

Impacts environnementaux de la construction en paille

Luc Floissac

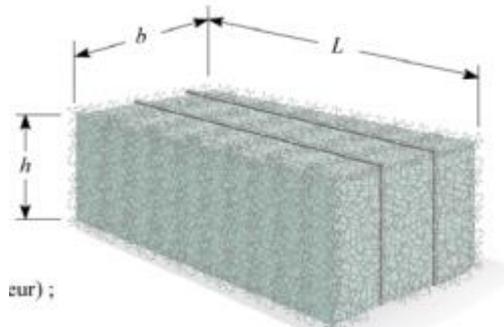
RFCP – Réseau Français de la construction en paille

ACV - Analyse en Cycle de Vie

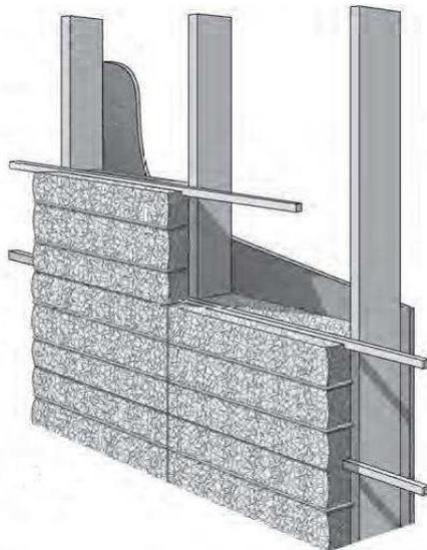
Remplissage isolant en bottes de paille

Conformément aux règles professionnelles
de construction en paille – CP 2012

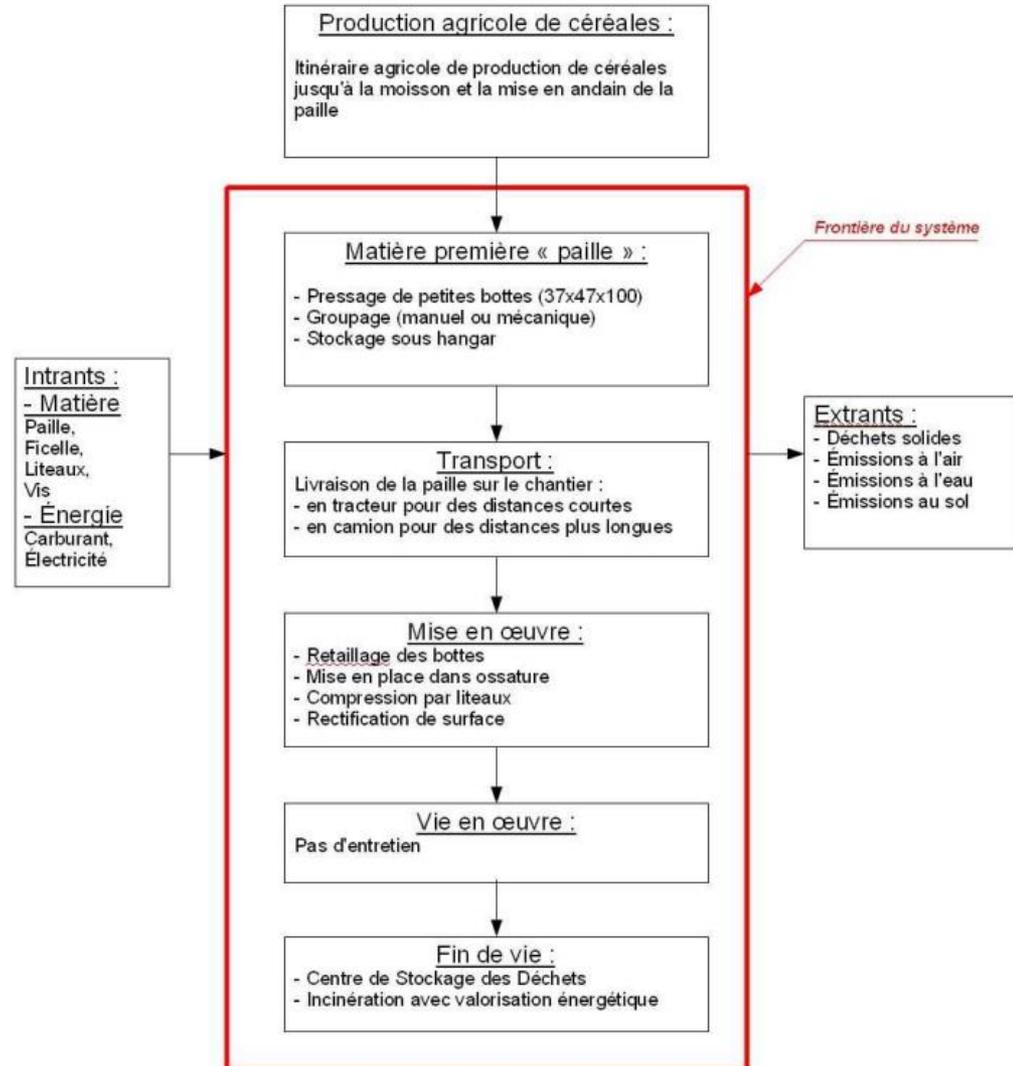
FDES réalisée par le CETE - Ile de France



cur) :

