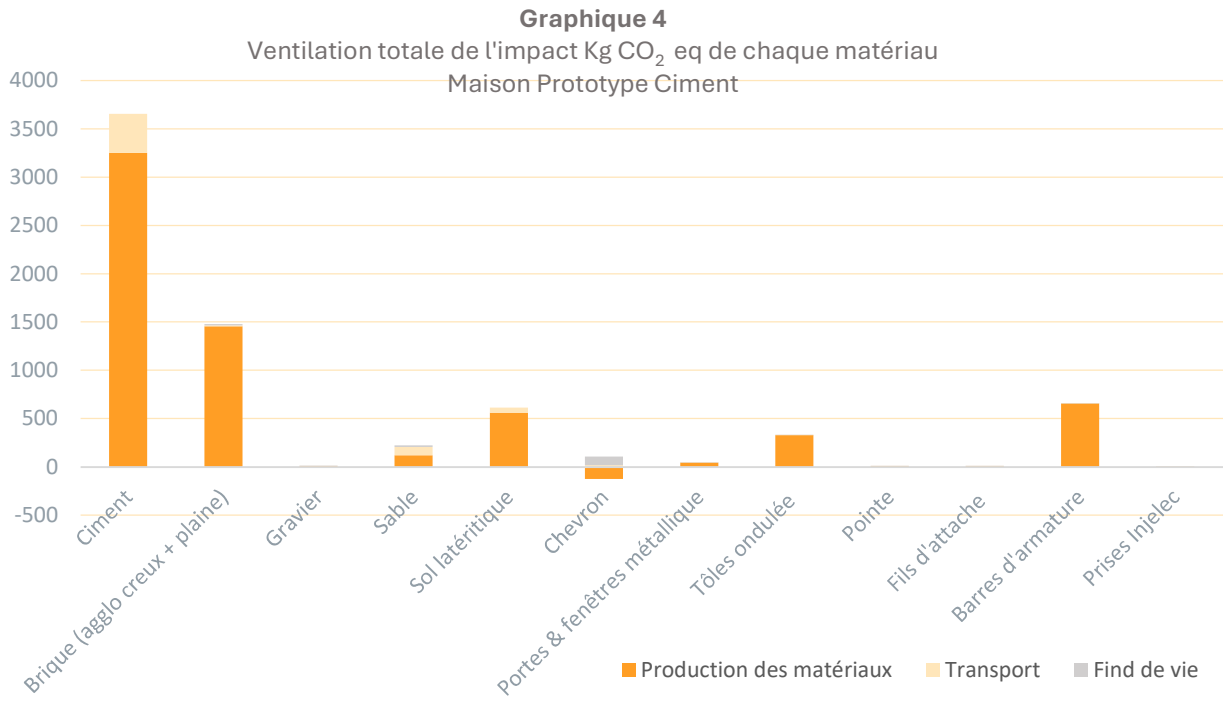
Le tableau 2 et le graphique 3 ci-dessous présentent la répartition des émissions de carbone (en kg CO<sub>2</sub> éq.) de l'unité Maison Prototype Ciment, selon les différentes étapes du cycle de vie : *production des matériaux constitutifs*, *transport* et *fin de vie*.

**Tableau 2 - Maison Prototype Ciment**

Impact	Émissions de carbone Kg CO <sub>2</sub> eq.
Matériaux constitutifs	6308
Emballage	Données non prises en compte
Transport	577
Fin de vie	123
<b>Total</b>	<b>7007</b>



Le graphique 4 ci-dessous illustre les émissions totales (en kg CO<sub>2</sub> éq.) de chaque matériau composant la Maison Prototype Ciment, réparties selon les contributions de la *production des matériaux constitutifs*, du *transport* et de la *fin de vie*.



## Annex 5 : **Fiches descriptives des matériaux utilisés dans les maisons prototypes**

Cette annexe présente une série de fiches descriptives sur les principaux matériaux utilisés dans les maisons prototypes (bois, eau, gravier, terre, sable, ciment, acier, PVC, etc.).

Chaque fiche vise à fournir une compréhension synthétique des caractéristiques, avantages, impacts environnementaux et bonnes pratiques d'utilisation propres à chaque matériau.

