



Marché à procédure adaptée
référéncé :
F04-14 CO 04 000022

**RAPPORT D'ETUDES SUR LE COUT
ENERGETIQUE DE QUATRE FILIERES
CONSTRUCTIVES :
*BETON, BRIQUE, BOIS ET ACIER***

***Etabli sur la base du projet Villas urbaines
durables « Villa Escher » de Clermont Ferrand***

Par TERRE ECO
24 bis, boulevard de la Chantourne
38706 La Tronche Cedex
Tél. : 04 76 42 88 70 - Fax : 04 76 42 88 38

Etude réalisée par : Patrick MARTIN et Virginie BRET en juillet 2004 et complétée en février 2005

SOMMAIRE

Sommaire	2
Introduction	3
1 La méthode mise en œuvre : résumé de la démarche générale	4
1.1 Initialisation de la démarche	4
1.1.1 La commande	4
1.1.2 Le recueil des données	4
1.2 Reconfiguration et agglomération des données	5
1.2.1 Construction de la base de données	5
1.2.2 La définition des hypothèses de calcul	5
1.2.3 La création des premières fiches de calculs	6
1.2.4 Le calcul global	6
2 Développement de la démarche	6
2.1 Les documents obtenus / élaboration de la base de données / les calculs	6
2.1.1 Le tableau de recensement	6
2.1.2 La base de données	7
2.1.3 Le modèle générique de calculs, commun à toutes les fiches	12
2.1.4 Le calcul	13
2.2 Les résultats des calculs	15
2.2.1 Des résultats globaux pour chaque bâtiment	15
2.2.2 La conversion des résultats en d'autres unités	15
2.2.3 Les résultats de chaque bâtiment	17
Conclusion	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : tableau de conversion pour les unités d'énergie	15
Tableau 2 : résultats totaux des contenus énergétiques des quatre maisons pour différentes unités	16
Tableau 3 : résultats par bâtiment pour les matériaux de structure enveloppe	20
Tableau 4 : résultats par bâtiment pour les menuiseries extérieures	22
Tableau 5 : résultats par bâtiment pour les matériaux de finition	25

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : tableau recensement avec les contacts et les documents produits en notre possession	7
Figure 2 : page extraite d'une Fiche de déclarations environnementales et sanitaires définissant les caractéristiques du produit regroupant la définition de l'unité fonctionnelle	10
Figure 3 : tableau extrait d'une Fiche de déclarations environnementales et sanitaires définissant la consommation des ressources naturelles énergétique et les indicateurs énergétiques	10
Figure 4 : la base de données	11
Figure 5 : modèle d'entrée de données du lot n°1 - gros œuvre	14

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE N°1	27
DETAIL DU CONTENU ENERGETIQUE PAR LOT DE LA MAISON N°1 « BETON »	
ANNEXE N°2	30
DETAIL DU CONTENU ENERGETIQUE PAR LOT DE LA MAISON N°2 « BRIQUE MONOMUR »	
ANNEXE N°3	32
DETAIL DU CONTENU ENERGETIQUE PAR LOT DE LA MAISON N°3 « BOIS »	
ANNEXE N°4	34
DETAIL DU CONTENU ENERGETIQUE PAR LOT DE LA MAISON N°4 « METAL »	
ANNEXE N°5 glossaire	36

INTRODUCTION

La présente étude vise à acquérir une meilleure maîtrise des choix techniques de filières constructives grâce à l'établissement du coût énergétique de chacune d'entre elles, à savoir les filières béton, brique monomur, bois et acier. :

Le support de cette étude est constitué par quatre bâtiments dont les caractéristiques spatiales, acoustiques et thermiques sont comparables.

Ayant été décrites et quantifiées par matériaux, le projet de recherche consiste dans une première étape à réunir toutes les données connues sur les matériaux et à établir un logiciel permettant de passer de la description / quantification classiques, au coût énergétique total de ces quatre bâtiments.

Bien que limitée dans l'approche par l'absence de données sur les équipements et les peintures, l'étude ci-après permet néanmoins de fixer des ordres de grandeurs assez fiables, notamment en terme de comparaison entre ces quatre filières ... et de tirer quelques conclusions permettant d'ores et déjà d'instruire les choix techniques en toute intelligence de leur coût énergétique.

1 La méthode mise en œuvre : résumé de la démarche générale

1.1 Initialisation de la démarche

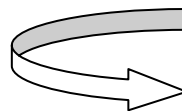
1.1.1 La commande

La commande consiste à saisir l'opportunité d'un projet développant différentes familles de construction dans un même contexte, pour évaluer leur coût énergétique. Par suite la problématique de ce projet a généré la production **de fiches de calculs bâtiment par bâtiment** pour permettre l'information des professionnels et indirectement la préparation d'un logiciel.

Dans un premier temps, il a été nécessaire :

- d'analyser les plans et le CCTP¹ du projet « Villa Escher » qui a été produit en juin 2003, sur quatre bâtiments, suivant quatre approches différenciées en structure béton, brique, bois et acier,
- de prendre en compte les quantitatifs par lot et par bâtiment,
- d'examiner les différents plans.

A partir de cela, il convient d'organiser de manière intelligible les fiches de calculs autour du CCTP et donc d'adopter un modèle logique qui permettra de comparer aisément les bâtiments.



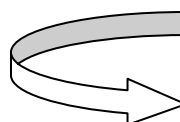
PRODUCTION

Un plan unique à toutes les fiches de calculs, basé sur le

Cette première approche permet de faire un bilan *CCTP* techniques en vocabulaire (annexe n°5) et en construction, mais aussi de mieux apprécier les difficultés d'une telle étude.

1.1.2 Le recueil des données

- recherches concernant les contenus énergétiques des matériaux de construction, à savoir :
 - Une première recherche auprès du CSTB²,
| *recensement des normes, des logiciels, des travaux de recherches français ou étrangers sur ce thème*
 - Une seconde recherche menée directement auprès des industriels,
| *Au sein de leurs services, ont-ils déjà réfléchi au contenu énergétique de leurs produits ?*
 - Une troisième recherche auprès
| *des associations, des professionnels du bâtiment de l'agglomération grenobloise.*



PRODUCTION

Une fiche synthèse des données techniques existantes

¹ CCTP : Cahier des clauses techniques particulières

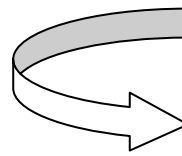
² CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

1.2 Reconfiguration et agglomération des données

1.2.1 Construction de la base de données

Au fur et à mesure, les recherches ont permis d'avoir accès aux premiers contenus énergétiques des matériaux qu'il a fallu analyser et circonstancier avec d'autres renseignements utiles pour intégrer les incidences de transport et de mise en œuvre :

- analyse des hypothèses de calculs pour chaque matériau,
| *caractéristiques, dimensions, durée de vie, produits complémentaires : emballage, mode de transport, masse, etc.*
- vérifications des chiffres fournis par les entreprises (beaucoup de contradictions à lever liées à des unités et des modes de calculs différents pour un même produit),



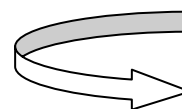
PRODUCTION

Construire une base de données regroupant les renseignements obtenus.

1.2.2 La définition des hypothèses de calcul

Compte-tenu de la dispersion des données qui nous ont été communiquées par l'extérieur, il a été nécessaire de rechercher et d'exploiter des éléments supplémentaires pour aboutir à l'élaboration de données cohérentes, possibles à agglomérer.

- quelles étapes du cycle de vie des matériaux doit-on prendre ?
| *Un cycle de vie comporte cinq étapes = fabrication + transport + mise en œuvre + vie en œuvre + fin de vie : seules les 3 premières ont été prises en compte*
- définir le type d'énergie à retenir
| *énergie primaire totale, énergie renouvelable, énergie non renouvelable, énergie procédé, énergie matière, électricité*
- transformer les unités de ces données pour un calcul global, avec les deux dernières informations ci-dessus, adaptables à la filière bâtiment qui s'exprime principalement en surface et en volume
| *(m² ou m³) plutôt qu'en masse par exemple*
- finaliser les calculs par des données scientifiques
| *PCI³, masse volumique*



PRODUCTION

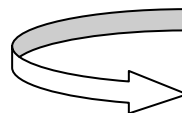
Définir les unités et la base du calcul.

³ PCI : Pouvoir calorifique inférieur

1.2.3 La création des premières fiches de calculs

Une fois toutes ces données récoltées et reconfigurées, une fiche de calculs a été créée et testée sur la maison n°1 « béton ».

Pour faciliter la comparaison entre bâtiments, il a été convenu d'exprimer les résultats par m² SHON⁴.

