

ECOCONSTRUCTION

UNE DÉMARCHE RECOUVRANT DE MULTIPLES ENJEUX FACE À L'URGENCE CLIMATIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

Eurre, 13 juin 2024

Sébastien DELMAS, Cerema

LE CEREMA EN QUELQUES CHIFFRES

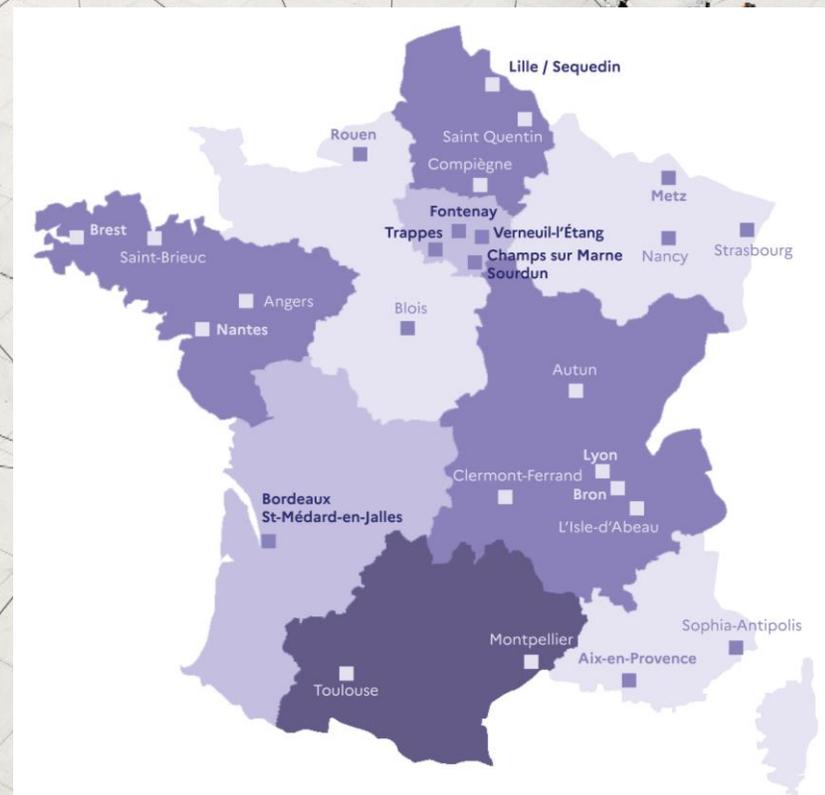
2500 Agents

23 villes en France

10 équipes de recherche

40 projets européens

2600 publication de références



LA RÉUNION - MAYOTTE GUADELOUPE - MARTINIQUE - GUYANE

IMPLICATIONS DU CEREMA



Pôle Biogeo

Caractérisation multi-échelle des propriétés mécaniques, thermiques, hydriques et acoustiques des matériaux bio et géosourcés



Projet Ademe Normalisation granulats pour bétons biosourcés

Normalisation



Recherche
Normalisation



Evaluation de la qualité de l'air intérieur et des émissions de matériaux biosourcés



Projet Ademe EMIBIO



Projet Ademe ACLIBIO

Etude du vieillissement d'isolants biosourcés dans une perspective de changement climatique



Suivis instrumentés



Etudes
opérationnelles



Formations



Ressources
documentaires

Diffusion des
connaissances



Lettre d'informations
« Biosourçons ! »

Évaluation impact
environnemental





Eco-construction ?

DEFINITION DE L'ECO-CONSTRUCTION

- **Larousse** : " Procédé architectural visant à réduire, voire à supprimer, tout impact négatif d'une construction sur l'environnement "
- **Autres définitions** :
 - " L'écoconstruction, ou construction durable, consiste en la réalisation ou la rénovation d'un bâtiment ou d'une pièce de la manière la plus respectueuse de la nature possible. "
 - " La construction durable intervient tout au long du cycle de vie du bâtiment afin de rendre ce processus plus écologique."
 - " L'éco-construction c'est créer un logement le plus naturel possible, avec des matières premières locales permettant de respecter au mieux l'environnement dans lequel le bâtiment est situé "
 - " L'écoconstruction ou construction durable (Anglais : Green Building) est la création, la restauration, la rénovation ou la réhabilitation d'un bâtiment en lui permettant de respecter au mieux l'écologie à chaque étape de la construction, et plus tard, de son utilisation (chauffage, consommation d'énergie, rejet des divers flux : eau, déchets)."
- **Norme ISO 15392:2019** : Développement durable dans les bâtiments

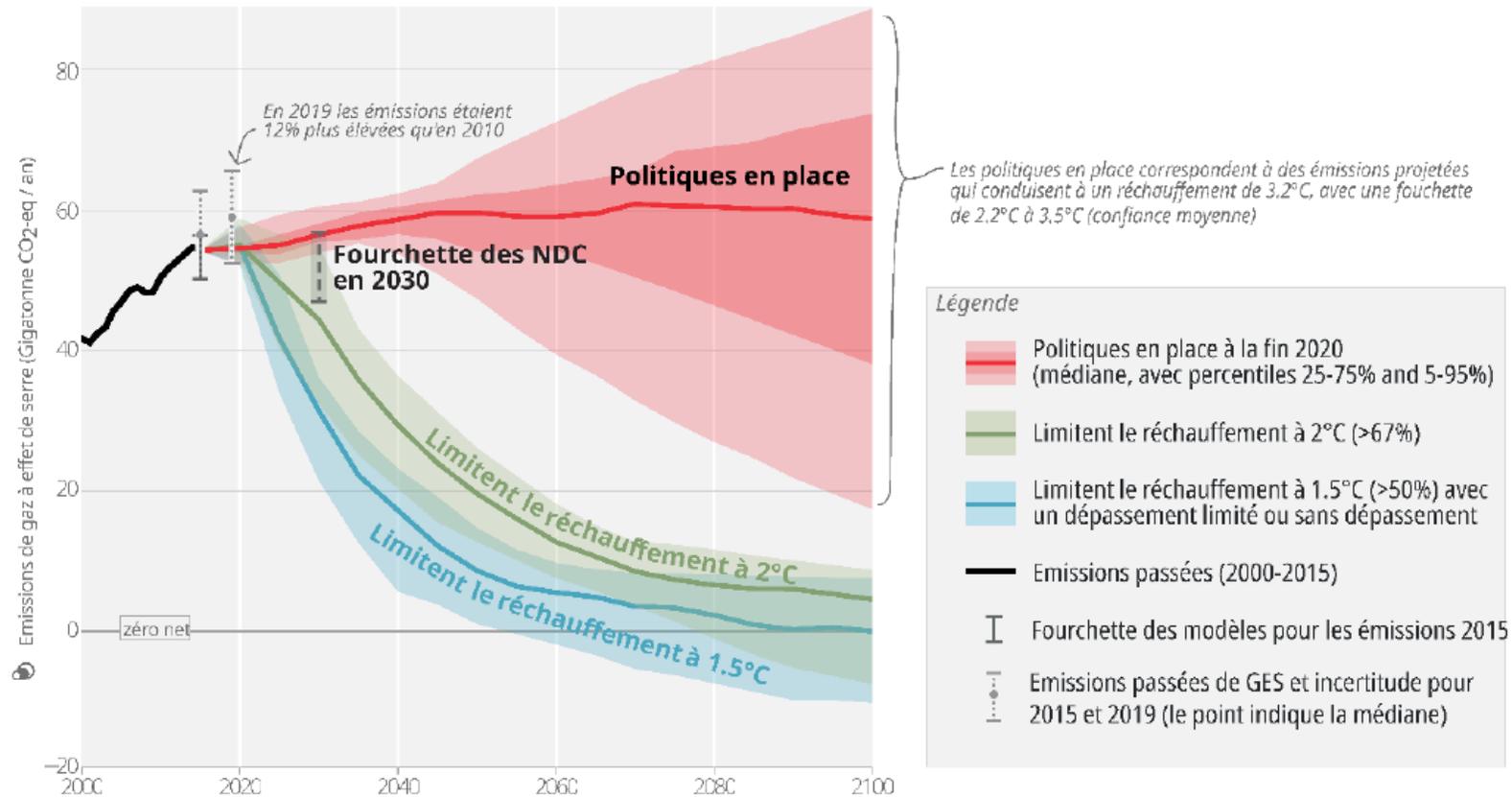


Contexte

© Westend61/Ingo Bartussek

CONTEXTE

- Changement climatique



Source : Figure adaptée de la Figure 5 du résumé pour décideurs du Rapport de Synthèse du GIEC (IPCC, 2023)

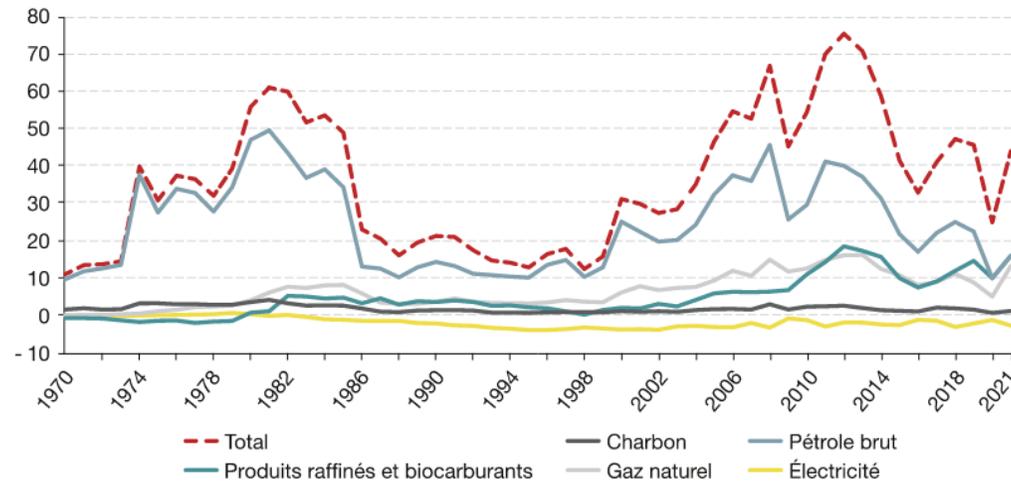
La fourchette des émissions NDC (Contributions déterminées au niveau national) en 2030 correspond aux engagements des Etats pris avant octobre 2021

CONTEXTE

- Augmentation du prix de l'énergie
- Importation des énergies fossiles

FACTURE ÉNERGÉTIQUE PAR TYPE D'ÉNERGIE

En milliards d'euros 2021



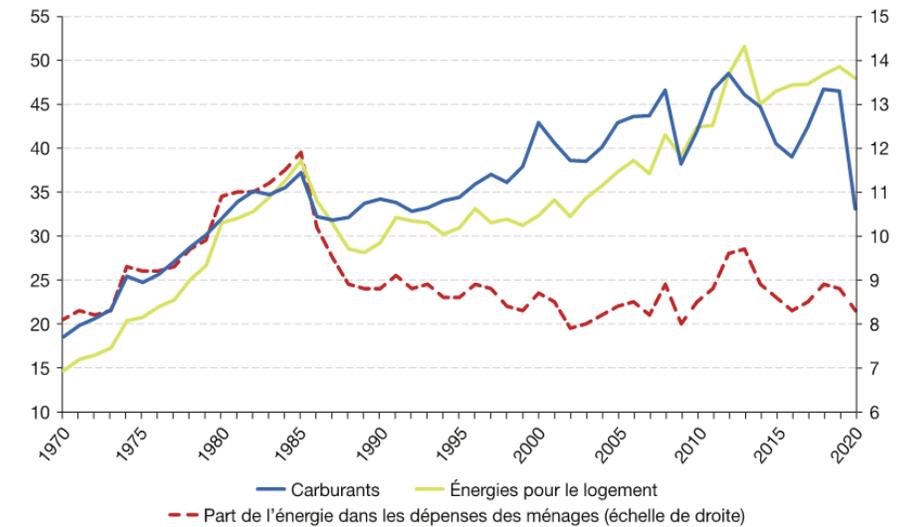
Champ : France entière (y compris DROM).

Source : SDES, Bilan énergétique de la France, d'après DGDDI, enquête auprès des raffineurs

DÉPENSES D'ÉNERGIE DES MÉNAGES ET PART DANS LEUR BUDGET

En milliards d'euros 2020

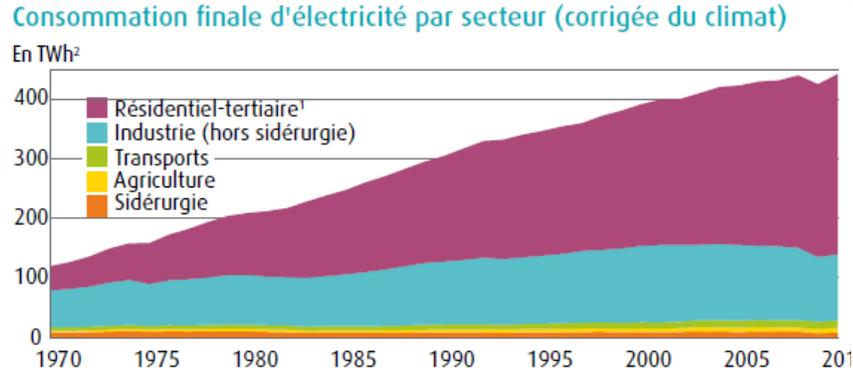
En % des dépenses des ménages



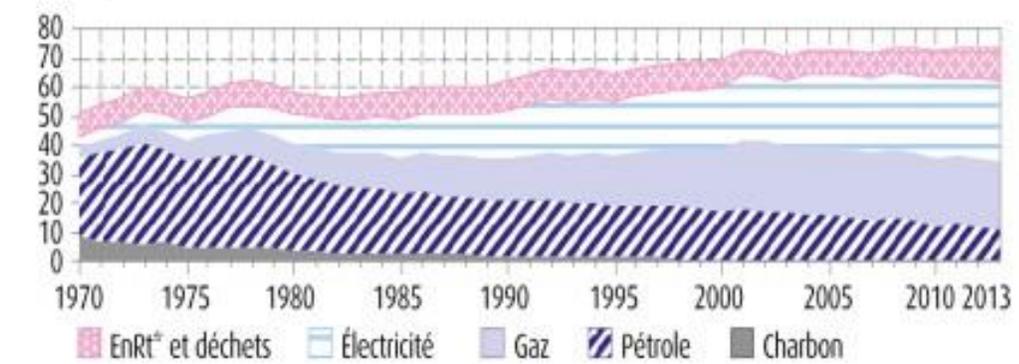
CONTEXTE

La consommation énergétique a augmenté de 30 % entre 1970 et 2000 en France, à cause de :

- l'accroissement du parc (+40%),
- l'augmentation de la surface moyenne occupée,
- l'amélioration du confort (température intérieur plus élevée),
- et du développement des usages spécifiques de l'électricité.