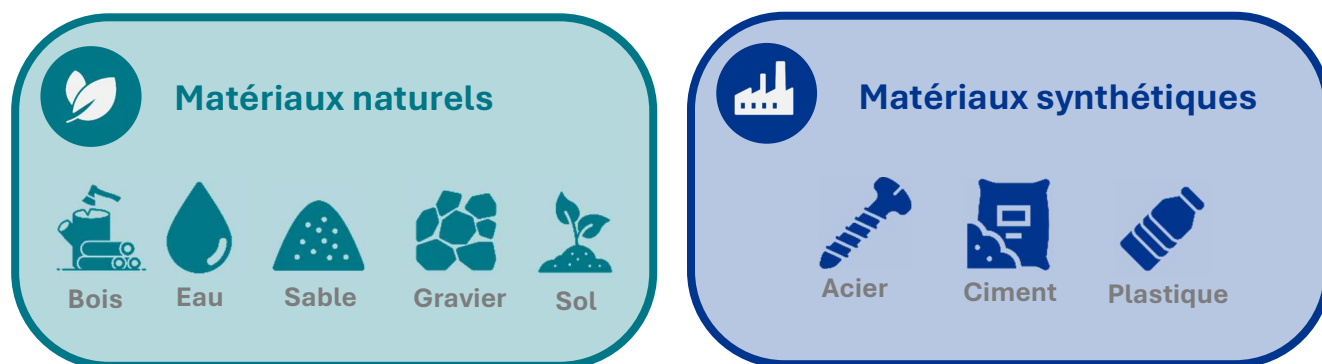
Les informations contenues proviennent de sources techniques et environnementales utilisées dans les programmes d'abris de l'Aide internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise (AICRL) et sont adaptées au contexte de construction au Mali.

### Chaque fiche comprend :

- Une description générale du matériau et de son usage dans la construction ;
- Les principaux avantages (disponibilité, durabilité, performance, valeur locale) ;
- Les impacts environnementaux potentiels liés à son extraction, à sa production, à son transport ou à sa fin de vie ;
- Les bonnes pratiques pour limiter ces impacts, notamment en matière d'approvisionnement et d'utilisation responsable ;
- Des recommandations de réutilisation et de recyclage, afin de favoriser la valorisation des matériaux en fin de vie et de réduire la production de déchets.

L'objectif de cette annexe est de servir de référence technique et environnementale pour la conception, la mise en œuvre et le suivi des projets de construction humanitaire, en encourageant l'adoption de matériaux durables, locaux et à faible impact.

Ci-dessous figurent les deux grands groupes de matériaux utilisés dans les maisons, illustrant les principales catégories : les matériaux naturels et les matériaux synthétiques.



# 1. BOIS



## DESCRIPTION

Le bois d'œuvre provient d'arbres récoltés puis sciés en poutres ou planches. Solide, léger et polyvalent, il est très utilisé dans la construction, les charpentes et les aménagements intérieurs.



## ADVANTAGES

- Ressource naturelle, renouvelable et biodégradable.
- Capte le carbone durant sa croissance.
- Faible consommation d'énergie pour la transformation.
- Favorise les économies locales lorsqu'il est produit localement.
- Permet une construction rapide avec des techniques simples et peu d'équipement.



## IMPACTS

- Exploitation non durable = déforestation et érosion des sols.
- Perte d'habitats naturels et émission de CO<sub>2</sub>.
- Transport sur longue distance = pollution et déchets.
- Produits de traitement parfois toxiques pour l'environnement et la santé.
- Sensible à l'humidité, aux termites et aux champignons sans protection adaptée.



## BONNE PRATIQUES

- Utiliser du bois issu de forêts gérées durablement (certifiées FSC ou équivalent).
- Privilégier les sources locales et traçables
- Concevoir les structures pour limiter le gaspillage, faciliter la réutilisation et le démontage.
- Employer des traitements naturels ou non toxiques.
- Protéger le bois de l'humidité et des parasites par une bonne conception (toiture, ventilation, surélévation).
- Ne pas brûler le bois traité chimiquement.



## RÉUTILISATION

- Réemployer le bois pour des réparations, du mobilier simple ou comme bois de chauffage.

## RECYCLAGE

- Réutiliser les chutes non traitées pour panneaux, paillage ou petites structures.

## FIN D'USAGE / ÉLIMINATION

- Éliminer le bois non réutilisable de façon sûre.
- Ne jamais brûler le bois traité chimiquement.

