

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID – TLEMCEN  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

Mémoire de fin d'études

pour l'obtention du diplôme de Master en GENIE CIVIL

**Option:** INGENIERIE DES STRUCTURES

*Intitulé :*

L'impact des matériaux innovants et des nouveaux  
procédés constructifs sur l'environnement  
(cas de l'isolation et de l'étanchéité)

Soutenu par :

**M<sup>elle</sup> BORSALI Malika**

Présenté le 15 juin 2015, devant le jury composé de MM. :

<b>Monsieur</b>	<b>Abdelillah BEZZAR</b>	<b>Maître de Conférences A</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>elle</sup></b>	<b>Latifa SAIL</b>	<b>Maître de Conférences A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Monsieur</b>	<b>Farid Brahim HOUTI</b>	<b>Maître assistant A</b>	<b>Examineur</b>
<b>Monsieur</b>	<b>Fouad GHOMARI</b>	<b>Professeur</b>	<b>Encadreur</b>
<b>Monsieur</b>	<b>Omar TALEB</b>	<b>Maître assistant A</b>	<b>Co-encadreur</b>

**Année universitaire: 2014-2015**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes Grand-mères qui me bénissent depuis ma tendre enfance,*

*A mes parents qui m'ont toujours soutenue et crue en moi,*

*A mon fiancé qui m'a encouragée tout au long de ma  
recherche,*

*A mes frères et sœurs, qui ont toujours fait preuve  
de patience et de présence,*

*A ma belle-famille qui ne cesse de  
m'encourager,*

*Enfin, je dédie ce travail à tous ceux qui m'aiment et qui croient  
en moi (familles et amis).*

## **REMERCEMENTS**

Louange à **ALLAH le tout puissant, le Miséricordieux**, celui qu'on doit remercier chaque jour sans cesse, celui qui m'a guidé pour la réalisation de ce modeste travail. Prière et salut sur notre prophète Mohammed et sur sa famille et ses compagnons.

Je tiens d'abord à exprimer toute ma gratitude, mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à mon encadreur **Monsieur GHOMARI Fouad** Professeur à l'université AbouBekr Belkaid, ainsi que mon **co-encadreur Monsieur TALEB Omar** Maître assistant A à l'université AbouBekr Belkaid, d'avoir accepté de m'encadrer, et pour leurs précieux conseils et critiques qui m'ont aidé à réaliser ce modeste travail et à tous mes professeurs qui, chacun à sa façon a apporté un plus qui m'a aidé à être qui je suis aujourd'hui.

Je souhaite également exprimer ma sincère gratitude à **Monsieur BEZZAR Abdelillah** Maître de conférences A à l'université AbouBekr Belkaïd, qui a toujours si généreusement aidé et conseillé tous ses étudiants, je tiens à le remercier de m'avoir fait l'honneur de prêter attention à ce travail et d'en présider le jury de soutenance.

Je tiens également à remercier **Monsieur Houti Farid Brahim, Maître assistant A** à l'université AbouBekr Belkaïd, pour ses cours et son dévouement qui nous a tant apporté, et qui m'a fait l'honneur d'accepter de siéger à mon jury et d'examiner mon travail.

J'adresse également ma gratitude à **Mademoiselle Sail Latifa**, pour l'attention qu'elle m'a porté à vouloir examiner ce travail et faire part de mon jury.

Je remercie aussi l'équipe de **la DLEP, la CHAMBRE DE COMMERCE, La DUCHE et Le CTC (Contrôle Technique des Constructions)** notamment **Mr ALLAL Réda, Mr BOULAROUCI Abdelghani et Mr Benyacoub**, qui ont facilité certaines de mes recherches, ainsi qu'à toutes les entreprises qui ont répondu à mon questionnaire.

Je remercie aussi ma chère tante **Naoual** et mes chers cousines **Amina** et **Zineb** pour leurs précieuses aides.

Je désire aujourd'hui retourner à ceux que j'aime pour leur exprimer ma gratitude et à quel point j'ai apprécié leurs supports et leurs compréhensions. Un grand merci à mes parents de m'avoir toujours soutenus et conseillés, mon fiancé qui a cru en moi et a su être à mes côtés, mes frères et sœurs qui ont supporté toutes mes humeurs, ma famille pour son soutien continu et bien sûr tous mes amis(es) pour toute l'aide qu'ils m'apportent chaque jour.

Finalement, un groupe de collègues ont partagé avec moi les hauts et les bas de la vie d'étudiant, pour leur solidarité stimulante, grand merci à tous.

## Résumé

L'objectif principal de cette étude, est de mettre en exergue l'application des matériaux innovants, dans le secteur du bâtiment, en vue d'une efficacité énergétique et particulièrement dans le domaine de l'isolation et l'étanchéité avec leurs impacts potentiels sur l'environnement. Pour ce faire, un état de l'art est élaboré sur la question et une enquête est menée près des entreprises locales du bâtiment basée sur une approche directe (questionnaire à renseigner).

Les résultats de notre modeste étude ont révélés que **37%** des entreprises questionnées exécutent des travaux d'isolation et **47%** réalisent l'étanchéité. Par ailleurs, quelques entreprises qui se soucient de la qualité environnementale et sanitaire, sont entrain de mettre en pratique certains matériaux innovants autant pour l'isolation que pour l'étanchéité ; mais globalement dans la région de Tlemcen, cela reste une exception.

### **Mots clés :**

Environnement, développement durable, étanchéité, isolation, efficacité énergétique, matériaux innovants.

## **ABSTRACT**

The main objective of this study is to highlight the application of innovative materials, in the building sector, in view of energy efficiency and particularly in the field of insulation and sealing with their potential impacts on the environment.

To do this, a state of art is drawn on the issue and an investigation is conducted close to local building companies based on a direct approach (questionnaire to inquire).

The results of our modest study revealed that 37% of surveyed companies perform insulation work, and 47% realize the seal.

In addition, some companies that care about the environmental and health quality are in the process of putting into practice some innovative materials for insulation and sealing, but overall in the Tlemcen region, this remains an exception.

### **Key words**

Environnement, sustainable development, waterproof and airtight, isolation, energy efficiency, innovative materials.

## الملخص

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على استعمال المواد المبتكرة في ميدان البناء قصد الحصول على فعالية طاوقية، وخاصة في ميدان العزل ومنع التسرب مع إظهار آثارهما الهامة على البيئة. ولهذا أنجزنا بحثا في الموضوع وأتبعناه بتحقيق ميداني، مع الشركات المحلية للبناء وهذا بطريقة مباشرة (على شكل استبيان).

النتائج التي أسفرت عنها دراستنا المتواضعة، هي أن 37% من الشركات التي شملتها الدراسة ينجزون العزل و47% يحققون منع التسرب. كما لاحظنا من جانب آخر، أن بعض الشركات التي تهتم بالنوعية البيئية والصحية، قد انطلقوا في استغلال المواد المبتكرة للعزل وكذلك منع التسرب؛ إلا أن في منطقة تلمسان، تبقى الظاهرة استثنائية.

الكلمات المفتاحية: البيئة، التنمية المستدامة، منع التسرب، العزل، الفعالية الطاوقية مواد مبتكرة.

## Table des matières

Introduction générale .....	1
Partie 1	
Chapitre 1.....	2
I.1 Introduction .....	2
I.2 Développement durable .....	4
• L'environnement.....	5
• Le social.....	6
• L'économique .....	6
I.3 Haute Qualité Environnementale .....	8
I.4 Analyse de cycle de vie .....	9
I.5 L'ADEME.....	9
I.5.1.1 Domaine du bâtiment.....	10
I.6 L'Algérie .....	11
I.6.1.1 Programme national de l'efficacité énergétique.....	12
I.6.1.1.1 Secteur du bâtiment .....	12
I.7 Conclusion.....	16
Chapitre 2.....	17
II.1 Introduction .....	17
II.2 Causes des déperditions .....	17
II.3 Types d'isolants.....	20
II.4.1.1 Isolants synthétiques .....	21
II.4.1.2 Isolants Minéraux .....	24
II.4.1.3 Isolant d'origine végétale .....	26
II.5 Conclusion.....	36

Chapitre 3.....	37
III.1 Introduction .....	37
III. 2 Les solutions aux problèmes de l'étanchéité :.....	37
III.3 Le DTR E4-1 .....	38
III.3.1 A base de bitume .....	38
III.3.2 A base de hauts polymères.....	40
III.3.3 Armatures .....	40
III.3.4 Matériaux pour écran par vapeur.....	41
III.4 Les couches constituant l'étanchéité des terrasses .....	41
III.4.1.1 Maçonnerie :.....	41
III.4.1.2 Panneaux isolants non porteurs : .....	42
III.4.2.1 Composition des revêtements.....	42
III.4.2.2 Préparation et contrôle du support.....	43
III.4.2.3 Mise en œuvre .....	43
III.4.3 Protection .....	44
III.4.4 Impacts environnementale et sanitaire.....	44
III.5 Produits d'étanchéité innovants.....	45
III.6 Conclusion : .....	48
Chapitre 4.....	49
IV.1 Introduction .....	49
IV.2 Traitement des résultats et discussions .....	50
Conclusion 1.....	55
Conclusion 2.....	59
Conclusion générale.....	60



## Liste des Abréviations

**ACV** : Analyse de Cycle de vie.

**ADEME** : L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

**APRUE** : L'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.

**CESC** : Chauffe-Eau Collectif.

**CESI** : Chauffe-Eau Solaire individuel.

**CFC** : ChloroFluoroCarbure.

**CIRC** : Centre Internationale des Recherches sur le Cancer.

**CNERIB** : Le Centre National d'Etude et de Recherches Intégrées du Bâtiment.

**CTC** : Contrôle Technique des Constructions.

**DD** : Développement durable.

**DTR** : Document Technique Réglementaire.

**EAC** : Enduit d'Application à Chaud.

**EIF** : Enduit Imprégnation à froid.

**EPIC** : Etablissement Public Français à caractère Industriel et Commercial.

**FDS** : Fiche des Données de Sécurité.

**HQE** : Haute qualité environnementale.

**KWh** : Kilowatt-heure.

**MEM** : Ministère des Energies de la mine.

**OPGI** : Office de Promotion et de Gestion Immobilière.

**PNME** : Programme National de Maîtrise de l'Energie.

**PVC** : Polychlorure de Vinyle.

**REME** : Réseau des Entreprises Maghrébines pour l'Environnement.

**TEP**: Tonne d'Equivalent de Pétrole.

## Liste des Acronymes

**Ecologique** : C'est une science qui étudie l'environnement, et qui définit un produit comme :

- Naturel,
- Ne présente pas beaucoup de dangers pour l'environnement, tout au long de sa Production et exploitation,
- Il provient d'une ressource inépuisable (renouvelable),
- Il permet de dépenser moins d'énergie,
- Il est réutilisable,
- Sa durée de vie est importante (longue), pour éviter le renouvellement. **(OLIVIA, 2006)**

**Energie Grise** : C'est l'ensemble des énergies consommé lors d'un cycle de vie d'un produit ou matériau. **(DEHAUT, 2011), (RYECONSULT, 2003)**

**Gaz à effet de serre** : la présence de certains gaz dans l'atmosphère, dont la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, protoxyde d'azote, méthane qui causent l'augmentation de la température de l'atmosphère.

**Impact environnemental et sanitaire** : Une science qui étudie, les risques aux quel l'environnement et la santé publique, peut être exposé lors de l'utilisation de ce produit ou matériau. **(REYCONSULT, 2003)**

**Recyclable** : c'est la transformation des déchets en matière première pour la réutiliser, donc elle permet :

- La réduction des déchets,
- La préservation des ressources naturelles. **(REYCONSULT, 2003)**

**Biodégradable** : Pour les déchets (végétal et animal), qui se décompose, grâce à d'autres organismes vivants. **(RYECONSULT, 2003), (RUSSOT, 2004)**

## Liste des Figures

<b>Figure I.1.</b> Evolution des concepts et des acteurs dans le cadre du développement durable.....	4
<b>Figure I.2.</b> Les éléments du développement durable (approche systémique).....	5
<b>Figure I.3 :</b> Consommation d'énergie en Algérie par secteur d'activités en 2005.....	13
<b>Figure II.1 :</b> Déperditions d'une maison mal isolée.....	20
<b>Figure II.2 :</b> Produits en polystyrène.....	21
<b>Figure II.3 :</b> Polystyrène extrudé.....	21
<b>Figure II.4 :</b> Polyuréthane.....	22
<b>Figure II.5 :</b> PVC.....	23
<b>Figure II.6 :</b> Laine de roche.....	24
<b>Figure II.7 :</b> Laine de verre.....	25
<b>Figure II.8 :</b> Perlite.....	26
<b>Figure II.9 :</b> Chanvre.....	27
<b>Figure II.10 :</b> lin.....	27
<b>Figure II.11 :</b> fibre de coco.....	28
<b>Figure II.12 :</b> Liège.....	29
<b>Figure II.13 :</b> Laine de coton.....	29
<b>Figure II.14 :</b> Ouate de cellulose.....	30
<b>Figure II.15 :</b> Béton cellulaire.....	31
<b>Figure II.16 :</b> Béton de perlite.....	32
<b>Figure II.17 :</b> Béton de polystyrène.....	32
<b>Figure II.18 :</b> Thermo pierre.....	33
<b>Figure III.1 :</b> Les problèmes d'étanchéité.....	38
<b>Figure III.2 :</b> EAC.....	38
<b>Figure III.3 :</b> EIF.....	38
<b>Figure III.4 :</b> Feutre bitumé.....	39
<b>Figure III.5 :</b> Bitume élastomère.....	39
<b>Figure III.6 :</b> Feuille de PVC d'étanchéité.....	40
<b>Figure III.7 :</b> Armature d'étanchéité.....	41
<b>Figure III.8 :</b> Feuilles d'Aluminium.....	41
<b>Figure III.9 :</b> Produits Sika.....	46
<b>Figure III.10 :</b> Produit SIPLAST.....	48
<b>Figure IV.1 :</b> Réalisation de l'isolation dans les constructions.....	51
<b>Figure IV.2 :</b> La connaissance des isolants utilisés par les entreprises.....	51
<b>Figure IV.3 :</b> Public ciblé par l'isolation.....	52
<b>Figure IV.4 :</b> Le contrôle de l'isolation par le CTC.....	53
<b>Figure IV.5 :</b> L'application des DTR.....	53

<b>Figure IV.6</b> : Utilisation des matériaux isolants (cas : Nature Etanche EURL).....	54
<b>Figure IV.7</b> : Réalisation de l'étanchéité dans les constructions.....	56
<b>Figure IV.8</b> : Les secteurs ciblés par l'étanchéité.....	57
<b>Figure IV.9</b> : L'intégration des DTR dans les constructions.....	58

## Liste des Tableaux

<b>Tableau II.1</b> : Les paramètres des matériaux d'isolation.....	34
<b>Tableau II.2</b> : Performance des isolants recensés.....	35
<b>Tableau IV.1</b> : sommaire des types d'entreprises concernés par l'étude.....	50

# **Introduction générale**

## Introduction générale

L'environnement est le milieu dans lequel un organisme fonctionne, c'est notre support de vie. Cependant, il est dangereusement affecté par nos activités qui causent la pollution, les émissions des gaz nocifs, les pluies acides, etc.

Ces problèmes ont poussé plusieurs chefs d'états à adopter la charte du développement durable, qui consiste à fournir à tous les êtres humains et à leurs sociétés les moyens de vivre et de se développer sans épuiser ni les ressources, ni la capacité de les voir exploiter par les générations futures.

Il est connu maintenant que le secteur du bâtiment est un secteur à la fois très énergivore et très pollueur, qui entraîne d'importants impacts environnementaux. Cette étude est élaborée notamment à ce moment sensible, où s'opèrent plusieurs perturbations climatiques, où de nombreux bâtiments sont en cours de réalisation dans le grand Tlemcen dont la conséquence sur l'état de notre environnement reste patent. La question que l'on peut se poser est : quels sont les matériaux et les procédés constructifs couramment utilisés et ceux innovants dans le domaine de la construction et quels sont leurs impacts sur l'environnement ?

L'objectif de cette étude est de mieux connaître les éco-matériaux et les nouveaux procédés qui les accompagnent dans le domaine de l'isolation et l'étanchéité, en vérifiant si elles répondent aux exigences de confort et d'optimisation de la facture énergétique.

Ce mémoire est structuré en deux parties essentielles:

- la première partie est consacrée à l'état de l'art qui traite des matériaux de construction et procédés constructifs dans le domaine de l'isolation et l'étanchéité et leurs impacts sur l'environnement,
- La deuxième partie est une enquête personnelle réalisée à l'aide d'un questionnaire direct, sur les différents matériaux locaux disponibles et leurs utilisations par les entreprises locales du bâtiment.