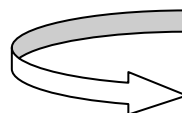


PRODUCTION

Un document modèle qui se déclinera pour l'ensemble des quatre bâtiments.

1.2.4 Le calcul global

Après avoir testé la pertinence de la fiche de calculs sur le premier bâtiment et effectué les correctifs nécessaires, le calcul a été décliné aux autres filières constructives et a permis d'aboutir à la conclusion de l'étude.



PRODUCTION

Les fiches de calculs des quatre bâtiments.

2 Développement de la démarche

2.1 Les documents obtenus / élaboration de la base de données / les calculs

2.1.1 Le tableau de recensement

Nous avons travaillé en lien étroit avec M. Chevalier du CSTB de Grenoble qui nous a fait bénéficier de ses connaissances sur l'existence d'éléments en lien avec le contenu énergétique des matériaux de construction, à savoir :

- un logiciel suisse Cimapro sur l'ACV⁵ de 1996,
- un logiciel hollandais Ivam de 1992 et 1997,
- un logiciel Ecoinvent 2000,
- un projet européen Presco,
- des fiches Inies françaises transcrites dans la norme XP 01-010 de 2001 intitulée « qualité environnementale des produits de construction – information sur les caractéristiques environnementales des produits de construction ».

⁴ SHON : Surface hors œuvre nette

⁵ ACV : analyse de cycle de vie

Vu le caractère récent de la norme XP 01-010, nos recherches se sont orientées principalement vers les Fiches de déclarations environnementales et sanitaires (FDES), produites par des industriels, qui en découlent. Au cours de l'enquête, la réalisation d'un répertoire a permis d'établir (figure 1) :

- un recensement des données existantes,
- une bibliothèque qui améliore l'organisation des recherches,

Produits	Nombre de fiches	Émetteur	Coordonnées	commentaires
Vitrage isolant	1	CSFVVP (Chambre Syndicale des Fabricants de Verre Plat)	M. J. DEMARTY 3, rue La Boétie – 75008 PARIS Tél : 01 46 65 60 02 E-mail : fedevams@wanadoo.fr	réponse de M. VILHUTIER par mail le 14/04/04 1 fiche imprimée sur le double vitrage peu émisif remerciements question pour l'unité envoyée le 12/05/04, réponse le 12/05/04
Canalisation PVC évacuation (év. déc. 2002)	1	STR-PVC (Synd. Tubes et Raccords PVC)	M. E. CHATELAIN 11 bis, rue de Milan – 75008 PARIS Tél : 01 53 32 79 70 E-mail : e.chatelain@str-pvc.org	pas de réponse mail envoyé le 06-05-04 attente
Isolation laines minérales	1	Saint-Gobain – Isovert	Mme S. CHARBONNIER Les Miroirs - 92096 LA DEFENSE Cedex PARIS tél : 01 47 62 40 65 E-mail : sybte.charbonnier@saint-gobain.com	réponse par courrier 2 fiches imprimées sur IBR Contact 60 et SHEDISOL Au 200 remerciements
Revetements de sol PVC : - PVC expansé relief - PVC sur mousse U2S - PVC sur mousse U3U4 - PVC sur liège - PVC homogène - PVC hétérogène compact - PVC cœuré flexible	7	SFEC (Synd. Français des Endosseurs Catalandres)	Mme J. CHAMINADE 65, rue de Prony – 75084 PARIS Cedex 17 Tél : 01 44 01 16 44 E-mail : gfe@sfec.fr	réponse par mail 1 fiche PVC expansé relief (ver) 1 fiche PVC HÉTÉROGÈNE COMPACT 1 fiche PVC HOMOGÈNE 1 fiche PVC semi-flexible 1 fiche PVC sur liège 1 fiche PVC sur Mousse (VSM U2S) 1 fiche PVC sur Mousse (VSM U3-U4)
Monocouche Terre Cuite	1	FFTB (Fédération)	Mme C. LESTOURNELLE 17, rue de la... 75016 PARIS	renouvellement en 2004/2005 réponse par courrier et par mail le 14/04/04

Figure 1 : tableau recensement avec les contacts et les documents produits en notre possession

2.1.2 La base de données

Au fur et à mesure des recherches, la base de données (figure 2) a été construite, sur la base de la norme XP 01-010.

La base de données rassemble les éléments techniques issus des Fiches de déclarations environnementales et sanitaires, et sert de base aux différents calculs pour chacun des quatre bâtiments.

La base de données est structurée en plusieurs parties : matériaux et produits d'abord puis informations les concernant.

2.1.2.1 Les matériaux et les produits

Les informations ont été obtenues sur les rubriques suivantes :

- Le béton, la brique, l'acier, le bois,
- Les isolants,
- Les éléments de toiture : couverture, charpente, poutre,
- Les vitrages et volets,
- Les cloisons,
- Les revêtements de sol,
- Les canalisations,
- D'autres données générales sur les métaux, les graviers et le sable.

Aucune information sur les peintures, la faïence et le carrelage ne nous a été communiquée. Soit les industriels sont en retard dans la production de leur Fiches de déclarations environnementales et sanitaires (équipements techniques), soit ils ne tiennent pas à les communiquer (peintures, etc.).

NOTA :

Nous avons nous même établi les données concernant les terrassements et les remblaiements à partir d'enquêtes de terrain permettant d'établir le coût énergétique des matériaux de base tels que le sable, le gravier et le tout-venant.

2.1.2.2 Les informations par matériaux et par produits

Le plan unique et ordonné de la base de données (figure 4) régit tous les matériaux :

- La classe,
 - du produit : bloc béton, poutre, isolant, etc.*
 - du matériau : acier, ciment, béton, etc.*
 - le type de matériaux : par exemple, essence de l'arbre, laine de verre ou laine de roche, plâtre ou terre cuite, fonte ou PVC, etc.*
- Le produit,
 - la dénomination du fabricant*
- L'industriel ou l'entreprise et la personne contactés pour l'information du produit,
 - ce peut être le fabricant, un syndicat, le CSTB⁶ ou une entreprise du bâtiment*
- La définition de l'unité fonctionnelle du produit (figure 2),
 - « performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une analyse de cycle de vie »*
- La masse de produit nécessaire pour l'unité fonctionnelle du produit (kg),
- L'unité fonctionnelle du produit (m² ou m³),
- La durée de vie totale du produit (ans),
- La masse volumique du matériau (kg/m³) et l'épaisseur (m),
 - pour permettre de ramener le résultat final aux unités employées dans le bâtiment*
- L'énergie primaire totale⁷ (figure 3) qui englobe toutes les formes d'énergie en MJ/UF.anuité et en MJ/m² ou m³.anuité,
 - pour les différentes étapes du cycle de vie du produit de construction : production⁸, transport⁹, mise en œuvre¹⁰, vie en œuvre¹¹, fin de vie¹²*

⁶ CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

⁷ Energie primaire totale : elle représente la somme de toutes les sources d'énergie qui sont directement puisées dans les réserves naturelles telles que le gaz naturel, le pétrole, le charbon, le minerai d'uranium, la biomasse, l'énergie hydraulique, le soleil, le vent, la géothermie

énergie primaire totale = énergie non renouvelable + énergie renouvelable

⁸ Production : extraction des matières premières et fabrication, jusqu'à la sortie du site de fabrication du produit manufacturé (les transports nécessaires à cette étape sont inclus)

⁹ Transport : de la sortie du site de fabrication à l'arrivée sur le chantier de construction

¹⁰ Mise en œuvre : construction de l'ouvrage, jusqu'à sa réception

¹¹ Vie en œuvre : occupation de l'ouvrage par les occupants, entretien et réparations, jusqu'au départ des derniers occupants

¹² Fin de vie : destruction de l'ouvrage ou transports inhérents à l'évacuation des matériaux vers leurs diverses destinations (d'élimination ou de valorisation)

0 Caractérisation du produit		XP1 S4.3.3 et annexe A
Remarque importante : Cette section précise le produit auquel se réfère cette fiche ainsi que l'unité fonctionnelle qui lui est relative.		
Q0.1 - Quelle est l'unité fonctionnelle retenue pour la Fiche ?		
Assurer la fonction de mur porteur (structure et clos) sur 1 m ² de paroi et une isolation thermique (résistance thermique additive de 2,5 m ² *K/W) pendant une annuité.		
Q0.2 - Quelle est la masse de produit nécessaire pour l'unité fonctionnelle ? (en indiquant aussi la masse des produits complémentaires indispensables pour la mise en œuvre de l'unité fonctionnelle - cf. 2.3)		
<ul style="list-style-type: none"> • Produit : Nombre de Monomur par m² de mur : 16.37 Masse unitaire d'un Monomur : 18.1 kg Durée de vie typique : 100 ans ⇒ 2.96 kg de Monomur (16.37*18,1/100) pour l'unité fonctionnelle retenue • Produit(s) complémentaire(s) Quantité de mortier colle par m² de mur : 4.2 kg ⇒ 0.042 kg de mortier colle (4.2/100) pour l'unité fonctionnelle retenue 		
Q0.3 - Quelles sont les caractéristiques techniques utiles non contenues dans la définition de l'unité fonctionnelle ?		
Assurer la fonction d'isolation acoustique (indice d'affaiblissement aux bruits intérieurs de 50 (-1 ; 0) dB.		
Les données d'inventaire de cycle de vie qui sont présentées en réponse aux questions 1.1 à 1.3 ont été calculées pour l'unité fonctionnelle définie en Q0.1		