# 2. EAU



## DESCRIPTION

L'eau couvre environ 70 % de la surface de la Terre, mais seule une petite partie est douce et directement accessible. Essentielle à la vie, à la santé et aux écosystèmes, elle est aujourd'hui menacée par la surexploitation et la pollution.



## ADVANTAGES

- Indispensable à la vie et à la santé.
- Soutient l'agriculture et les écosystèmes.
- Essentielle au développement durable.
- Ressource vitale dans les contextes humanitaires.



## IMPACTS

- Diminution rapide des réserves d'eau douce.
- Agriculture responsable d'environ 70 % de la consommation mondiale.
- Pollution due aux engrais, pesticides et eaux usées
- Dégradation de la qualité des sols et des milieux naturels.



## BONNE PRATIQUES

- Protéger les sources d'eau et réduire le gaspillage.
- Prévenir la pollution par un meilleur traitement des eaux usées.
- Favoriser la collecte d'eau de pluie et l'utilisation rationnelle des ressources.
- Promouvoir une gestion équitable et durable de l'eau.



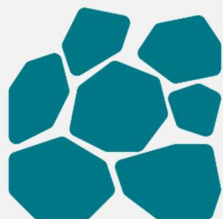
## RÉUTILISATION

- Non pertinente ; l'eau ne se réutilise pas comme un matériau de construction.

## RECYCLAGE

- Non pertinent ; l'eau peut être traitée pour être réutilisée, mais elle n'est pas recyclable au sens des matériaux.

# 3. GRAVIER



## DESCRIPTION

Le gravier est un matériau naturel formé de petits fragments de roches (2 à 64 mm), issus de la désagrégation ou du concassage de pierres. Il est couramment utilisé pour la construction, les routes et le drainage.



## AVANTAGES

- Matériau naturel, abondant et durable.
- Offre une bonne stabilité et un excellent drainage.
- Facile à trouver localement, réduisant le transport et les émissions.
- Nécessite peu de transformation avant utilisation.
- Compatible avec d'autres matériaux de construction.



## IMPACTS

- Risque de destruction d'habitats naturels en cas d'extraction non contrôlée.
- Pollution de l'eau et érosion des sols.
- Modification des régimes hydrologiques.
- Glissements de terrain et perte de terres agricoles.



## BONNE PRATIQUES

- Extraire uniquement de sites autorisés et gérés durablement.
- Évaluer les impacts environnementaux avant exploitation.
- Restaurer les zones exploitées après usage.
- Favoriser les sources locales pour limiter le transport.
- Mettre en place des mesures pour stabiliser les berges et protéger les écosystèmes.



## RÉUTILISATION

- Réutiliser le gravier récupéré lors de chantiers pour le drainage ou les fondations.
- Employer les gravats comme sous-couche pour routes ou chemins.

## RECYCLAGE

- Non pertinent ; le gravier n'est pas recyclable, mais peut être nettoyé et réutilisé dans de nouveaux projets de construction.

## FIN D'USAGE / ÉLIMINATION

- Éliminer les restes de gravier non réutilisables dans des zones stables et contrôlées.
- Éviter le rejet dans les cours d'eau ou zones naturelles pour prévenir l'érosion et la pollution.

# 4. SABLE



## DESCRIPTION

Le sable est constitué de petites particules de roches et de minéraux comme le quartz, le feldspath ou le mica. Formé naturellement par l'érosion, il est très utilisé dans la construction, le béton, le verre et d'autres matériaux essentiels.



## ADVANTAGES

- Naturel, abondant et disponible localement.
- Facile à manipuler et à mélanger avec d'autres matériaux (ciment, chaux, terre).
- Indispensable pour la fabrication du béton, du mortier et du verre.
- Bon drainage et stabilité pour les fondations et les travaux routiers.
- Faible coût et transformation minimale avant usage.



## IMPACTS

- Extraction excessive pouvant dégrader les paysages et les écosystèmes.
- Érosion des sols et modification des cours d'eau.
- Pollution de l'eau et perte de biodiversité aquatique.
- Risques sociaux et environnementaux accrus en l'absence de contrôle.