# Chapitre I

## Environnement et développement durable

---

### I.1 Introduction

L'environnement est le milieu dans lequel un organisme fonctionne incluant l'air, l'eau, la terre, les ressources naturelles, la flore, la faune, les êtres humains et leurs interrelations **(ISO 14001, 2004)**, il recouvre l'ensemble des conditions naturelles, physiques, chimiques, biologiques et culturelles qui entourent individus et espèces et qui agissent sur les organismes vivants : l'homme, l'air, l'atmosphère, les roches, les végétaux, les animaux, etc. L'environnement c'est notre support de vie, cependant il est dangereusement affecté par nos activités qui causent la pollution, les émissions des gaz nocifs, les pluies acides, la pollution des eaux fluviales et des mers, le réchauffement de l'atmosphère, la déforestation, la désertification, la dégradation de l'écosystème et l'accumulation des déchets, etc. **(TABET, 2008)**

**Le réchauffement de l'atmosphère :** C'est l'augmentation de la température moyenne sur terre et aussi des niveaux des mers, en raison de l'augmentation de la fonte des glaces et glaciers liée au réchauffement de la planète, ce qui cause l'accroissement de l'effet de serre lié aux rejets de l'homme mais sans qu'il soit la seule cause. Et les paramètres responsables de l'effet de serre, sont :

- La vapeur d'eau (60%).
- Le gaz carbonique CO<sub>2</sub> (30%).
- Le méthane (CH<sub>4</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), les chlorofluorocarbones (CFC) et Hydro chlorofluorocarbones (HCFC), le monoxyde de carbone (CO), les dyoxydes d'azotes (NO<sub>x</sub>) et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). **(VERNIER, 2003), (RECYCONSULT, 2003)**

**La réduction de la couche d'ozone :** La majorité des chercheurs estiment que l'augmentation du trou de l'ozone provient de l'élévation de la concentration



atmosphérique de composés chlorés, CFC, dont la production est désormais interdite dans certains pays depuis le protocole de Montréal (1987). **(EPE, 2004), (IFEN, 2002)**

**La pollution de l'eau :** La pollution des eaux provient d'éléments soit chimiques, biologiques ou physiques, la communauté scientifique s'accorde à reconnaître que la pollution chimique serait la plus importante et la plus préoccupante, elle a pour origine quatre facteurs de nature distincte : Les pesticides, les métaux lourds, les hydrocarbures et les fertilisants. **(EPE, 2004), (RECYCONSULT, 2003)**

**La pollution de l'air :** La pollution de l'air est due à la présence de polluants dans ce dernier, qui résulte de particules en suspension, parmi eux le monoxyde de carbone (CO), des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Cependant, leur accumulation entraîne des répercussions au niveau global. **(Bertrand, 2001).**

**La pollution des sols :** La pollution des sols est sous différentes formes, elle est due à la présence de polluants dans le sol (métaux lourds, hydrocarbures, produits chimiques, dioxines, pesticides, etc.) qui peuvent migrer progressivement vers les rivières, les nappes phréatiques et les océans, mais également au sol. **(EPE, 2004), (BARTILLA et coll., 2003).**

**La désertification :** La désertification, se définit comme la transformation d'une région en une zone sèche, aride et inhabitée, elle induit la perte quasi-totale des potentialités du milieu naturel, elle apparaît sous les phénomènes climatiques et d'actions humaines. **(EPE, 2004).**

Ces problèmes ont causé l'épuisement des ressources naturelles et ont poussé plusieurs chefs d'états à adopter la charte de développement durable, un enjeu important qui doit être considérée pour toutes les activités humaines actuelles et futures. Elle consiste à fournir à tous les êtres humains et à leurs sociétés les moyens de vivre et de se développer sans épuiser les ressources de notre planète et sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs besoins. **(CHITOUR, 2008)**

## **I.2 Développement durable**

En ce début du 21<sup>ème</sup> siècle, le développement durable est sur toutes les lèvres, les entreprises et les organismes non commerciaux en font un axe de communication institutionnelle. Ils sont nombreux, de sorte qu'il s'agit pour l'heure d'un véritable

phénomène de mode. Dès lors, cette notion se trouve quelque peu galvaudée. De quoi s'agit-il vraiment ?

## **I.2.2 Historique du développement durable**

Pour comprendre l'évolution du concept de développement durable, nous donnons dans ce qui suit quelques dates importantes (voir figure 1) :

**1968** : création du Club de Rome qui regroupe une poignée d'hommes, occupant des postes relativement importants dans leurs pays respectifs et qui souhaitent que la recherche s'empare du problème de l'évolution du monde pris dans sa globalité pour tenter de cerner les limites de la croissance.

**1972** : le Club de Rome publie un rapport rédigé à sa demande par une équipe de chercheurs du Massachusetts Institute of Technology. Ce rapport donne les résultats de simulations informatiques sur l'évolution de la population humaine en fonction de l'exploitation des ressources naturelles, avec des projections jusqu'en 2100. Il en ressort que la poursuite de la croissance économique entraînera au cours du XXI<sup>e</sup> siècle une chute brutale des populations à cause de la pollution, de l'appauvrissement des sols cultivables et de la raréfaction des ressources énergétiques. Une conférence des Nations Unies sur l'environnement humain à Stockholm expose notamment l'éco développement, les interactions entre écologie et économie, le développement du Sud et du Nord.

**1992** : le Sommet de Rio consacre le terme de développement durable et le concept passe dans le grand public. Adoption de la convention de Rio et naissance de l'Agenda 21.

**2002** : Sommet de Johannesburg: En septembre, plus de cent chefs d'États, plusieurs dizaines de milliers de représentants gouvernementaux et d'ONG ratifient un traité prenant position sur la conservation des ressources naturelles et de la biodiversité. Quelques grandes entreprises y sont présentes. **(MAMADOU et coll., 2008)**

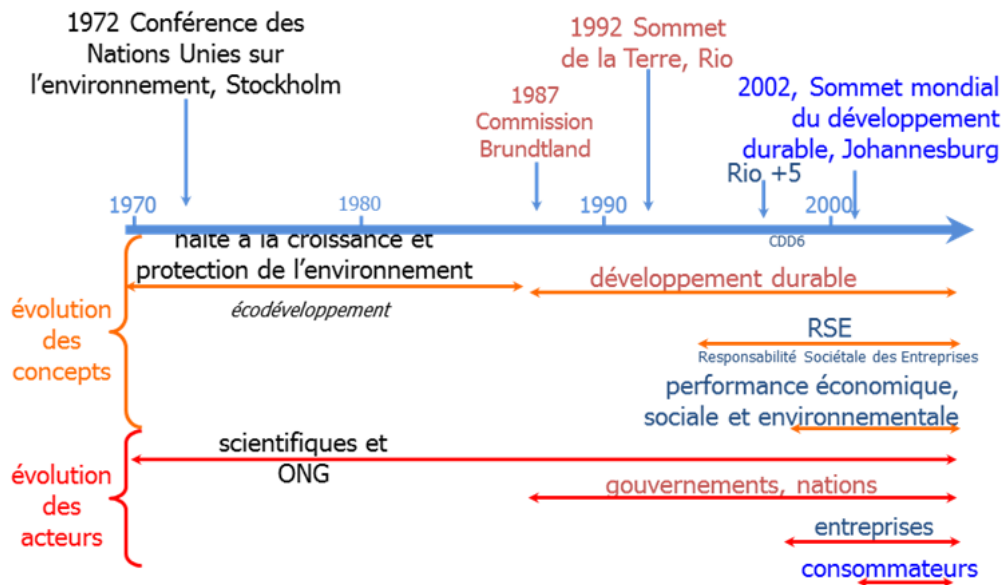


Figure I.1. Evolution des concepts et des acteurs dans le cadre du développement durable.

### I.2.3 Présentation du développement durable

Le concept du Développement Durable est consacré pour concilier l'entreprise et l'environnement en prenant en considération l'homme qui est au cœur de la problématique. Ce concept repose sur un triptyque de pôles équitables entre eux ; ce qui en anglais est communément désigné par 3P : le social (People), l'environnement (Planet) et l'économique (Profit). (BOUTAUD, 2005)

- **L'environnement**

Cette dimension est le pilier du développement durable puisque la protection écologique est son objectif principal. Ce dernier consiste à la bonne gestion des ressources naturelles sur les plans quantitatifs et qualitatifs. Dans ce cadre, le développement durable cherche à minimiser l'utilisation des ressources naturelles et la lutte contre les pollutions.

- **Le social**

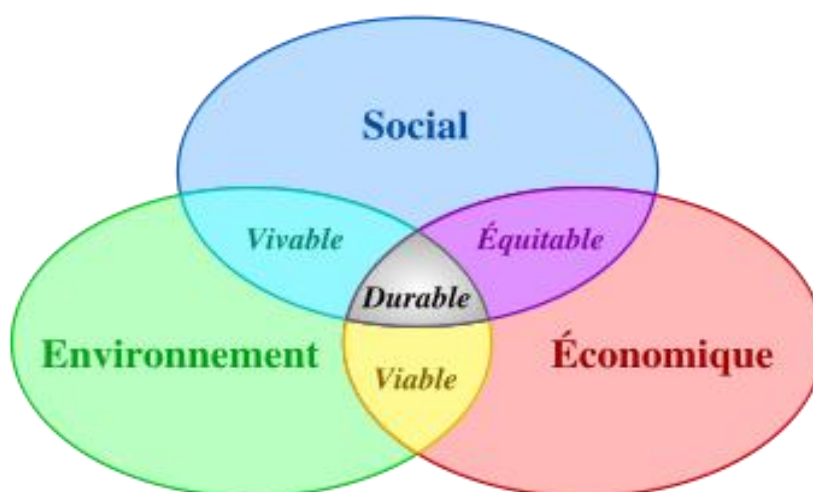
Le social est le droit de l'être humain de vivre dans un milieu propre et confortable en utilisant les ressources naturelles nécessaires pour satisfaire ces besoins essentiels

(habitat, aliment, frusque, etc.) en supplément des besoins complémentaires (le confort, l'emploi, etc.), sans réduire les chances des générations futures de vivre dans les mêmes conditions.

- **L'économique**

Cette dernière repose sur l'environnement c'est à dire chaque nuisance de pollution ou réduction des ressources naturelles influe sur le rendement de cette dimension **(BRUNTLAND, 1987)**

Le symbole 3P décrit l'expression suivante : travailler pour les gens pour faire du profit tout en préservant la planète (figure 2). L'approche préconisée est systémique, elle ne cherche pas à maximiser un des trois piliers précités au détriment des autres mais elle cherche à trouver le meilleur équilibre global.



**Figure I.2.** Les éléments du développement durable (approche systémique).

**(Source : MAMADOU et coll., 2008)**

Donc le principe du développement durable est de prévenir les dommages potentiels, compte tenu des connaissances scientifiques actuelles, pour permettre de prendre des mesures et décisions. **(ROUSSOT, 2004).**

### I.2.3 Développement durable et construction

A l'heure actuelle, en France, le secteur du bâtiment entraîne d'importants impacts environnementaux. Il est grand consommateur d'énergie avec 70 millions de tonnes d'équivalent pétrole<sup>1</sup>, ceci représente 400 kWh d'énergie. Lors de la phase de construction, le bâtiment entraîne une consommation très élevée de ressources (granulats, ciment, métaux, etc.) et produit d'importantes quantités de déchets inertes ; mais également des polluants (émissions de dioxyde de carbone, de particules fines et de composés organiques volatils, etc.) **(FOUCHIER, 1997)**. La politique d'intégrer le concept du développement durable dans de nombreux domaines a encouragé les professionnels du bâtiment à réfléchir à l'amélioration de la qualité environnementale et sanitaire des produits, ouvrages et services qu'ils utilisent au quotidien. **(KNOPFEL, 2005)**

Un bâtiment est un système complexe, dépendant de son environnement. Il ne s'agit pas d'un simple assemblage de matériaux et produits de construction ; mais d'une construction raisonnée dont tous les éléments -extérieurs et intérieurs- sont en interaction. Donc la construction, pendant toutes ses phases de vie et particulièrement en phase d'exploitation, est responsable de plusieurs impacts : consommation d'eau, d'énergie, bruit, production de déchets, éclairage, chauffage, entretien, etc. Les constructions ont également un rôle important à jouer dans le domaine social au niveau par exemple de la qualité de vie ou des fonctions culturelles. **(LEMAIRE, 2006)**

La notion du développement durable est appliquée au domaine de la construction afin que le bâtiment soit viable et vivable en ce qui concerne la sécurité, l'économie d'énergie, l'isolation phonique, la santé, etc. **(WEISSENSTEIN, 2012)**

Pour intégrer cette notion dans le domaine de la construction, quelques organisations dans différents pays du monde ont défini des démarches pour amoindrir l'impact sur l'environnement avec des objectifs bien définis, dont :

- Estimer la qualité environnementale du bâtiment à travers le management, la santé, l'énergie, le bien être, la pollution, etc.

---

<sup>1</sup>TEP, unité de mesure de l'énergie

- Etablir une maintenance et nettoyage du bâtiment en intégrant l'efficacité énergétique, le recyclage, la qualité de l'air intérieur, etc.
- Maitriser et réduire les nuisances en respectant l'intégration du bâtiment dans son environnement (**TABET et coll., 2014**)

### I.3 Haute Qualité Environnementale

Parmi les démarches optimisant l'impact de la construction sur l'environnement, la démarche Haute Qualité Environnementale (HQE), qui prend en compte deux domaines : l'environnement extérieur et intérieur. Ces derniers préconisent quatre sous domaines :

- l'éco-construction
- l'éco-gestion
- le confort
- et la santé

Définie de cette manière, la démarche HQE possède alors 14 cibles dont la gestion de l'eau, de l'énergie, des déchets, l'entretien et la maintenance, la réduction des nuisances, offrir un confort hygrothermique, acoustique, visuel et s'attache aussi à la relation du bâtiment avec son environnement tout en faisant les choix appropriés sur les matériaux et procédés de construction. (**TABET et coll., 2014**)

Parmi les cibles qui sont en relation avec l'étude que l'on entreprend, la cible n°2 « **Choix intégré des procédés et produits de construction** » qui a une interaction avec les autres cibles. Cette cible s'attache à étudier la durabilité du bâtiment et le choix des produits et procédés de construction en prenant en compte, l'impact environnemental et sanitaire. En l'analysant à travers toutes les phases du cycle de vie, cette qualité permet d'offrir un intérieur sain et confortable à ses utilisateurs. Elle s'appuie sur deux référentiels :

- Un Système de Management Environnemental (SME)
- Des exigences environnementales (Définition Explicite de la Qualité Environnementale) (**LEMAIRE, 2006**).

## I.4 Analyse de cycle de vie

Il y'a aussi un autre moyen d'évaluation des impacts environnementaux d'un produit, service ou procédé tout au long de son cycle de vie, c'est l'Analyse du Cycle de Vie (ACV). **(LEMAIRE, 2006)**. Cette méthode s'impose de plus en plus comme une approche analytique intéressante pour l'évaluation des impacts et elle s'est étendue à l'échelle du bâtiment entraînant l'apparition de nombreux outils d'évaluation. Elle est structurée en quatre étapes normalisées :

- Définition des objectifs et du champ d'étude,
- Inventaire des consommations de ressources et des émissions de polluants,
- Evaluation des impacts,
- Interprétation.

Ces analyses de cycle de vie, à l'échelle des produits de construction, sont réalisées depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la phase de fin de vie en portant la réflexion sur la possible réutilisation, recyclage ou mise en décharge. Cette approche permet notamment d'éviter le transfert de pollution d'une phase à une autre tout en tenant compte des problèmes lors de la démolition des bâtiments (filrière de recyclage inexistante, émissions élevées de polluants lors du traitement en fin de vie, etc.).

De nombreux industriels européens du secteur de la construction ont commencé à réaliser des analyses de cycle de vie dans leurs produits, depuis quelques années, destinées à quantifier les consommations des ressources, les émissions de polluants et les productions de déchets **(LASAVAUX, 2012)**.