3. Résidentiel-tertiaire (corrégée des variations climatiques) En Mtep



* Énergies renouvelables thermiques (voir définitions p. 47).

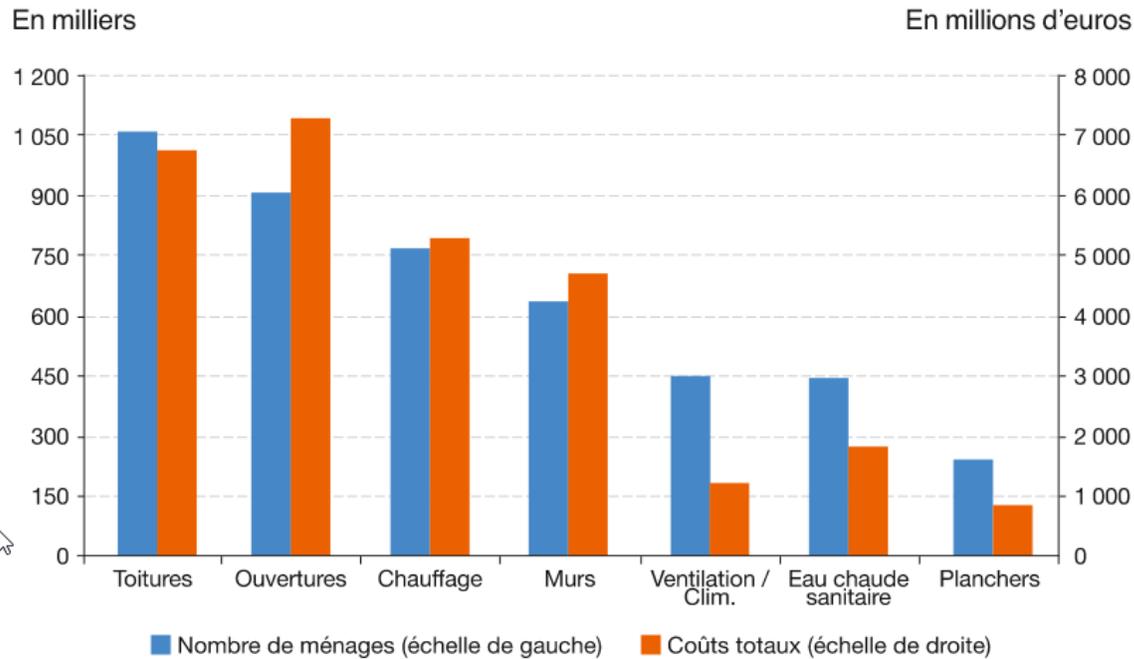
Source : calculs SOeS, d'après les sources par énergie

CONTEXTE

La consommation énergétique a légèrement baissé depuis les années 2000

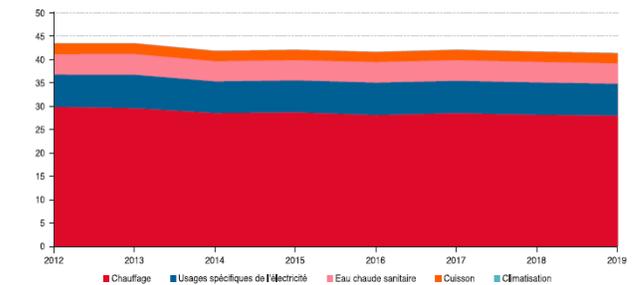
- Les gains d'efficacité ont été compensés par l'accroissement des besoins et des surfaces
- Pourtant, les particuliers investissent ~30 Milliards/an pour rénover énergétiquement leurs logements

DÉPENSES DE RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DES MAISONS INDIVIDUELLES EN 2019



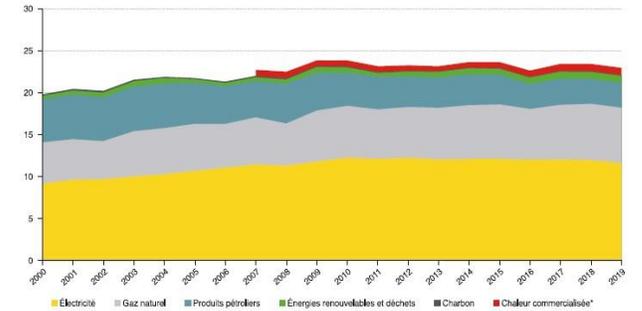
Source : enquête Tremi 2020, exploitation SDES, calculs Pouget Consultants

Figure 5.3.3 : consommation finale énergétique dans le secteur résidentiel par usage



Source : SDES - Ministère de la Transition écologique et solidaire

Figure 5.4.1 : consommation finale énergétique du secteur tertiaire



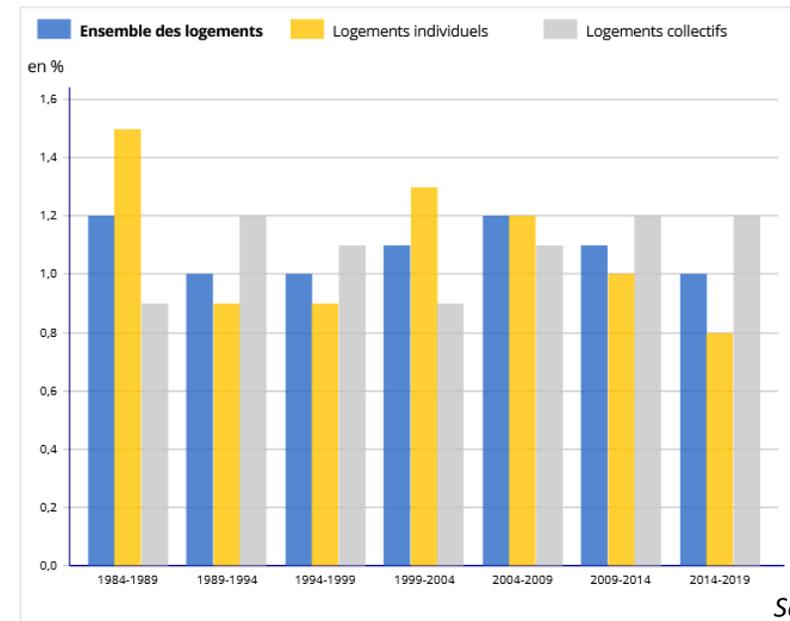
CONTEXTE

Le logement représente

- 36 millions de logements (30 millions en résidence principale)
- ~360 000 logements construits chaque année
- Augmentation du parc de 1 % par an en moyenne

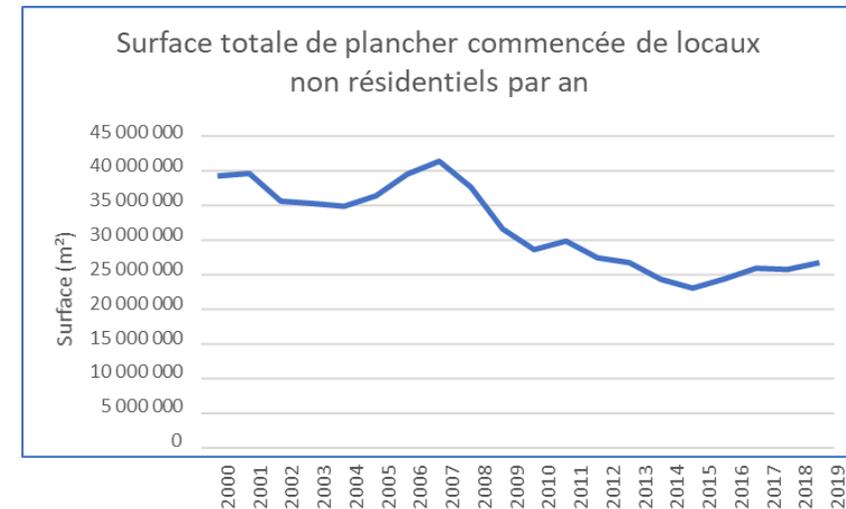
Les bâtiments tertiaires

- 850 millions de m² de tertiaire
- 30 millions de m² tertiaire construit chaque année
- 4% d'augmentation du parc chaque année



Source : Insee - SDES

Évolution annuelle moyenne du nombre de logements par type d'habitat depuis 1984



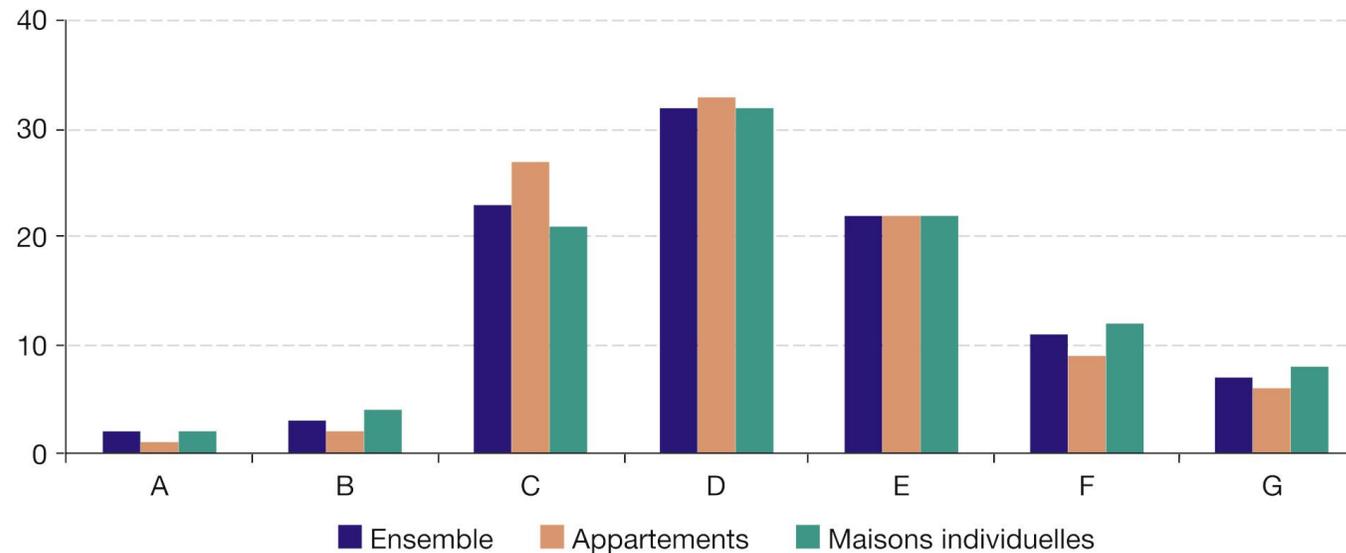
Source : SDES

CONTEXTE

Le logement représente

- 1,5 million des logements (5 %) sont peu énergivores = étiquettes A et B.
- 7,2 millions de logement (~ 20 %) sont des « passoires énergétiques » (étiquettes F et G).
- Parmi les résidences secondaires et des logements vacants, 55 % des logements sont classés E, F et G, contre 39 % pour les résidences principales.

En pourcentage de l'ensemble du parc de résidences principales

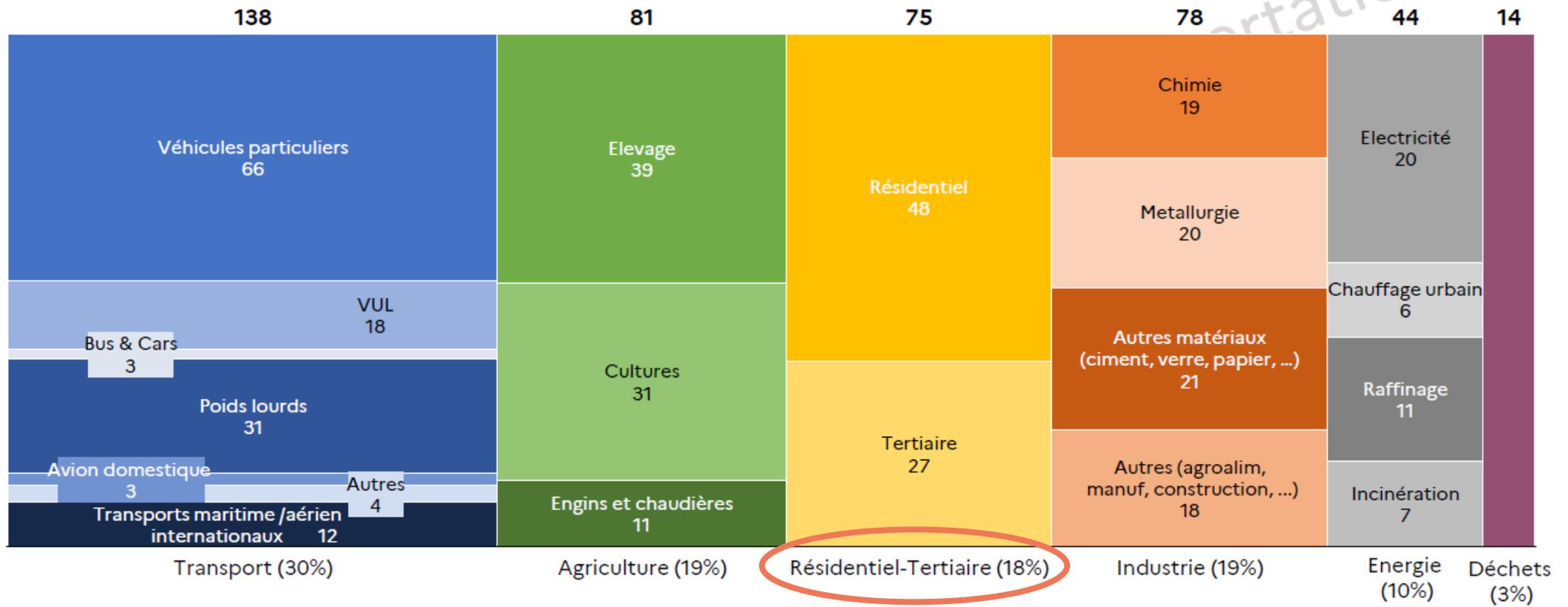


Source : ONRE - SDES ; Insee, Fidéli ; Ademe, Observatoire des DPE

BILAN CARBONE DU SECTEUR DU BÂTIMENT

Nos émissions nationales de gaz à effet de serre (2021)