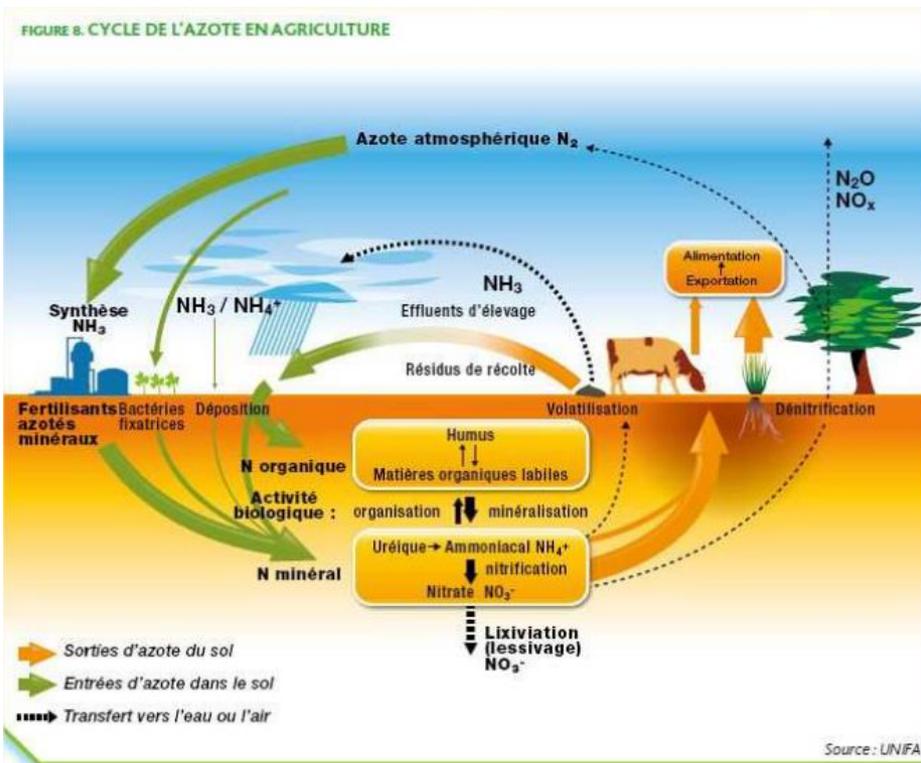


Arbre des processus d'un mur de paille constructive (dans une structure de type ossature bois)



ACV - Paille exportée du champ

- 40 % de la production française de paille reste sur les parcelles
- Hypothèse « conservatrice » : paille exportée du champ compensée dans ACV



Majoration doses d'engrais pour paille de blé par tonne de paille exportée:

- 7 kg d'azote
- 1,7 kg de phosphore
- 12,3 kg de potasse

Source : UNIFA (Exporter les pailles – Conséquences pour la fertilisation)



ACV - La collecte du matériau - enquête

17 producteurs en agriculture conventionnelle

1 - Collecte	Pas de groupage	Groupage	Pressage & groupage simultanés
	11	3	3
2 - Chargement	Manuel	Chargement frontal	Autochargeuse
	9	4	3
3 - Déchargement et stockage	Manuel	Déchargement frontal	Livraison directe champ -> Chantier
	8	8	1



Figure 1 : Carte de France régionale de la production de paille étudiée

Livraison sur chantier

Distance aller / retour	Part	Moyen de transport
10 km	50 %	Tracteur + remorque
50 km	40 %	Camion semi-remorque
80 km	10 %	Camion semi-remorque

Echantillon: 691 bâtiments

Source: Enquête Empreinte - <http://empreinte.asso.fr/lenquete-paille>



ACV - Mise en œuvre du remplissage en paille

- Selon les règles professionnelles CP 2012
- Cas d'étude – maison « Mozart » - CSTB

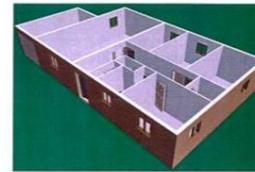
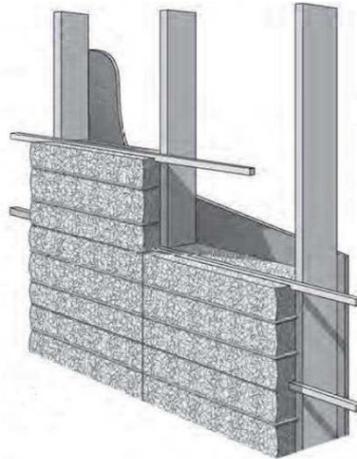


Figure 7 : vue du logement Mozart



Figure 8 : vue du toit du logement Mozart



Figure 9 : vue du logement Mozart

L'angle du toit est de 30° par rapport à l'horizontal.
Le toit du logement est considéré comme formé de deux surfaces de tuile.
Pour simplifier, le toit du garage est considéré comme plat.

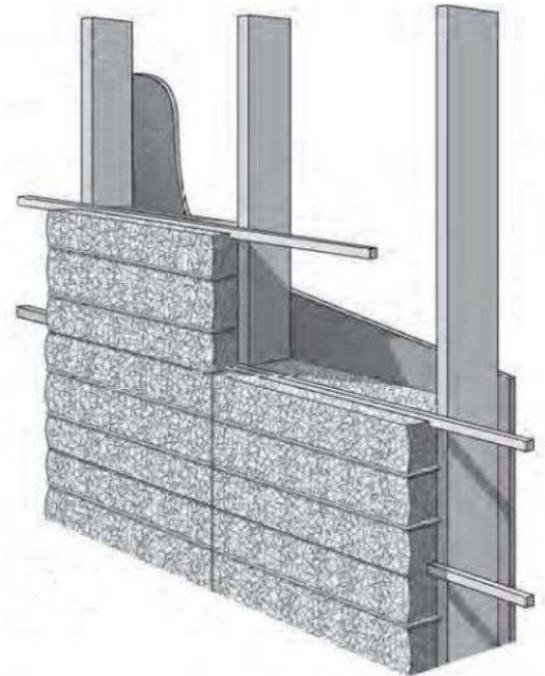


Tableau 5 : Dimensions de la maison « MOZART »