Figure 2 : page extraite d'une Fiche de déclarations environnementales et sanitaires définissant les caractéristiques du produit regroupant la définition de l'unité fonctionnelle

1- Consommation de ressources naturelles énergétiques et indicateurs énergétiques								XP 5.2.1	
Flux	Unités	Prod.	Transp.	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total Cycle de Vie		
							par annuité	pour toute la DVT	
Consommation de ressources énergétiques									
Bois (énergie procédé)	kg	0.298		1.12 E-4			0.298	29.8	
Charbon	kg	8.71E-03	2.46E-05	1.59E-03		1.11E-05	1.03E-02	1.0338	
Lignite	kg	3.38E-04					3.39E-04	3.39E-02	
Gaz Naturel	kg	8.72E-02	4.13E-04	1.39E-03		1.86E-04	8.92E-02	8.92085	
Pétrole (énergie procédé)	kg	2.34E-02	1.77E-02	1.52E-03		7.99E-03	5.06E-02	5.05588	
Uranium (U)	kg	3.27E-06	9.29E-09	3.10E-08		4.20E-09	3.31E-06	3.31E-04	
Indicateurs énergétiques									
Energie Primaire Total	MJ	9.21	7.58E-01	1.84E-01		3.42E-01	10.49	1049.19	
Energie Renouvelable	MJ	2.83	4.28E-04	2.16E-03		1.94E-04	2.83	282.95	
Energie Non Renouvelable	MJ	6.38	7.57E-01	1.81E-01		3.42E-01	7.66	766.19	
Energie Procédé	MJ	8.53	7.58E-01	0.173		3.42E-01	9.799	979.9	
Energie Matière	MJ	0.68		0.011			0.691	69.10	
Electricité	kWh	7.03E-01	1.98E-03	1.08E-02		8.97E-04	0.72	71.64	

Figure 3 : tableau extrait d'une Fiche de déclarations environnementales et sanitaires définissant la consommation des ressources naturelles énergétique et les indicateurs énergétiques

Le figure 4 montre le modèle de la base de données.

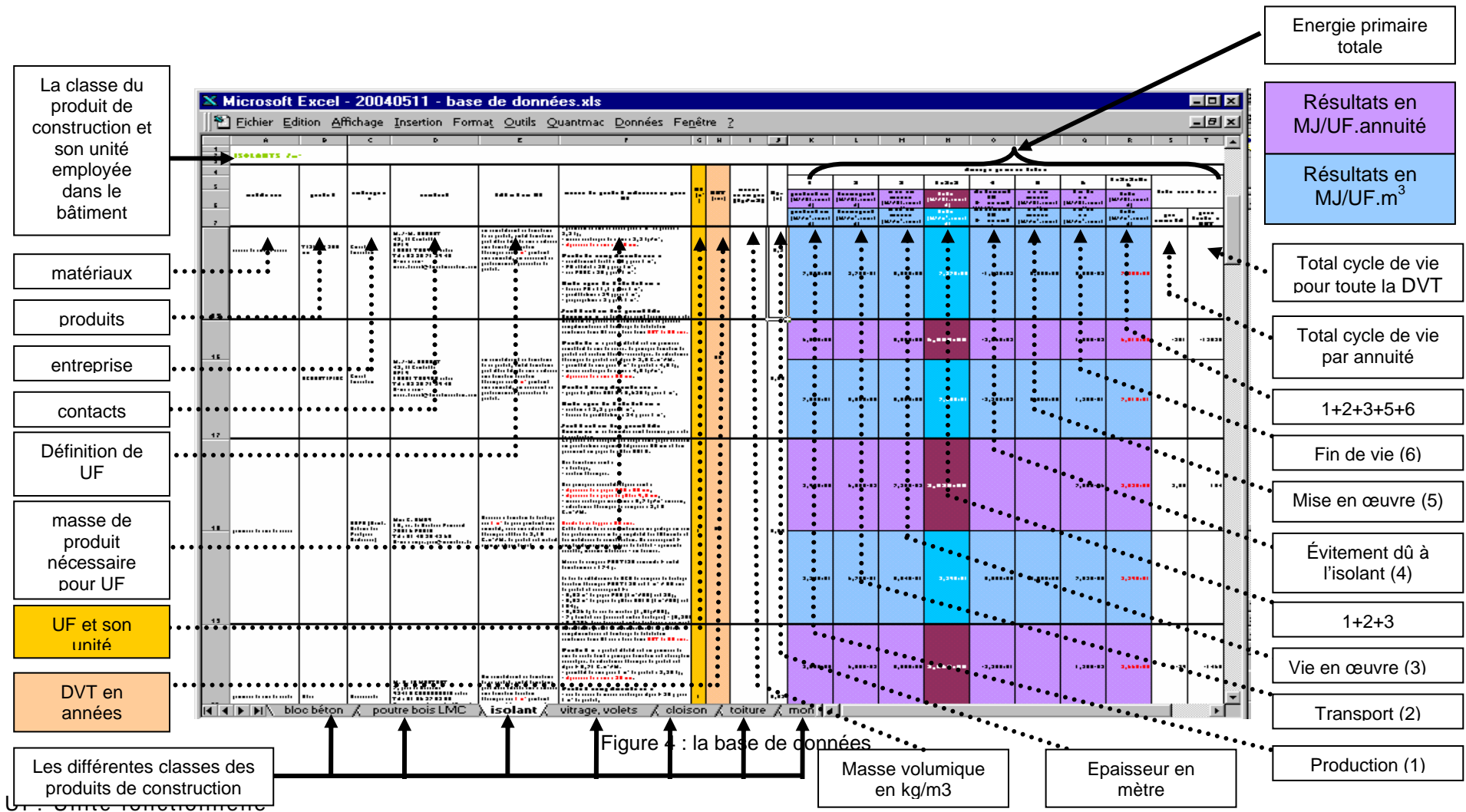


Figure 1 : la base de données

UF : Unité fonctionnelle
DVT: Durée de vie totale

2.1.3 Le modèle générique de calculs, commun à toutes les fiches

La réalisation du modèle s'est basée sur le descriptif et sur le quantitatif du projet des « Villas Escher », sur l'exemple de la maison n°1 dite « béton » et sur la base de données.

Chaque lot, représenté à chaque fois par une feuille différente sur le tableur, est ensuite découpé de la manière suivante (figure 5) :

- Action,
| *Actions divisées en paragraphes numérotés d'après le CCTP¹³*
- Détail, matériau, quantité, unité,
| *d'après le CCTP et le DPGF¹⁴*
- Nom du matériau ou produit suivant les éléments figurant dans la base de données,
- Caractéristiques éventuelles : longueur, largeur, hauteur, diamètre, épaisseur, espacement et/ou périmètre (m),
| *Selon le lot et le matériau*
- Quantités : nombre de camions par aller-retour, nombre de couches, nombre de vantaux, nombre de matériau et/ou durée en heures, etc.
| *Selon le lot et le matériau*
- Production, transport, mise en œuvre et total (MJ/annuité et MJ/DVT¹⁵ du bâtiment),
- Autres hypothèses importantes :
| *Le choix des unités s'est appuyé sur la norme XP 01-010,
| La durée de vie totale d'un bâtiment est estimée à 100 ans, que nous nous sommes fixés,
| Nous nous sommes fixés également la durée de vie de chacun de ces composants de manière à établir un coût énergétique par annuité uniformément calculé pour une durée de vie totale de l'ouvrage de 100 ans : ce point est très important pour disposer d'un calcul objectif qui ne soit pas déformé : il faut prendre en compte la durée de vie des matériaux les plus durables et cumuler plusieurs cycle de vie d'un matériau qui le serait moins pour aboutir à une étude fiable
| Seules les trois premières étapes de la vie d'un bâtiment ont été prises en compte, rares sont les données sur la vie en œuvre et la fin de vie du matériau.*

¹³ CCTP : Cahier des clauses techniques particulières

¹⁴ DPGF : Décomposition du prix global et forfaitaire

¹⁵ DVT : Durée de vie totale

En plus de la base de données précédente, qui reprend les données des FDES¹⁶ et du CSTB, il a été ajouté au modèle de calcul une autre feuille qui recense :

- Des données scientifiques permettant d'aboutir à certain calcul
| *PCI¹⁷ (MJ/kg), masse volumique (kg/m³), les équivalences des MJ en kWh, Tep et barils de pétrole*
- Des données provenant des professionnels de la région grenobloise
| *Consommation, kilométrage, carburant, durée de vie des véhicules pour le transport, les différents types de terrassement et de remblaiement, ainsi que l'extraction du tout-venant*

Ce modèle a été conçu de telle sorte que l'on puisse adapter aisément les calculs, puisqu'il suffit d'entrer d'autres valeurs issues du CCTP des « Villas Escher » ou tout autre projet, et le calcul se fait automatiquement. Cette flexibilité a permis également de créer en peu de temps les tableaux des autres bâtiments.