## I.5 L'ADEME

L'Agence de l'Environnement et De la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public français à caractère industriel et commercial (EPIC), créé en 1991. Elle est placée sous la tutelle des ministères chargés de la recherche, l'écologie et l'énergie. **(L'ADEME 1, 2015)**

Cette agence intervient dans divers domaines : gestion des déchets, préservation des sols, efficacité énergétique, énergies renouvelables, qualité de l'air, etc. **(L'ADEME 2, 2015)**

## **I.5.1 La transition énergétique**

L'ADEME a mis au point un programme désigné « La transition énergétique » qui implique une utilisation raisonnée et efficace de toutes les ressources. Elle adopte un nouveau modèle économique et social, un modèle qui renouvelle les façons de consommer, de produire, de travailler, de vivre ensemble et qui permettra d'économiser sur les ressources naturelles. Elle touche plusieurs domaines :

- la rénovation thermique des bâtiments,
- l'adaptation des transports et de l'aménagement des territoires,
- la production, le stockage et les usages des énergies,
- la préservation et la restauration des écosystèmes,
- l'économie circulaire,
- la dépendance minimale aux ressources rares. **(L'ADEME 3, 2015).**

### **I.5.1.1 Domaine du bâtiment**

Parmi les projets dans le bâtiment, réalisés par l'ADEME pour améliorer le cadre de vie des occupants :

#### ***L'isolation par fibres végétales***

Pour l'isolation de la construction, des fibres végétales ont été introduites dans certains matériaux de construction. Plus de 50% de ces matériaux sont intégrés dans la fabrication de profilés de menuiserie pour remplacer le PVC, l'acier et l'Aluminium tout en garantissant des performances techniques équivalentes ou supérieures (rigidité, pouvoir isolant) et en réduisant son impact environnemental avec optimisation des coûts de sa production. Selon l'ACV, l'utilisation de ces profilés peut réduire d'environ 10% les émissions de gaz à effet de serre. **(L'ADEME 4, 2015)**

#### ***La réhabilitation thermique***

La réhabilitation de 730 logements sociaux, a permis une performance énergétique permettant 70% d'économies de charges de chauffage et d'eau chaude sanitaire. **(L'ADEME 5, 2015)**



## I.6 L'Algérie

Dans notre pays, l'état soucieux de la qualité de l'environnement a décrété plusieurs lois depuis 1985 pour sa protection. L'insouciance caractérisée vis à vis de ces lois, a amené à une dégradation alarmante de notre environnement ; ce qui a nécessité la création de plusieurs organisations et agences en vue d'intervenir en urgence pour pouvoir protéger efficacement l'environnement. **(PNAE-DD, 2002)**

### I.6.1 L'APRUE

L'agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE) en Algérie est un établissement public créé par décret présidentiel en 1985 et placé sous la tutelle du Ministère de l'Energie et des Mines. Cette agence a pour missions :

- La coordination et l'animation de la politique nationale de maîtrise de l'énergie
- La mise en œuvre et le suivi du Programme National de Maîtrise de l'Energie (PNME)
- La sensibilisation et la diffusion de l'information sur la maîtrise de l'énergie en direction des différentes cibles (grand public, professionnels, milieu scolaire...)
- Le montage de programmes et de projets sectoriels en partenariat avec les secteurs concernés (Industries, Bâtiments, Transports, etc.)
- L'organisation et la participation à plusieurs projets et aussi des coopérations afin de mettre en place un programme de formation et d'animation dans le domaine de l'énergie, renforcement de l'activité de l'observatoire de l'efficacité énergétique et réduction de la consommation énergétique et des émissions de carbone. **(L'APRUE 1, 2015)**

#### I.6.1.1 Programme national de l'efficacité énergétique

Désormais en Algérie, l'efficacité énergétique joue un rôle important qui permet de réduire les consommations d'énergie et entraîne la diminution des coûts environnementaux, économiques et sociaux tout en accordant une augmentation de la qualité de vie de tous les habitants et des générations futures **(L'APRUE 2, 2015)**. Elle se

focalise sur les secteurs de consommations qui ont un impact significatif sur la demande d'énergie.

Il s'agit essentiellement des secteurs du bâtiment, du transport et de l'industrie. A la suite d'une forte croissance de leurs consommations, un programme national sur l'efficacité énergétique est mis en place et permet d'améliorer le cadre de vie du citoyen, une meilleure conservation de l'énergie avec ses impacts bénéfiques sur l'économie nationale et ce en termes de création d'emplois et de richesses, en plus de la préservation de l'environnement, ainsi en 2015 elle a pour objectif d'économiser d'ici 2030 jusqu'à 93 millions de TEP. <sup>2</sup> (L'APRUE 3, 2015)

Parmi les actions et projets de l'APRUE en application de ce programme :

- Electrification à l'énergie solaire,
- Installation de chauffe eau solaire,
- Projet de bus à gaz naturel,
- Projet d'électronucléaire,
- Programme Eco-bat.

#### I.6.1.1.1 Secteur du bâtiment

Il y a une décennie, en 2005, la consommation énergétique en Algérie a atteint 17 millions de TEP, dont environ 7 Millions pour le secteur du bâtiment ce qui représente 41% de la consommation totale (figure I.3).

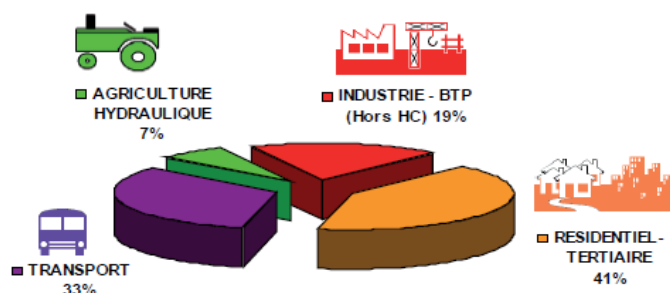


Figure I.3 : Consommation d'énergie en Algérie par secteur d'activités en 2005 (source : l'APRUE, 2007)

<sup>2</sup> TEP, unité de mesure de l'énergie

Ces consommations énergétiques ont été à l'origine d'une conscientisation des pouvoirs publics qui ont mis en place des moyens ressources pour en diminuer les impacts sur l'environnement. Parmi eux, on cite :

Le programme national de maîtrise de l'énergie suivi par l'APRUE qui vise à encourager la mise en pratique de technologies innovantes autour de l'isolation thermique des constructions. On cite dans ce qui suit quelques exemples réalisés sur le terrain ou en cours de réalisation :

- ***Intégration du PVC***

Un partenariat a été créé en matière d'utilisation du PVC dans la menuiserie bâtiment entre une entreprise algérienne et le leader mondial Deceuninck. Par ce partenariat, les deux entreprises ont lancé aussi le double vitrage pour améliorer le confort (**DJELLOUAH, 2006**).

- ***Projet de rénovation du cadre bâti***

Le quartier Tanger à Alger, qui présente une grande valeur architecturale et qui a subi plusieurs calamités naturelles surtout les séismes, a fait l'objet d'une réhabilitation dans le cadre d'un projet de coopération algéro-française, intitulé « **perfectionnement et assistance technique en matière de rénovation du cadre bâti existant** ». Ce projet fut doté des meilleurs outils d'instrumentation et d'analyse de la consommation énergétique (**RAISSI, 2006**). Ils ont favorisé la pénétration massive des équipements et appareils performants sur le marché local, notamment les chauffe-eau solaires et les lampes économiques ce qui constitue l'un des atouts pour le développement de l'efficacité énergétique dans ce secteur. L'objectif étant d'améliorer le confort intérieur des logements en utilisant moins d'énergie.

- ***Programme Eco-bat***

Vue la grande consommation énergétique du secteur du bâtiment, l'APRUE a mis en place un programme de réalisation de logements à haute performance énergétique ECO-BAT, avec la collaboration de 11 OPGI dont : Laghouat, Bechar, Blida, Tamanrasset, Alger (Hussein Dey), Djelfa, Sétif, Skikda, Mostaganem, Oran et el Oued. Une opération de

première en Algérie qui associe : le ministère de l'Énergie et des Mines, le Ministère de l'Habitat et de l'urbanisme, l'APRUE, des maîtres d'ouvrages et des bureaux d'études techniques et d'architecture, qui visent la réalisation de logements bioclimatiques et favorisent l'emploi des matériaux de construction adéquats. **(L'APRUE 6, 2015)**

Ce programme présente les solutions pour répondre à une logique de réduction et d'optimisation des besoins énergétiques en réduisant les déperditions thermiques, l'exploitation d'éclairage naturel et l'assurance d'un confort thermique en été et en hiver pour l'obtention d'une réduction de près de 40% de la consommation énergétique et pour faire diminuer le taux d'émission de gaz à effet de serre. **(BOUZERIBA, 2009)**

Le programme pour l'année 2015, est le suivant :

- Isolation thermique dans les constructions existantes et installation de 10.000 m<sup>2</sup> de double vitrage,
- Réduire l'utilisation de la lumière artificielle,
- Installation de 4.000 m<sup>2</sup> de chauffe-eau solaire individuel (CESI),
- Installation de 3.000 m<sup>2</sup> de chauffe-eau solaire collectif (CESC),
- Diffusion d'un million (1.000.000) de lampes à basse consommation,
- Substitution de 50.000 lampes à mercure par des lampes à sodium haute pression avec remplacement des luminaires existant par des luminaires plus efficaces et installation des systèmes de gestion de l'éclairage public. **(L'APRUE 5, 2015)**

Ainsi en 2015, elle a comme objectif principal dans le domaine du bâtiment de réduire jusqu'à 30 millions de TEP d'ici l'année 2030, en intégrant ces nouvelles pratiques et technologies innovantes.

L'APRUE a aussi contribué à la diffusion de deux documents techniques recommandés (DTR), élaborés dans le cadre de la loi sur la maîtrise de l'énergie, par le centre national d'étude et de recherches intégrées du bâtiment « CNERIB » :

**Le premier** édité en 1997 parle de la réglementation thermique des bâtiments d'habitation (DTR C3-2) qui permet d'avoir une économie de 20 à 30% de la consommation d'énergie et il contient :

- Des règles de calcul des déperditions calorifiques (thermique)
- Il apporte une réponse aux problèmes thermiques du bâtiment
- Il met aussi à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements pour la saison hivernale.
- Il consiste à limiter les déperditions thermiques. **(page 10, DTR C3-2)**

*Le deuxième*, édité en 1998, est le document technique réglementaire de la climatisation des habitations résidentielles et tertiaires **(DTR C 3-4)**. Il a comme objectif de :

- Faire connaître les méthodes de détermination des apports calorifiques des bâtiments.
- Fixer les méthodes de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments **(page 9, DTR C3-4)**.

Le contrôle technique des constructions de Tlemcen, suit les normes de ces DTR dans ses inspections et suivis, et il est certifié par la norme ISO 9001, qui définit une série d'exigences concernant la mise en place d'un système de management de la qualité dans son secteur d'activité, mais lors du contrôle il n'exige pas aux entreprises d'être certifié par cette norme.

## **I.7 Conclusion**

Ce chapitre a permis de mettre en revue, d'une manière générale, les démarches relatives à la maîtrise énergétique particulièrement dans le secteur du bâtiment qui est sujet de notre étude. On a mis en lumière les programmes réalisés ou en cours de réalisation dans ce contexte en Algérie pour réduire les impacts environnementaux.

Ce regard va se restreindre dans les chapitres suivants à l'isolation et l'étanchéité, vu leur importance dans le confort des habitations et le regain d'intérêt dont ces volets font l'objet récemment au niveau national dans le cadre de l'efficacité énergétique dans le ce secteur.

## Chapitre 2

### Isolation

---

#### II.1 Introduction

Nous avons vu dans le chapitre précédent, que le secteur du bâtiment en Algérie est un grand consommateur d'énergie notamment pour le chauffage et la climatisation ; ce qui a conduit à une grande prise de conscience, ces dernières années, pour mieux isoler les bâtiments.

L'Algérie encourage le travail en commissions pour l'élaboration de programmes dont le but est de réduire et de limiter la consommation énergétique (**L'APRUE 5, 2015**). Elle a, à titre d'exemple, intégré le programme des Réseaux des Entreprises Maghrébines pour l'Environnement (REME), afin d'orienter les constructeurs à la production d'habitations à basse consommation permettant de réduire la facture énergétique et contribuer à l'amélioration du confort de l'habitat et de leur environnement. (**REME 1, 2015**)

Dans ce chapitre, on va mettre en revue les matériaux d'isolation innovants, utilisés en Algérie et leurs impacts sur l'environnement.

#### II.2 Causes des déperditions

L'enveloppe des habitations, mal isolées par rapport à l'environnement, est à l'origine des déperditions dues aux transferts thermiques. Les recherches scientifiques tentent à réguler ces échanges pour un confort idéal. Certains agents sont responsables de la mauvaise isolation. (**COURGEY, 2001**)

Il faudra avant tout, définir un certain nombre de paramètres qui caractérisent les déperditions thermiques, pour comprendre l'apport des matériaux isolants. Il s'agit de :

- **Capacité thermique**

La capacité d'un matériau à emmagasiner la chaleur par rapport à son volume est définie par la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température de 1m<sup>3</sup> de matériau. Elle dépend de trois paramètres: la conductivité thermique, la chaleur spécifique et la densité ou masse volumique du matériau. Son unité est **kJ/m<sup>3</sup>.°C** (COURGEY, 2001), (REME, 2010)

- **Chaleur spécifique**

C'est la capacité du matériau à emmagasiner la chaleur par rapport à son poids. Elle est définie par la quantité de chaleur à apporter à 1kg de matériau pour élever sa température de 1°C. Son unité est **J/kg.°C** (COURGEY, 2001)

- **Diffusivité thermique**

C'est l'aptitude d'un matériau à transmettre rapidement une variation de température. Elle croît avec la conductivité et décroît avec la capacité thermique. Plus la diffusivité est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau. Son unité est **m<sup>2</sup>/h**. (COURGEY, 2001), (REME, 2010)

- **Perméance**

La perméance est égale à la quantité de vapeur d'eau qui traverse un mètre carré en une heure avec un gradient de pression de 1 mm de Hg. C'est le rapport du coefficient de perméabilité sur l'épaisseur du matériau est  $P = \pi / e$ . (COURGEY, 2001), (REME, 2010)

- **Pare Vapeur**

Dispositif qui empêche la pénétration de la vapeur d'eau à l'intérieur du matériau. (COURGEY, 2001)

- **Coefficient de résistance à la vapeur d'eau**

Dans le cas des fiches accompagnant les isolants, la règle dite « 5/1 », appelée « stratégie écologique », est appliquée. Si le coefficient de résistance à la vapeur d'eau «  $\mu$  » de la paroi extérieure est cinq fois moins élevée que celui de la paroi intérieure, aucune

barrière de vapeur n'est nécessaire. Si la paroi intérieure est parfaitement jointoyée, il est cependant préférable d'opter pour un frein vapeur dont le  $\mu$  est calculé en fonction des différents composants. Il est sans unité. **(COURGEY, 2001), (REME, 2010)**

- **Résistance thermique**

Cette résistance dépend de la conductivité thermique et de l'épaisseur du matériau. Plus la résistance est grande plus la paroi est isolante. Son unité  **$m^2.k/W$  (COURGEY, 2001), (REME, 2010)**

- **Transmission thermique**

Ce coefficient définit la quantité de chaleur qui peut passer en une heure à travers 1  $m^2$  de surface. Il y'a aussi la formation des ponts thermiques, qui est une zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente une variation de résistance thermique. Il s'agit d'un point de la construction où la barrière isolante est rompue. Un pont thermique est donc créé si il y a changement de:

- la géométrie de l'enveloppe,
- matériaux et ou de résistance thermique.**(COURGEY, 2001)**

Un pont thermique peut présenter de fortes déperditions thermiques. Donc, il est important de les limiter pour améliorer le confort du bâtiment.