Maison MOZART		
Nombre de niveau	1	
Hauteur	2,50	m
Périmètre	48,92	m
Longueur Façade Avant	15,80	m
Longueur Façade Arrière	15,80	m
Longueur Pignon Gauche	8,66	m
Longueur Pignon Droit	8,66	m

ACV - Unité fonctionnelle

- 1 m² de mur isolé en paille – 37 cm d'épaisseur
- Résistance thermique de 7,1 m².K/W
- Matériaux:
 - Bottes de paille 37x47x100 cm
 - Ficelles de liage des bottes
 - Liteaux en pin douglas - 27 x 32 mm
 - Vis métalliques
- Outils
 - Scie égoïne électrique
 - Visseuse
 - Débrousailleuse



ACV - Cycle du carbone

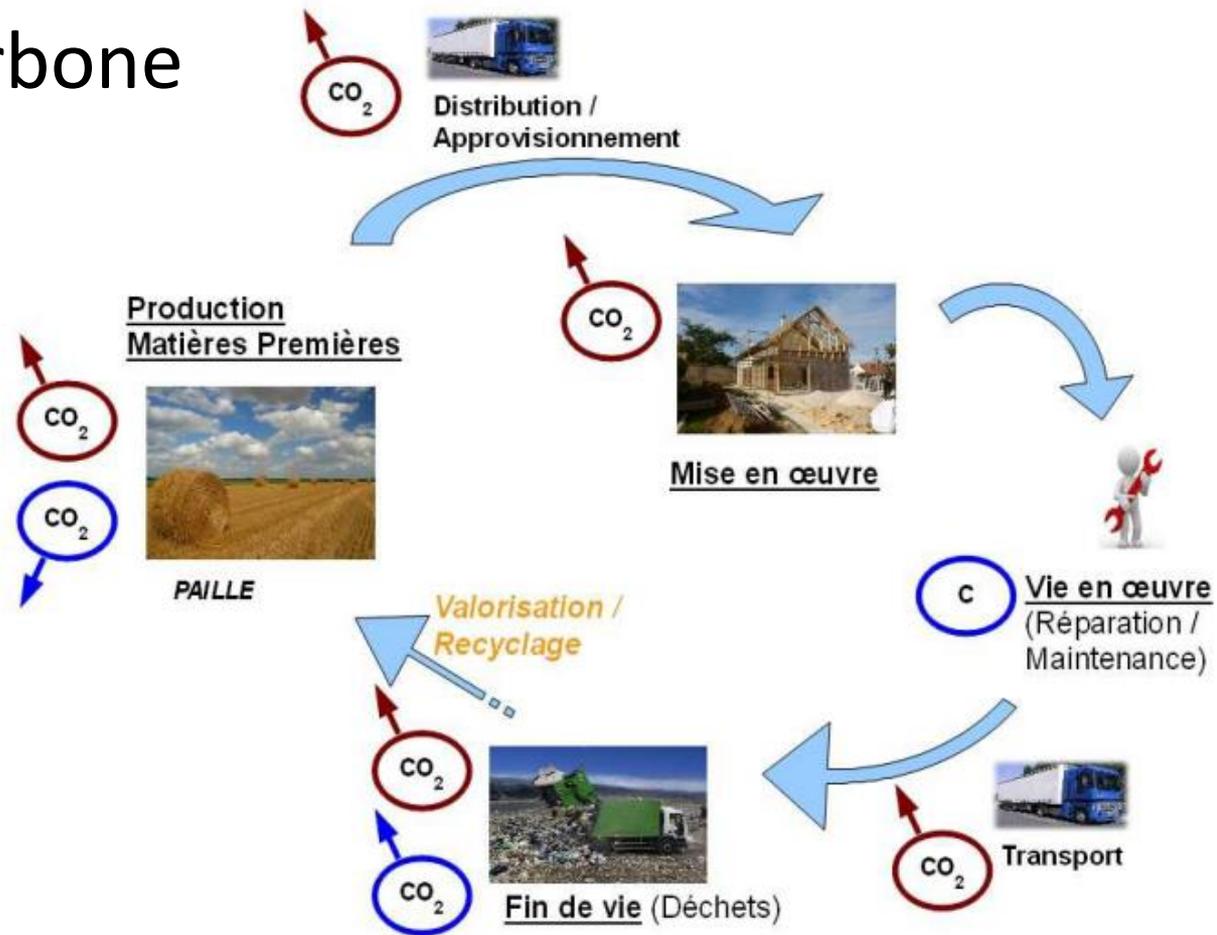


Figure 9 : Etapes du cycle de vie d'un produit organique, émissions de CO₂ fossile et cycle du Carbone issu de la biomasse

Légende:

-  : Émissions de CO₂ fossile relatives aux transports et aux processus de production
-  : Captage de CO₂ issu de la biomasse par photosynthèse
-  : Stockage temporaire de CO₂ sous forme de carbone organique
-  : Réémissions du CO₂ issu de la biomasse

ACV - Fin de vie

Déconstruction décrite dans règles pro CP 2012

Tab. 1.1. Déconstruction de parois isolées en paille

Matériau	Technique de démontage (par ordre de préférence)	Valorisation potentielle (par ordre de préférence)
Bois d'ossature (1)	– Démontage – Démolition	– Réutilisation – Valorisation énergétique – Mise en décharge
Pièces d'assemblage, clous, vis	Dé vissage ou arrachage	– Réutilisation – Mise en décharge
Enduit de terre crue sans adjuvants ou peinture	Piquage	– Réutilisation après trempage dans de l'eau et malaxage – Dépose directe dans le milieu environnant, éventuellement mélangé à la paille
Enduit de chaux ou de terre avec adjuvants ou peinture	Piquage	Mise en décharge
Paille	– Extraction des bottes entières – Démolition des bottes	– Valorisation agricole (amendement ou litière animale) – Valorisation énergétique

(1) Le bois traité chimiquement fait l'objet de dispositions particulières.