Emissions annuelles de gaz à effet de serre (GES) en France en 2021 (MtCO2e)



12/06/2023

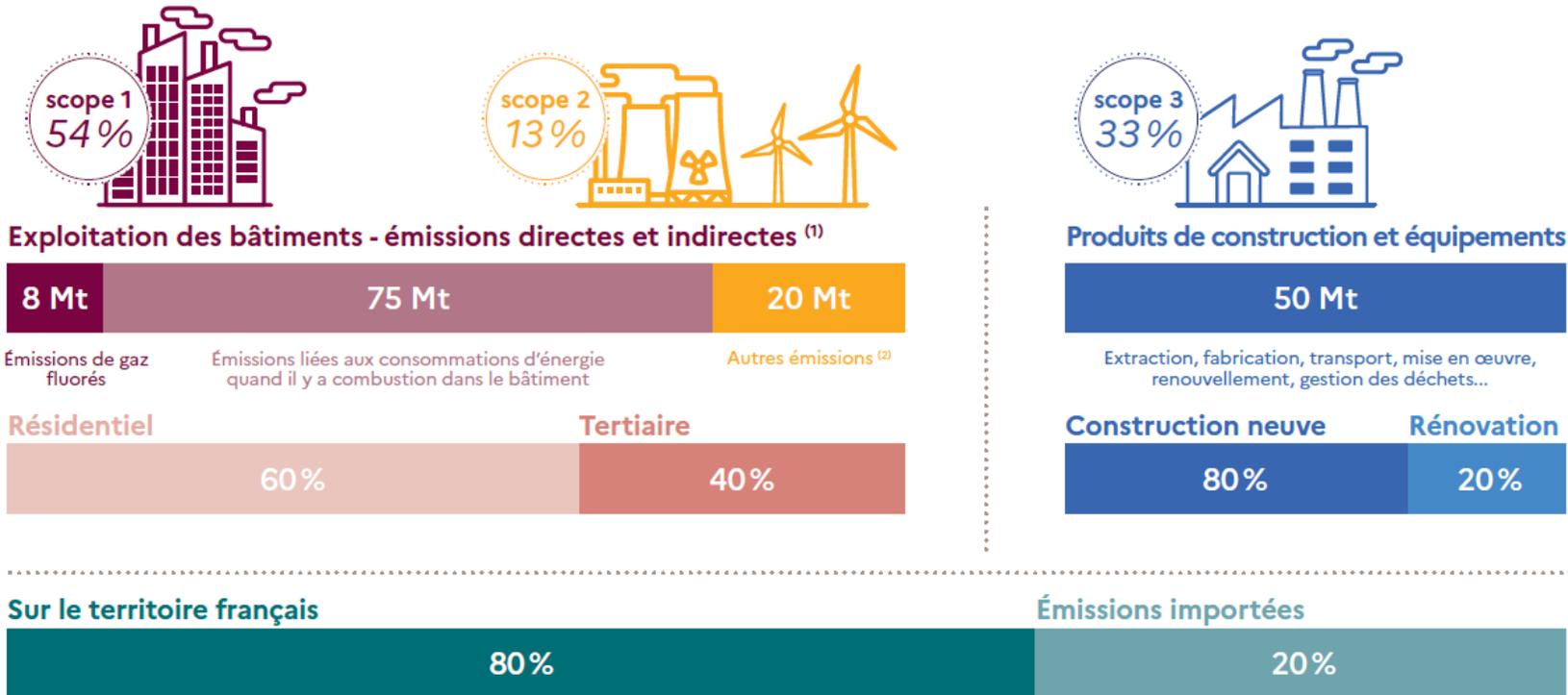
Source : CITEPA-SECTEN edition 2022, baromètre mensuel – hors UTCATF

6

BILAN CARBONE DU SECTEUR DU BÂTIMENT

L'empreinte carbone de la chaîne de valeur du bâtiment représente 150 Mt CO₂ en 2019, soit **25 % de l'empreinte carbone annuelle de la France**.

RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE CARBONE DE LA CHAÎNE DE VALEUR BÂTIMENT (ANNÉE DE RÉFÉRENCE : 2019)



⁽¹⁾ Émissions comptabilisées selon le cycle de vie des vecteurs énergétiques. L'utilisation de produits domestiques est partiellement incluse. Sont exclus : les déchets et brûlage domestiques et eaux usées, les engins domestiques (ex : jardinage).

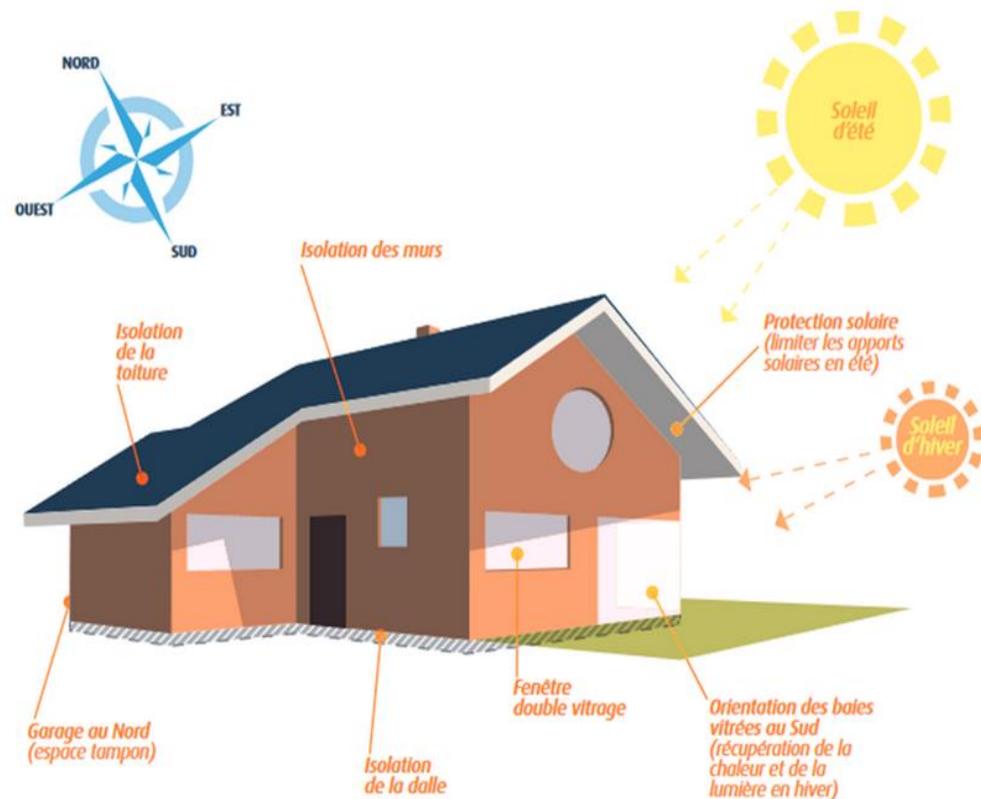
⁽²⁾ Autres émissions liées aux consommations d'énergie : celles relatives à l'usage de l'électricité, de réseaux de chaud/froid provenant de réseaux urbains.



Réduire l'impact environnemental de la construction

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

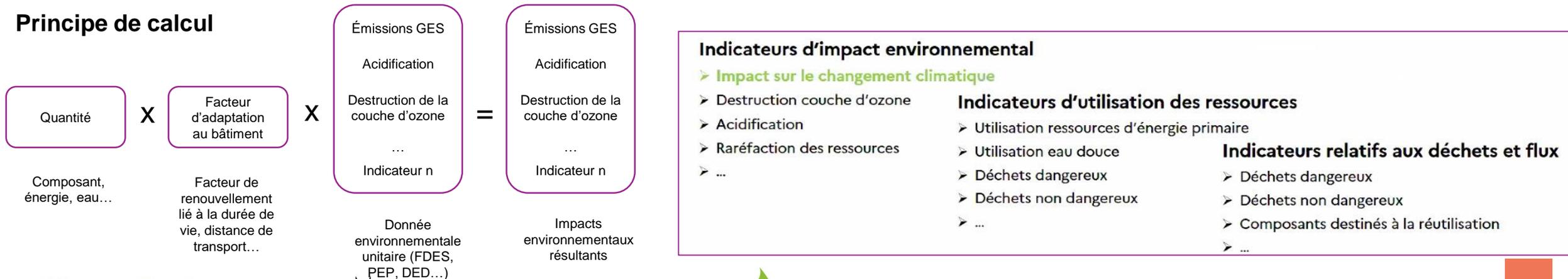
- Améliorer la performance énergétique
 - Optimiser la conception bioclimatique
 - Privilégier
 - Les systèmes énergétiques à haut rendement
 - Les énergies décarbonées
 - Compléter par une production d'énergie renouvelable



PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE



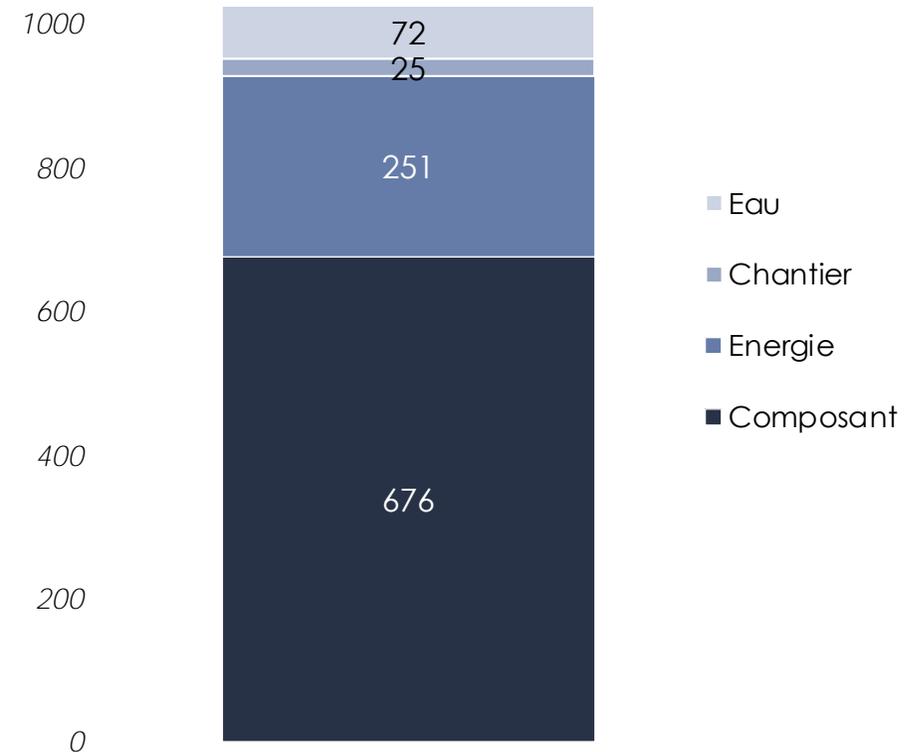
Principe de calcul



PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

- Réduire l'impact carbone
 - Les matériaux de construction représente 2/3 de l'impact carbone des bâtiments en logements collectifs.

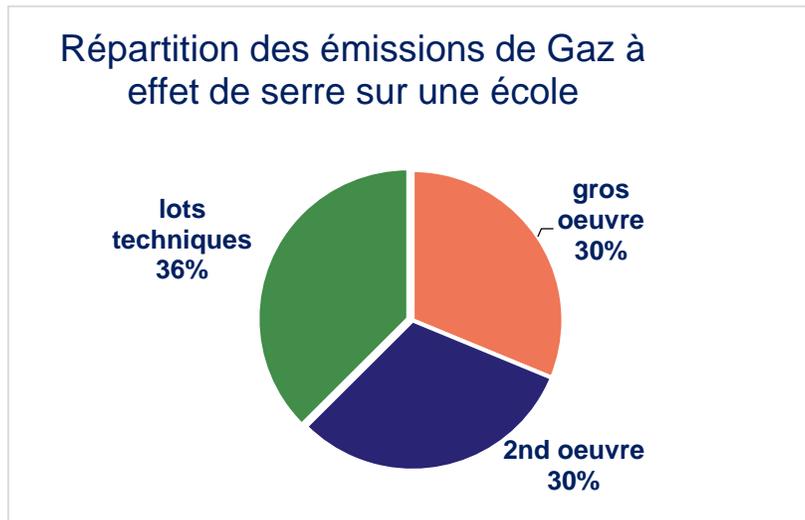
Exemple de répartition de l'impact carbone des bâtiments
| kgCO_2/m^2 sur 50 ans



Source : Hub des prescripteurs bas carbone

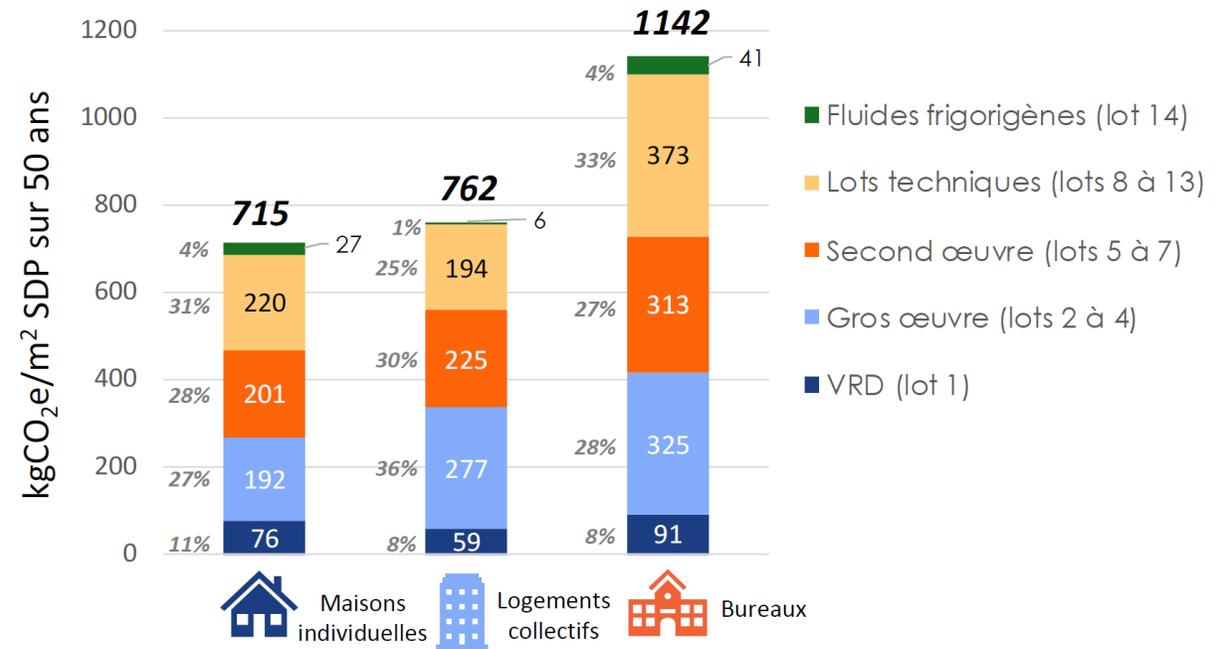
PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