Pour une habitation mal isolée, d'importantes pertes de chaleur s'échappent à travers toutes les parois qui sont appelées « parois froides ». Même la couverture et les sols sont à l'origine de beaucoup de déperditions de chaleur. Il ne faut pas négliger le phénomène des ponts thermiques parce que dès que la barrière isolante est rompue ou s'il y a discontinuité entre les matériaux ou les parois de structure surtout au niveau des joints entre les parois, ça peut causer beaucoup de déperditions **(COURGEY, 2001), (REME, 2010)**. Une maison mal isolée peut engendrer les déperditions suivantes (fig. 2.1) :



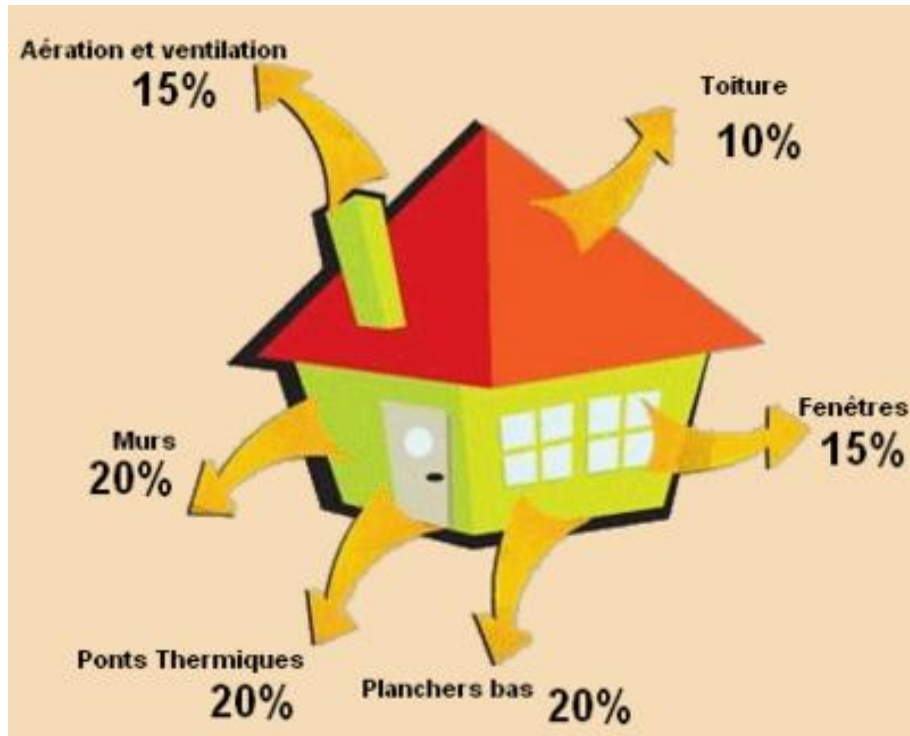


Figure II.1 : Déperditions d'une maison mal isolée (Source : DE HAUT, 2011)

Pour connaître les points faibles d'une habitation et les principales déperditions de chaleur et surtout les ponts thermiques, on peut avoir recours à la thermographie qui est réalisée à partir d'une caméra infrarouge qui montre les différentes déperditions de chaleur surtout au niveau des menuiseries. (REME, 2010)

### II.3 Types d'isolants

Le principe d'un matériau isolant c'est d'emmagasiner la plus grande quantité possible d'air dans un maximum d'alvéoles. L'air immobile, constitue le meilleur isolant thermique après le vide. La nature et la structure des matériaux ont également un impact sur leurs performances thermiques ou acoustiques.

### II.3.1. Les isolants rapportés

Ils se divisent en plusieurs catégories. Les principaux sont les matériaux fibreux et les matières cellulaires. Ils peuvent être issus d'une vaste gamme de matières premières d'origine minérale, végétale, animale ou pétrochimique. (FEDULLO, 2011)

#### II.3.1.1 Isolants synthétiques

Ce sont des matériaux produits par la chimie industrielle :

- **Polystyrène expansé**



Figure II.2 : Produits en polystyrène (source : REME, 2010)

**Nature** : fabriqué à base de pétrole brut et contient 98% d'air.

**Utilisation** : isolation des murs extérieurs et intérieurs, du sol et de la toiture.

**Sous forme de** : panneau ou hourdis.

**Avantages** : haute performance pour l'isolation, facile à mettre en œuvre, économique.

**Inconvénients** : consomme beaucoup d'énergie grise, non stable, en cas d'incendie il peut dégager des gaz nocifs. (REME, 2010), (BEAUMIER, 2006)

- **Polystyrène extrudé**



Figure II.3 : Polystyrène extrudé (source : REME, 2015)

**Nature** : fabriqué à base de pétrole brut, et plus dense que le polystyrène expansé.

**Utilisation** : isolation des murs extérieurs et intérieurs, du sol et de la toiture.

**Sous forme de** : panneau ou mousse.

**Avantages** : il offre des performances thermiques très fortes, il est quasiment insensible à l'humidité et offre une résistance élevée à la compression et au fluage. Il montre une grande résistance thermique et une grande imperméabilité, (coefficient d'absorption d'eau très faible).

**Inconvénients** : moyennement inflammable, il faut lui ajouter un matériau incombustible, et en cas d'incendie il peut dégager des gaz. **(REME, 2010), (BEAUMIER, 2006)**

**Impacts environnemental et sanitaire du polystyrène extrudé et du polystyrène :**

- Il peut être cancérigène pour l'homme. Selon une étude élaborée par l'Agence Internationale de Recherche sur le cancer, ces matériaux provoquent surtout un grand risque de leucémie.
- Il est recyclable et émet de faibles quantités de pentane<sup>3</sup> avec le temps.
- En cas d'incendie, il peut libérer du CO<sub>2</sub> de la vapeur d'eau et du monoxyde du carbone.
- Il est dégradé par les micro-organismes sur le long terme. **(FUDELLO, 2010), (ANSES, 2002)**

- **Polyuréthane**



**Figure II.4 : Polyuréthane (Source : REME, 2015)**

**Nature** : obtenu par mélange du polyol, iso-cyanate et un agent d'expansion en présence de catalyseurs. Il a une performance d'isolation plus performante que l'air.

---

<sup>3</sup>Gaz nuisible pour l'ozone de l'atmosphère

**Utilisation** : isolation extérieure des murs, chape, terrasse, combles.

**Sous forme de** : panneau ou mousse.

**Avantages** : bon isolant thermique, bonne résistance mécanique surtout à la compression ainsi qu'à l'humidité. Il peut aussi assurer l'étanchéité à l'air.

**Inconvénients** : pas très performant pour l'isolation phonique, légèrement sensible aux bactéries, peut être combustible et moyennement inflammable, mauvaise efficacité en été. **(REME, 2010), (BEAUMIER, 2006)**

**Impacts environnemental et sanitaire** :

- En cas d'incendie, il peut émettre des gaz toxiques pour le système nerveux de l'homme.
- Il représente 0.08 % de la production totale du pétrole.
- Il est recyclable. **(RUOT, 2014), (CIRC, 2014)**

- **PVC**



**Figure II.5 : PVC (source : LEVY, 2014)**

**Nature** : réalisé à partir de 3 matières premières : sel (57%), pétrole (40%) et plastique (3%).

**Utilisation** : pour les fenêtres en menuiserie, surtout en double vitrage.

**Sous forme de** : panneau ou mousse.

**Avantages** : bon isolant thermique et acoustique.

**Inconvénients** : il peut attirer beaucoup de poussières et saleté. **(REME, 2010), (LEVY, 2010)**

**Impacts environnemental et sanitaire :**

- Il est recyclable ; mais son recyclage peut être très polluant pour l'environnement.
- Respecte l'environnement pendant son exploitation.
- Il peut être toxique en cas d'ajout de plastifiant à base d'huile végétale pour améliorer certaines caractéristiques. Si c'est à base d'huile végétale il ne présente pas de danger.
- Très polluant pendant sa phase de production. **(ARMAND, 2010), (BERTAND, 2014)**

**II.3.1.2 Isolants Minéraux**

Ils sont d'origine naturelle et sont fabriqués industriellement à partir de matières premières abondantes. Ils sont mélangés à d'autres matériaux pour être commercialisés sous toutes les formes : panneaux rigides, flocons, rouleaux, vrac, etc. On en cite :

- **Laine de roche**



**Figure II.6 : Laine de roche (source : REME, 2010)**

**Nature** : naturelle ; nait de l'activité volcanique d'une roche basalte.

**Utilisation** : sol, mur, plancher, comble et toiture.

**Sous forme de** : panneau, rouleau, vrac.

**Avantages** : bon isolant thermique et acoustique, protège contre l'incendie, bonne résistance à la compression, résiste aux micro-organismes et aux substances chimiques.

**Inconvénients** : en cas d'humidité, il perd ses performances thermiques. Il faut donc ajouter un pare vapeur d'eau. Tassement important avec le temps, obligation de la remplacer après quelques années. Energie grise consommée :  $150 \text{ kW/ m}^3$ . **(LEVY, 2010)**

- **Laine de verre**



**Figure II.7 : Laine de verre (source : REME, 2010)**

**Nature** : fabriquée à partir de la silice.

**Utilisation** : isolant toiture, plancher, comble et mur.

**Sous forme de** : panneau et vrac.

**Avantages** : bon isolant thermique et surtout phonique, protège contre l'incendie, bonne résistance à la compression, résiste au vieillissement et aux substances chimiques.

**Inconvénient** : en cas d'humidité, elle perd ses performances thermiques, donc il faut ajouter un pare vapeur d'eau. Tassement important avec le temps, obligation de la remplacer après quelques années. Energie grise consommée : 150 à 250 kW/m<sup>3</sup>. **(LEVY, 2010)**

**Impacts environnemental et sanitaire (Laines de roche et de verre) :**

- Pas très écologique.
- elles peuvent être cancérigènes et capables d'atteindre les alvéoles pulmonaires.
- elles peuvent être irritantes pour la peau, l'appareil respiratoire et les yeux, pour cela lors de sa pose, il est obligatoire de se protéger à l'aide de : masque, gants, combinaison, lunettes, etc.)
- elles sont recyclables.
- En cas d'incendie, elles ne dégagent aucun gaz. **(ROUSOUT, 2014)**

- **Perlite :**



**Figure II.8 : Perlite (sources: REME, 2010 et LEVY, 2014)**

**Nature :** fabriquée à partir d'une roche volcanique de la famille des silicates.

**Utilisation :** isolant toiture-terrasse.

**Sous forme de :** panneaux et vrac.

**Avantages :** bon isolant thermique, mécanique surtout pour la compression avec une bonne stabilité dimensionnelle et incombustible, résiste aux bactéries, rongeurs et champignons, insensible aux rongeurs, incombustible et durable.

**Inconvénient :** en vrac, si les granulats absorbent l'humidité elle perdra son pouvoir isolant. (REME, 2010), (PESSY, 2003)

**Impacts environnemental et sanitaire :**

- Ecologique.
- elle ne cause aucune réaction allergène.
- elle n'est pas dangereuse pour l'environnement, et ne demande pas beaucoup d'étapes de transformation. (ROUSOUT, 2014)

### **II.3.1.3 Isolant d'origine végétale**

De nombreux végétaux produisent des fibres qui peuvent être mises à profit pour fabriquer des isolants efficaces et naturels. Différents modes et formes de mise en œuvre sont proposés pour répondre à tous les besoins en isolation thermique ou acoustique.



- **Le chanvre**



Figure II.9 : Chanvre (Sources : CRAMA, 2010 et PESSY, 2003)

**Nature :** à base d'une plante écologique qui pousse rapidement sans traitement ni engrais.

**Utilisation :** isolation toit, mur et sol.

**Sous forme de :** panneaux, rouleaux et en vrac.

**Avantages :** Très bon isolant phonique et acoustique, résiste aux insectes, non dangereux lors de sa pose, inflammable et non dangereux pour la santé, recyclable et biodégradable.

**Inconvénients :** couteuse, difficile à mettre en place. (BRANCHU, 2012), (CRAMA, 2010)

**Impacts environnemental et sanitaire :**

- il est écologique.
- il a un bilan négatif pour le carbone.
- En Cas d'incendie, il peut dégager des gaz dangereux. (DESMONS, 2014)

- **Le Lin**



Figure II.10 : lin (sources : CRAMA, 2010 et BRANCHU, 2012)



**Nature** : à base d'une plante, qui demande peu de pesticides et engrais.

**Utilisation** : isolation planchers, murs, toitures et combles.

**Sous forme de** : vrac, rouleaux et panneaux.

**Avantages** : bon isolant surtout phonique, repousse l'humidité, résiste aux moisissures, insectes, rongeurs, feu, chocs thermiques, durable, non dangereux pour la santé, facile à mettre en place.

**Inconvénients** : couteux, difficile à mettre en place, il peut tasser avec le temps.

**Impacts environnemental et sanitaire :**

- Recyclable.
- Il ne présente aucun danger pour la santé.
- En cas d'incendie, il risque de dégager des gaz. **(FEDULLO, 2011)**

- **Fibre de coco**



**Figure II.11 : fibre de coco (sources : CARMA, 2010 et FEDULLO, 2011)**

**Nature** : à base d'une plante qui demande peu de pesticides et engrais.

**Utilisation** : isolation planchers, murs, toitures, comble et pour le calfeutrement.

**Sous forme de** : rouleaux, vrac et panneaux.

**Avantages** : très bon isolant thermique et phonique, durable et élastique, perméable à la vapeur d'eau, inflammable et résiste aux termites, recyclable

**Inconvénients** : couteuse, difficile à mettre en place. **(CRAMA, 2010), (FEDULLO, 2011)**

**Impacts environnemental et sanitaire :**

- Ecologique, recyclable et biodégradable.
- Aucun effet néfaste sur la santé. **(RUOT, 2014)**

- **Liège**



**Figure II.12 : Liège (source : REME, 2010)**

**Nature** : se trouve dans l'écorce de quelques arbres surtout dans le chêne-liège.

**Utilisation** : isolation toit, combles, planchers, murs et cloisons

**Sous forme de** : vrac et panneaux.

**Avantages** : bon isolant et bonne résistance mécanique à la compression, ne consomme pas beaucoup d'énergie dans sa fabrication, insensible aux rongeurs et insectes, pas de dégagements toxiques, matériau renouvelable, naturel et recyclable, supporte l'humidité sans se déformer.

**Inconvénients** : couteux, difficile à traiter les ponts thermiques. **(LEVY, 2014)**

**Impacts environnemental et sanitaire :**

- Ecologique.
- Limite la déforestation, puisque l'écorce se renouvelle. **(FEDULLO, 2011)**

- **Laine de coton**



**Figure II.13 : Laine de coton (sources : CRAMA, 2010 et BEAUMIER, 2006)**

**Nature** : à base de laine du mouton, ou de tissu recyclé.

**Utilisation** : isolation toit, planchers, combles.

**Sous forme de** : panneaux, rouleaux et vrac.

**Avantages :** Très bon isolant thermique et phonique, bonne résistance à l'humidité, léger, il est traité contre les insectes et champignons.

**Inconvénient :** il peut se tasser au fil des années. **(BEAUMIER, 2006)**

**Impacts environnemental et sanitaire :**

- Ecologique.
- Production et traitement très polluants.
- Utilise beaucoup de pesticides lors de sa production. **(BEAUMIER, 2006)**

- **La Ouate de cellulose**



**Figure II.14 : Ouate de cellulose (Source : PESSY, 2003)**

**Nature :** à base du papier journal recyclé.

**Utilisation :** isolation toiture, planchers, combles.

**Sous forme de :** panneaux ou en vrac.

**Avantages :** très bonne isolation phonique, naturelle, recyclable, résiste au feu

**Inconvénients :** pas très écologique, peut créer l'humidité. **(CARMA, 2010), (PESSY, 2003)**

**Impacts environnemental et sanitaire :**

- Ecologique.
- Lors de sa fabrication, il est adjuvanté avec du sel d'ammonium et s'il est avec un pourcentage supérieur à 5.5, il peut représenter un danger pour la santé.
- Elle a un petit bilan carbone. **(FEDULLO, 2011)**

## II.4.2 L'isolation répartie

Pour assurer la solidité du bâtiment, il faut des éléments porteurs qui garantissent la stabilité des murs et la portance des planchers et du toit. Les matériaux employés sont souvent lourds et denses, c'est le cas du béton, des blocs de ciment ou des briques. Le problème est qu'ils laissent passer la chaleur et le froid sans lui opposer de résistance ce qui pousse à employer d'autres matériaux aux caractéristiques isolantes.

Pour simplifier les phases de construction, il faut employer des matériaux qui assurent simultanément les deux fonctions, c'est-à-dire une isolation répartie. On construit donc avec un matériau qui est à la fois porteur et isolant. Cette méthode de construction n'est valable que dans la cadre d'un projet neuf ou en cas d'agrandissement d'une construction déjà existante.

- **Béton cellulaire**



**Figure II.15 : Béton cellulaire (source : REME, 2010)**

**Nature** : à base de matière première naturelle, d'un dosage bien proportionnée d'eau, de sable, de ciment, de poudre d'aluminium et 80% d'air.

