

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Aboubakr Belkaid – Tlemcen-



Faculté de Technologie

Département de Génie Civil

Efficacité énergétique dans les bâtiments de construction

Mémoire pour l'obtention du diplôme de MASTER

Présentée par

**BENSENANE Kenza Dounia Zoubida Epouse MEHTAR TANI**

Sujet

**«Equipements et matériaux innovants au profit de  
l'environnement »**

Soutenue le 07/07/2021 devant le jury composé de

SELKA Ghouti	MCB	Univ.Tlemcen	Président
MAACHOU Omar	MAA	Univ.Tlemcen	Examineur
TALEB Omar.	MCB	Univ.Tlemcen	Encadrant

# Remerciements

*J'aimerais tout d'abord remercier mon directeur de mémoire, M. Omar TALEB, de m'avoir guidé dans la réalisation de ce travail. Ses conseils et sa relecture ont été très précieux pour la précision de mon propos.*

*Je voudrais également remercier les membres du Jury qui me font l'honneur d'examiner ce travail et de le discuter –M. G SELKA et M. O MAACHOU-*

*Je tiens également à remercier la faculté des Technologies de l'Université Abou-Bekr BELKAID, et particulièrement les membres du département de Génie civil, enseignants et cadres, pour la qualité de l'enseignement et de l'encadrement ainsi que l'environnement stimulant qui est proposé.*

*J'adresse aussi mes remerciements à toutes les entreprises qui ont répondu aimablement au questionnaire proposé.*

*Mes remerciements chaleureux vont à ma famille et ma belle-famille pour l'affection maintes fois renouvelée et le support qui m'a été prodigué. Leur réconfort et leur appui m'ont permis de reprendre mes études et d'aller à l'achèvement de mon parcours universitaire.*

*A mon amie Halima Berrouaine qui m'a apporté une aide et un soutien appréciable.*

*Enfin, je voudrais remercier tout particulièrement mon oncle, M. Nouredine BEN-YELLES pour ses mots d'encouragement, sa relecture assidue et pointilleuse et son soutien indéfectible pour réaliser ce travail concluant mes années universitaires.*

# Dédicaces

*Je dédie ce mémoire à mes parents dont la présence, la bienveillance et les encouragements ont été des piliers et m'ont donné le courage nécessaire pour finaliser mon projet.*

*Mes mots ne seront jamais à la hauteur de l'amour et de l'affection qui m'ont été témoignés tout au long de mon parcours universitaire et pour cela, je leur serai éternellement reconnaissante.*

*A mes frères, belles-sœurs et neveux, qui m'ont toujours soutenu et aidé, parfois supporté, durant ces années d'études.*

*A mon cher mari pour tout l'amour qu'il me porte, pour son soutien indéfectible, pour son enthousiasme pour mes projets d'études et le bonheur que nous construisons.*

*A mon adorable fils qui me donne chaque jour la force dont j'ai besoin.*

## **Résumé :**

Les constats et les études de l'impact de l'activité humaine sur l'environnement, le développement démographique et la croissance économique ont fini par montrer que cette évolution ne pouvait plus continuer sans tenir compte des dégradations subies et qui hypothèquent l'avenir de l'humanité. En conséquence de quoi les décideurs, à tous les niveaux, mettent en avant des réflexions nouvelles, des concepts nouveaux, parfois réactualisés pour tenter de promouvoir ou même imposer, lorsque cela s'avère nécessaire, de nouvelles normes de production, de consommation, de construction qui doivent donner des normes telles que la vie planétaire ne soit pas menacée à plus ou moins long terme.

Le présent mémoire tente de donner un aperçu succinct des matériaux, méthodes et applications qui peuvent, le cas échéant, être mis en œuvre pour satisfaire à ces nouvelles exigences. En tenant compte de la situation et des données locales, il est possible, doré et déjà, de sensibiliser tant les maîtres d'œuvre que les maîtres d'ouvrage ainsi que les réalisateurs locaux de s'approprier ces nouvelles tendances et qu'elles deviennent des réflexes pour tout projet. Ce mouvement devrait prendre une ampleur nationale dans lequel on verrait la concrétisation des nouvelles orientations politiques gouvernementales dans cette matière.

**Mots clés : environnement ; impact ; concepts nouveaux ; production ; construction ; matériaux ; méthodes et applications ; sensibiliser ; concrétisation.**

## ملخص:

إن المعينات والدراسات حول تأثير النشاط البشري على البيئة والتطور الديموغرافي والنمو الاقتصادي قد انتهى بها الأمر إلى إظهار أن هذا التطور لم يعد من الممكن أن يستمر دون مراعاة التدهور الذي عانى منه والذي يعرض مستقبل البشرية للخطر.