2.1.4 Le calcul

- Après avoir recensé ou établi les données sur le tout corps d'état (hors équipements techniques et prestations),
 - Après avoir établi le coût énergétique par annuité pour une durée de vie totale des bâtiments de 100 ans pour chaque produit,
 - Après avoir transformé les données initiales en données applicables aux unités usuelles du bâtiment,
- ... le calcul est effectué sur chacun des bâtiments : béton / briques / bois et ossature acier.

¹⁶ FDES : Fiches de déclarations environnementale et sanitaire

¹⁷ PCI : Pouvoir calorifique inférieur

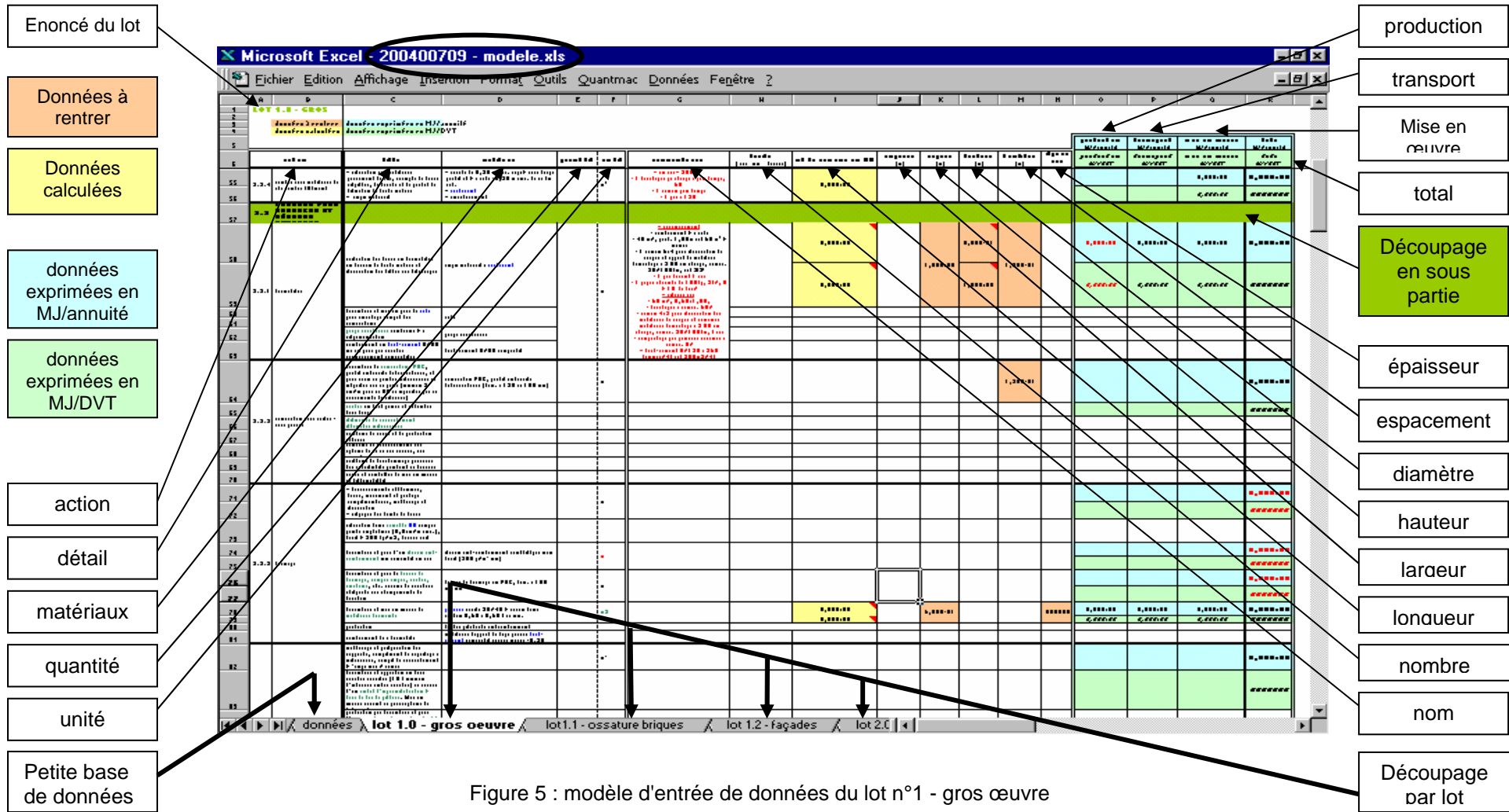


Figure 5 : modèle d'entrée de données du lot n°1 - gros oeuvre

2.2 Les résultats des calculs

2.2.1 Des résultats globaux pour chaque bâtiment

Les résultats indiquent le classement décroissant suivant, pour une durée de vie totale de 100 ans :

1. Maison n°2 « brique monomur » = $1,36.10^5$ MJ/m² SHON
2. Maison n°3 « bois » = $1,36.10^5$ MJ/m² SHON
3. Maison n°4 « acier » = $1,80.10^5$ MJ/m² SHON
4. Maison n°1 « béton » = $1,88.10^5$ MJ/m² SHON

Interprétation

De la fabrication des matériaux à leur mise en œuvre, pour une durée de vie totale des bâtiments de 100 ans, il en ressort que :

- la villa n°1 à ossature béton reste à 4% près, autant consommatrice en énergie primaire que la maison n°4 à structure acier et remplissage briques,
- les maisons n°2 à ossature brique monomur et n°3 à structure bois et plancher collaborant bois-béton, partagent la meilleure place en nécessitant de l'ordre de 40% d'énergie primaire en moins que la maison n°1 dite « béton ».

2.2.2 La conversion des résultats en d'autres unités

Il a été également choisi de convertir les résultats dans d'autres unités qui peuvent être plus significatives pour d'autres personnes (tableaux 1 et 2).

La tonne d'équivalent pétrole (Tep) est une unité de mesure couramment utilisée par les économistes de l'énergie pour comparer les énergies entre elles. Il s'agit de l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole moyen. Un baril de pétrole équivaut à 0,1364 Tep.

Le kWh quant à lui, est la quantité d'énergie nécessaire pour faire fonctionner par exemple un appareil d'une puissance de 1 kW pendant une heure.

	MJ	kWh	Tep
MJ	1,00E+00	2,78E-01	2,39E-05
kWh	3,60E+00	1,00E+00	8,60E-05
Tep	4,19E+04	1,16E+04	1,00E+00

Tableau 1 : tableau de conversion pour les unités d'énergie

	total MJ/annuité.m ² SHON	total MJ/DVT.m ² SHON	total kWh/annuité .m ² SHON	total kWh/DVT.m ² SHON	total Tep/annuité .m ² SHON	total Tep/DVT.m ² SHON
maison n°2 « brique monomur »	1,36E+03	1,36E+05	3,76E+02	3,76E+04	3,24E-02	3,24E+00
maison n°3 "« bois »	1,36E+03	1,36E+05	3,79E+02	3,79E+04	3,26E-02	3,26E+00
maison n°4 "acier"	1,80E+03	1,80E+05	5,009E+02	5,00E+04	4,30E-02	4,30E+00
maison n°1 "béton"	1,88E+03	1,88E+05	5,23E+03	5,23E+04	4,50E-02	4,50E+00

Tableau 2 : résultats totaux des contenus énergétiques des quatre maisons pour différentes unités

D'une autre manière pour fabriquer, transporter et mettre en œuvre les matériaux de construction, nous aurions besoins pour une durée de vie de 100 ans :

- maison n°2 « brique monomur » : de 24 barils de pétrole environ,
- maison n°3 « bois » : de 24 barils de pétrole environ,
- maison n°4 « acier » : de 32 barils de pétrole environ,
- maison n°1 « béton » : de 33 barils de pétrole environ.