**Utilisation** : isolation toit, planchers, combles.

**Sous forme de** : béton coulé.

**Avantages** : très bon isolant, matériau sain, léger et facile à mettre en œuvre, résiste au feu,

**Inconvénient** : moins résistant qu'un béton classique (**REME, 2010**),(**BRANCHU, 2012**)

**Impacts environnemental et sanitaire** :

- Recyclable.
- Ne dégage pas un gaz toxique. (**COURGEY, 2001**)

- **Béton de perlite**



**Figure II.16 : Béton de perlite (source : REME, 2015)**

**Nature** : à base d'agrégats de perlite.

**Sous forme de** : béton coulé.

**Avantages** : bon isolant, léger, résiste au feu, bactéries, rongeurs et champignons, bonne inertie thermique.

**Inconvénient** : moins résistant qu'un béton structural. (REME, 2015), (OLIVIA, 2006)

**Impacts environnemental et sanitaire**

- Incombustible.
- Ecologique.
- En cas d'incendie, il ne dégage aucun gaz dangereux.
- Il ne présente aucun danger pour la santé et l'environnement. (COURGEY, 2001)

- **Béton de polystyrène**



**Figure II.17 : Béton de polystyrène (Source : REME, 2015)**

**Nature** : à base de billes de polystyrène expansé calibré et traitées avec adjuvant pour une bonne répartition.

**Sous forme de** : béton coulé.

**Avantage** : bon isolant thermique et phonique, léger, résiste au feu, incombustible

**Inconvénient** : moins résistant qu'un béton structural. (REME, 2015), (BEAUMIER, 2006)

**Impacts environnemental et sanitaire :**

- Ecologique.
- Non polluant pour l'environnement. **(COURGEY, 2001)**

- **Thermo pierre**



**Figure II.18 : Thermo pierre (source: REME, 2015)**

**Nature :** du béton cellulaire qui est fait à base d'eau, de ciment, de sable et de poudre d'aluminium.

**Sous forme de :** béton coulé.

**Avantages :** matériau porteur, massif, sain. Il présente une bonne isolation thermique et phonique, perméable à la vapeur d'eau et incombustible.

**Inconvénients :** légèrement friable (peut être réduit en poudre), et peu dégager une poussière en cas de sciage. **(REME, 2015), (PESSY, 2003)**

**Impact environnemental et sanitaire :**

- Non polluant.
- Ne présente aucun traitement chimique **(COURGEY, 2001)**

Les isolants que nous avons recensé ne décrivent pas de manière exhaustive tous les types d'isolants qui sont commercialisés et utilisés dans la construction. Ce sont des exemples de matériaux qui sont de plus en plus utilisés ces dernières décennies dans le secteur du bâtiment, grâce aux nombreux travaux de recherche qui leur ont été consacrés. Dans le tableau II.1, nous allons exposer trois paramètres caractérisant ces matériaux :

**Tableau II.1** : Les paramètres des matériaux d'isolation (REME, 2015), (PESSY, 2003)

Matériau	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivité thermique (W/m <sup>°K</sup> )	Energie Grise kWh/m <sup>3</sup>
Polystyrène extrudé	20 à 30	0.029 à 0.037	850
Polyuréthane	28 à 50	0.022 à 0.028	1100
Polystyrène	15 à 65	0.03 à 0.04	450
PVC	1040 à 1060	0.2	Elevée
Laine de roche	20 à 150	0.034 à 0.040	123 à 10.0006
Laine de verre	13 à 60	0.034 à 0.045	242 à 1.344
Perlite	90 à 170	0.045 à 0.050	230
Chanvre	25	0.039 à 0.045	40
Lin	30	0.037 à 0.038	30
Fibre de coco	60 à 95	0.037 à 0.045	Moyenne
Liège	80 à 140	0.032 à 0.045	45
Laine de coton	20	0.039 à 0.042	60
Ouate de cellulose	50 à 90	0.040	70
Béton cellulaire	350 à 550	0.110 à 0.180	400
Béton perlite	450 à 600	0.15 à 0.31	/
Béton de polystyrène	500 à 1200	0.8 à 2.2	/
Thermo pierre	350 à 550	0.09 à 0.13	/

Dans le tableau II.2, nous récapitulons leurs différentes performances afin de faire ressortir les meilleurs d'entre eux.

Tableau II.2. Performances des isolants recensés.

Isolant	Performances													
	Mise en œuvre facile	Economique	Ecologique	Résistance à la compression élevée	Résistance thermique élevée	Recyclable	Résistance aux microorganismes	Imperméabilité élevée	Sensible à l'humidité	Stable	Consomme énergie grise	Emission de gaz	Inflammable	Cancérigène
<b>Polystyrène</b>	Oui	Oui	Oui	Moy	Oui	Moy	Non	Moy	Non	Non	Forte	Oui	Moy	Moy
<b>Polystyrène extrudé</b>	Oui	Oui	Oui	Moy	Oui	Moy	Non	Moy	Non	Non	Forte	Oui	Moy	Moy
<b>Polyuréthane</b>	Oui	Oui	Oui	Moy	Oui	Moy	Moy	Moy	Non	Moy	Forte	Oui	Moy	Non
<b>PVC</b>	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Moy	Moy	Moy	Non	Moy	Forte	Oui	Oui	Non
<b>Laine de roche</b>	Moy	Moy	Moy	Oui	Oui	Moy	Oui	Faible	Moy	Oui	Moy	Moy	Oui	Oui
<b>Laine de verre</b>	Moy	Moy	Moy	Oui	Oui	Moy	Oui	Faible	Moy	Oui	Moy	Moy	Oui	Oui
<b>Perlite</b>	MOY	Non	Moy	Oui	Oui	Oui	Oui	Faible	Moy	Oui	Moy	Moy	Moy	Non
<b>Chanvre</b>	Oui	Non	Oui	Moy	Oui	Oui	Oui	Moy	Moy	Moy	Faible	Moy	Oui	Non
<b>Lin</b>	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Moy	Non	Oui	Faible	Moy	Moy	Non
<b>Fibres de coco</b>	Moy	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Moy	Non	Oui	Faible	Moy	Oui	Non
<b>Liège</b>	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Moy	Moy	Oui	Faible	Moy	Oui	Non
<b>Laine de coton</b>	Moy	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Moy	Non	Non	Faible	Moy	Oui	Non
<b>La ouate de cellulose</b>	Moy	Moy	Oui	Moy	Oui	Oui	Oui	Moy	Moy	Oui	Faible	Moy	Non	Moy

Moy : Moyenne

Cette analyse nous a permis de montrer que, les isolants d'origine végétale sont performants pour l'isolation, respectent l'environnement et l'homme, et permettent de réduire la consommation énergétique.



## **II.5 Conclusion**

Ce chapitre nous a permis de connaître les matériaux d'isolation utilisés dans le secteur du bâtiment. On trouve la plus part d'entre eux en Algérie. Ce sont des matériaux qui permettent d'une part, une réduction de la consommation énergétique et atténuent d'autre part les impacts environnementaux et sanitaires. La comparaison entre leurs caractéristiques diverses a mis en exergue les isolants à base de fibre végétale comme les plus performants sur le plan de l'isolation et de la santé.

## Chapitre 3

### Etanchéité

---

#### III.1 Introduction

Des phénomènes tels que les ponts thermiques, les fuites d'air, le transfert de vapeur d'eau, et la perméabilité peuvent mener à des problèmes de confort et de durabilité du bâtiment (figure III.1) et engendrent par conséquent l'augmentation des besoins de chauffage et de climatisation, donc la facture énergétique. Les chercheurs et les ingénieurs tentent de trouver des solutions durables pour à la fois améliorer le confort et réduire la consommation en énergie. **(L'ADEME 4, 2015)**

#### III. 2 Les solutions aux problèmes de l'étanchéité :

Les problèmes sont dus essentiellement aux fissures dans l'enveloppe qui laissent passer l'eau, aux remontés capillaires provoqués par les sols humides, des joints défectueux de portes et de fenêtres, des ruptures de canalisations, etc. **(TROUILLET, 2008)**

D'après une enquête au niveau national, il existe plusieurs entreprises et sociétés spécialisées dans le domaine de l'étanchéité. Certains sont fabricants de ces matériaux et d'autres les importent. Toutefois, la main d'œuvre locale n'est pas toujours qualifiée et ne suit pas les formations d'apprentissage et de perfectionnement aux nouvelles techniques.

On a pu constater qu'à Tlemcen la plupart des entreprises exécutent les travaux d'étanchéité des terrasses, qui d'après les spécialistes, est la tâche la plus demandée. L'organisme de contrôle technique de la construction (CTC) de Tlemcen utilise le DTR E4-1, pour le suivi de ces travaux d'étanchéité des toitures terrasses et toitures inclinées. Ce DTR E4-1 présente les solutions pour les différents types de toitures ainsi que les matériaux recommandés et les revêtements adéquats qui leur offrent la résistance nécessaire.



Figure III. 1 : Les problèmes d'étanchéités

### III.3 Le DTR E4-1

Ce guide technique DTR (E4-1), donne les procédés et techniques classiques de mise en œuvre et de suivi des produits d'étanchéité. Les produits qui y sont citées, sont :

#### III.3.1 A base de bitume

Le DTR cite 6 matériaux :

- **Enduit d'application à chaud (EAC)** : ce sont des enduits à base de bitume oxydé ou soufflé (fig. III.2), parfois ils contiennent une petite quantité de fillers chimiquement inertes.



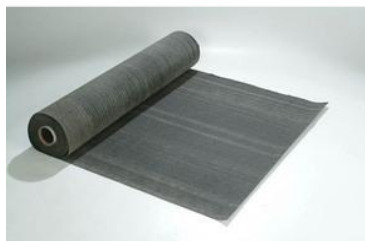
Figure III.2 : EAC (Source : bâti étanche, 2015)

- **Enduits d'imprégnation à froid (EIF)** : ils sont à base de bitume en solution ou émulsion d'une teneur égale ou supérieure à 50% (fig. III.3).



Figure III.3: EIF (Source: Archi expo, 2015)

- **Bitume armé (chape souple)** : matériau préfabriqué en bande, composé d'armatures en toile de verre ou de jute imprégnée et enduite sur ses 2 faces de bitume oxydé additionné de filler, de sorte que le rapport masse/filler soit inférieur ou égale à 40%. La face du bitume armé est saupoudrée de sable siliceux à environ 200 g/m<sup>2</sup> et l'autre face peut recevoir une autoprotection soit par granulats minéraux ou par feuille d'aluminium. Ils peuvent être mis en œuvre par collage à l'EAC ou par soudure au chalumeau.
- **Feutre bitumé** : matériau préfabriqué en lés, semblable au bitume armé ; mais dont l'armature est en carton feutre ou voile de verre (fig. III.4). Pour sa mise en œuvre, il est destiné au collage à l'EAC ou saupoudrée par du sable fin à 200 g/m<sup>2</sup> et l'autre face est soit sablé ou recouverte d'un dispositif anti-adhérent.



**Figure III.4: Feutre bitumé (Source : Gedimat, 2011)**

- **Bitume élastomère (SBS)** : mélange de bitume et d'élastomère type Styrène, Butadiène, Styrène et d'ajout de fillers (fig. III.5). Pour améliorer la soudabilité des feuilles, on le fait soit par l'ajout d'une couche d'un mélange de bitume oxydé et bitume élastomère, soit par le collage d'un film polyoléfine dégradable au chalumeau ou bien par des billes de polystyrène expansé en sousfaçage.



**Figure III.5 : Bitume élastomère (source : Gedimat, 2015)**

- **Bitume modifié au polypropylène atactique (PPa)** : c'est un mélange de bitume de distillation et de polypropylène atactique, il présente une meilleure aptitude à la déformation que les bitumes oxydés. Les feuilles en bitume PPa, sont armées de voiles de verre ou de tissu d'intissés polyester doublés d'un voile de verre et les faces sont recouvertes d'un film plastique thermofusible. La mise en œuvre est faite par soudure au chalumeau.

### III.3.2 A base de hauts polymères

Ce sont des matériaux de synthèse obtenus par mélange de plusieurs composants, et la feuille en PVC est la plus employée. Ces feuilles sont fabriquées de 2 ou 3 couches de 0.4 à 0.7 mm d'épaisseur (fig. III.6) contrecollées à chaud et une armature en tissu de verre placée au milieu, entre ces 2 couches.



Figure III.6: Feuille de PVC d'étanchéité (Source : Tanguy, 2015)

### III.3.3 Armatures

Les armatures de l'élément résistant du revêtement (fig. III.7), doivent :

- A froid : pallier à la fragilité du bitume oxydé en transmettant les efforts dans le plan du revêtement.
- A chaud : stabiliser la masse du bitume.

Les armatures les plus employées sont :

- Carton-feutre (CF).
- Voile de verre (VV).
- Tissu de verre (TV).
- Toile de jute (TJ).
- Non tissé de polyester (NTP).



Figure III.7 : Armature d'étanchéité (Source : Maison étanche, 2015)

### III.3.4 Matériaux pour écran par vapeur

Feutre bitumé surfacé 36S comme frein vapeur et feuille d'Aluminium de 8/100 mm (fig. III.8) enrobé de bitume autant qu'un écran vapeur total.



Figure III.8 : Feuilles d'Aluminium (Source : MONARALU, 2015)

## III.4 Les couches constituant l'étanchéité des terrasses

### III.4.1 Les supports d'étanchéité

Les supports qui sont soit en maçonnerie, soit en panneaux isolants non porteurs et qui sont la base du revêtement, doivent être propres, bien dressés et présenter une compatibilité mécanique et chimique avec les revêtements d'étanchéité qu'ils reçoivent afin de maintenir les revêtements d'étanchéité dans des conditions normales. Il y a deux types de supports :

#### III.4.1.1 Maçonnerie : ils peuvent être de type :

- Élément porteur comme béton armé ou béton préfabriqué.
- Ouvrage en maçonnerie rapporté sur élément porteur exemple : dalle flottante en béton armé, forme en béton de granulats ou mortier, etc.

- Ouvrage particulier comme reliefs, évacuation des eaux pluviales, canalisation, acrotère, souche, seuils, etc.

**III.4.1.2 Panneaux isolants non porteurs** : formé d'un écran pare-vapeur suivie d'une couche isolante :

- Ecran pare-vapeur : il doit se poser sur une surface propre et sèche.
- Couche isolante : on doit calculer l'épaisseur de la couche de façon à éviter le point de rosée (la température à laquelle l'air ne peut plus contenir la vapeur d'eau) entre elle et l'écran pare-vapeur. Cette couche est constituée de un ou plusieurs panneaux superposés de même nature ou différentes ; parmi ces isolants on peut mettre du liège dans certains cas.

Le stockage de ces panneaux doit se faire à l'abri des intempéries tout comme leur mise en œuvre et de façon que la température soit supérieure à 2° C, que ce soit pour une seule couche ou plusieurs. La disposition des isolants se fait en quinconce, pour toute la surface, par une couche d'EAC. Il faut :

- Une bonne adhérence entre le revêtement et son support.
- S'assurer que le milieu n'est pas agressif pour les protections du revêtement d'étanchéité.

## III.4.2 Revêtements

### III.4.2.1 Composition des revêtements

Le nombre et types des couches revêtements dépendent de la pente de la toiture et du système s'il est indépendant, semi-indépendant ou adhérent, et du type de protection qu'elle peut avoir. Elle se fait sur un support sec, propre, avec une température supérieure à 2° C. On va citer les trois variétés de revêtements qu'on peut avoir avec les couches qui peuvent les contenir:

- **Revêtement multicouches « traditionnels »** : papier kraft, feutre bitumé 36S, couche EAC, bitume armé.
- **Revêtement Elastomère** : voile de verre, membrane élastomère, couche d'EAC et couche d'EIF.

- **Revêtement plastique** : réalisé avec des couches d'interposition géotextile à cause de la faible résistance au poinçonnement des feuilles.

#### **III.4.2.2 Préparation et contrôle du support**

La maçonnerie doit être balayée, sans aspérités, plane, propre, sèche afin que cette surface soit sèche avant le passage de l'enduit d'imprégnation à froid (EIF) et la pose des feuilles.

*Pontage des joints* : cette opération est obligatoire pour certains supports et ils sont constitués de :

- bandes métalliques (tôle d'acier galvanisé 4/10 mm).
- Feutres 36 SCF ou bitume armé type 40 auto protégé en métal ou non de 20 cm de large.

#### **III.4.2.3 Mise en œuvre**

Les procédés d'étanchéités se font soit par :

- Collage à l'EAC ou soudage à la flamme pour les étanchéités bitumineuses.
- Soudage à l'air chaud ou collage au solvant pour les étanchéités en feuilles plastiques.

Le mode d'emploi se fait selon la nature du revêtement, et de la façon suivante :

##### *Feuilles bitumineuses*

Collées entre elles, par :

- Soudure : chauffé au chalumeau le support et la feuille bitumineuse, ce qui permettra l'adhésion de la feuille au support, ou
- EAC : en versant le bitume chaud de 220 à 240°C entre les feuilles de revêtements.

Pour le système semi-indépendant et adhérent, une couche d'imprégnation à froid est prévue. Cette couche doit être sèche le moment de la pose du revêtement, tout en mettant les lits de 2 couches successives croisées.



### *Feuilles en PVC*

Son mode de pose se fait par soudage à l'air chaud par chalumeau, en faisant assembler les feuilles et fermer les recouvrements, puis passer par une roulette pour marouflage (bien les collé).