ACV - Scénario volontairement « conservateur » basé sur la fin de vie typique du bois

Tableau 9 : Scénario moyen français de la fin de vie des produits bois de la
construction

% mis en centre plateforme de tri de stockage de déchets non dangereux (CSDND)	% incinéré dans UIOM avec récupération d'énergie	% Envoyé sur % mis en centre plateforme de tri	
		% incinéré dans UIOM avec récupération d'énergie (fines de broyage)	% de bois acheté comme matière première secondaire par les usines de panneaux de particules bois
17,3%	15,4%	10,1%	57,2%

Comme suscité, n'existant pas de circuit de valorisation, les 2 destinations de fin vie du matériau paille constructive deviennent :

- 40,4 % vers une Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (17,3 % ramené à 100%),
- 59,6 % vers un centre d'incinération (15,4% + 10,1% ramenés à 100%).

NB: La filière préconise une valorisation vertueuse

1. Agricole (amendement / structuration des sols)
2. Energétique

FDES remplissage en bottes de paille

IMPACT ENVIRONNEMENTAL	VALEUR DE L'INDICATEUR POUR TOUTE LA DVT
CONSOMMATION DE RESSOURCES ENERGETIQUES	
Energie primaire totale	4.99E+02 MJ
Energie renouvelable	4.91E+02 MJ
Energie non renouvelable	7.87E+00 MJ
Energie procede	8.89E+00 MJ
EPUISEMENT DE RESSOURCES (ADP)	3.74E-03 kg équivalent antimoine (Sb)
CONSOMMATION D'EAU TOTALE	3.04E+01 litre
DECHETS SOLIDES	
Déchets valorisés (total)	2.12E-06 kg/UF
Déchets éliminés :	
<i>Déchets dangereux</i>	9.11E-02 kg
<i>Déchets non dangereux</i>	1.74E+01 kg
<i>Déchets inertes</i>	7.78E-02 kg
<i>Déchets radioactifs</i>	1.49E-04 kg
CHANGEMENT CLIMATIQUE	-9.63E+00 kg équivalent CO2
ACIDIFICATION ATMOSPHERIQUE	9.04E-06 kg équivalent SO2
POLLUTION DE L'AIR	4.29E+02 m ³
POLLUTION DE L'EAU	1.70E+01 m ³
DESTRUCTION DE LA COUCHE D'OZONE STRATOSPHER	2.52E-09 kg CFC équivalent R11
FORMATION D'OZONE PHOTOCHIMIQUE	9.32E-04 kg équivalent éthylène
RE INDICATEUR (HORS NORME NF P01-010)	
EUTROPHISATION	1.32E-02 kg équivalent PO ₄ ³⁻

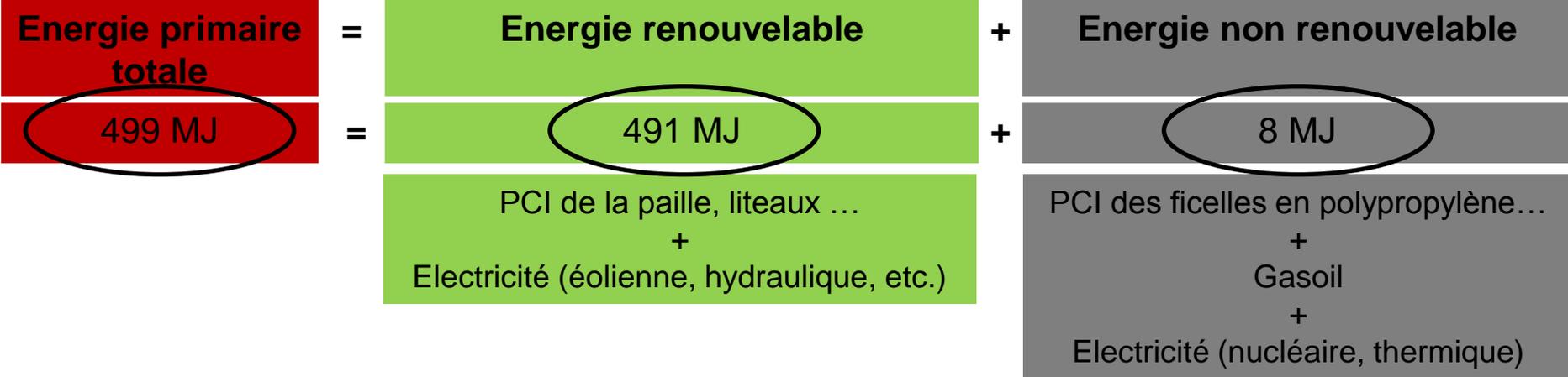
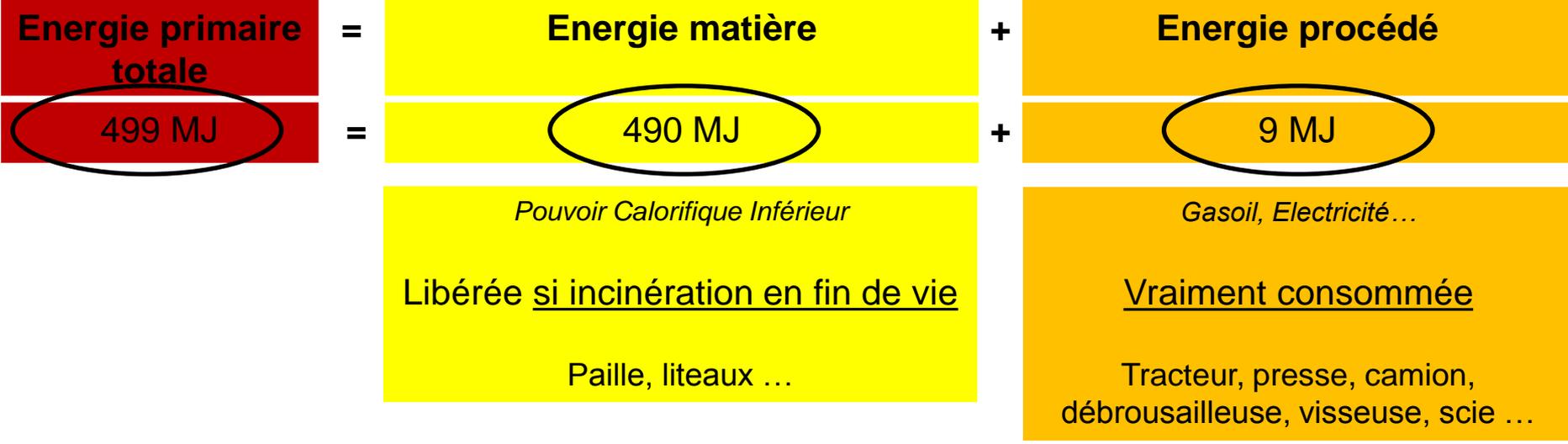
Unité Fonctionnelle (UF)