- Réduire l'impact carbone
 - Tous les matériaux et produits de construction ont un impact carbone conséquent



Source: ex-mallette AICVF

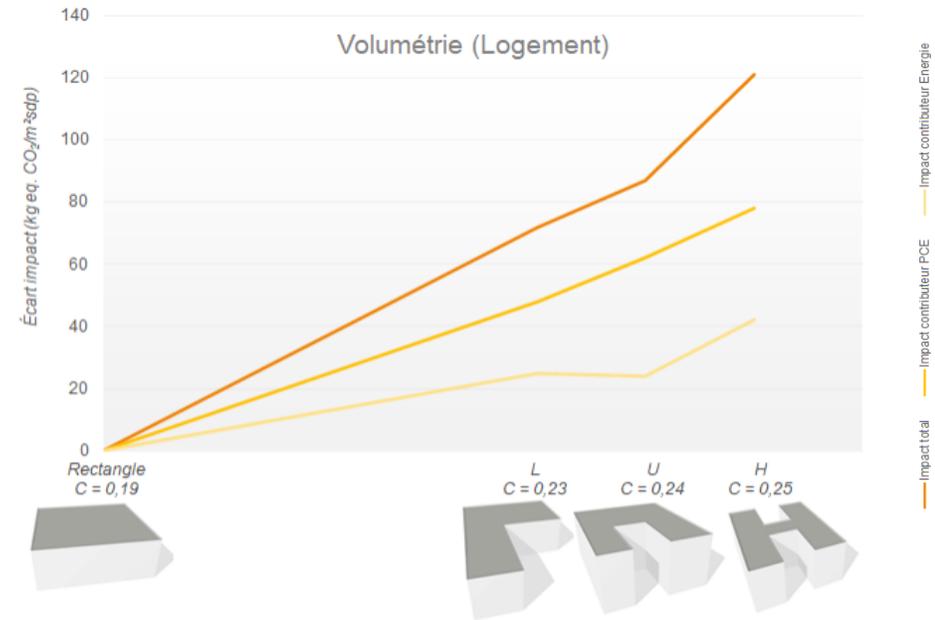
Répartition moyenne de l'empreinte PCE par lot



Source : Hub des prescripteurs bas carbone

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

- Réduire l'impact carbone
 - Conception compacte & sobriété
 - Rationaliser et mutualiser les surfaces, prescrire la compacité, optimiser le taux de vitrage...
 - Moins de matière = moins de Carbone



Évolution de l'empreinte carbone en fonction de la compacité

Source : Hub des prescripteurs bas carbone

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

- Réduire l'impact carbone

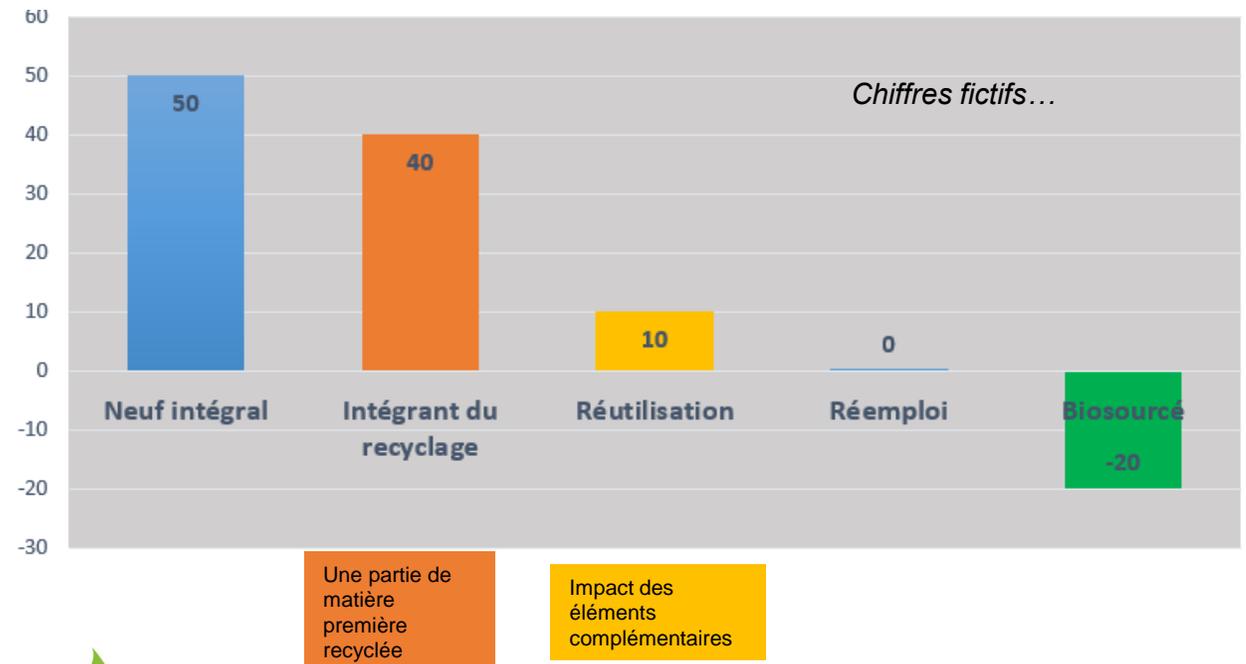
- Utilisation de matériaux bas carbone

- Dans les prochaines années, les fabricants sont appelés à décarboner leurs produits sur tout leur cycle de vie

➔ éco-conception

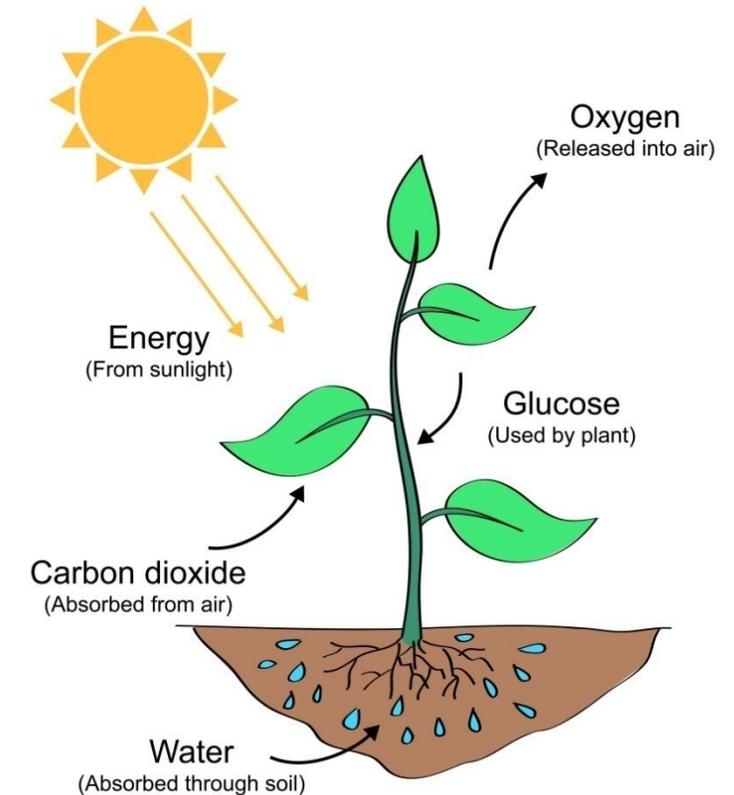
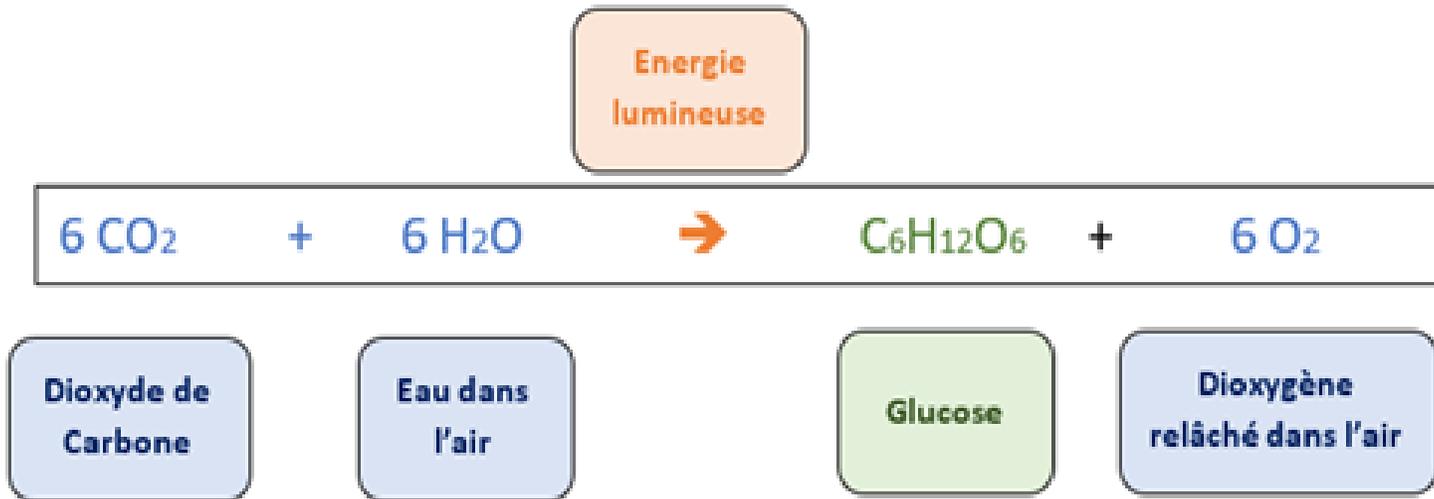
- Utilisation de matériaux biosourcés

- Réemploi



STOCKAGE CARBONE DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

Carbone biogénique : carbone constitutif d'un végétal, provenant du processus de photosynthèse à partir du CO₂ de l'air.



PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

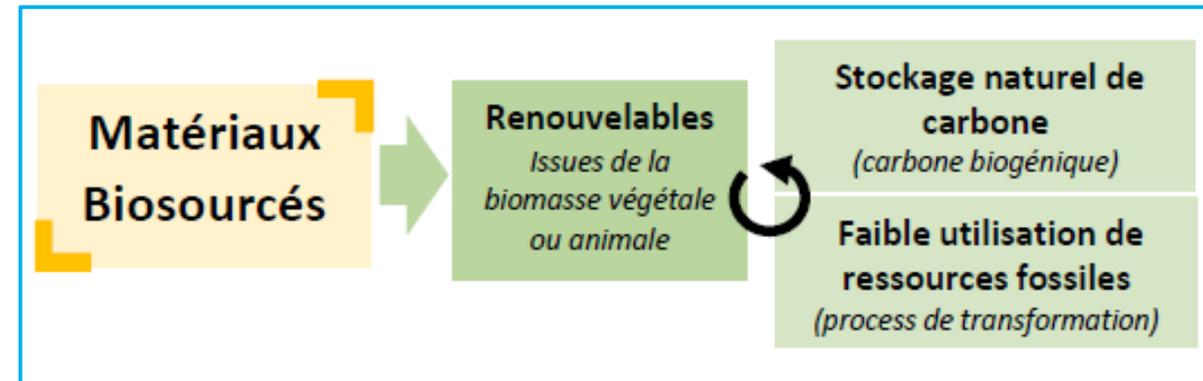
- Réduire l'impact carbone

- Produits biosourcés

« Lorsque l'on compare les matériaux biosourcés aux autres matériaux d'une même catégorie nous observons un ordre de grandeur général de gain carbone de - 60%. »

- Quelques exemples :