Ces conclusions restent générales et pour une meilleure interprétation, il convient d'analyser les résultats de chaque bâtiment pour les matériaux de clos couvert, pour les menuiseries et pour les matériaux de finition.

2.2.3 Les résultats de chaque bâtiment

Dans la suite du mémoire :

- les annexes n°1, n°2, n°3 et n°4 récapitulent les résultats lot par lot de chaque bâtiment.
- les résultats suivants « 4,46E+05 » signifient « $4,46.10^5$ ».

2.2.3.1 Constitution et interprétation des matériaux de clos couvert

2.2.3.1.1 Constitution des différents lots

Constitution du lot n°1 « gros œuvre »

Le lot « gros œuvre » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- du transport du personnel et du matériel,
- des terrassements* tels que les fouilles en rigole et les remblaiements,
- des travaux pour les ouvrages et les réseaux enterrés comme les tranchées,
- des fondations superficielles tels que le gros béton, le béton de propreté, les semelles*, les fosses et radier* d'ascenseur, les longrines*, les murs et poteaux en infrastructures*,
- des dallages* comme le dallage de sous-sol et de porté, les rampes d'accès en sous-sol et les caniveaux bas de rampe,
- des ouvrages verticaux comme les voiles*, les murs de soutènement* et les poteaux,
- des ouvrages horizontaux tels que les poutres, les dalles* pleines, l'isolation de fond de coffrage et les planchers sur bacs collaborants*,
- des ouvrages divers comme les escaliers, les bandeaux*, les relevés, les garde-corps* et costières*, les seuils*, les appuis et les corniches*,
- des ouvrages de maçonnerie tels que les murs et cloisons en agglomérés de ciment préfabriqués, les cloisons en doublage du mur de soutènement, les chasses roues et trottoirs, les courettes de ventilation, les seuils des gaines techniques.

Le lot « gros œuvre » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- de l'installation du chantier,
- des travaux pour les ouvrages et les réseaux enterrés comme les canalisations des eaux usées et eaux pluviales en PVC, le drainage, la protection des murs enterrés avec un enduit à base de brai* de pétrole, les débourbeurs, les séparateurs d'hydrocarbures, les regards à grille
- des fondations superficielles tels que les arases*, les cuvelages* de fosse d'ascenseur,
- des ouvrages divers comme les socles de fond de fosse,
- des ouvrages de maçonnerie tels que les enduits en ciment, les bacs à sable, le bouchement et calfeutrement des réservations, le traitement des joints de dilatation.

Constitution du lot n°1.1, « ossature brique »

Le lot « ossature brique » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- des murs extérieurs en brique monomur de 37,5 cm d'épaisseur,
- des carreaux de terre cuite en éléments creux pour les cloisons,
- des planchers poutrelles hourdis* en ciment,
- des ouvrages en béton armé tels que des poutres, des poteaux,
- des ouvrages maçonnés en béton tels que les seuils*, les appuis, les bandeaux*, les chaperons* et les chapes*,
- des couvertines* et des bavettes*.

Le lot « ossature brique » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- des ouvrages maçonnés en béton tels que les rebouchements et calfeutrement des réservations*, et les enduits,
- des briques de parement pour les façades,

Constitution du lot n°1.2, « façade »

Le lot « façade » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- de la lasure* des bardages bois,
- des échafaudages,
- des revêtements monocouches sur les parois en béton, en brique,
- des crochets d'ancrage*,
- des traitements des joints,
- de la peinture pliolite,
- de la peinture résine.

Constitution du lot n°2, « charpente »

Le lot « charpente » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- de la charpente fermette*,
- de l'habillage des passées de toiture,
- des planches de rives*,
- des dispositifs d'ancrage de sécurité,
- des platelages de circulation*.

Le lot « charpente » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques des planches d'égout.

Constitution du lot n°2.1, « bardage »

Le lot « bardage » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- des habillages des faux plafonds sur loggias*,
- des bardages,
- des couvertines* en aluminium,
- des couvertures des goulottes techniques.

Le lot « bardage » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- des échafaudages,
- des bardages de façade des bâtiments,
- des claustras*.

Constitution du lot n°3, « couverture zinguerie »

Le lot « couverture zinguerie » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- des couvertures des parties courantes en tuiles et des sous toitures,
- des éléments en zinc comme les gouttières, les descentes d'eaux pluviales, les couvertines*, les solins* et bandes solives*,

- des dauphins* en fonte,
- des souches* de sortie en toiture en acier galvanisé tels que la ventilation des colonnes gaz, les souches de ventilation mécanique.

Le lot « couverture zinguerie » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- des couvertures de faîtages*, arêtières* et rives,
- des boîtes à eau en zinc,
- des châssis* de toiture.

Constitution du lot 4, « charpente métallique »

Le lot « charpente métallique » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- des éléments de charpente métallique comme les poteaux et les poutres en acier inoxydable,
- des planchers collaborants* en acier galvanisé.

Le lot « charpente métallique » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- de la peinture antirouille.

Constitution du lot n°5, « étanchéité »

Le lot « étanchéité » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- de l'isolation des solins* en aluminium,
- de l'évacuation des eaux pluviales en cuivre en trop plein,
- du moignon* de l'évacuation des eaux pluviales en acier galvanisé.

Le lot « étanchéité » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- de l'étanchéité isolée en mousse polyuréthane des surfaces courantes,
- de l'étanchéité isolée des relevés périphériques en chape souple,
- de l'étanchéité des murs avec un mélange de base bitumineuse,
- des couvertines* en aluminium.

2.2.3.1.2 Résultats des différents lots

	Maison n°1 « béton » MJ/DVT.m² SHON	Maison n°2 « brique monomur » MJ/DVT.m² SHON	Maison n°3 « bois » MJ/DVT.m² SHON	Maison n°4 « acier » MJ/DVT.m² SHON
lot 1.0 - gros œuvre	6,22E+04	4,88E+04	4,87E+04	6,19E+04
lot 1.1 - ossature brique	0,00E+00	1,90E+03	1,90E+03	2,02E+02
lot 1.2 - façade	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 2.0 - charpente	6,26E+04	4,42E+04	4,42E+04	4,96E+04
lot 2.1 - bardage	4,27E+02	4,30E+02	4,36E+02	2,45E+02
lot 3.0 - couverture zinguerie	4,53E+04	3,10E+04	3,10E+04	5,19E+04
lot 4.0 - charpente métallique	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,72E+03
lot 5.0 - étanchéité	7,37E+01	6,13E-01	6,13E-01	4,87E+01
Doublage des murs	6,94E+03	0,00E+00	7,02E+01	9,90E+02
Sous-total matériaux de structure enveloppe	1,71E+05	1,26E+05	1,26E+05	1,70E+05
Part en %	94	93	93	95
total des maisons	1,88E+05	1,36E+05	1,36E+05	1,80E+05

Tableau 3 : résultats par bâtiment pour les matériaux de structure enveloppe

2.2.3.1.3 Interprétation des résultats

Les matériaux de clos couvert sont les plus consommateurs d'énergie devant les menuiseries et les matériaux de finitions. Ils représentent entre 93% et 95% du contenu énergétique de chaque maison.

Les éléments en zinc, en fonte, en acier galvanisé et en inox destinés à la collecte des eaux pluviales et à la ventilation, possèdent les contenus énergétiques les plus élevés pour 100 ans de durée de vie totale du bâtiment :

- fonte : $1,55 \cdot 10^5$ MJ/m³,
- acier inoxydable : $4,65 \cdot 10^5$ MJ/m³,
- acier galvanisé : $7,05 \cdot 10^5$ MJ/m³,
- aluminium : $9,34 \cdot 10^5$ MJ/m³,
- zinc : $5,95 \cdot 10^6$ MJ/m³,

Il convient de privilégier davantage des éléments métalliques en fonte voire en acier inoxydable, quand un projet offre plusieurs possibilités. Les quatre maisons sont couvertes de tuiles en terre cuite ($1,83.10^2$ MJ/m².DVT). D'ailleurs ces tuiles se révèlent être trois fois moins énergivores que des plaques ondulées ($5,98. 10^2$ MJ/m².DVT).

En faisant la somme des lots n°1 « gros œuvre », n°1.1 « ossature brique » et du lot n°10 « faux-plafonds, cloisons et doublages » (uniquement le doublage des murs en plaque de plâtre et laine de roche), qui constituent la structure de chaque bâtiment nous obtenons les résultats suivant :

- $6,91.10^4$ MJ/DVT.m² SHON pour la maison n°1 « béton »,
- $5,07.10^4$ MJ/DVT.m² SHON pour la maison n°2 « brique monomur »,
- $5,07.10^4$ MJ/DVT.m² SHON pour la maison n°3 « bois »,
- $6,31.10^4$ MJ/DVT.m² SHON pour la maison n°4 « acier ».