Isoler 1 m² de mur avec une résistance thermique de 7,1 selon les règles professionnelles de construction en paille (CP 2012),

Contribution du produit		Expression
A l'évaluation des risques sanitaires	Qualité sanitaire des espaces intérieurs	Pas d'impact
	Qualité sanitaire de l'eau	Non concerné
A la qualité de la vie	Confort hygrothermique	$\mu = 1,04$ $\lambda = 0.052 \text{ W/m.K}$
	Confort acoustique	Affaiblissement entre 43 et 45 dB
	Confort visuel	Non concerné
	Confort olfactif	Non concerné

FDES et énergie - explications

UF: 1 m² de mur
Résistance thermique : 7,1 m².K/W



9 MJ d'énergie / m² sont réellement consommés
490 MJ d'énergie / m² ne sont pas consommés

FDES - remplissage isolant en bottes de paille

Pour permettre sa croissance,
la plante prélève du dioxyde de carbone atmosphérique par photosynthèse.

Cadre normatif :

- EN 16449 « Bois et dérivés du bois – Calcul de la séquestration du dioxyde de carbone atmosphérique »,
- Agrice » (ADEME 1998).

Quantité de CO₂ prélevé dans l'atmosphère par les végétaux :

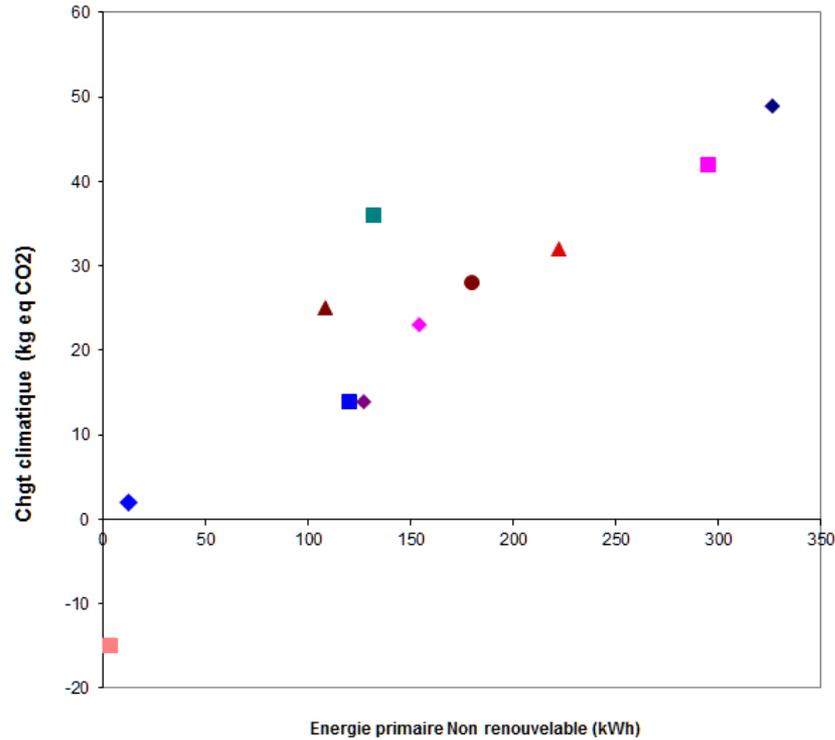
- 1,8 kg de CO₂ / kg de bois
- 1,5 kg de CO₂ / kg de paille

Balance d'émission de GES de 1 m² de paroi isolée en paille

- **9.63 kg équivalent CO2**

Stockage de carbone

Impacts environnementaux à résistance thermique : 7,1 m².K/W équivalente Changement climatique & Energie non renouvelable / m² d'isolant