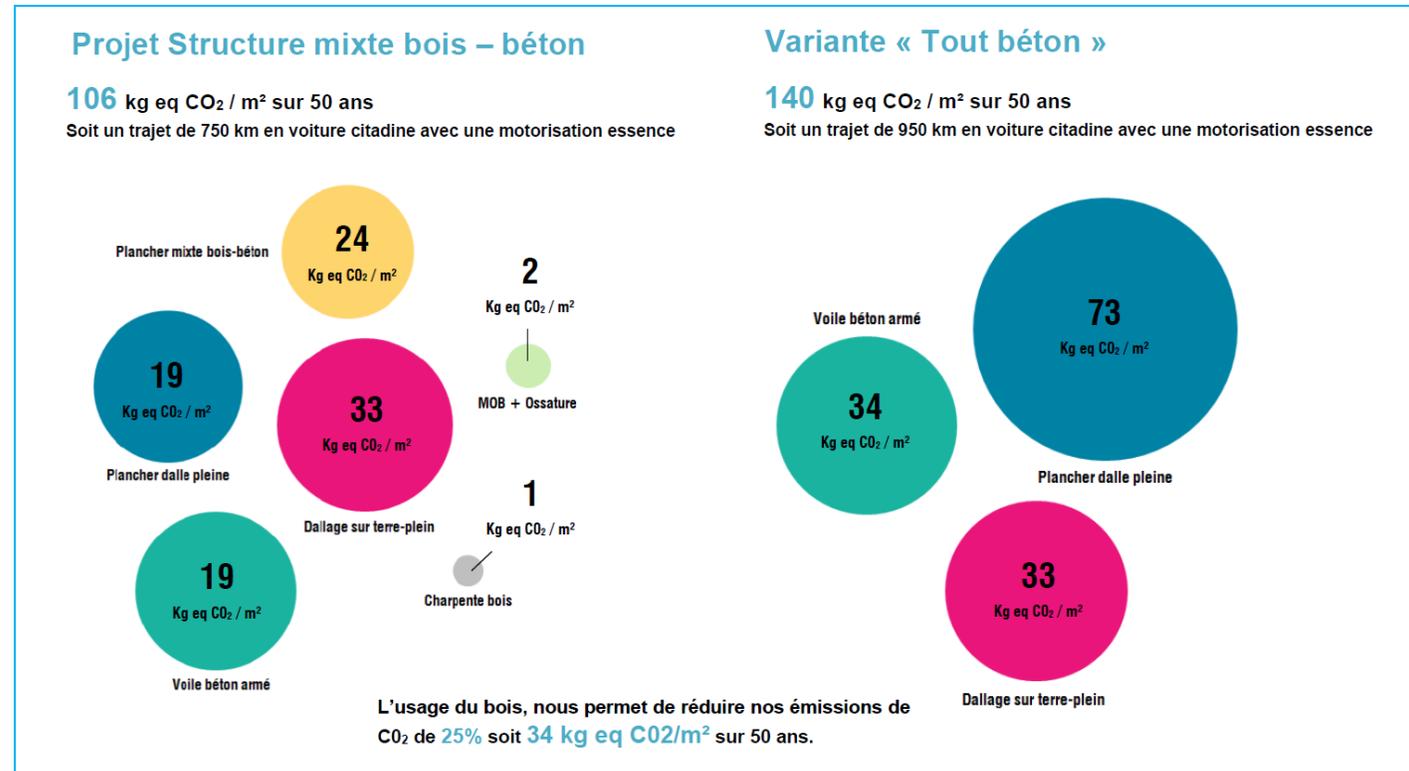
- Fenêtres/ Portes fenêtres en bois aluminium : - 26%
 - Revêtements de sols durs / Parquet : - 44%
 - Plancher/ Bois : - 95%
 - Isolants intérieur / Laine de chanvre : - 79%



Source : Hub des prescripteurs bas carbone

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

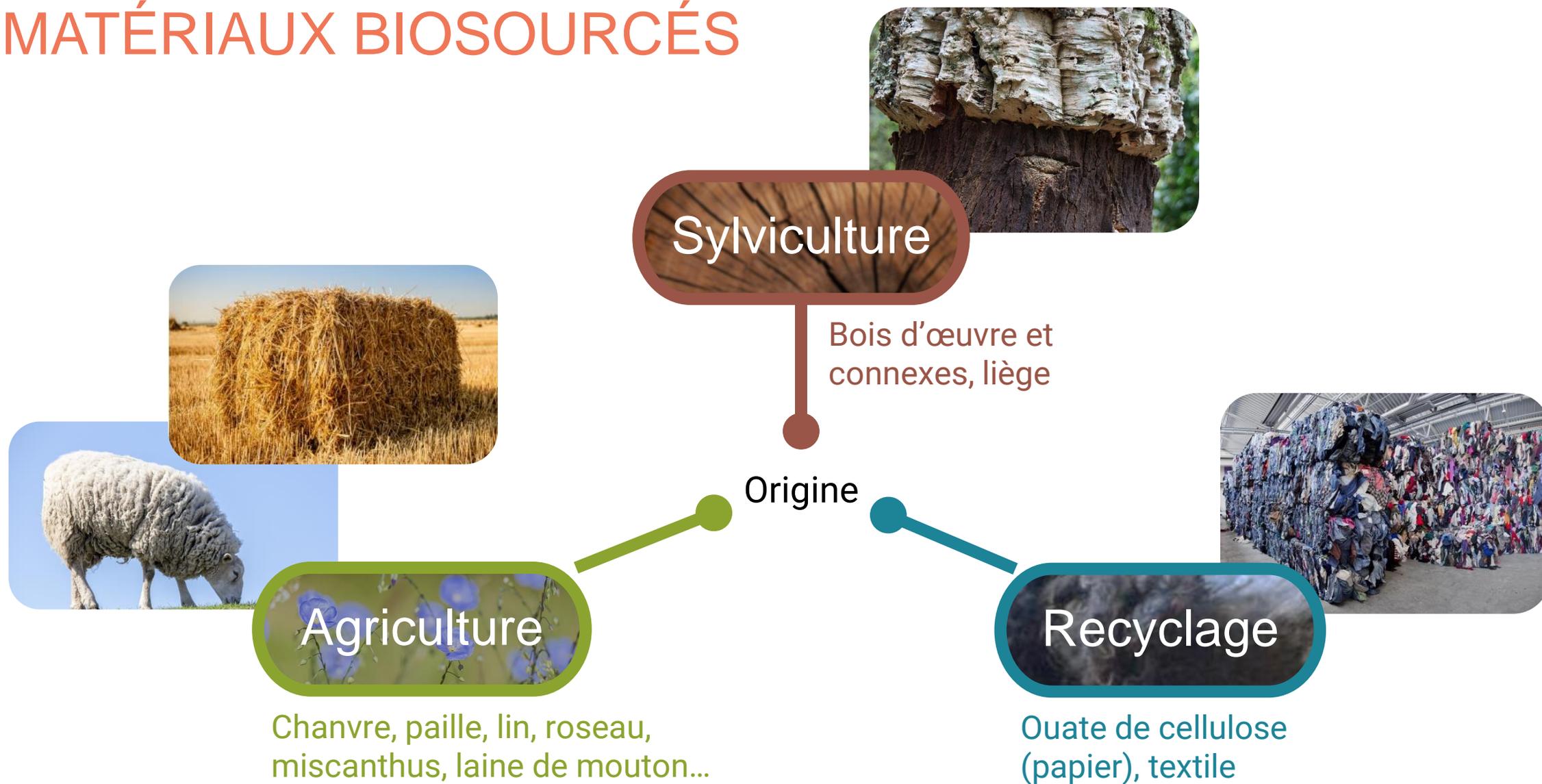
- Réduire l'impact carbone
 - Produits biosourcés
 - Exemple du lycée Nort du Erdre





Utiliser des ressources locales

MATÉRIAUX BIOSOURCÉS



MATÉRIAUX GÉOSOURCÉS

Terre crue

Granulats (cailloux, graviers, sables et silts) et liant (pâte formée par les argiles et l'eau)

Pierre

Pierre sèche, pierre hourdée

Origine minérale

Non exhaustif

Matériau structurel



Pisé
(coffré, peu d'eau)

© Nicolas Meunier



Bauge
(boules empilées)

© Myriam Olivier



Adobe
(briques séchées maçonnées)

© Jerónimo Zuríga/Amàco



Briques de terre comprimée

© Amàco

Matériau de remplissage



Torchis
(souvent remplissage de structure bois, amendé de paille)

© Jolie Terre/Izuba



Terre allégée
(ex : terre-paille)

© Cerema

Parement, finitions



Enduit
Terre+ eau + fibres (chanvre, sciure, lin, paille, etc.)

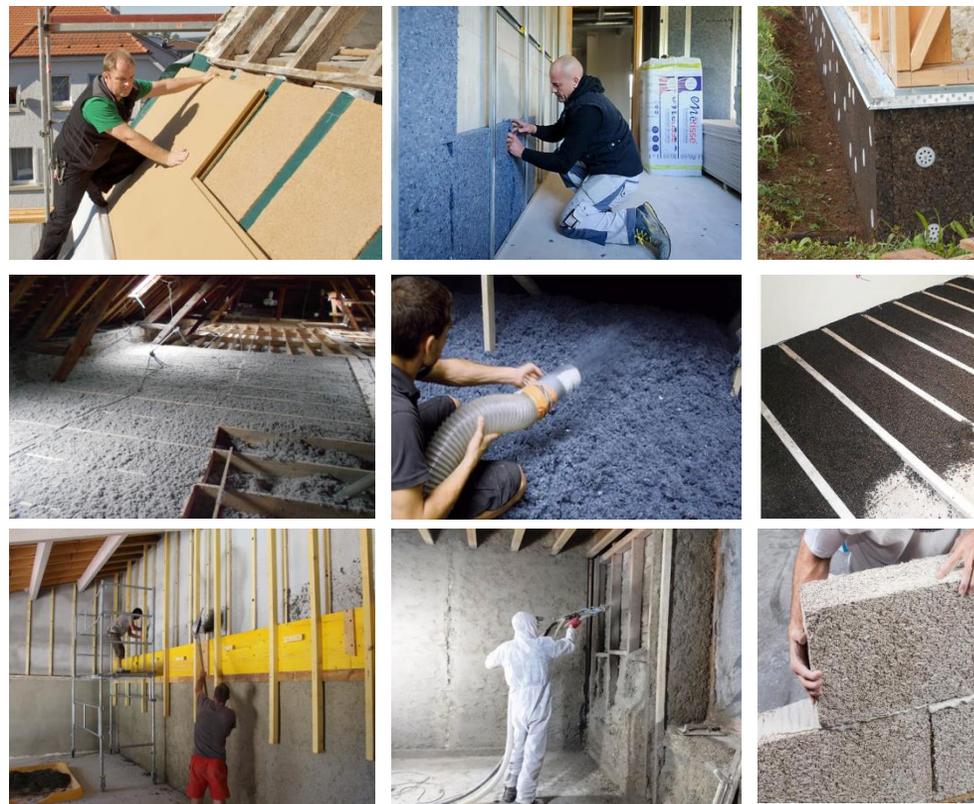
© <https://www.kenzai.fr>

LES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS ET GÉOSOURCÉS

Structure et cloisons (gros œuvre)



Isolation et remplissage (second œuvre)



Revêtement



ZOOM SUR LE BOIS

CHIFFRES CLEFS

- Chiffres d'affaire construction bois : 2 Md€/an
- Part de marché nationale croissante :
 - 6 % pour la construction
 - 10 % pour l'isolation
- 2 080 entreprises et 27 500 employés (3 % des emplois du bâtiment)
- 33 % des entreprises travaillent à l'échelle départementale
- Part des bois français croissant dans la construction sur le marché national

ATOUPS

Matériau issu de ressource renouvelable et disponible

Stockage carbone : 1m3 de bois massif stocke 1t de CO2

Filière sèche (nuisance et temps sur chantier réduits).

Matériau de structure léger (surélévation, fondations réduites)

Cadre normatif solide

CONTRAINTEs et VIGILANCEs

Certifications du bois issu de forêt gérées durablement (PEFC ou FSC) et documents de gestion durable à développer.

Services écosystémiques non-marchands à préserver (protection des sols, réserve de biodiversité, réduction des risques, qualité de l'air,...)

Gestion à adapter au morcellement : 80 % de forêts privées avec 50 % des propriétaires possédant moins de 10ha.

Écosystèmes forestiers fragilisés par les sécheresses, les tempêtes, les incendies et les maladies

ZOOM SUR LE LIÈGE

CHIFFRES CLEFS

- 80 % de la production mondiale utilisée pour les bouchons ;
- Portugal : 54 % de la production mondiale, (2/3 de la production de l'Union européenne)
- 1 ha de chêne-liège fournit entre 80 et 140 kg de liège par an, après une période initiale de 30 ans, pendant 150 ans.
- Utilisé dans le bâtiment dès la fin du 19ème siècle pour l'isolation thermique et le revêtement de sol.

Isolation de la toiture

- vrac
- panneaux

Isolation extérieure

- panneaux agglomérés



Isolation intérieure

(combles non habitables, planchers, cloisons, murs)

- vrac
- panneaux agglomérés

Revêtement de sol

- rouleaux

Isolation de sous-bassement et sous-dalle

- panneaux agglomérés

ATOUPS

Matériau issu de ressource renouvelable, sans additif.

Matériau imputrescible même en milieu humide

Matériau inaltérable et résistant à la compression

Excellent bilan carbone

Le liège se reconstitue (croissance 9 à 15 ans)

CONTRAINTES et VIGILANCES

Certifications du bois issu de forêt gérées durablement (PEFC ou FSC) et documents de gestion durable à renforcer.

Services écosystémiques non-marchands à préserver

Gestion sylvicole à adapter : 80 % de forêts privées avec 50 % des propriétaires possédant moins de 10ha.

Écosystèmes forestiers fragilisés par les sécheresses, les tempêtes, les incendies et les maladies



ZOOM SUR LA OUATE DE CELLULOSE

CHIFFRES CLEFS

- Utilisée dans le bâtiment depuis 1930 aux États-Unis et en Scandinavie : plusieurs centaines de milliers de bâtiments sont isolés avec de la ouate de cellulose
- Représente 5 % du marché de l'isolation en France et 40 % du marché des matériaux isolants biosourcés



ATOUPS

Filière sèche issue du recyclage du papier
Matériau issu de la valorisation d'un déchet
Prix compétitif sur le marché

CONTRAINTES et VIGILANCES

Utilisation d'adjuvants (sels de bore < 5,5 %)

Respect des densités pour une pérennité de l'isolation

Exigences de mise en œuvre : ne pas mettre en contact de spots lumineux encastrés et respecter un écart de feu de 20 cm avec les conduits chauds.



Source : Anissa Ben Yahmed, Cerema

ZOOM SUR LE TEXTILE RECYCLE

CHIFFRES CLEFS

- 4 millions de tonnes de vêtements jetées chaque année
- L'isolant Métisse issu de l'entreprise Le Relais effectue 68% de la collecte de textile en France
- Isolants constitués à 85% de fibres textiles recyclés et à 15% de liant polyester
- Isolants représentent 22 % du textile recyclé
- 3 millions de jeans recyclés par an, et transformés en panneaux ou rouleaux de Métisse



Source : Dossier de presse « Métisse, l'isolation durable » - 2014

ATOUPS

- Matériau issu du recyclage du textile
- Matériau issu de la valorisation d'un déchet
- Prix compétitif sur le marché
- Confort de pose

CONTRAINTES et VIGILANCES

- Respect des densités pour une pérennité de l'isolation
- Exigences de mise en œuvre : ne pas mettre en contact de spots lumineux encastrés et respecter un écart de feu de 20 cm avec les conduits chauds (idem ouate de cellulose).