#### **III.4.3 Protection**

La protection des revêtements permet d'améliorer la durabilité des revêtements et elle a pour rôle de protéger contre les effets thermiques, rayons ultra-violets, l'érosion et poinçonnement, résister contre les effets du vent ainsi qu'améliorer l'aspect de la toiture. Il existe 2 types :

- Minces sous forme de films ou granulats qui agissent par leur texture et leur couleur.
- Epaisse lourde, dure et meuble, agit par sa masse.

Leur nature dépend aussi de la pente et du type de système, on peut avoir à base de polyester, synthétique, enduit de PVC, papier siliconé, et y'a aussi des revêtements qui sont auto protégés à base de bitume sablé.

#### **III.4.4 Impacts environnementale et sanitaire**

Cette étanchéité des toitures-terrasses, qui est couramment utilisé en Algérie, notamment à Tlemcen, est réalisée à base de bitume surtout à chaud. On va voir l'impact qu'il a sur l'environnement et la santé.

Le bitume est un mélange d'hydrocarbures et il provient de la distillation des pétroles bruts, souvent utilisé dans l'étanchéité pour ses performances : non migrant et non toxique. Mais certaines molécules sont classées comme cancérigène selon le Centre International des Recherches sur le Cancer (**CIRC 2, 2014**), ce qui engendre un danger pour les professionnels exposés à ce produit surtout à chaud. Il peut provoquer des brûlures en cas de contact avec la peau, irritations oculaires et respiratoires, maux de tête, étourdissements et nausées surtout par rapport à la fumée et la vapeur du bitume. (**MORTUREUX, 2013**) Selon une étude réalisée par l'ANSES, des recommandations sont prescrites afin de diminuer les expositions des employés aux bitumes et à leurs émissions :

- Mesures de protection collectives (système d'aspiration, températures de travail, sélection de produits, substitution, etc.),
- Accorder au personnel des équipements de protection individuels, renouvellement des vêtements, etc.),
- l'organisation du travail (horaires, rotation des postes, etc.) **(Anses, 2013)**.

Le danger majeur dans l'utilisation du bitume chaud, comme précité, est la provocation de brûlures résultant d'un contact avec la peau, surtout au moment de son transport et sa livraison. Les précautions pour éviter les risques de brûlures consistent essentiellement à :

- Porter les équipements de protection individuels (combinaison de coton fermée, pantalon par-dessus les chaussures, manches descendant au-dessus des gants, gants résistant à la chaleur, chaussures hautes, casque avec visière rabattue devant le visage),
- Transférer le bitume au moyen de la pompe du réceptionnaire et non pas en le refoulant à l'aide de la pompe du camion,
- Ne pas vidanger les lignes de bitume à la vapeur mais à l'air sec,

En France, depuis 2003 ils font des recherches pour diminuer de 50° C la température du bitume, pour :

- Améliorer les conditions de manipulation par le personnel,
- L'économie d'énergie et la réduction des émissions de fumées irritantes, ce qui permet une économie de 10 à 20%, et une grande diminution d'émission de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

### **III.5 Produits d'étanchéité innovants**

Après notre enquête, on a pu constater qu'il y a une variété de produits d'étanchéité en Algérie. Nous citons parmi eux : SIKA et SIPLAST, qui sont commercialisés à Tlemcen.

Parmi les compétences de SIKA, est l'étanchéité pour protéger tout type d'ouvrage de génie civil ou hydraulique contre les fuites d'eau, elle couvre l'ensemble des techniques mises en œuvre , pour construire un ouvrage ou avoir des solutions curatives, ils sont

applicable à tout type d'ouvrages : bassins, réservoir, caves, sous-sols, tunnels, terrasse, balcons, piscines, parking, toiture, façade fondations...etc.

Ces produits, sont sous forme de (fig. III.9):

- Système en résine,
- Système en membrane synthétique (PVC),
- Mortier,
- Revêtements,
- Adjuvants,
- Colle,
- Bande d'étanchéité,
- Peinture,
- Joint et mousse de calfeutrement,
- Mastic de scellement.

Ces produits prennent en compte la protection des utilisateurs, l'élimination des déchets, l'impact environnemental et ils mettent même une fiche des données de sécurité (FDS) à la disposition de leurs clients ; fiches importantes pour la santé et la sécurité du travail.

SIKA met sur le marché une diversité de produits, dont la plus part contiennent des végétaux comme matières premières et grâce à certains adjuvants ajoutés au béton, ils permettent de diminuer le volume des déchets et peuvent économiser un bon pourcentage d'énergie. **(SIKA, 2015)**



**Figure III.9 : Produits SIKA (Source : SIKA, 2015)**

SIPLAST, propose une large gamme de produits étanche (à l'air et à l'eau) et qui résistent au vieillissement, répondent aux problèmes environnementaux, destiné aux ouvrages de génie civil et hydraulique, souvent ses structures sont étanchées de la sorte :

- Support : couche de forme, couche de support et système de drainage.
- Structure constitué d'un ou plusieurs géomembranes.
- Structure de protection. **(SIPLAST, 2015)**

Elle utilise deux types d'étanchéité :

#### **Etanchéité bitumineuse :**

Il y a une variété de membranes et produits complémentaire à base de : bitume élastomère, polyéthylène, polypropylène.

Ils ont développé aussi des membranes d'étanchéité en bitume polyoléfine et des cellules photovoltaïques en silicium amorphe.

Elle utilise des membranes d'étanchéité à base de NOx-activ, qui fait la hausse aux oxydes d'azote qui sont polluante et extrêmement dangereuse pour l'homme et l'environnement

Elle développer aussi des méthodes pour le fabriqué avec le minimum d'énergie pour amoindrir l'impact environnemental.

Elle réalise des étanchéités bitumineuses d'une durée de 50ans, pour réduire le renouvellement de ces produits et par conséquent une réduction d'impacts environnemental.

#### **Etanchéité Synthétique**

Elle a développé des membranes en polychlorure vinyle (PVC), polyoléfine et thermoplastiques (TPO) avec des armatures de renforcement, parmi ses performances :

- Bon allongement,
- Bonne résistance chimique,
- Bonne stabilité dimensionnelle,
- Elle résiste aux intempéries, oxydation et dégradation causé par les rayons UV.

Elle a aussi développé système d'étanchéité liquide (SEL), procédé réalisé in situ à froid en pleine adhérence de plusieurs couches de résines liquides, qui forment après séchage un revêtement étanche, qui peut même recevoir une protection de surface (carrelage), aussi depuis les années soixante, elle a développé une solution de végétalisation pour

l'étanchéité des toits-terrasses, afin d'améliorer la qualité de l'air et pour optimiser aussi l'isolation thermique et acoustique.

SIPLAST est pionnier dans le domaine d'étanchéité d'ouvrage de génie civil et hydraulique (fig. III.10), ainsi la protection de l'environnement, ses systèmes et produits ont été validés auprès de CNRS-ICRE (Centre National des Recherches Scientifique et Institution de Combustion Réactivité et Environnement), et leurs mise en place se fait de façon éco-responsable, et elle arrive à atteindre presque toutes les 14 cibles de la HQE, elle participe aussi à des programmes de recherches et développement pour utiliser les matériaux recyclés, ainsi elle réalise des FDES, pour mesurer l'impact de chaque matériau et produit qu'elle met sur le marché. **(SIPLAST, 2015)**



**Figure III.10: Produits SIPLAST (Source : SIPLAST, 2015)**

### **III.6 Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis de connaître les matériaux d'étanchéité utilisés en Algérie, notamment à Tlemcen et leur impact environnemental, aussi on a pu connaître les produits qui permettent de réduire la consommation énergétique, protègent le climat et par conséquent permettent un bien-être aux usagers.

# Chapitre 4

## Enquête in situ

---

### IV.1 Introduction

Toute recherche, quelque soit sa nature, est basé sur la récolte d'informations, car sans le recueil des données il est très difficile de pouvoir poursuivre les recherches pour faire des diagnostics, analyses, etc. Les données sont donc la matière première, pour tout chercheur afin de cerner une problématique.

Pour recueillir les données, il y a plusieurs méthodes : directes ou semi-directes. Dans le cas du travail que nous réalisons, nous avons choisi la méthode directe qui consiste à faire une enquête, auprès des entreprises, promoteurs et bureaux d'études, pour identifier les matériaux d'isolation et d'étanchéité utilisés principalement à Tlemcen et un peu à Alger. Cette enquête a pour objectif de faire le point sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments en recensant les matériaux innovants et les procédés constructifs qui sont utilisés dans la construction. Pour ce faire, un questionnaire de 26 questions est élaboré pour l'isolation et pareillement pour l'étanchéité.

Ceci dit, il faut noter la difficulté que nous avons rencontrée dans la collecte des informations de la part des nombreuses entreprises contactées, car certaines qui n'y ont pas répondu, n'intègrent pas l'isolation et l'étanchéité dans la réalisation de leurs projets. Les autres qui y ont répondu (**Tableau. IV.1**), nous permettent d'avoir un nouveau regard sur l'utilisation des matériaux nouveaux assurant le confort attendu dans les espaces habités.

Entreprise	Marché attribué
EURL et SARL	Réalisation des travaux publics et hydraulique.
Grande entreprise (privée)	Conception et réalisation des grands projets.
Grande entreprise (Etatique)	Conception et réalisation des grands projets.

**Tableau IV.1 : Types d'entreprises concernées par l'étude.**

Nous avons adressés une cinquantaine de questionnaires et réussi à recueillir une trentaine. Malgré que l'échantillon des entreprises ayant répondu en renseignant le questionnaire soit assez restreint, l'étude permet de mettre la lumière sur plusieurs aspects de cette problématique qui nous intéresse.

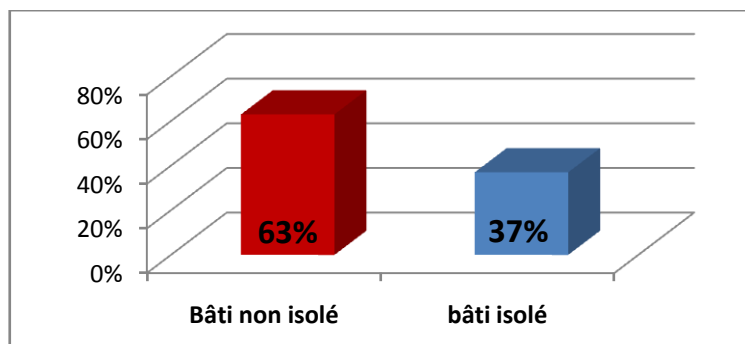
## IV.2 Traitement des résultats et discussions

### IV.2.1 L'ISOLATION

L'analyse des informations recueillies, nous permet de signaler que :

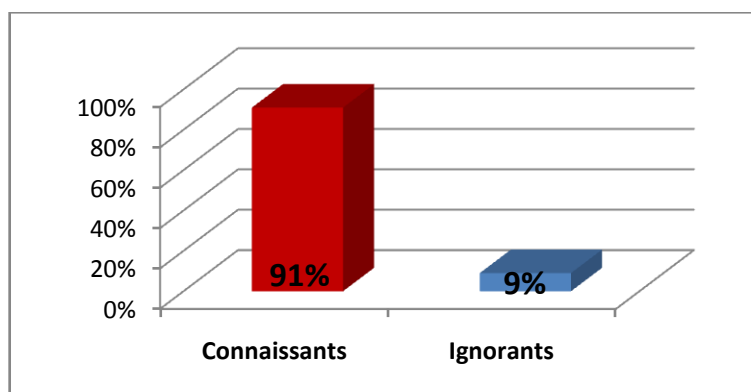
Parmi les entreprises ayant répondu, environ le tiers (**37%**) intègrent l'isolation dans leurs projets, ce qui représente un faible pourcentage (**figure IV.1**).Ce constat témoigne de la méconnaissance des maîtres d'ouvrages de l'importance que revêt l'isolation de leurs constructions et de ses bénéfices sur le long terme.

Quant aux entreprises qui réalisent l'isolation, **100%** assurent l'isolation thermique et seulement **36%** prennent en charge à la fois l'isolation thermique et l'isolation acoustique. Sachant que l'isolation thermique réduit la consommation du chauffage et de la climatisation ; or une réduction de la consommation électrique implique une réduction des émissions de gaz à effet de serre. En revanche, l'isolation acoustique apporte un meilleur confort au résident et notamment dans les grandes agglomérations.



**Figure IV.1 : Réalisation de l'isolation dans les constructions**

Parmi ces entreprises, **91%** utilisent des matériaux synthétiques d'origine organique. Ces derniers, malgré leurs grandes performances thermiques, dégagent des gaz dangereux pour la santé publique et pour l'environnement. De plus, en cas d'incendie, ils peuvent dégager des émissions de particules nocives (**FUDELLO, 2010**), (**ANSES, 2002**). Tandis que les **9%** restantes (**figure 4.2**), ne connaissent même pas la nature des matériaux qu'ils utilisent. En effet, **75%** d'entre eux confirment que ces matériaux ne présentent aucun danger environnemental ni sanitaire et **19%** d'entre eux disent que ce sont des matériaux non normalisés ; ce qui revient toujours à un manque d'informations des responsables et une absence de mise à niveau.



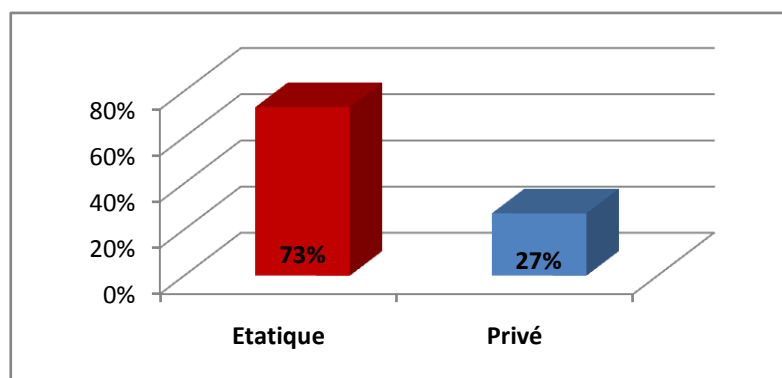
**Figure IV.2 : La connaissance des isolants utilisés par les entreprises**

Les avantages que ces utilisateurs trouvent à ces matériaux synthétiques, c'est leur disponibilité sur le marché ainsi que la maîtrise de leur pose par la main d'œuvre. En parallèle, nous constatons une absence de mise à jour et de communication publicitaire



relatives aux produits innovants existant dans notre pays, et le manque de formations de ces ouvriers par rapport aux techniques utilisant ces produits nouveaux.

Les projets étatiques sont concernés à **73%** par la réalisation de l'isolation dans les constructions et seulement **27%** pour le privé (**fig. IV.3**). Cette différence est expliquée par les chefs d'entreprises, comme étant due à la charge du coût engendré, malgré leur disponibilité locale (ISOBAL, zone industrielle Tlemcen, Sidi Saïd, etc.) et la facilité qu'ils ont à les mettre en œuvre (confirmé par **100%** des entreprises), ainsi que leur intégration dans différentes parties des bâtiments construits à savoir murs et dalles, (confirmés pour leur efficacité dans **75%** des cas) et permettant d'être utilisés en prenant en compte les fluctuations saisonnières du climat, sans être affectés. De plus, 100% des entreprises, précisent que ces matériaux ne nécessitent aucune maintenance.



**Figure IV.3 : Public ciblé par l'isolation**

Les entreprises estiment que ces isolants qui ont une courte durée de vie, entre **10** et **20ans**, imposent par la suite une rénovation onéreuse, contraignante et engendre une surcharge de déchets; notons que le recyclage n'est pas encore très développé dans ce contexte. (**REME, 2010**).

Un autre éclairage apporté par notre étude c'est que la totalité des entreprises des bâtiments au niveau local, restent focalisées sur les anciens matériaux, sans chercher à suivre l'évolution des produits innovants, qui sont pourtant accompagnés de notice technique et qui précise le mode d'emploi et les précautions à prendre.

Il est intéressant de savoir que seulement **9%** des entreprises confirment l'existence du contrôle de l'isolation de la part des services du Contrôle Technique des Constructions

(figure IV.4), et 45% précisent que l'isolation commence à être prise en considération dans les cahiers de charges des projets de constructions.

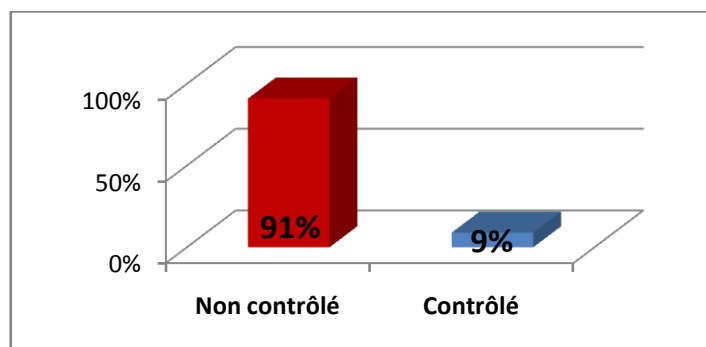


Figure IV.4 : Le contrôle de l'isolation par le CTC

Aussi, seulement 18% des entreprises questionnées connaissent le document technique recommandé relatif à la réglementation thermique des bâtiments (figure IV.5); ce qui dénote une grande méconnaissance de la réglementation nationale liée aux règles de l'art et qui se répercute par voie de conséquence, par un nombre important de chantiers loin des normes à respecter dans ce domaine.