Un écart énergétique de $1,84.10^4$ MJ/DVT.m² SHON se creuse entre la maison n°1 « béton » constituée uniquement de béton armé avec doublage des murs et la maison n°2 « brique monomur » constituée à la fois de béton armé et de brique monomur sans doublage des murs.

Les murs extérieurs en brique monomur accentuent cette différence comme le montre la base de données sur le contenu énergétique de la fabrication à la mise en œuvre :

- de la brique monomur : $2,63.10^1$ MJ/m³.DVT,
- du béton armé : $1,28.10^3$ MJ/m³.DVT, auquel il faut rajouter le coffrage et le doublage des murs pour la mise en œuvre des murs.

En moyenne sur 100 ans de durée de vie des quatre bâtiments, il apparaît essentiel de privilégier davantage la brique monomur pour des murs extérieurs au béton armé, notamment pour des bâtiments qui comportent cinq étages maximums.

2.2.3.2 Constitution et interprétation des menuiseries extérieures

2.2.3.1.1 Constitution des différents lots

Les lots « menuiseries extérieures » comprennent les calculs des contenus énergétiques :

- des menuiseries ouvrantes tels que les fenêtres et les portes-fenêtres,
- des menuiseries fixes,
- des volets roulants à lames pour la condamnation des ouvertures,
- des volets pleins.

2.2.3.1.2 Résultats des différents lots

	Maison n°1 « béton » MJ/DVT.m² SHON	Maison n°2 « brique monomur » MJ/DVT.m ² SHON	Maison n°3 « bois » MJ/DVT.m² SHON	Maison n°4 « acier » MJ/DVT.m² SHON
lot 6.0 - menuiserie extérieure PVC, occultations	1,95E+03	2,75E+03	0,00E+00	0,00E+00
lot 6.1 - menuiserie extérieure bois, occultations	0,00E+00	0,00E+00	2,49E+03	0,00E+00
lot 6.2 - menuiserie extérieure aluminium, occultations	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,73E+03
Sous-total matériaux de structure enveloppe	1,95E+03	2,75E+03	2,49E+03	1,73E+03
Part en %	1	2	2	1
total des maisons	1,88E+05	1,36E+05	1,36E+05	1,80E+05

Tableau 4 : résultats par bâtiment pour les menuiseries extérieures

2.2.3.1.3 Interprétation des résultats

Les valeurs des contenus énergétiques des lots « menuiseries extérieures » varient en fonction du nombre de fenêtres et de portes-fenêtres fabriquées, transportées et mises en œuvre, ce qui explique la différence entre les maisons n°1 et n°2 pour une même menuiserie en PVC.

La comparaison se fait mieux en comparant les différentes menuiseries. Pour 1,8 m² de vitrage, la base de données indique en énergie primaire du transport à la mise en œuvre :

- 1,21.10³ MJ/m².DVT pour un cadre bois,
- 6,51.10³ MJ/m².DVT pour un cadre PVC,
- 1.21.10⁴ MJ/m².DVT pour un cadre aluminium.

Il est donc 10 fois plus intéressant du point de vue énergétique, de privilégier les cadres en bois à ceux en aluminium.

2.2.3.3 Constitution et interprétation des matériaux de finition

2.2.3.1.1 Constitution des différents lots

Constitution du lot n°7, « menuiseries intérieures »

Le lot « menuiseries intérieures » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- des blocs portes* intérieurs des logements,
- des trappes de visites des gaines,
- des plinthes*,
- des trappes d'accès aux équipements de VMC et aux combles,
- des portes de placards des compteurs individuels,
- des volets coulissants intérieurs,
- des corbeilles à papier.

Le lot « menuiseries intérieures » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- des façades des gaines techniques communes,
- des portes de placards coulissantes,
- des rayonnages,
- des portes palières* des logements,
- des couvre-joints de finition,
- des abouts de cloisons,
- des caissons bois pour l'accès des terrasses,
- des habillages de baignoires.

Constitution du lot n°8, « portes de garages »

Le lot « portes de garages » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- des portes de garages individuels intérieures à parements métalliques et bois.

Constitution du lot n°11, « carrelage et faïence »

Le lot « carrelage et faïence » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- de la faïence murale,
- de l'étanchéité sous faïence,
- des tablettes de baignoire et les adossements,
- des socles de douches et les plinthes en grès.

Constitution du lot n°12, « revêtements de sol »

Le lot « revêtement de sol » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- des revêtements de sol vinylique en lés et en dalles,
- des revêtements des escaliers,
- des revêtements d'étanchéité des sols et des murs,
- des parquets flottants en bois et stratifiés,
- des seuils en aluminium et en acier.

Le lot « revêtement de sol » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- des nettoyages, grattages, dépoussiérages des supports béton et bois,
- des sous couches étanches en lés,
- des revêtements textiles.

Constitution du lot n°9, « serrurerie et boîtes aux lettres »

Le lot « serrurerie et boîtes aux lettres » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- des portes coupe feu et leur ferrage par vantaux,
- des portes extérieures et leur ferrage par vantaux,
- des portes intérieures et leur ferrage par vantaux,
- des garde-corps* rampants, des garde-corps* droits,
- des mains courantes*,
- des garde-corps* sur les terrasses,
- des échelles d'accès aux combles,
- des grilles de ventilation en aluminium, en acier,
- des boîtes aux lettres,
- des portillons d'accès.

Le lot « serrurerie et boîtes aux lettres » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- des trappes d'accès aux combles,
- du bardage translucide.

Constitution du lot n°10, « faux-plafonds, cloisons et doublages »

Le lot « faux-plafonds, cloisons et doublages » comprend les calculs des contenus énergétiques :

- des BA 13 avec le nombre de plaque de plâtre variant entre 3 et 1,
- des cloisons alvéolaires simples et doubles,
- des cloisons à fibres minérales (98/48, 72/48),
- des cloisons séparatives 160/48,
- des cloisons 72/36,
- des doublages de murs en polystyrène et phonique,
- des doublages de finitions, des doublages de parement
- des enduits plâtre des plafonds et des murs,
- des caissons coupe feu.

Le lot « faux-plafonds, cloisons et doublages » ne comprend pas les calculs des contenus énergétiques :

- des huisseries* des portes et des trappes,
- des poteaux d'about de cloison en bois exotique dur,

- des soffites*,
- des peintures intérieures comme la préparation des fonds neufs, les gouttelettes sur plafonds des pièces sèches, les revêtements muraux en papier peint, les peintures glycérophtaliques et acryliques, les vernis et lasures* pour le bois, les nettoyages.

2.2.3.1.2 Résultats des différents lots

	Maison n°1 « béton » MJ/DVT.m ² SHON	Maison n°2 « brique monomur » MJ/DVT.m ² SHON	Maison n°3 « bois » MJ/DVT.m ² SHON	Maison n°4 « acier » MJ/DVT.m ² SHON
lot 7.0 - menuiserie intérieure	2,97E+03	2,59E+03	2,56E+03	2,93E+03
lot 8.0 - porte de garage	1,76E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,65E+02
lot 9.0 - serrures, boîte à lettres	1,94E+03	1,69E+03	1,82E+03	1,61E+03
lot 10.0 - faux plafonds, cloisons...hors doublage	5,21E+02	4,68E+02	1,43E+03	5,75E+02
lot 11 - carrelage et faïence	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 12.0 - revêtement de sols	1,77E+03	1,55E+03	1,62E+03	1,66E+03
Sous-total matériaux de finition	8,97E+03	6,31E+03	7,43E+03	7,73E+03
Part en %	5	5	5	4
total des maisons	1,88E+05	1,36E+05	1,36E+05	1,80E+05

Tableau 5 : résultats par bâtiment pour les matériaux de finition

2.2.3.1.3 Interprétation des résultats

Les matériaux de finition, entrant dans la composition de chacun des lots n°7, n°8, n°9 et n°12, sont identiques quelle que soit la maison. Le contenu énergétique du transport à la mise en œuvre, de chacun de ces lots, varie suivant le nombre d'éléments.

CONCLUSION

Cette étude, forcément limitée du fait de l'état des connaissances, démontre l'importance du choix des matériaux et plus généralement des filières constructives.

Elle pourrait être affinée dès lors que certains industriels finaliseront leurs documents techniques et / ou seront prêts à vouloir déclarer les impacts environnementaux et sanitaires de leurs produits ou matériaux de construction.

Ce projet de recherche est à la pointe d'un travail qui n'a jamais été produit en France et présente une richesse et une diversité très enrichissantes.

Il s'agit désormais d'orienter les professionnels vers de meilleurs choix constructifs du point de vue énergétique, ce qui vaut également pour l'environnement.