## BONNE PRATIQUES

- Limiter et contrôler l'extraction pour éviter la surexploitation.
- Privilégier les sources terrestres ou les carrières plutôt que les lits de rivières.
- Réaliser une évaluation environnementale avant toute exploitation.
- Restaurer les sites après extraction pour stabiliser les sols et les berges.
- Favoriser les fournisseurs locaux respectant les normes environnementales.



## RÉUTILISATION

- Réemployer le sable propre récupéré sur les chantiers pour des fondations, du mortier ou du remblai.
- Utiliser les restes de sable dans des travaux de nivellement ou de stabilisation du sol.

## RECYCLAGE

- Non pertinent ; le sable n'est pas recyclable industriellement, mais peut être tamisé et réutilisé dans d'autres projets de construction.

## FIN D'USAGE / ÉLIMINATION

- Déposer le sable inutilisable dans des zones stables et contrôlées.
- Éviter son rejet dans les cours d'eau ou zones naturelles pour prévenir l'érosion et la pollution.

# 5. SOL



## DESCRIPTION

Le sol est un matériau naturel composé de minéraux, d'eau, d'air et de matière organique. Présent partout, il est utilisé depuis des millénaires comme matériau de construction local, économique et durable.



## AVANTAGES

- Matériau local, économique et facilement disponible.
- Faible impact environnemental et recyclable.
- Bon isolant thermique et régulateur d'humidité.
- Réduction des besoins en transport et en énergie.
- Adapté aux savoir-faire traditionnels et aux ressources locales.



## IMPACTS

- Extraction excessive pouvant provoquer érosion et perte de fertilité des sols.
- Risque de déforestation ou de dégradation des terres lors de l'excavation.
- Production de poussières et altération des écosystèmes locaux.
- Nécessité de stabilisants (comme le ciment) pouvant augmenter l'empreinte carbone.



## BONNE PRATIQUES

- Évaluer les impacts avant d'extraire la terre.
- Réutiliser la terre excavée sur le site.
- Restaurer les zones après extraction.
- Former les artisans à des techniques durables.



## RÉUTILISATION

- Réutiliser la terre issue de démolitions pour de nouveaux mélanges ou remblais.
- Employer la terre non contaminée pour niveler ou stabiliser les sols.
- Réutiliser les briques d'adobe ou de BTC en bon état pour d'autres constructions.

## RECYCLAGE

- Recycler la terre désagrégée pour fabriquer de nouvelles briques.
- Mélanger les restes de terre avec du compost pour améliorer les sols agricoles.

## FIN D'USAGE / ÉLIMINATION

- Éliminer la terre contaminée dans des zones autorisées.
- Répartir la terre propre sur les sites dégradés pour la réhabilitation ou la végétalisation.

# 1. ACIER



## DESCRIPTION

L'acier est un alliage de fer et de carbone, solide, durable et modulable. Largement utilisé pour les structures, charpentes et toitures, il est essentiel dans la construction humanitaire pour sa résistance et sa longue durée de vie.



## AVANTAGES

- Matériau solide, durable et résistant aux charges lourdes.
- Entièrement recyclable sans perte de qualité.
- Réutilisable plusieurs fois dans différents projets.
- Facile à assembler, démonter et réparer.
- Permet des structures légères et durables, adaptées aux contextes humanitaires.



## IMPACTS

- Sa production consomme beaucoup d'énergie et émet beaucoup de CO<sub>2</sub>.
- L'extraction du fer abîme les sols et pollue l'eau.
- Le transport sur de longues distances augmente la pollution.
- Si non recyclé, laisse une grande empreinte sur l'environnement.



## BONNE PRATIQUES

- Acheter l'acier auprès de producteurs responsables.
- Utiliser uniquement la quantité nécessaire pour chaque projet.
- Privilégier l'acier recyclé ou réemployé localement pour réduire les transports.
- Concevoir des structures démontables, réparables et faciles à recycler en fin de vie.
- Former les artisans pour limiter les pertes pendant la construction.
- Stocker l'acier à l'abri de l'humidité et éliminer les déchets sans polluer.



## RÉUTILISATION

- Réemployer les barres et tôles en bon état pour de nouvelles structures ou réparations.
- Adapter les pièces récupérées pour créer des abris ou charpentes simples.

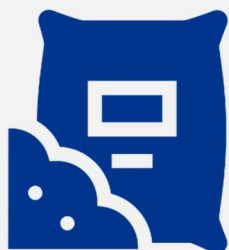
## RECYCLAGE

- Recycler la ferraille localement pour produire de nouveaux éléments en acier.