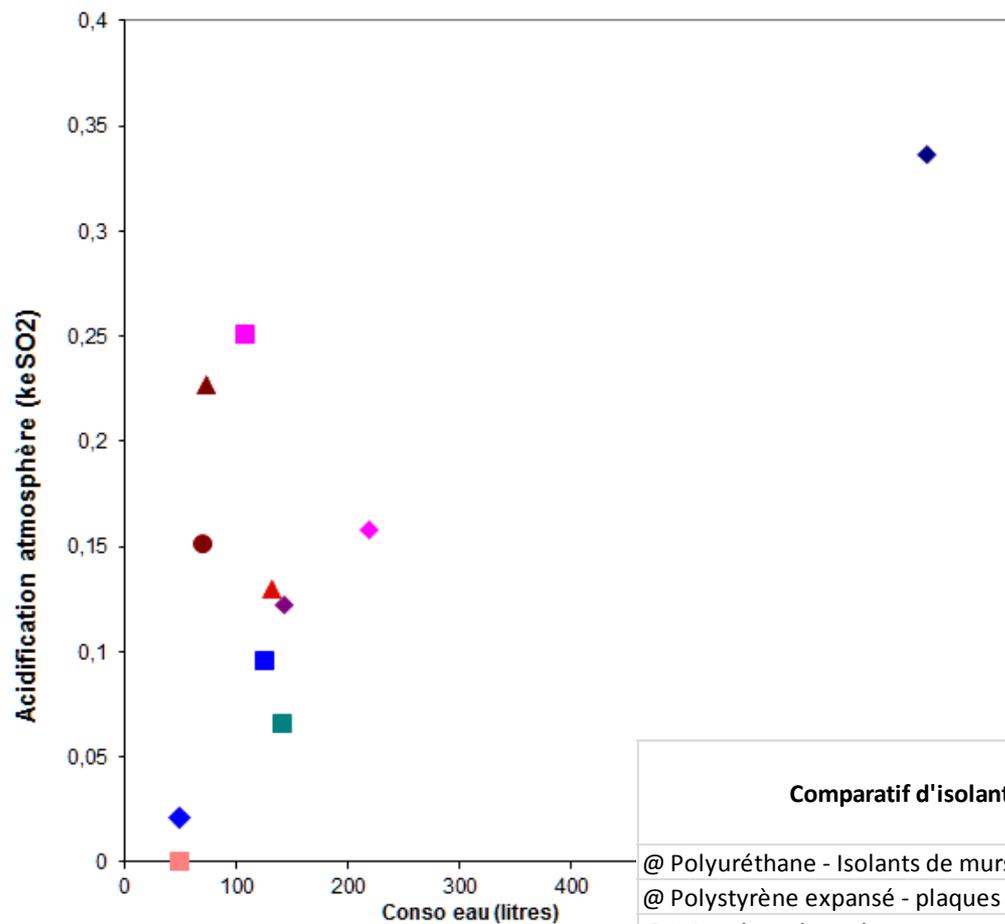


- ◆ @ Polyuréthane - Isolants de murs - 30 à 50 kg/m³ λ:0,025
- @ Polystyrène expansé - plaques - 20 à 40 kg/m³ λ:0,034
- ▲ @ Laine de roche - plaques et panneaux souples - 0 à 50 kg/m³ λ:0,04
- @ L. de verre - rouleaux - 25 à 50 kg/m³ λ:0,034
- ◆ @ L. de verre - plaques et panneaux souples - 25 à 50 kg/m³ λ:0,04
- @ Laines et fibres de bois - plaques et panneaux souples - 50 à 100 kg/m³ λ:0,038
- Isolant thermique FOAMGLAS® T4+ - 115 kg/m³ λ:0,041
- ▲ Métisse MD "Cloisons" - Fibres textiles recyclées - 050 kg/m³ λ:0,039
- ◆ Biofib' duo isolant Chanvre/Lin - 030 kg/m³ λ:0,041
- ◆ Ouate de cellulose soufflée - 023 kg/m³ λ:0,04
- Paille RT 2012 (perpendiculaire à la fibre) - 100 kg/m³ λ:0,052

Comparatif d'isolants à performances équivalente (R = 7)	Energie primaire Non renouvelable (kWh)	Chgt climatique (kg eq CO2)
@ Polyuréthane - Isolants de murs - 30 à 50 kg/m ³ λ:0,025	326	49
@ Polystyrène expansé - plaques - 20 à 40 kg/m ³ λ:0,034	295	42
@ Laine de roche - plaques et panneaux souples - 0 à 50 kg/m ³ λ:0,04	108	25
@ L. de verre - rouleaux - 25 à 50 kg/m ³ λ:0,034	120	14
@ L. de verre - plaques et panneaux souples - 25 à 50 kg/m ³ λ:0,04	154	23
@ Laines et fibres de bois - plaques et panneaux souples - 50 à 100 kg/m ³ λ:0,038	180	28
Isolant thermique FOAMGLAS® T4+ - 115 kg/m ³ λ:0,041	132	36
Métisse MD "Cloisons" - Fibres textiles recyclées - 050 kg/m ³ λ:0,039	222	32
Biofib' duo isolant Chanvre/Lin - 030 kg/m ³ λ:0,041	127	14
Ouate de cellulose soufflée - 023 kg/m ³ λ:0,04	12	2
Paille RT 2012 (perpendiculaire à la fibre) - 100 kg/m ³ λ:0,052	3	-15