D'après les résultats obtenus, il est nécessaire de concentrer tous les efforts sur la limitation des transports et sur la structure principale de tout bâtiment, à savoir les éléments constituant les murs et les toitures.

Dans les cas où les changements sont possibles, il vaut mieux privilégier :

- de la brique monomur à du béton armé + échafaudage + doublage,
- du bois massif à du bois lamellé-collé ou tout autre forme de bois reconstitué qui ont pourtant une très bonne image HQE et sont vendus comme tels,
- des menuiseries bois à des menuiseries en aluminium ou PVC,
- etc. ... à suivre !

ANNEXE N°1
DETAIL DU CONTENU ENERGETIQUE PAR LOT
DE LA MAISON N°1 « BETON »

Maison n°1 « béton »

	production MJ/annuité. m² SHON	production MJ/DVT.m² SHON	transport MJ/annuité. m² SHON	transport MJ/DVT.m² SHON	mise en œuvre MJ/annuité. m² SHON	mise en œuvre MJ/DVT.m² SHON	total MJ/annuité. m² SHON	total MJ/DVT.m² SHON
lot 2.0 - charpente	6,20E+02	6,20E+04	1,86E+00	1,86E+02	4,53E+00	4,53E+02	6,26E+02	6,26E+04
lot 1.0 - gros œuvre	9,35E+01	9,40E+03	5,00E+02	5,00E+04	2,78E+01	2,78E+03	6,22E+02	6,22E+04
lot 3.0 - couverture zinguerie	4,53E+02	4,53E+04	3,23E-02	3,23E+00	4,31E-02	4,31E+00	4,53E+02	4,53E+04
lot 10.0 - faux plafonds, cloison...	7,41E+01	7,41E+03	1,01E-01	1,01E+01	4,02E-01	4,02E+01	7,46E+01	7,46E+03
lot 7.0 - menuiserie intérieure	2,97E+01	2,97E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,97E+01	2,97E+03
lot 6.0 - menuiserie extérieure en PVC	1,12E+01	1,12E+03	4,22E+00	4,22E+02	4,14E+00	4,14E+02	1,95E+01	1,95E+03
lot 9.0 - serrures, boîte à lettres	1,94E+01	1,94E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,94E+01	1,94E+03
lot 12.0 - revêtement de sols	7,06E+00	7,06E+02	5,32E+00	5,32E+02	5,36E+00	5,36E+02	1,77E+01	1,77E+03
lot 8.0 - porte de garage	1,76E+01	1,76E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,76E+01	1,76E+03
lot 2.1 - bardage	4,27E+00	4,27E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,27E+00	4,27E+02
lot 5.0 - étanchéité	7,37E-01	7,37E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,37E-01	7,37E+01
lot 1.2 - façade	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 1.1 - ossature brique	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 4.0 - charpente métallique	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 6.1 - menuiserie extérieure bois, occultations	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 6.2 - menuiserie extérieure aluminium, occultations	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 11 - carrelage et faïence	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TOTAL	1,33E+03	1,33E+05	5,11E+02	5,11E+04	4,23E+01	4,23E+03	1,88E+03	1,88E+05

ANNEXE N°2
DETAIL DU CONTENU ENERGETIQUE PAR LOT
DE LA MAISON N°2 « BRIQUE MONOMUR »

Maison n°2 « brique monomur »

	production MJ/annuité. m² SHON	production MJ/DVT.m² SHON	transport MJ/annuité. m² SHON	transport MJ/DVT.m² SHON	mise en œuvre MJ/annuité. m² SHON	mise en œuvre MJ/DVT.m² SHON	total MJ/annuité. m² SHON	total MJ/DVT.m² SHON
lot 1.0 - gros œuvre	2,09E+01	2,11E+03	4,56E+02	4,56E+04	1,16E+01	1,16E+03	4,88E+02	4,88E+04
lot 2.0 - charpente	4,38E+02	4,38E+04	1,31E+00	1,31E+02	3,20E+00	3,20E+02	4,42E+02	4,42E+04
lot 3.0 - couverture zinguerie	3,10E+02	3,10E+04	2,28E-02	2,28E+00	3,04E-02	3,04E+00	3,10E+02	3,10E+04
lot 6.0 - menuiserie extérieure PVC	1,69E+01	1,69E+03	5,32E+00	5,32E+02	5,21E+00	5,21E+02	2,75E+01	2,75E+03
lot 7.0 - menuiserie intérieure	2,59E+01	2,59E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,59E+01	2,59E+03
lot 1.1 - ossature brique	1,90E+01	1,90E+03	1,72E-02	1,72E+00	2,66E-03	2,66E-01	1,90E+01	1,90E+03
lot 9.0 - serrures, boîte à lettres	1,69E+01	1,69E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,69E+01	1,69E+03
lot 12.0 - revêtement de sols	6,03E+00	6,03E+02	4,75E+00	4,75E+02	4,77E+00	4,77E+02	1,55E+01	1,55E+03
lot 10.0 - faux plafonds, cloison...	4,09E+00	4,09E+02	9,25E-02	9,25E+00	4,97E-01	4,97E+01	4,68E+00	4,68E+02
lot 2.1 - bardage	4,30E+00	4,30E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,30E+00	4,30E+02
lot 5.0 - étanchéité	6,13E-03	6,13E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,13E-03	6,13E-01
lot 1.2 - façade	3,25E+00	3,25E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 4.0 - charpente métallique	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 6.1 - menuiserie extérieure bois, occultations	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 6.2 - menuiserie extérieure aluminium, occultations	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 8.0 - porte de garage	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 11 - carrelage et faïence	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TOTAL	8,66E+02	8,66E+04	4,67E+02	4,67E+04	2,53E+01	2,53E+03	1,35E+03	1,36E+05

ANNEXE N°3
DETAIL DU CONTENU ENERGETIQUE PAR LOT
DE LA MAISON N°3 « BOIS »

Maison n°3 « bois »

	production MJ/annuité.m ² SHON	production MJ/DVT.m ² SHON	transport MJ/annuité. m ² SHON	transport MJ/DVT.m ² SHON	mise en œuvre MJ/annuité. m ² SHON	mise en œuvre MJ/DVT.m ² SHON	total MJ/annuité. m ² SHON	total MJ/DVT. m ² SHON
lot 1.0 - gros œuvre	2,03E+01	2,05E+03	4,55E+02	4,55E+04	1,16E+01	1,16E+03	4,87E+02	4,87E+04
lot 2.0 - charpente	4,38E+02	4,38E+04	1,31E+00	1,31E+02	3,20E+00	3,20E+02	4,42E+02	4,42E+04
lot 3.0 - couverture zinguerie	3,10E+02	3,10E+04	2,28E-02	2,28E+00	3,04E-02	3,04E+00	3,10E+02	3,10E+04
lot 7.0 - menuiserie intérieure	2,56E+01	2,56E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,56E+01	2,56E+03
lot 6.1 - menuiserie extérieure bois, occultations	2,49E+01	2,49E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,49E+01	2,49E+03
lot 1.1 - ossature brique	1,90E+01	1,90E+03	5,11E-03	5,11E-01	2,71E-03	2,71E-01	1,90E+01	1,90E+03
lot 9.0 - serrures, boîte à lettres	1,82E+01	1,82E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,82E+01	1,82E+03
lot 12.0 - revêtement de sols	6,24E+00	6,24E+02	4,95E+00	4,95E+02	4,97E+00	4,97E+02	1,62E+01	1,62E+03
lot 10.0 - faux plafonds, cloison...	1,43E+01	1,43E+03	1,37E-01	1,37E+01	5,37E-01	5,37E+01	1,50E+01	1,50E+03
lot 2.1 - bardage	4,36E+00	4,36E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,36E+00	4,36E+02
lot 5.0 - étanchéité	6,13E-03	6,13E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,13E-03	6,13E-01
lot 1.2 - façade	3,31E+00	3,31E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 4.0 - charpente métallique	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 6.0 - menuiserie extérieure PVC	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 6.2 - menuiserie extérieure aluminium, occultations	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 8.0 - porte de garage	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 11 - carrelage et faïence	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TOTAL	8,84E+02	8,85E+04	4,61E+02	4,61E+04	2,04E+01	2,04E+03	1,36E+03	1,36E+05

ANNEXE N°4
DETAIL DU CONTENU ENERGETIQUE PAR LOT
DE LA MAISON N°4 « ACIER »