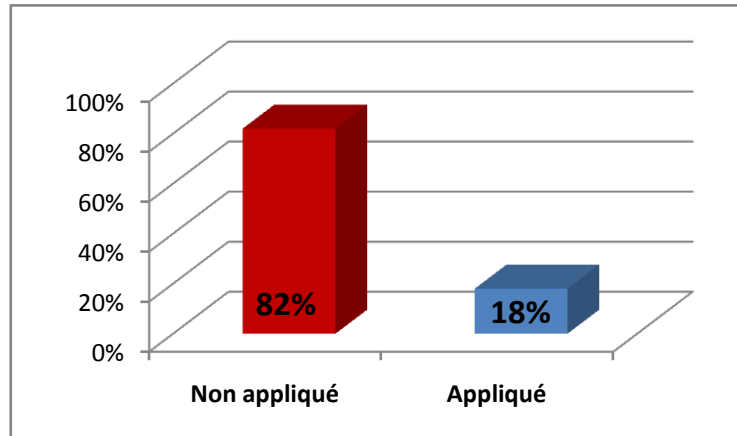
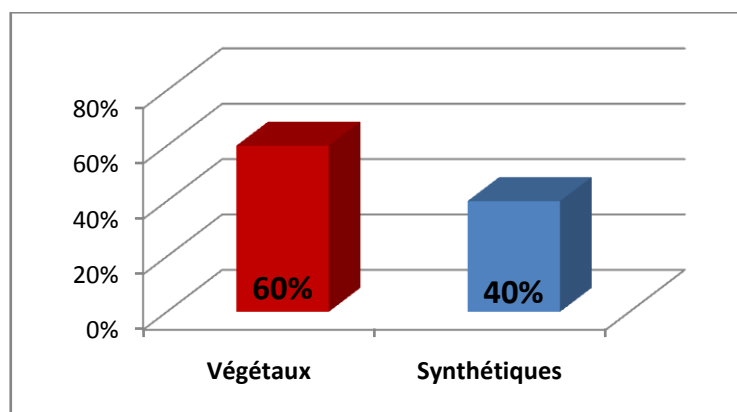


Figure IV.5 : L'application des DTR

En vue de valoriser notre étude, nous avons procédé par une comparaison avec une société Algérienne qui intègre les matériaux innovants d'isolation. Il s'agit de l'Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée « **Nature Etanche** », qui existe sur le marché depuis l'année 2006, spécialisée dans l'isolation et l'étanchéité dont le siège est à Alger et qui a accepté de répondre à notre questionnaire. Cette entreprise utilise les nouvelles

normes pour l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment et la protection de l'environnement. Elle réalise l'isolation thermique dans **90%** de ses constructions, en intégrant les matériaux synthétiques classiques (**voir figure IV.6**) et les matériaux d'origine végétale (granulés de liège) qui malgré leur coût onéreux, ils présentent une très bonne isolation thermique (**REME, 2010**), ne dégagent pas de gaz nocifs, sont des matériaux naturels et recyclables supportant l'humidité sans se déformer, sont disponibles sur le marché Algérien et sont conformes aux nouvelles normes décrétées. Rappelons aussi qu'ils respectent l'environnement et l'homme, permettent de réduire la consommation énergétique, tout en offrant une bonne résistance mécanique à la compression, une insensibilité vis-à-vis des rongeurs et insectes (**FEDULLO, 2011**) (**LEVY, 2014**).

L'importante utilisation de ces matériaux dénote de leur efficacité environnementale et sanitaire, ainsi que leur simplicité dans la mise en œuvre aussi bien dans les constructions étatiques que privés tout en s'adaptant à différents ouvrages ; ce qui met en exergue le début de la prise de conscience dans la capitale (ALGER) de l'importance des isolants, ainsi leur intégration dans le secteur du bâtiment et leur valorisation de la part du CTC, qui encourage les méthodes qu'ils utilisent.



**Figure IV.6:Utilisation des matériaux isolants (cas : Nature Etanche EURL)**

## Conclusion

Cette analyse, nous a permis de voir que seulement **37%** des entreprises locales intègrent l'isolation dans leurs constructions, dont les **100%** réalisent l'isolation thermique qui est importante pour l'efficacité énergétique et **36%** l'acoustique. Ces entreprises utilisent des isolants de nature synthétique et **75%** d'entre eux ignorent, les dangers sanitaires et environnementaux qu'ils représentent. Le secteur privé est en retard par rapport au secteur public qui a commencé à intégrer ces matériaux (**73%** des projets réalisés dans le secteur) dénotant la méconnaissance des bienfaits énergétiques.

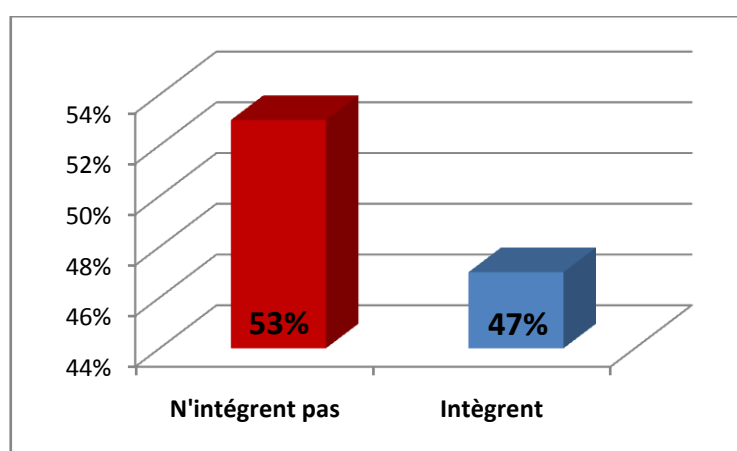
Aussi, l'utilisation des documents techniques récents relatifs au confort dans le secteur de l'habitat n'est pas suffisamment réglementée ou rendue obligatoire chez nous vu le faible pourcentage d'entreprises qui les utilisent sans parler du choix lié aux matériaux isolants de part la méconnaissance de leurs impacts, vu que le prix et la disponibilité l'emportent sur les autres critères.

Nous pouvons conclure qu'à Tlemcen, la pratique de l'efficacité énergétique est encore timide et pour ceux qui la pratiquent, la connaissance de la nature des isolants et de leurs impacts n'est pas encore un souci majeur.

## IV.2.2 L'Étanchéité

L'analyse de notre questionnaire concernant le volet étanchéité des bâtiments, nous révèle que :

**47%** des entreprises intègrent l'étanchéité dans leurs constructions (**figure IV.7**), qui est un nombre bien plus important par rapport à l'isolation, (encore réfléchi comme un luxe dont on peut se passer). Ce chiffre dénote que la protection contre les infiltrations dans le bâtiment n'est pas considérée comme une nécessité par manque de prise de conscience par rapport aux frais de réparation occasionnés suite aux dommages causés.

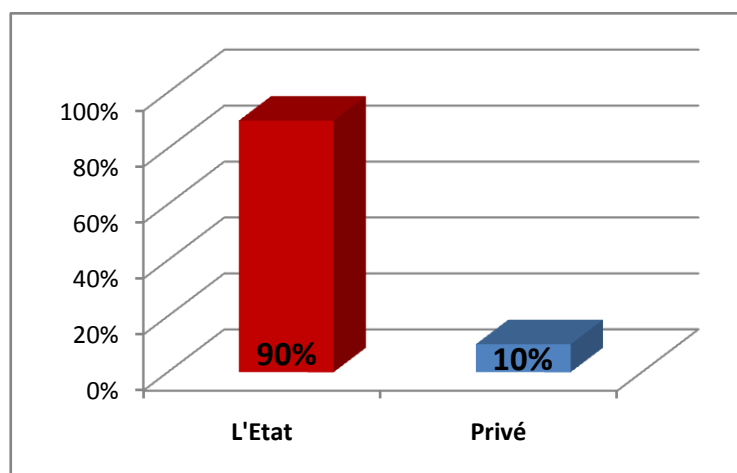


**Figure IV.7 : Réalisation de l'étanchéité dans les constructions**

Ces entreprises utilisent uniquement l'étanchéité bitumineuse à chaud pour les terrasses qui est la plus demandée. Nous notons que, ce procédé à chaud est choisi selon deux critères : la disponibilité sur le marché ainsi que sa relative maîtrise par la main d'œuvre. De plus, les chefs de ces entreprises -à l'unanimité- confirment que les produits utilisés sont conformes aux normes en vigueur et validés par des tests d'efficacité, ce qui explique une application plus ou moins correcte de ces derniers. Ils jugent aussi que leur mise en œuvre est facile et adaptée à tous types d'ouvrages, ce qui conduit forcément à la non nécessité de rechercher de nouveaux produits innovants même s'ils sont commercialisés dans notre pays, malgré que certaines molécules de bitumes sont classées comme cancérigène selon le Centre International des Recherches sur le Cancer (**CIRC 2, 2014**). Ce manque d'informations implique un danger pour les ouvriers exposés à ce produit surtout à chaud, qui de surcroît peut provoquer des brûlures en cas de contact

avec la peau, irritations oculaires et respiratoires, maux de tête, étourdissements et nausées surtout par rapport à la fumée et la vapeur du bitume. Aucune mesure de protection ou précaution n'est appliquée pour minimiser ces dangers. **(MORTUREUX, 2013).**

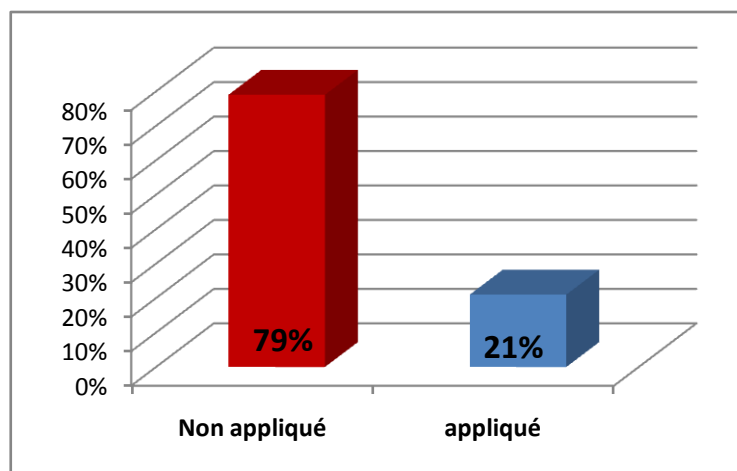
Le public ciblé par la réalisation de l'étanchéité dans les constructions est à **90%** dans les projets étatiques et seulement **10%** pour le privé (**Figure IV.8**). Cette importante différence est expliquée par les chefs d'entreprises, comme étant due à la charge du coût engendré par ces procédés, malgré leur disponibilité locale et la facilité qu'ils ont à les mettre en œuvre.



**Figure IV.8 : Les secteurs ciblés par l'étanchéité**

Ces entreprises affirment, qu'elles n'ont aucune préférence à d'autres produits, ce qui illustre un manque d'informations par rapport aux produits d'étanchéité innovants qui prennent en compte : la protection des utilisateurs, l'élimination des déchets, l'impact environnemental et qui mettent à la disposition de leurs clients une fiche des données de sécurité (FDS), accompagnés de notices qui contiennent les indications d'utilisation, contrairement aux produits utilisés, dont tous les utilisateurs interrogés confirment l'absence de ces notices.

Notons que **100%** des entreprises, précisent que l'étanchéité est prise en considération dans les cahiers de charges des marchés de construction, et le CTC contrôle l'efficacité de sa pose une fois le travail terminé.



**Figure IV.9 : L'intégration des DTR dans les constructions**

Seulement **21%** des entreprises questionnées, connaissent le DTR relatif à la réalisation de l'étanchéité des terrasses. Ceci révèle une très forte méconnaissance de la réglementation nationale qui se répercute indubitablement sur la qualité de l'étanchéité dans un nombre important des chantiers réalisés.

Quant à l'entreprise **Nature Etanche**, elle réalise les procédés d'étanchéité dans toutes ses constructions, en intégrant les nouveaux matériaux, dont les isolants :

- Bitumineux : à base de polymère ou bitume modifié réalisé à froid, pour amoindrir le dégagement des gaz nocifs provoqué par le procédé à chaud,
- Synthétiques : sous forme de membrane soudable à l'air chaud, ou réaliser à froid selon le cas.

Malgré leur coût élevé et le danger provoqué par l'utilisation de ces derniers (voir le chapitre 3), ils restent moins dangereux que les produits bitumineux réalisés à chaud. Il faut à ce titre prendre des précautions telles l'utilisation systématique des équipements de protection : combinaison résistante à la chaleur, chaussures hautes, casques, etc.

Notons aussi leur disponibilité sur le marché algérien, les tests approuvés par rapport à leur efficacité, et les notices techniques qui les accompagnent.

Ainsi ces matériaux faciles à mettre en œuvre, s'adaptent à plusieurs parties d'ouvrages, et nécessitent une maintenance régulière appliquée par l'entreprise.

### **IV.3 Conclusion :**

L'analyse des résultats obtenus, nous a permis de voir que **47%** des entreprises questionnées intègrent l'étanchéité dans leurs constructions. Ce chiffre est un indicateur sérieux par rapport aux dégâts occasionnés après chaque saison pluvieuse par les infiltrations dans la cinquième façade des bâtiments qui n'ont reçu aucune étanchéité. Il a été aussi montré que ces entreprises utilisent seulement les produits d'étanchéité classiques, sans chercher à intégrer les nouveaux matériaux disponibles sur le marché, qui sont plus performants et plus respectueux sur le plan de la santé publique et de l'environnement.



## Conclusion générale

A la lumière de ce modeste travail, nous avons pu mettre en revue, d'une manière générale, les démarches relatives à la maîtrise énergétique particulièrement dans le secteur du bâtiment, ainsi que les programmes réalisés ou en cours de réalisation dans ce contexte en Algérie pour réduire les impacts environnementaux. Par la suite, nous avons mis en évidence les matériaux d'isolation et d'étanchéité innovants utilisés dans ce secteur, qui permettent d'une part, une réduction de la consommation énergétique et préservent d'autre part l'environnement et la santé publique.

L'étude s'est faite, particulièrement à Tlemcen, sur la base d'un questionnaire adressé aux entreprises étatiques et privés du domaine ; nous permettant de conclure que seulement **37%** des entreprises utilisent l'isolation et **47%** l'étanchéité, dont les **100%** ignorent l'existence des nouveaux produits.

Ceci dit, le faible taux d'isolation réalisé ainsi que le retard enregistré dans l'utilisation des matériaux innovants dans les deux domaines, constitue un problème réel qu'il faut prendre en considération pour garantir le confort du citoyen, gain d'énergie et protection environnemental ; par l'investissement de :

- 1- Les contrôles techniques doivent être plus stricts dans l'application des DTR et Lois de maîtrise d'énergie,
- 2- La prise de conscience du citoyen, pour réclamer une conformité de son bâti par rapport aux normes,
- 3- Les entreprises du bâtiment, en appliquant les règles, et le rapprochement au secteur de l'énergie.

## Références bibliographiques

- BARTELS, J., BOWDIDGE, J. et HAMANS, C. Materials, Energy use, Overall Performance and the Integrated Building Performance, Integrated Environmental Performance of Buildings, Roermond, Pays-Bas, Rockwool, 2003, 15 p.
- BOUTAUD A., Le développement durable : penser le changement ou changer le pansement ? . Thèse de doctorat, Université de Jean Monnet, Saint-Etienne, France, 2005, 571p.
- BOUSQUET, L. Mise en œuvre des règlements thermiques et acoustiques dans les bâtiments neufs, Edition : Mémento, France, 2014.
- BOUZERIBA N., Economie d'énergie « des programmes arrivés à maturité », Bulletin trimestriel de l'APRUE, 2009, 6, Algérie,
- BRANCHU C., Isolations thermique et acoustique. Ed. Eyrolles, France, 2012,
- BREDIF H., Le vivant, les homes et le territoire. Essai de bio géopolitique, thèse de doctorat, Institut National Agronomique, Paris-Grignon et Ecole normale supérieure Lettres et sciences humaines de Lyon, France, 815 p.
- BEAUMIER J.L., L'isolation écologique. Edition : terre vivante, France, 2006.
- BRUDTLAND, 1987, Notre avenir à tous, Commission mondiale sur l'environnement et le développement, Édition du Fleuve, Montréal, Canada.
- CHITOUR M., Les verrous technologiques et le monde de l'énergie au futur, 1<sup>ère</sup> Conférence Internationale de la Thermodynamique de l'Environnement et du Développement Durable (CITEDD), 6-8 Mai, 2008, Tlemcen, Algérie.
- COURGEY S., L'isolation thermique écologique. Edition : Terre vivante, France, 2001.
- De HAUT P., Chauffage, isolation et ventilation écologique. Edition Eyrolles environnement, France, 2011.
- DESMONS J., Génie climatique. Edition : DUNOD, France, 2014.
- DJELLOUAH N., Bulletin trimestriel de l'APRUE de l'efficacité énergétique, 2006, 10, 2, Algérie.  
Source : <http://www.aprue.org.dz/publications.html>
- Document Technique Réglementaire de l'isolation : Réglementation thermique des bâtiments.  
Edition : CNERIB, Algérie, 1997, 72p.