Sources : FDES
Logiciel COCON

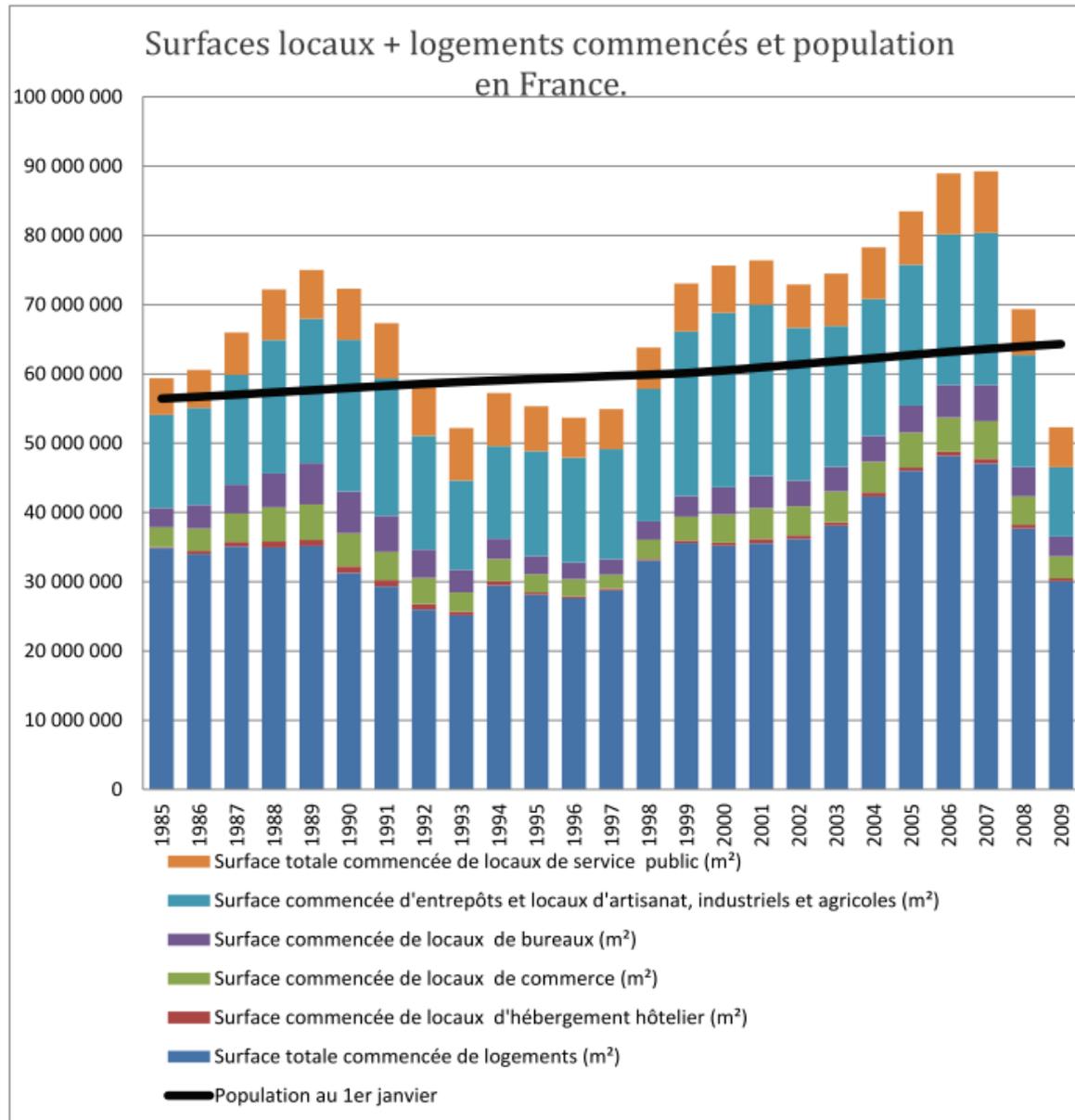
Impacts environnementaux à résistance thermique : 7,1 m².K/W équivalente Acidification atmosphérique & consommation d'eau / m² d'isolant