Source : Anissa Ben Yahmed, Cerema

ZOOM SUR LE CHANVRE

CHIFFRES CLEFS

France : 1er producteur en Europe chaque année : 17 000 tonnes

- 75 % de cette production provient de la région Grand Est
- 10 % de la production utilisé dans le secteur de la construction

1 ha de chanvre absorbe autant de CO2 qu'1 ha de forêt, soit 15 tonnes

Si la part de marché serait de 20 % de la construction neuve, il faudrait une surface agricole de 100 000 ha soit 0,5 % de la surface agricole

Toiture isolante

- (entre chevrons)
- chènevotte en vrac
 - béton de chanvre
 - laine de chanvre

Isolation intérieure

- (combles non habitables, planchers, cloisons, murs)
- laine de chanvre
 - béton de chanvre
 - enduit chaux-chanvre ou terre



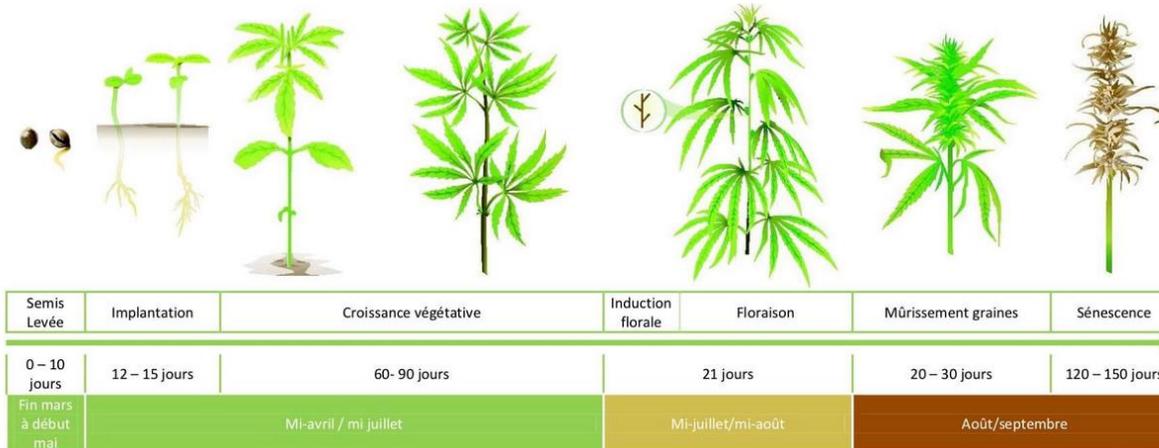
Isolation extérieure

- béton de chanvre
- laine de chanvre
- enduit chaux-sable

Isolant sur plancher

- béton de chanvre
- laine de chanvre

Source : Anissa Ben Yahmed, Cerema



ZOOM SUR LA PAILLE

PRODUITS DE CONSTRUCTION

- Bottes de paille (remplissage d'ossature ou autoporteuses)
- Éléments préfabriqués bois-paille
- Enduits terre-paille
- Bauge
- Torchis

CONTRAINTES et VIGILANCES

Respecter les exigences de densité

Bien protéger de l'humidité (taux d'humidité < 20%) lors du stockage et du chantier

Chantier propre sans paille en vrac

Bien gérer les transferts de vapeur d'eau avec des enduits adaptés

ATOUPS

Matériau issu d'une ressource renouvelable annuellement

Valorisation d'un déchet agricole

Matériau isolant inerte, léger, peu transformé et très abordable

Compostable en fin de vie

Filière très active favorable aux circuits courts

Excellent isolant thermique et acoustique

Bonne régulation hygrothermique

Cadre normatif :

- Règles professionnelles de construction paille
- Règles professionnelles des enduits terre sur support paille



ZOOM SUR LA TERRE CRUE

CHIFFRES CLEFS

- 15 % du patrimoine de l'Unesco
- Entre 40 % et 50 % de la population vit dans un habitat en terre
- 1945 : Abandon progressif des techniques dites « vernaculaires »
- 2018 : Publication du « Guide des bonnes pratiques » pour cinq techniques de construction en terre crue : terre allégée, torchis, pisé, bauge en enduits en terre.



Vue d'un chantier de pisé au tournant du début du XXe siècle
Source : archive CRAterre

ATOUPS

- Matériau local et disponible en abondance
- Valorisation d'un matériau considéré comme déchet inerte
- Procédé bas carbone
- Réversible en fin de vie
- Forte intensité sociale
- Préservation de savoir-faire
- Forte inertie et une capacité à réguler l'hygrométrie favorables au confort d'été et d'hiver



Ferme en pisé,
Dauphiné, Isère
Source : AMACO

TERRES DE PARIS

Conférence
Mercredi
12 octobre 2016
à 19h

Romain Anger
(Chercheur expert
matériaux terre)

Paul-Emmanuel Loiret
& Serge Joly
(Architectes)

Martin Rauch
(Constructeur spécialisé
dans la terre)



PAVILLON
DE L'ARSENAL
Centre d'information, de documentation
et d'exposition, d'urbanisme et d'architecture
de Paris et de la métropole parisienne
21, boulevard Morland
75004 Paris, France
01 42 76 33 97
www.pavillon-arsenal.com





Sobriété et éco-rénovation

© Westend61/Ingo Bartussek

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

- Réduire l'impact carbone

- Réemployer des matériaux
- L'article L541-1-1 du Code de l'environnement indique les définitions suivantes :
 1. « Réemploi » : Opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus.
 2. « Réutilisation » : Opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau.
 3. « Recyclage » : Opération par laquelle la matière première d'un déchet est utilisée pour fabriquer un nouvel objet.

Une porte extérieure ...

1. Reste une porte



2. Devient une table



Bosch

3. Sert à fabriquer un panneau de particule



PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE



- Réduire l'impact carbone
 - Réemployer des matériaux

 A l'échelle du matériau

 A l'échelle d'un immeuble de Bureau

Lot technique	Impact carbone évité (kgCO ₂ /m ² UF)	Impact carbone évité (kgCO ₂ /m ²)
 Cloison amovible opaque	27	7
 Plancher technique	54	46
 Revêtement de sol souple	25	21
 Luminaire	104	25



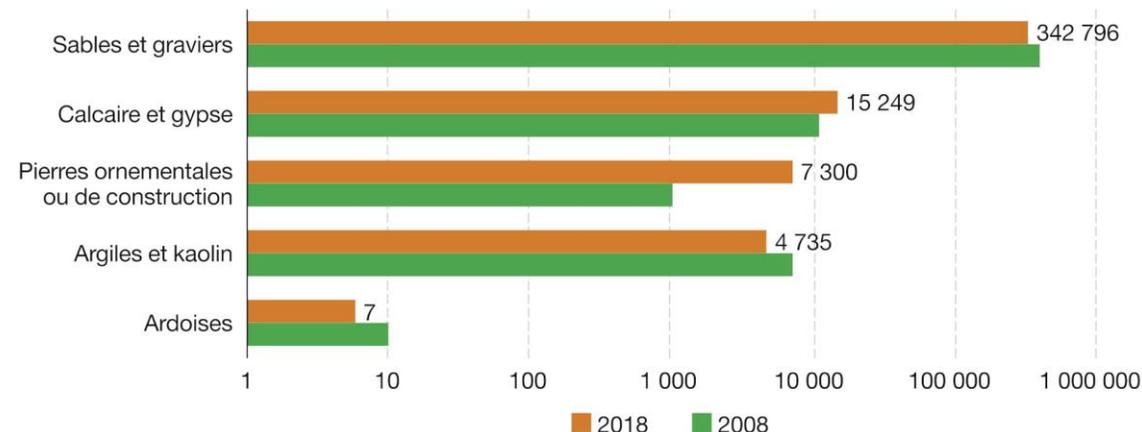
≈ 100 kgCO₂ / m²

Source : <https://boosterdureemploi.immo/>

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

- Rénover plutôt que construire
- Moins de consommations de ressources
 - Le secteur du BTP mobilise ~ 400 millions de tonnes (Mt) de matières minérales par an dont ~40 millions de tonnes (Mt) sont importés.
 - En 2018, le recyclage a permis d'économiser 32 Mt de ressource.

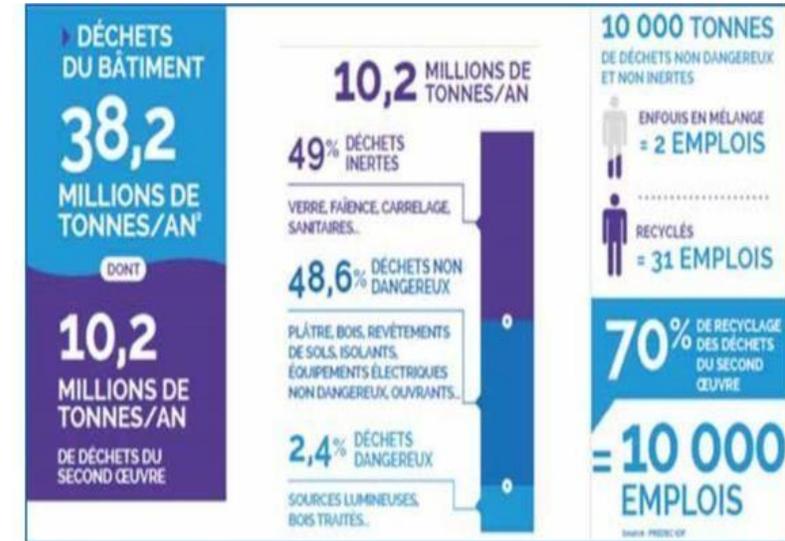
En milliers de tonnes (échelle logarithmique)



PRINCIPALES CATÉGORIES DE MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION EXTRAITS EN FRANCE
Note : pierres ornementales ou de construction : marbre, granit, grès, porphyre, basalte, autres (sauf l'ardoise).
Source : Insee, EAP

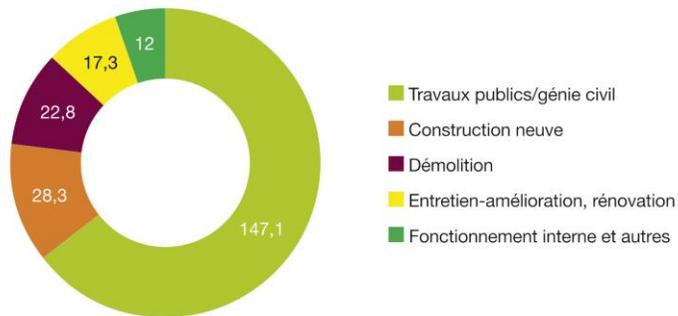
PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

- Rénover plutôt que construire
- Moins de déchets
 - En 2014, la quantité de déchets générés par le secteur BTP est estimée à 227 millions de tonnes, dont 40 millions pour le bâtiment.
 - A titre de comparaison, la France a produit ~340 millions de tonnes (Mt) de déchets en 2014.



Estimation de l'impact potentiel du recyclage du second œuvre sur l'emploi
Source : PREDEC

En millions de tonnes



RÉPARTITION DES DÉCHETS DU BTP EN 2014 SELON L'ACTIVITÉ

Source : SDES, enquête déchets-déblais 2014

QUANTITÉ MOYENNE DE DÉCHETS PAR CHANTIER

En tonnes

Activité	Quantité moyenne de déchets par chantier	Quantité moyenne de déchets par unité de travail ¹
Travaux publics/génie civil	127	285
Démolition	167	328
Entretien-amélioration	4	18
Construction neuve	15	34
Ensemble	26	90

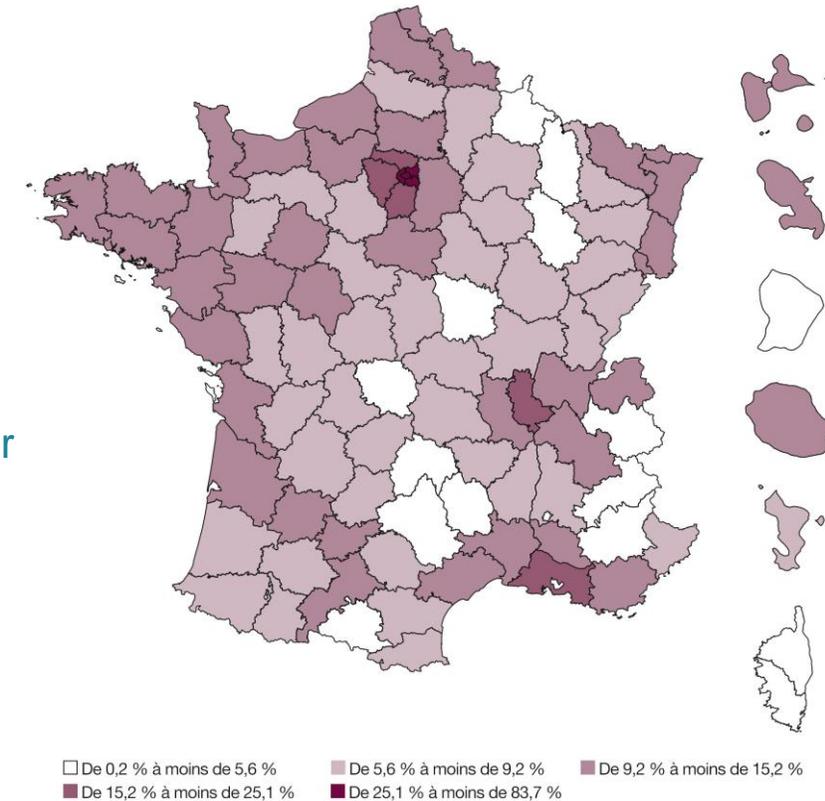
Champ : France métropolitaine.

Source : SDES, enquête déchets-déblais 2014

¹ Unité de travail : on peut considérer qu'une unité de travail équivaut à un salarié (pour le cas des établissements sans salarié, elle vaut 1).