## FIN D'USAGE / ÉLIMINATION

- Stocker l'acier à l'abri et éviter tout abandon dans l'environnement.
- Envoyer les déchets vers des centres de récupération agréés.

# 2. CIMENT



## DESCRIPTION

Le ciment est un liant minéral clé dans la fabrication du mortier et du béton, produit à partir de calcaire, d'argile et d'autres minéraux extraits de carrières. Après l'eau, c'est la ressource la plus utilisée au monde



## AVANTAGES

- Solide, durable, et résistance aux intempéries.
- Permet de construire des structures stables et durables.
- Disponible presque partout et facile à produire localement.
- Peut réduire la fréquence des reconstructions en zones exposées.
- Peut remplacer partiellement le bois, limitant la pression sur les forêts.



## IMPACTS

- Sa production consomme beaucoup d'énergie et rejette beaucoup de CO<sub>2</sub>.
- Elle utilise de grandes quantités d'eau et de sable.
- Elle pollue l'air et l'eau autour des usines.
- L'extraction du calcaire abîme les paysages et les habitats naturels.



## BONNE PRATIQUES

- Utiliser le ciment seulement quand c'est nécessaire.
- Mélanger avec des matériaux locaux (terre stabilisée, BTC) pour en réduire la quantité.
- Réemployer ou recycler les restes de béton quand c'est possible.
- Éviter tout rejet dans la nature et gérer les déchets sur des sites adaptés.
- Former les artisans à des techniques de construction plus efficaces et moins consommatrices.



## RÉUTILISATION

- Réutiliser les blocs ou éléments en béton pour des fondations secondaires, murs de soutènement ou chemins.
- Employer les morceaux de ciment durci comme matériau de remplissage ou de stabilisation.

## RECYCLAGE

- Concasser le béton pour en faire du gravier ou des agrégats recyclés.
- Réutiliser ces matériaux dans de nouvelles constructions ou routes.

## FIN D'USAGE / ÉLIMINATION

- Éviter le rejet dans la nature.
- Stocker ou déposer les déchets de ciment dans des sites agréés pour matériaux inertes.

# 4. PLASTIC



## DESCRIPTION

Le plastique regroupe une grande famille de matériaux synthétiques dérivés du pétrole, du gaz ou de sources biosourcées. Léger, résistant et facile à mouler, il est omniprésent dans la vie quotidienne et dans le secteur humanitaire.



## ADVANTAGES

- Léger, résistant et imperméable.
- Facile à mouler, à découper et à assembler.
- Peu coûteux et disponible partout.
- Transport et installation simples grâce à sa légèreté.
- Certains types (PE, PET, PP) peuvent être recyclés.
- Utile pour de nombreux usages humanitaires : bâches, réservoirs, seaux, cordes, emballages.



## IMPACTS

- Production et incinération très émettrices de CO<sub>2</sub>.
- Non biodégradable, il reste très longtemps dans l'environnement.
- Il se fragmente en microplastiques qui polluent sols, rivières et océans.
- Risque de libération de substances nocives pour la santé.
- Impact négatif sur la santé et les écosystèmes.



## BONNE PRATIQUES

- Limiter l'usage du plastique à usage unique.
- Privilégier les plastiques réutilisables ou recyclables (PE, PET, PP).
- Acheter auprès de fournisseurs responsables proposant des produits durables.
- Mettre en place des systèmes de collecte et de tri sur les sites.
- Former les communautés à la gestion des déchets plastiques.
- Recycler ou réutiliser les plastiques propres pour d'autres usages sur le terrain.



## RÉUTILISATION

- Réutiliser les seaux, bidons ou bâches pour le stockage ou le transport.
- Employer les plastiques solides pour d'autres usages sur le terrain.
- Transformer les restes en objets simples (cordes, nattes, décorations).

## RECYCLAGE

- Trier les plastiques par type avant traitement.
- Broyer et fondre les plastiques propres pour créer de nouveaux produits.

## FIN D'USAGE / ÉLIMINATION

- Jeter seulement les plastiques non réutilisables.
- Les déposer dans une zone ou décharge contrôlée.
- Ne pas les abandonner dans la nature.