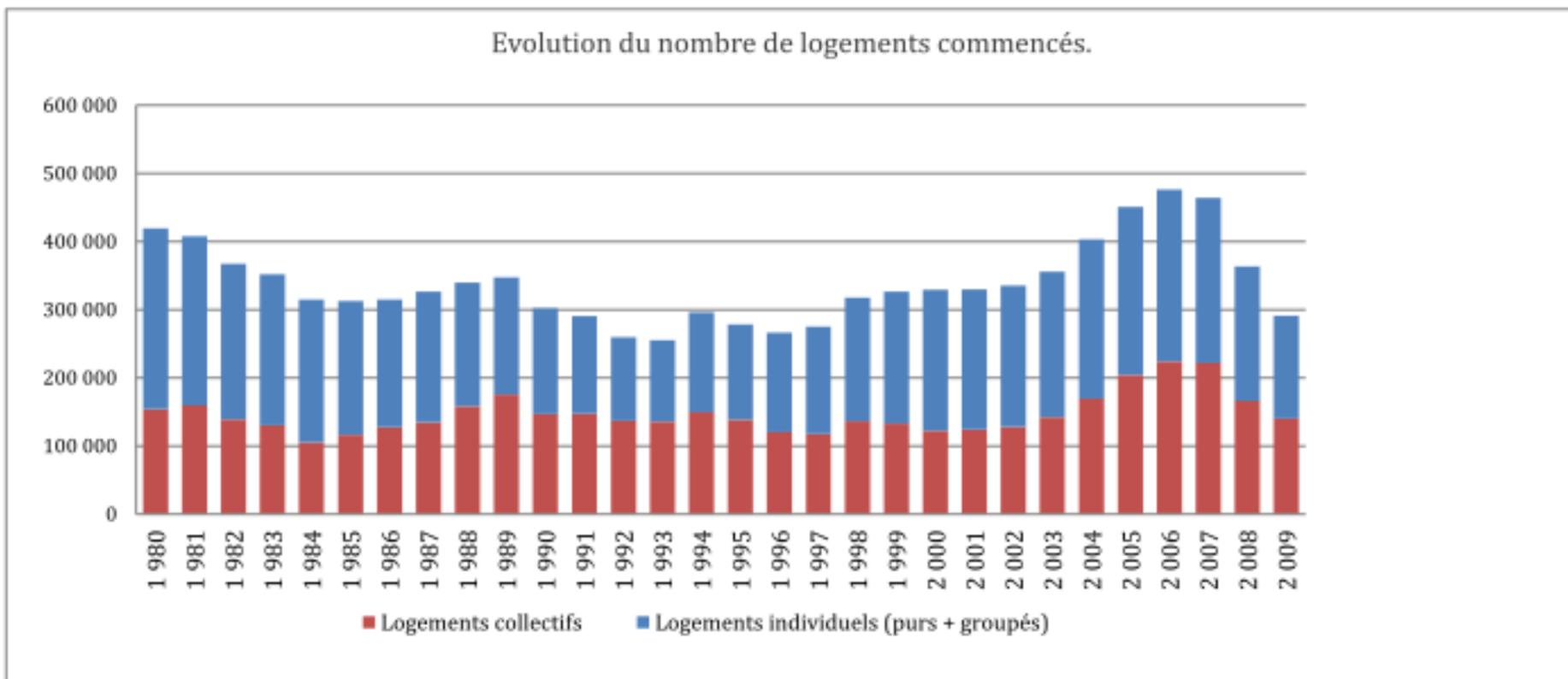
- ◆ @ Polyuréthane - Isolants de murs - 30 à 50 kg\m3 λ:0,025
- @ Polystyrène expansé - plaques - 20 à 40 kg\m3 λ:0,034
- ▲ @ Laine de roche - plaques et panneaux souples - 0 à 50 kg\m3 λ:0,04
- @ L. de verre - rouleaux - 25 à 50 kg\m3 λ:0,034
- ◆ @ L. de verre - plaques et panneaux souples - 25 à 50 kg\m3 λ:0,04
- @ Laines et fibres de bois - plaques et panneaux souples - 50 à 100 kg\m3 λ:0,038
- Isolant thermique FOAMGLAS® T4+ - 115 kg\m3 λ:0,041
- ▲ Métisse MD "Cloisons" - Fibres textiles recyclées - 050 kg\m3 λ:0,039
- ◆ Biofib' duo isolant Chanvre/Lin - 030 kg\m3 λ:0,041
- ◆ Ouate de cellulose soufflée - 023 kg\m3 λ:0,04
- Paille RT 2012 (perpendiculaire à la fibre) - 100 kg\m3 λ:0,052

Comparatif d'isolants à performances équivalente (R = 7)	Conso eau (litres)	Acidification atmosphère (keSO2)
@ Polyuréthane - Isolants de murs - 30 à 50 kg\m3 λ:0,025	719	0,33655
@ Polystyrène expansé - plaques - 20 à 40 kg\m3 λ:0,034	107	0,2511
@ Laine de roche - plaques et panneaux souples - 0 à 50 kg\m3 λ:0,04	72	0,22705
@ L. de verre - rouleaux - 25 à 50 kg\m3 λ:0,034	125	0,09595
@ L. de verre - plaques et panneaux souples - 25 à 50 kg\m3 λ:0,04	218	0,15847
@ Laines et fibres de bois - plaques et panneaux souples - 50 à 100 kg\m3 λ:0,038	70	0,15182
Isolant thermique FOAMGLAS® T4+ - 115 kg\m3 λ:0,041	141	0,06601
Métisse MD "Cloisons" - Fibres textiles recyclées - 050 kg\m3 λ:0,039	132	0,13023
Biofib' duo isolant Chanvre/Lin - 030 kg\m3 λ:0,041	143	0,12215
Ouate de cellulose soufflée - 023 kg\m3 λ:0,04	48	0,02083
Paille RT 2012 (perpendiculaire à la fibre) - 100 kg\m3 λ:0,052	48	0,00001

Construction et population



La construction de logements en France



Productions agricoles en France (2005)

	Ha	Rendements paille (qx/ha)	Production de paille (en tonnes)
Blé tendre	4 859 319	65	31 585 574
Blé dur	421 428	65	2 739 282
Seigle	31 447	75	235 853
Orge	1 602 409	60	9 614 454
Avoine	111 378	70	779 646
Maïs	1 622 640	95	15 415 080
Triticale	330 376	80	2 643 008
Riz	17 880		50 000*
Tournesol	643 729	60	3 862 374
Lin oléagineux	11 507		

1 maison de 100m² ≈ 100 m² de mur + 130 m² de toiture ≈ 500 bottes de paille ≈ 10 tonnes

soit

2 ha de blé

Sources :

- AGRESTE – ITAB
- INRA Montpellier (*)

Construction en France (2005)

Type de logements	Nb de créations
Individuels	266 348
Collectifs	221 735

Surface moyenne d'un logement :

Individuel = 130 m²

Collectif = 73 m²

Paille nécessaire :

- Individuel \approx 3 015 246 de T (10% la paille blé tendre)

- Collective \approx 1 599 508 de T (5 % paille de blé tendre)

Type de	Surfaces (en m ²)
Logements Individuels	34 846 000
Logements collectifs	16 251 000
bureaux	4 658 000
commerces	5 656 000
bât. industriels	9 682 000
Stockage non agricole	3 760 000
Stockage agricole	2 763 000
Constructions agricoles hors stockage	10 478 000
Equipements collectifs	5 926 000

Source : SITADEL, ministère de l'Équipement