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

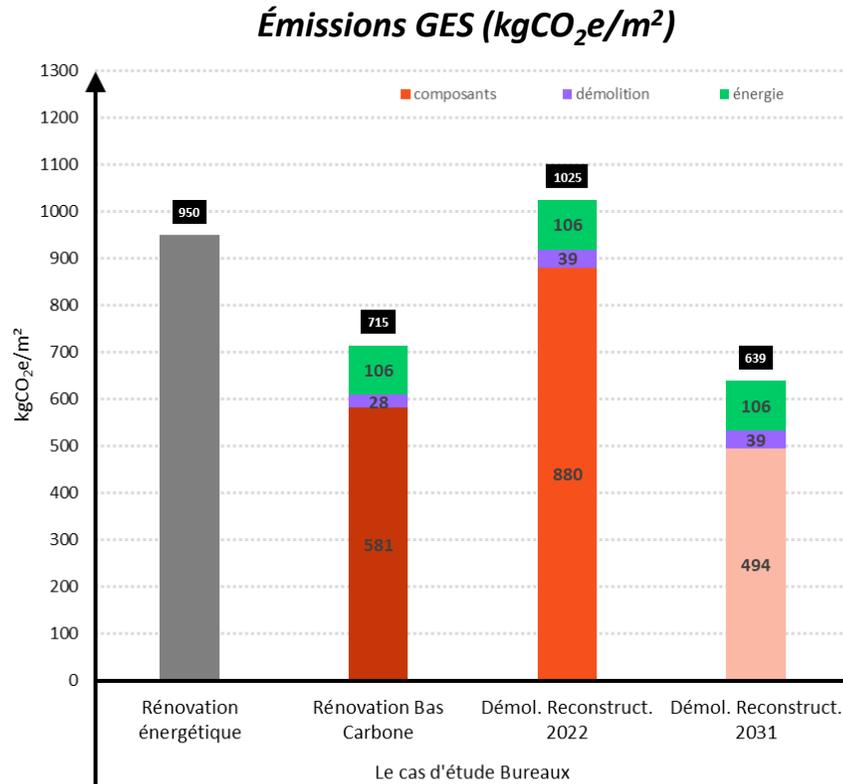
- Rénover plutôt que construire
- Moins d'artificialisation d'espaces
 - Sur la période 2017-2019, 8 % du territoire français a été artificialisé
 - 44 % des espaces artificialisés sont constitués de sols imperméabilisés, bâtis (essentiellement des constructions de moins de trois étages) ou revêtus (routes, parkings, aires de stockage).
 - L'habitat individuel (maisons avec jardins et annexes) est le principal facteur d'artificialisation des sols, devant le réseau routier.
 - Pour répondre aux enjeux environnementaux et sociétaux de l'artificialisation, le Gouvernement a lancé en juillet 2018 le plan « zéro artificialisation nette ».
 - Le renouvellement urbain et la densification de la construction résidentielle figurent parmi les pistes envisagées pour y parvenir.



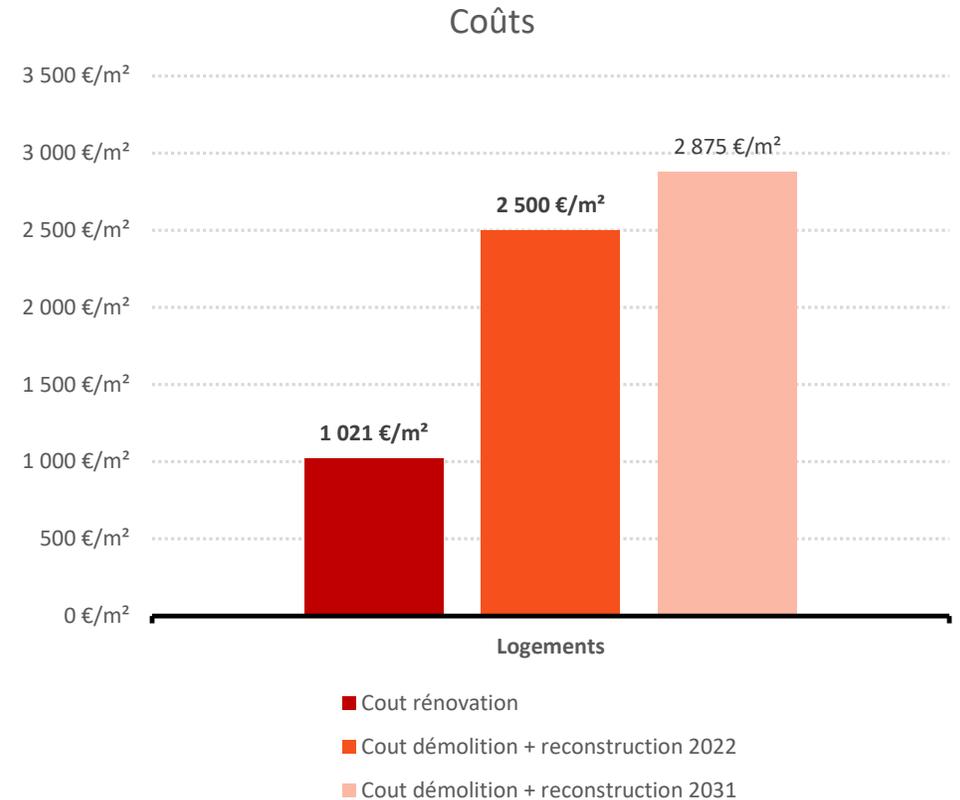
PART DE LA SURFACE ARTIFICIALISÉE PAR DÉPARTEMENT
Source : Agreste, enquête Teruti 2020 (moyenne sur 2017, 2018 et 2019)

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

- Rénover plutôt que démolir/reconstruire



Source : Hub des prescripteurs bas carbone



Source : Rénovation de logements SEQENS
Hub des prescripteurs bas carbone



© Westend61/Ingo Bartussek

ECOCONSTRUCTION

UNE DÉMARCHE RECOUVRANT DE MULTIPLES ENJEUX FACE À L'URGENCE CLIMATIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

Eurre, 13 juin 2024

Sébastien DELMAS, Cerema



Préjugés

© Westend61/Ingo Bartussek



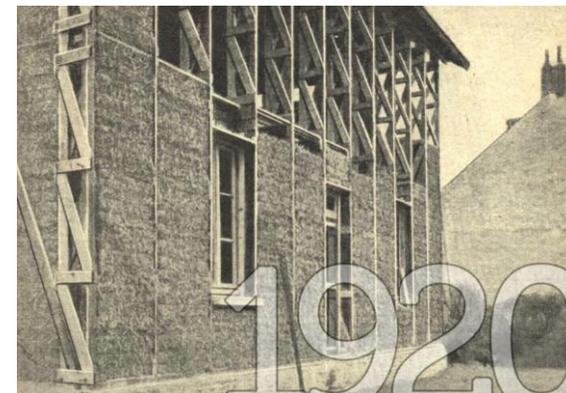
ECOCONSTRUCTION | Une démarche recouvrant de multiples enjeux face à l'urgence climatique et environnementale

PRÉJUGÉS VIS-À-VIS DE LA DURABILITÉ

Les matériaux biosourcés ne sont pas durables. Ils vont finir par moisir dans les murs, voire s'affaisser

Ils sont difficiles à mettre en œuvre. Il y aura forcément des désordres et malfaçons en fin de chantier ou après

- Les matériaux biosourcés sont encadrés, comme leurs équivalents conventionnels, par des **normes** (NF/EN) et **textes précisant le domaine d'emploi et les conditions de mise en œuvre** (DTU, règles professionnelles, Avis Techniques ou DTA), les produits biosourcés disposent de **certifications** (ex : ACERMI)
- Sur chantier, on constate des **développements fongiques sur tous types de matériaux**, dès lors qu'ils sont mal mis en œuvre
- Des retours d'expérience sont réalisés et des observations terrain (ex : par l'AQC)
- Les professionnels utilisant ces matériaux dans de bonnes conditions ont suivi des **formations** adéquates
- La plupart des produits biosourcés ne demandent pas vraiment de formation spécifique (isolants, panneaux de cloisonnement, etc.)



*Maison feuillette, à Montargis : une centenaire en ossature bois-isolation paille.
Source : <https://cncp-feuillette.fr>*

PRÉJUGÉS VIS-À-VIS DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR



Les matériaux biosourcés émettent des polluants nuisibles pour la qualité de l'air et donc la santé

Peu d'émission de COV dans l'air intérieur



Exemples :

- Isolant **Métisse** classé **A+**. Il peut s'intégrer dans des parois perspirantes et participer à la régulation de l'hygrométrie (source : Guide ADEME 2019)
- **Paille compressée** classée **A+**. L'un des matériaux qui rejettent le moins de COV (source : RFCP)
- Les études sur les bétons de chanvre menées par les fabricants de liants concluent à l'absence de COV dans ces matériaux
- La laine de mouton absorbe les formaldéhydes parmi d'autres COV (source : Karibati)

Etude EMIBIO (in-situ et labo)

Isolant
laine de bois



Isolant
ouate de cellulose

- Aucun impact chimique ou microbiologique significatif sur l'air intérieur, aucune anomalie relevée
- **Aucune réserve émise** sur l'usage des deux matériaux biosourcés, aussi efficaces et sains que les matériaux conventionnels dans des conditions appropriées d'utilisation

PRÉJUGÉS VIS-À-VIS DU COMPORTEMENT AU FEU



Les matériaux biosourcés s'enflamment plus rapidement que d'autres. Ils diffusent plus facilement la chaleur

Réaction au feu : propriété du matériau à contribuer au démarrage et au développement d'un incendie

Euroclasses définies dans la norme européenne EN 13501-1+A1 :

- Classement en 7 catégories d'exigence (A1, A2, B, C, D, E, F)
- 2 critères complémentaires : opacité des fumées (s1, s2, s3), gouttelettes et débris enflammés (d0, d1, d2)

Bétons végétaux

- Mur paille avec enduits terre et chaux
- Bardage en bambou
- Isolant textile Métisse®/Placo®

Isolants biosourcés

Classe	Contribution énergétique à la propagation d'un incendie	Production de fumée		Chute de gouttelettes et particules enflammées	
A1	Incombustible	-	-	-	-
A2	Pratiquement incombustible	s1	Faible production de fumée	d0	Pas de gouttelettes/particules enflammées
B	Résiste à une attaque prolongée des flammes et d'un objet isolé ardent tout en limitant la propagation de la flamme	s2	Production moyenne de fumée	d1	Gouttelettes/particules enflammées persistant moins de 10 secondes
C	Résiste à une attaque brève de flammes en limitant la propagation de la flamme et d'un objet isolé ardent				
D	Résiste à une attaque brève de petites flammes en limitant la propagation de la flamme et d'un objet isolé ardent	s3	Production importante de fumée	d2	Gouttelettes/particules enflammées persistant plus de 10 secondes
E	Résiste à une attaque brève de petites flammes en limitant la propagation de la flamme				
F	Aucune performance déterminée				

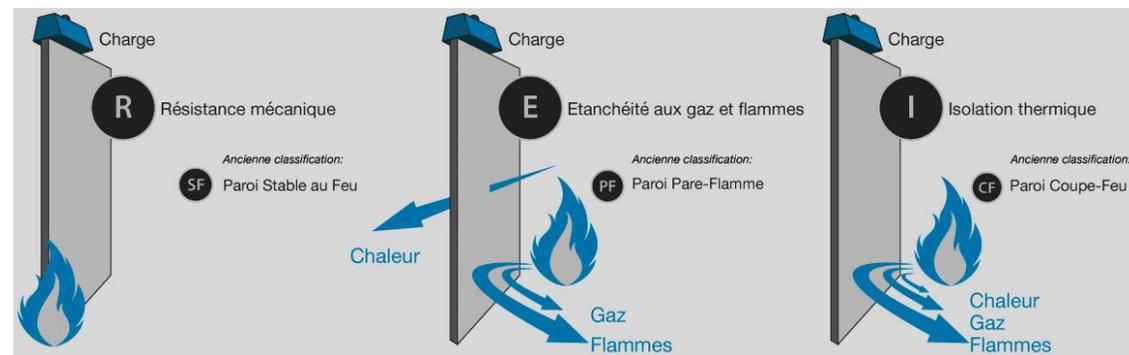
PRÉJUGÉS VIS-À-VIS DU COMPORTEMENT AU FEU



Les matériaux biosourcés s'enflamment plus rapidement que d'autres. Ils diffusent plus facilement la chaleur

Résistance au feu : durée pendant laquelle un élément soumis à un incendie continue à remplir sa fonction

- 3 classes de résistance au feu R – E – I
- Lettres suivies de chiffres donnant le temps de résistance en minutes



Mur parpaings béton de chanvre : **EI 90**

2 OSB + isolant chanvre ou bois ou ouate + 2 BA13 : **EI 30**

2 OSB + isolant chanvre ou bois ou ouate + 1 BA15F : **EI 60**



EI 60 pour mur parpaings ciment plein

Idem avec isolant laine de verre

Idem avec isolant laine de verre

Mur non porteur en béton de chanvre avec ossature bois : **EI 240**

Mur porteur avec modules à ossature bois et isolation en paille enduite : **REI 120**

PRÉJUGÉS VIS-À-VIS DU COMPORTEMENT AU FEU

Propagation du feu en façade *IT 249*

Essai expérimental normalisé **LEPIR 2**
« Local Expérimental Pour Incendie Réel à 2 niveaux »

Durée de l'essai : entre 30 et 60 min

- Façade remplissage paille :
conforme pour une durée de **30 min**
- Façade en béton de chanvre :
conforme pour une durée de **60 min**



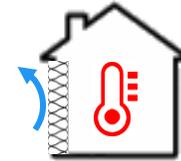
École Louise Michel à Issy-les-Moulineaux.
Test au feu 30 min au CSTB. Source : RFCP