Maison n°4 « acier »

	production MJ/annuité. m ² SHON	production MJ/DVT.m ² SHON	transport MJ/annuité. m ² SHON	transport MJ/DVT.m ² SHON	mise en œuvre MJ/annuité. m ² SHON	mise en œuvre MJ/DVT.m ² SHON	total MJ/annuité. m ² SHON	total MJ/DVT.m ² SHON
lot 1.0 - gros œuvre	8,02E+01	8,01E+03	5,07E+02	5,07E+04	3,15E+01	3,15E+03	6,19E+02	6,19E+04
lot 3.0 - couverture zinguerie	5,18E+02	5,18E+04	2,56E-02	2,56E+00	3,41E-02	3,41E+00	5,19E+02	5,19E+04
lot 2.0 - charpente	4,91E+02	4,91E+04	1,47E+00	1,47E+02	3,58E+00	3,58E+02	4,96E+02	4,96E+04
lot 4.0 - charpente métallique	5,72E+01	5,72E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,72E+01	5,72E+03
lot 7.0 - menuiserie intérieure	2,93E+01	2,93E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,93E+01	2,93E+03
lot 6.2 - menuiserie extérieure aluminium, occultations	1,73E+01	1,73E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,73E+01	1,73E+03
lot 12.0 - revêtement de sols	6,52E+00	6,52E+02	5,01E+00	5,01E+02	5,03E+00	5,03E+02	1,66E+01	1,66E+03
lot 9.0 - serrures, boîte à lettres	1,61E+01	1,61E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,61E+01	1,61E+03
lot 10.0 - faux plafonds, cloison...	1,43E+01	1,43E+03	7,22E-01	7,22E+01	6,03E-01	6,03E+01	1,57E+01	1,57E+03
lot 8.0 - porte de garage	9,65E+00	9,65E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,65E+00	9,65E+02
lot 2.1 - bardage	2,45E+00	2,45E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,45E+00	2,45E+02
lot 1.1 - ossature brique	2,02E+00	2,02E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,02E+00	2,02E+02
lot 1.2 - façade	1,68E+00	1,68E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 5.0 - étanchéité	4,87E-01	4,87E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,87E-01	4,87E+01
lot 6.0 - menuiserie extérieure PVC	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 6.1 - menuiserie extérieure bois, occultations	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
lot 11 - carrelage et faïence	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TOTAL	1,25E+03	1,25E+05	5,15E+02	5,15E+04	4,08E+01	4,08E+03	1,80E+03	1,80E+05

ANNEXE N°5

GLOSSAIRE

Arase :

Face supérieure d'un mur correctement mise de niveau. Dans un mur en pierres, pierre de faible épaisseur servant à mettre de niveau la face supérieure du mur.

Arêtier :

Pièce de charpente placée à l'intersection de deux versants de toiture.

Bandeau :

Etroite bande horizontale en saillie.

Bavette :

Bande métallique disposée pour protéger des infiltrations d'eau autour des châssis, sur les arêtes de toit, les acrotères, les appuis de baie, etc.

Bloc-porte :

Ensemble préfabriqué comprenant la porte, le bâti dormant et ses pattes de scellement.

Brai :

Résidu assez léger de la distillation de la houille ou du pétrole.

Chape :

Couche de mortier d'épaisseur limitée (15 à 50 mm) reposant sur un support ayant une fonction mécanique (dalle, dallage, etc.), destinée à obtenir une bonne planéité au niveau altimétrique voulu, et recevant généralement un revêtement (carrelage par exemple).

Chaperon :

Couronnement d'un mur permettant l'écoulement des eaux.

Châssis :

Cadre en bois ou métallique constituant l'ossature d'un vantail, d'une trappe ou leur encadrement.

Claustra :

Paroi verticale ajourée en maçonnerie.

Corniche :

Moulure en saillie, bien marquée, s'élargissant du bas vers le haut. Moulure ornant la jonction mur-plafond.

Costière :

Élément vertical, muret bas, recevant un relevé d'étanchéité au voisinage d'une émergence en toiture à désolidariser.

Couvertine :

Tôle pliée recouvrant la partie supérieure d'un élément en saillie par rapport à une toiture (acrotère, pignon, émergence, etc.).

Crochet d'ancrage :

Extrémité recourbée d'une armature à béton.

Cuvelage :

Dispositif d'étanchement de tout ou partie d'un ouvrage en maçonnerie ou en béton armé.

Dallage :

Dalle de béton plus ou moins armé selon l'utilisation, s'appuyant de manière continue sur le sol par l'intermédiaire d'une forme réalisée avec des granulats compacts.

Dalle :

Ouvrage porteur horizontal en béton armé ou précontraint, d'épaisseur faible par rapport à ses autres dimensions, formant un plancher ou un dallage selon le type d'appui.

Dauphin :

Tube avec une extrémité coudée, place en partie basse d'une descente d'eaux pluviales pour dévier l'eau du mur lorsque l'évacuation dans un réseau n'est pas prévue. Par extension, partie inférieure renforcée (tube en fonte par exemple) d'une descente d'eau pluviale, conduisant à un regard.

Faitage :

Au sommet d'une toiture, intersection horizontale de deux versants dont les pentes sont opposées.

Fermette :

Petite ferme pré-assemblée supportant directement la couverture (espacement de 60 à 100 cm). Les fermettes remplacent l'ensemble des fermes, pannes et chevrons.

Garde-corps :

Dispositif de protection des personnes contre la chute dans le vide (dans les cages d'escaliers, sur les balcons, sur les tabliers d'ouvrages d'art, etc.). Il comprend une série de montants et une main courante* en partie supérieure.

Synonymes : garde-fou, parapet, rambarde.

Hourdis :

Résultat du hourdage. Bloc manufacture en céramique, béton ou matériau isolant servant de remplissage et de coffrage perdu pour la dalle de compression d'un plancher à poutrelles.

Synonyme : entrevous.

Huisserie :

Encadrement de porte en bois, métal ou PVC, compose de deux montants, d'une traverse supérieure et éventuellement d'un seuil ; constitue le dormant et se trouve solidaire de la paroi.

Infrastructure :

Partie inférieure, enterrée et généralement porteuse d'un ouvrage ou d'un ensemble d'équipements.

Mur de soutènement :

Ouvrage en forme d'écran s'opposant à la poussée des terres.

Loggia :

Balcon couvert et non saillant par rapport à la façade

Lasure :

Produit apportant par imprégnation une protection et une teinte au bois ; ce produit est utilisé également pour la coloration superficielle des bétons.

Longrine :

Poutre en béton armé reposant sur des fondations ponctuelles (plots, puits ou pieux) et supportant un voile de remplissage ou un mur en maçonnerie.

Main courante :

Profile en bois, métal ou pierre, couronnant un garde-corps de balcon ou une rampe d'escalier et permettant à l'utilisateur de se guider et de se tenir.

Moignon :

Tube cylindrique ou tronconique muni d'une platine* et formant la jonction entre la toiture-terrasse et une descente d'eau pour l'évacuation des eaux de pluie.

Planche de rive :

Planche de protection des chevrons, placée en rive d'une toiture.

Plancher collaborant :

Plancher mixte constitué d'une poutre métallique reliée par des connecteurs à une dalle mixte ou à une dalle en béton armé.

Platelage :

Plan de circulation composé de planches ou de madriers juxtaposés, de tôles ou de caillebotis, en particulier pour le tablier d'une passerelle ou d'un pont.

Plinthe :

Bandeau en bois, en carrelage ou en matière plastique, placé verticalement à la base des murs et cloisons pour les protéger, masquer le joint avec le sol et parfois faire passer des fils électriques.

Platine :

Plaque située en extrémité de poutre ou de poteau métallique, en général destinée à un assemblage.

Porte palière :

Porte donnant sur un palier et accédant à un logement dans un immeuble collectif.

Radier :

Fondation en béton armé constituée d'une dalle pleine répartie sur l'emprise de l'ouvrage.

Réservation :

Ouverture laissée dans le béton, par incorporation d'une pièce négative avant le bétonnage (exemple : baie, passage de canalisations).

Semelle :

Élément de transmission d'efforts destiné à augmenter l'aire de la surface de répartition des charges.

Seuil :

Partie du sol située au passage d'une porte.

Soffite :

Pour un élément en saillie sous un plan horizontal, surface visible d'en bas (retombée d'une poutre par exemple).

Solin :

Joint d'étanchéité au niveau des arêtes d'intersection entre la couverture et des parements en maçonnerie.

Solive :

Poutre en bois ou en métal, placée horizontalement dans un plancher et transmettant les charges de ce dernier sur les murs ou sur des poutres (poutre en béton armé, poitrail métallique par exemple).

Souche :

Maçonnerie de protection d'un conduit sortant de la toiture.

Terrassement :

Ouvrage qui modifie le terrain naturel par extraction ou remblaiement (fouille, déblai, remblai, etc.).

Voile :

Mur réalisé à partir d'éléments de coffrage monolithique ou modulaire, métallique ou en bois.