- Document Technique Réglementaire : climatisation. Edition : CNERIB, Algérie, 1998, 57p.
- Entreprises pour l'Environnement, Hiérarchisation des enjeux du développement durable, 2004, 29 p.
- FEDULLO D. et GALL AUZIAUR T., Le grand livre de l'isolation. Edition : Eyrolles, France, 2001.
- FEDULLO D., L'isolation par l'extérieur, Edition Eyrolles, France, 2010.
- FOUCHIER, V., Les densités urbaines et le développement durable, Edition SGVN, 1997, Paris, France,
- Institut Français de l'Environnement, Chiffres clés de l'environnement, 2002, 25p.
- KNOPFEL P., Régimes institutionnels de ressources et agenda 21, In enjeux du développement durable, Edition CH-1015, 2014, Lausanne, Suisse
- Consommation finale énergétique de l'Algérie, chiffres clés année 2005, 2012
- LASAVAUX S., Étude d'un modèle simplifié pour l'analyse de cycle de vie des bâtiments, thèse de doctorat, 2012, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, France, 105p.
- LEMAIRE S., Aide aux choix des produits de construction sur la base de leurs performances environnementales et sanitaire, thèse de doctorat, 2006, L'institut national des sciences appliquées de Lyon., 267 p.
- LEVY P., La rénovation écologique. Edition : Terre vivante, France, 2014.
- MAMADOU A. et MAHAMAN M., Le projet routier en Algérie. Approche systématique pour un développement durable, Projet de fin d'études, Ingéniorat d'état, 2008, Université AbouBekr Belkaïd, Tlemcen, 116p.
- MORTUREUX, Marc. Evaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation professionnels des produits bitumineux et de leurs additifs, France, 2013, 312p.
- OLIVIA, J.P., La conception bioclimatique. Edition : terre vivante, France, 2006.
- PESSY C., Plomberie chauffage et isolation. Edition : Marabout, France, 2003.
- Plan National d'Actions pour l'Environnement et le développement durable ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Janvier 2002 Algérie.
- RAISSAI Z., Bulletin trimestriel de l'APRUE : campagne de mesure dans les ménages algériens, 2006, 10, 898 2001, 3.

- Réseaux des Entreprises Maghrébines pour l'Environnement (Coopération techniques Allemande), Guide maghrébin des matériaux d'isolation thermique des bâtiments, 2010, 50 p.
- RECYCONSULT, 1001 mots et abréviations de l'environnement et du développement durable, Lyon, Edition RECYCONSULT, 2003, 190 p.
- ROUSSOT J., Guide de l'achat public éco-responsable, Groupe Permanent d'Etude des Marchés ; Développement Durable, Environnement (GPEM/DDEN), France, 36 p.
- RUOT B., L'isolation thermique extérieure par enduit sur isolation PSE. Edition : CSTB, France, 2014.
- TABET-AOUL M., Management du risque environnemental sur la santé, Journée d'études : Qualité de la vie-perspectives futures, 2 Avril, 2008, Université AbouBekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie
- TROUILLET P., L'étanchéité à l'air dans le bâtiment, Ecole nationale supérieure d'architecture de Lyon, Master, 2008, France, 50 p.
- TABET A. SEBAIBI A., Aéroport Durable à Boughzoul, Projet de fin d'études, Ingéniorat d'état,
- VERNIER J., L'Environnement. Paris : Presses Universitaires de France, 2003, Collection Que sais-je ?, N°2667, 7<sup>ième</sup> édition, 127 p.
- WEISSENSTEIN C., Éco-profil : un outil d'assistance à l'éco-conception architecturale, 2012, Nancy, France, 246p.

### Sites Web consultés

**(ANSES, 2013)**: <http://www.anses.fr/fr/content/exposition-aux-bitumes>

**(ARCHIEXPO, 2015)** : <http://www.archiexpo.fr/>

**(Bâti étanche, 2015)** : <http://www.bati-etanche-idf.com/>

**(ARMAND, 2010)**: [http://www.encyclo-ecolo.com/PVC\\_et\\_environnement](http://www.encyclo-ecolo.com/PVC_et_environnement)

**(CIRC, 2014)** :

<http://www.cancer-environnement.fr/64-Resultats-de-recherche.ce.aspx?q=polyur%C3%A9thane>

**(CIRC 2, 2014)** : <http://www.cancer-environnement.fr/314-Bitumes.ce.aspx>

- (GDIMAT, 2015)** : <http://www.gedimat.fr/feutre-bitume-asec-36vv-rouleau-larg-1-00m-long-20m-siplast,1024810,2,11,50.htm>
- (ISO 14001, 2004)** : <http://www.iso.org/iso/fr/iso14000>
- (L'ADEME 1, 2015)**: <http://www.ademe.fr/>
- (L'ADEME 2, 2015)**: <http://www.ademe.fr/connaitre>
- (L'ADEME 3, 2015)**: <http://www.ademe.fr/actualites>
- (L'ADEME 4, 2015)**:  
[http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/isolation\\_thermique](http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/isolation_thermique)
- (L'ADEME 5, 2015)**: <http://www.ademe.fr/renovation-thermique-lecole-primaire-jean-jaures-a-echirolles-38>
- (L'APRUE 1, 2015)**: <http://www.aprue.org.dz/presentation.html>
- (L'APRUE 2, 2015)** :  
<http://www.aprue.org.dz/PROGRAMME%20EFFIC%20ENERG.html>
- (L'APRUE 3, 2015)** : <http://www.aprue.org.dz/sensibilisation-econom-energ.html>
- (L'APRUE 4, 2015)** : <http://www.aprue.org.dz/prg-eco-bat.html>
- (L'APRUE 5, 2015)** : <http://www.aprue.org.dz/cooperation.html>
- (L'APRUE 6, 2015)** : <http://portail.cder.dz/spip.php?article2854>
- (Maison étanche, 2015)** : <http://www.maison-etanche.com/>
- (MONARALU, 2015)**:  
<http://www.monarflex.fr/produits/etancheite-et-fondations/travaux-accessoires-de-couverture-raccords-detancheite/fiche-monaralu/>
- (REME 1, 2015)**: <http://www.reme.info/le-reme/activites/batiment.html>
- (SIKA, 2015)**: <http://dza.sika.com/>
- (SIPLAST, 2015)**: <http://www.siplast.fr/profil/genie-civil>
- (TANGUY, 2015)**: <http://www.tanguy.fr/couverture-etancheite/etancheite/etancheite-monocouche-pvc>

## Questionnaire

Ce questionnaire s'adresse principalement aux importateurs des matériaux d'isolation et d'étanchéité et aux entreprises de construction spécialisées dans ce domaine.

L'objectif de ce questionnaire, qui rentre dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude de master 2, est de faire le point sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments en recensant les matériaux innovants et les procédés constructifs qui sont utilisés dans la construction en Algérie en général et au sein de la ville de Tlemcen en particulier. Merci d'y participer.

Nom de l'entreprise :.....  
Spécialité : .....  
Ancienneté : .....  
Siège : .....  
Tél :.....  
Site web :.....  
Contact :.....  
Certifiée ISO :        OUI         EN COURS         NON

<b><u>ISOLATION</u></b>	<b><u>ETANCHEITE</u></b>
<p>1. Les constructions que vous réalisez sont-elles isolées ? OUI <input type="checkbox"/>                                    NON <input type="checkbox"/> Donnez un pourcentage .....%</p>	<p>1. Etes-vous spécialisés dans le poste d'étanchéité des bâtiments ? OUI <input type="checkbox"/>                                    NON <input type="checkbox"/> Donnez un pourcentage .....%</p>
<p>2. Si oui, quels sont les performances acquises ? Acoustique <input type="checkbox"/>        Thermique <input type="checkbox"/></p>	<p>2. Si oui, quels sont les performances acquises ? ..... .....</p>
<p>3. Les matériaux d'isolation utilisés sont d'origine :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Minérale <input type="checkbox"/></li><li>• Synthétique <input type="checkbox"/></li><li>• Végétale <input type="checkbox"/></li><li>• Animale <input type="checkbox"/></li><li>• Autres <input type="checkbox"/></li></ul>	<p>3. Les matériaux d'étanchéité utilisés sont d'origine:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bitumineuse à chaud <input type="checkbox"/></li><li>• Bitumineuse à froid <input type="checkbox"/></li><li>• Synthétique <input type="checkbox"/></li><li>• Autres <input type="checkbox"/></li></ul>
<p>4. Pourquoi (Avantages de ceux que vous utilisez) : ..... ..... ..... .....</p>	<p>4. Pourquoi (Avantages de ceux que vous utilisez) : ..... ..... ..... .....</p>

<p>5. Le public ciblé par l'isolation est-il ?</p> <p>Privé <input type="checkbox"/>                      Etatique <input type="checkbox"/></p> <p>Pourquoi ?</p> <p>.....</p>	<p>5. Le public ciblé par l'étanchéité est-il ?</p> <p>Privé <input type="checkbox"/>                      Etatique <input type="checkbox"/></p> <p>Pourquoi ?</p> <p>.....</p>
<p>6. Les matériaux et produits que vous utilisez, sont-ils disponibles ici en Algérie ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/>                      <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>6. Les matériaux et produits que vous utilisez, sont-ils disponibles ici en Algérie ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/>                      <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>
<p>7. Leur coût est-il ?</p> <p>Peu onéreux <input type="checkbox"/>                      Onéreux <input type="checkbox"/></p>	<p>7. Leur coût est-il ?</p> <p>Peu onéreux <input type="checkbox"/>                      Onéreux <input type="checkbox"/></p>
<p>8. Point de vente (avec précision) :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>8. Point de vente (avec précision) :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>9. Est-ce qu'ils contiennent des produits dangereux pour l'environnement et la santé?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/>                      <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p> <p>Si oui, quels sont les précautions ?</p> <p>Si oui, quels sont les précautions ?.....</p> <p>.....</p>	<p>9. Est-ce qu'ils contiennent des produits dangereux pour l'environnement et la santé?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/>                      <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p> <p>Si oui, quels sont les précautions ?.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>10. Sont-ils fabriqués :</p> <p>Localement <input type="checkbox"/>                      A l'étranger <input type="checkbox"/></p>	<p>10. Sont-ils fabriqués :</p> <p>Localement <input type="checkbox"/>                      A l'étranger <input type="checkbox"/></p>
<p>11. Ces matériaux sont-ils normalisés ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/>                      <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>11. Ces matériaux sont-ils normalisés ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/>                      <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>
<p>12. Leur mode d'emploi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Est facile à mettre en œuvre</li> <li>• Nécessite un matériel qualifié</li> <li>• Nécessite un matériel spécifique</li> </ul>	<p>12. Leur mode d'emploi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Est facile à mettre en œuvre</li> <li>• Nécessite un matériel qualifié</li> <li>• Nécessite un matériel spécifique</li> </ul>
<p>13. Dans quelles parties des ouvrages, vous utilisez ces isolants ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>13. Dans quelles parties des ouvrages, vous utilisez ces matériaux d'étanchéité ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>14. Quel est la durée de vie estimée pour ces matériaux isolants ?</p> <p>.....ans</p>	<p>14. Quel est la durée de vie estimée pour ces matériaux d'étanchéité ?</p> <p>.....ans</p>
<p>15. Des tests d'efficacité ont été relevés ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/>                      <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>15. Des tests d'efficacité ont été relevés ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/>                      <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>
<p>16. Avez-vous une préférence pour certains matériaux par rapport à d'autres ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/>                      <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>16. Avez-vous avez une préférence pour certains matériaux par rapport à d'autres ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/>                      <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>

<p>17. Si oui, pourquoi ? et nommez ceux que vous préférez.</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>17. Si oui, pourquoi ? et nommez ceux que vous préférez.</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>18. Les isolants que vous utilisez, varient-ils d'un endroit à un autre ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>18. Les produits d'étanchéité que vous utilisez, varient-ils d'un endroit à un autre ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>
<p>19. Si oui, pourquoi ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>19. Si oui, pourquoi ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>20. Y'a-t-il une notice technique qui accompagne les matériaux isolants que vous utilisez ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>20. Y'a-t-il une notice technique qui accompagne les matériaux d'étanchéité que vous utilisez ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>
<p>21. Ces matériaux nécessitent-ils une maintenance régulière ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>21. Ces matériaux nécessitent-ils une maintenance régulière ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>
<p>22. Si oui, les quels ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>22. Si oui, les quels ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>23. L'isolation est-elle prise en considération actuellement dans les cahiers de charges des marchés de construction?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>23. L'étanchéité est-elle prise en considération actuellement dans les cahiers de charges des marchés de construction?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>
<p>24. L'isolation est-elle contrôlée par les services du CTC ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>24. L'étanchéité est-elle contrôlée par les services du CTC ?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>
<p>25. Utiliser vous un document technique pour perfectionner vos travaux d'isolation?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>25. Utiliser vous un document technique pour perfectionner vos travaux d'étanchéité?</p> <p><b>OUI</b> <input type="checkbox"/> <b>NON</b> <input type="checkbox"/></p>
<p>26. Si oui, le quel ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>26. Si oui, le quel ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>



## Résumé

L'objectif principal de cette étude, est de mettre en exergue l'application des matériaux innovants, dans le secteur du bâtiment, en vue d'une efficacité énergétique et particulièrement dans le domaine de l'isolation et l'étanchéité avec leurs impacts potentiels sur l'environnement. Pour ce faire, un état de l'art est élaboré sur la question et une enquête est menée près des entreprises locales du bâtiment basée sur une approche directe (questionnaire à renseigner).

Les résultats de notre modeste étude ont révélés que **37%** des entreprises questionnées exécutent des travaux d'isolation et **47%** réalisent l'étanchéité. Par ailleurs, quelques entreprises qui se soucient de la qualité environnementale et sanitaire, sont entrain de mettre en pratique certains matériaux innovants autant pour l'isolation que pour l'étanchéité ; mais globalement dans la région de Tlemcen, cela reste une exception.

## Mots clés

Environnement, développement durable, étanchéité, isolation, efficacité énergétique.

## ABSTRACT

The main objective of this study is to highlight the application of innovative materials, in the building sector, in view of energy efficiency and particularly in the field of insulation and sealing with their potential impacts on the environment.

To do this, a state of art is drawn on the issue and an investigation is conducted close to local building companies based on a direct approach (questionnaire to inquire).

The results of our modest study revealed that 37% of surveyed companies perform insulation work, and 47% realize the seal.

In addition, some companies that care about the environmental and health quality are in the process of putting into practice some innovative materials for insulation and sealing; but overall in the Tlemcen region, this remains an exception.

## Key words

Environnement, sustainable development, waterproof and airtight, isolation, energy efficiency.

## المخلص

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على استعمال المواد المبتكرة في ميدان البناء قصد الحصول على فعالية طاقوية، وخاصة في ميدان العزل ومنع التسرب مع إظهار آثارهما الهامة على البيئة. ولهذا أنجزنا بحثا في الموضوع وأتبعناه بتحقيق ميداني، مع الشركات المحلية للبناء وهذا بطريقة مباشرة ( على شكل استبيان ).

النتائج التي أسفرت عنها دراستنا المتواضعة، هي أن 37% من الشركات التي شملتها الدراسة ينجزون العزل و47% يحققون منع التسرب. كما لاحظنا من جانب آخر، أنّ بعض الشركات التي تهتم بالنوعية البيئية والصحية، قد انطلقوا في استغلال المواد المبتكرة للعزل وكذلك منع التسرب؛ إلا أنّ في منطقة تلمسان، تبقى الظاهرة استثنائية.

## الكلمات المفتاحية

البيئة، التنمية المستدامة، منع التسرب، العزل، الفعالية الطاقوية.