Performance matériaux biosourcés

© Westend61/Ingo Bartussek

PERFORMANCES THERMIQUES



Confort thermique d'hiver

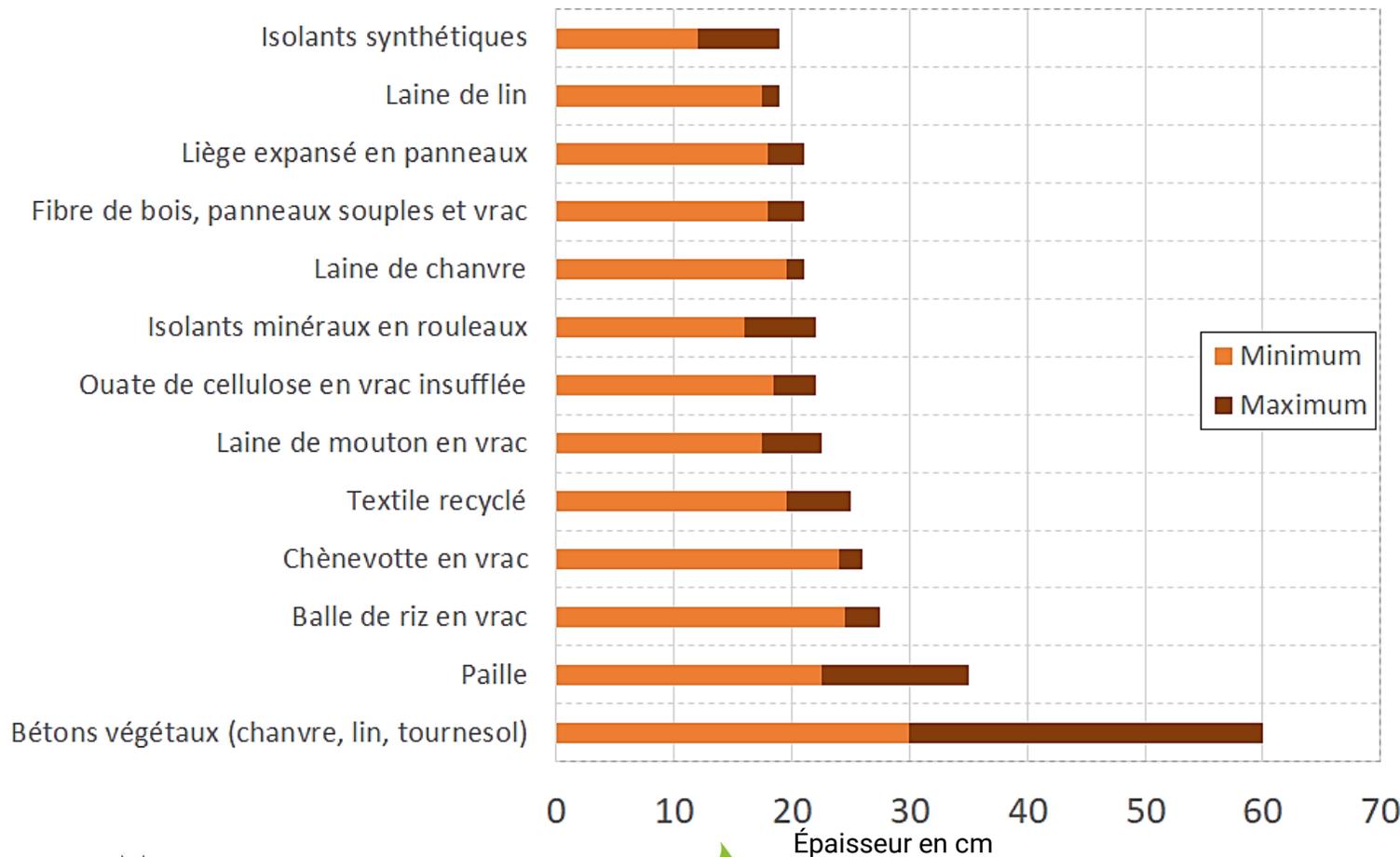
Épaisseurs pour une résistance de 5 m².K/W

Résistance thermique R

- Caractérise la capacité d'un matériau à s'opposer au flux de chaleur susceptible de le traverser.
- Dépend de la conductivité thermique λ du matériau et de son épaisseur

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

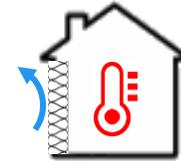
- Plus la résistance thermique est élevée, plus la paroi est isolante..



⇒ Plusieurs isolants biosourcés requièrent des épaisseurs de mise en œuvre comparables à celles des isolants conventionnels (synthétiques ou minéraux)

Source : Cerema

PERFORMANCES THERMIQUES



Confort thermique / transfert et stockage de chaleur

Effusivité thermique E

$$E = \sqrt{\lambda \rho c_p}$$

E : effusivité thermique [$J \cdot K^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^{-1/2}$]

λ : conductivité thermique [$W/(m \cdot K)$]

ρ : masse volumique [kg/m^3]

c_p : chaleur massique [$J/(kg \cdot K)$]

- Capacité d'un matériau à échanger de l'énergie thermique avec son environnement
 - Dépend de sa capacité à conduire la chaleur (conductivité thermique) et de sa capacité à accumuler la chaleur (capacité thermique)
 - Plus elle est grande, plus la chaleur intérieure sera absorbée rapidement par le mur et plus l'élévation de température dans le local sera limitée (inertie par absorption)
- ⇒ contribue au confort thermique ressenti

Effusivité thermique E ($J/s^{1/2} \cdot m^2 \cdot K$)

	Métal	14 000	Le métal a une forte effusivité (froid au toucher)
	Matériau lourd	2 500	
	Terre cuite	1 250	
	Bois	500	Le bois a une faible effusivité (paraît chaud au toucher)
	Isolant	25	

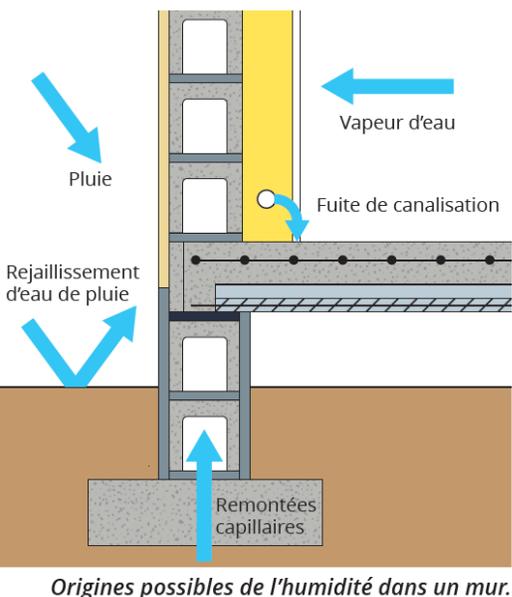
Isolants biosourcés :
faible diffusivité
et faible effusivité

⇒ Inertie thermique

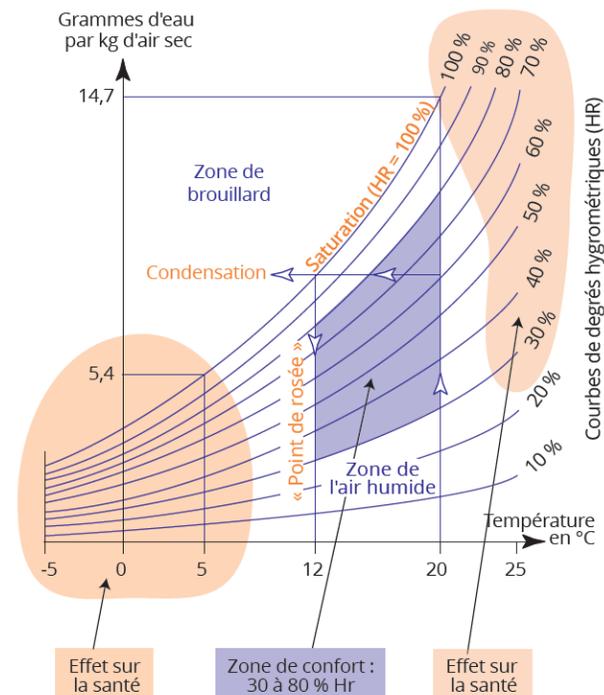
PERFORMANCES HYDRIQUES



Sources d'humidité

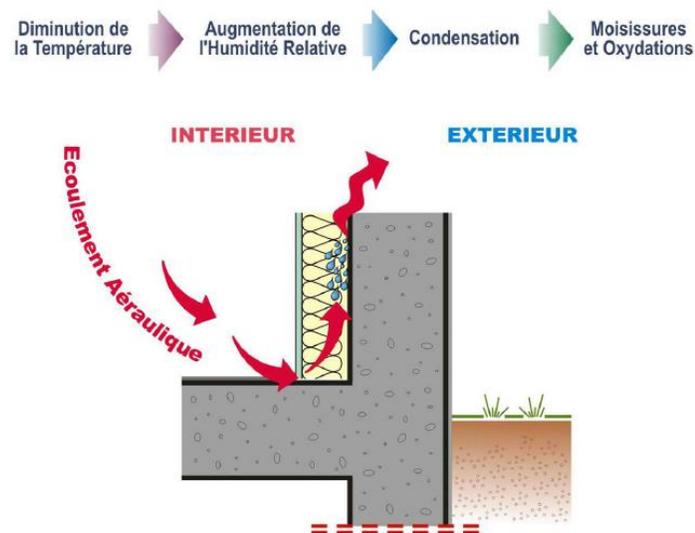


Condensation par saturation de vapeur d'eau



Exemple de diagramme de Mollier

Situation critique



Source : R. Jobert, Cerema

Rénovation thermique

Amélioration de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe & Evolution de la composition des parois

Modification des transferts de vapeur d'eau dans les parois

S'assurer de l'absence de risque de condensation au sein des parois qui entrainerait désordres et dégradation de la Qualité d'air intérieur

Renouvellement efficace de l'air intérieur &

Etat des lieux des parois & Analyse de la résistance des parois à la diffusion de vapeur d'eau (diag. par professionnel)

Source : AQC, « Maîtriser la Migration de vapeur d'eau dans les parois en rénovation », 2018

PERFORMANCES HYDRIQUES



Résistance à la diffusion de vapeur d'eau d'un matériau

- Selon leur nature, les matériaux s'opposent plus ou moins à la diffusion de vapeur d'eau
- Un matériau peut être imperméable à l'eau liquide et perméable à la vapeur d'eau



K-Way



Gore-Tex

~membrane hygrovariable

- Le coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ indique dans quelle mesure un matériau s'oppose à la progression de la vapeur d'eau
- La valeur S_d (épaisseur de lame d'air équivalente) indique dans quelle mesure une couche de matériau s'oppose à la progression de la vapeur d'eau

$$S_d = \mu d \quad \text{avec } d : \text{épaisseur de la couche [m]}$$

- Plus μ et S_d sont faibles, plus la vapeur d'eau se déplace facilement

⇒ Paroi perspirante (reste étanche à l'air)

Sd grand : 20 à 200 m

Sd petit : 1 à 5 m



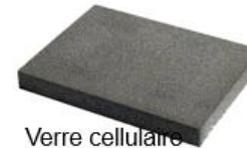
Polystyrène extrudé



Polystyrène expansé



Ouate de cellulose



Verre cellulaire



Panneau de liège



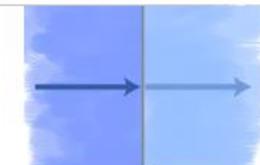
Laine minérale



NON PERMÉABLE
À LA VAPEUR D'EAU



PEU PERMÉABLE
À LA VAPEUR D'EAU

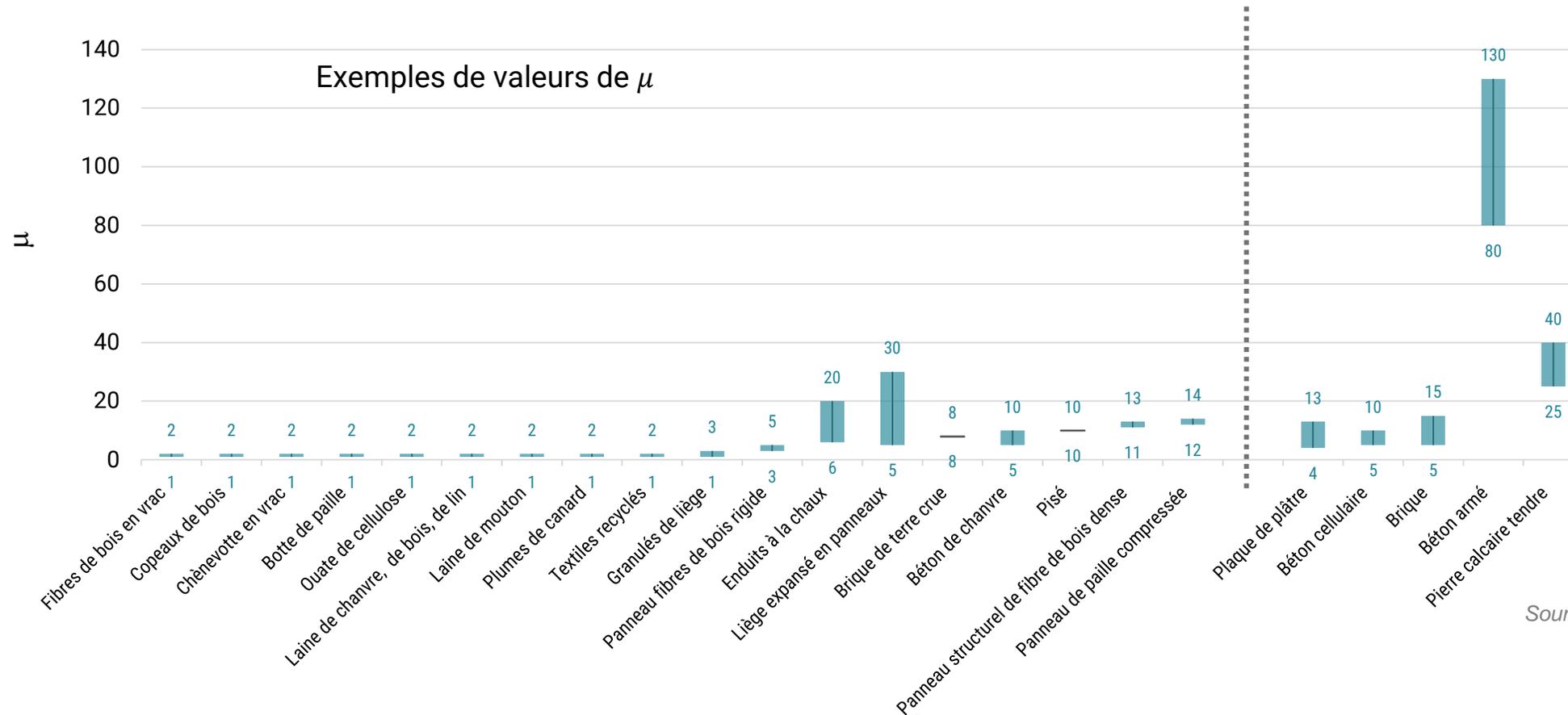


PERMÉABLE
À LA VAPEUR D'EAU

PERFORMANCES HYDRIQUES



Résistance à la diffusion de vapeur d'eau d'un matériau



Source : Cerema, Etamine, www.ubakus.de,