نتيجة لذلك على جميع المستويات يقوم المفروض ببحوث تفكيرًا جديدًا ومفاهيم جديدة، يتم تحديثها أحيانًا في محاولة لتعزيز أو حتى فرض، عند الضرورة، معايير جديدة للإنتاج والاستهلاك والبناء والتي يجب أن تعطي معايير مثل الحياة الكوكبية غير مهددة على المدى الطويل أكثر أو أقل

تحاول هذه المذكرة تقديم لمحة موجزة عن المواد والأساليب والتطبيقات التي يمكن، إذا لزم الأمر، تنفيذها لتلبية هذه المتطلبات الجديدة. من خلال مراعاة الوضع والبيانات المحلية، من الممكن بالفعل توعية مديري المشاريع وأصحابها وكذلك المطورين المحليين لمواءمة هذه الاتجاهات الجديدة وأن تصبح ردود أفعال لأي مشروع.

يجب أن تتخذ هذه الحركة مقياسًا وطنيًا نرى فيه تجسيدًا للتوجهات السياسية الحكومية الجديدة في هذا الشأن

**كلمات مفتاحية:** البيئة والتطور; تأثير; مفاهيم جديدة; إنتاج; اعمال بناء; المواد; الأساليب والتطبيقات; لرفع مستوى الوعي; تجسيد

## **Abstract:**

The findings and studies of the impact of human activity on the environment, demographic development, and economic growth eventually showed that this evolution could no longer continue without taking into account the degradation suffered and jeopardizing the future of humanity. As a result, decision-makers at all levels highlight new reflections, new concepts, sometimes updated to try to promote or even impose, where necessary, new standards of production, consumption, construction that must give standards such as global life is not threatened in the more or less long term.

This brief attempts to give a brief overview of the materials, methods, and applications that can, if necessary, be used to meet these new requirements. Taking into account the situation and local data, it is already possible to sensitive both project managers and local directors and local directors to appropriate these new trends and become reflexes for any project. This movement should take on a national scale in which we would see the concretization of the new government political orientations in this area.

**Keywords: Environment; impact; new concepts; production; construction; materials; methods and applications; to raise awareness; concretization.**

# Table des matières

Remerciements .....	ii
Dédicaces .....	iii
Résumé : .....	iv
Table des matières .....	vii
Liste des figures .....	ix
Introduction générale.....	12
Chapitre 1 : .....	14
<b>Historique &amp; Généralités</b> .....	15
Chapitre 2 : .....	22
Matériaux d'isolation innovants.....	22
2.1. Introduction .....	23
2.2. Les matériaux innovants auto-réparants.....	23
2.3. Les matériaux innovants programmables.....	24
2.4. Les familles d'isolants classiques .....	26
2.4.1. Les isolants minéraux .....	26
2.4.2. Les isolants organiques .....	30
2.4.3. Les isolants d'origine animale ou végétale dits « biosourcés » .....	32
2.4.4. Les isolants minces réfléchissants.....	42
2.5. La famille des isolants innovants .....	43
2.5.1 Matériaux de construction innovants et méconnus .....	43
2.6. Conclusion.....	50
Chapitre 3 : .....	51
Les équipements de construction innovants.....	51
3.1. Introduction .....	52
3.2. Divers domaines sont à explorer .....	52
3.3. Consommation d'eau contrôlée.....	54
3.4. Récupération de la chaleur dégagée par les eaux usées .....	54
3.5. Conclusion.....	55
Chapitre 4 : .....	56
Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants.....	56
4.1. Introduction .....	57
4.2. L'isolation thermique .....	57

4.3.	L'acoustique et le phonique .....	59
4.4.	L'isolation thermique répartie .....	62
4.4.1.	La brique multi-aléatoire.....	62
4.4.2.	Les murs en béton cellulaire .....	63
4.4.3.	Les murs à ossature en bois.....	64
4.5.	L'isolation thermique par l'intérieur .....	66
4.6.	L'isolation thermique par l'extérieur.....	67
4.7.	Les planchers bas.....	69
4.8.	Les plancher haut.....	73
4.9.	La toiture .....	75
4.10.	Les parois vitrées et les occultations .....	77
4.11.	Conclusion.....	78
	Chapitre 5 : .....	79
	Enquête in situ.....	79
5.1	Introduction .....	80
5.2	Traitement des résultats et discussions.....	80
5.3	Conclusion.....	90
	Annexes .....	91
	Fac-similé du questionnaire.....	91
	Conclusion générale .....	97
	Références bibliographiques .....	99



# Liste des figures

<b>CHAPITRE 1</b>	<b>N° de Page</b>
Figure 1. 1 :GOURNA -Architecte Hassan FATHY- Egypte.....	16
Figure 1. 2: GOURNA -Architecte Hassan FATHY- Egypte.....	17
Figure 1. 3: Vue de près du village GOURNA en egypte.....	17
Figure 1. 4: Vue de dessus du village GOURNA en Egypte .....	18
Figure 1. 5: André Ravéreau (architecte).....	19
Figure 1. 6: Centre de santé Mopti MALI -Architecte André Ravéreau- .....	19
Figure 1. 7: U S U S T H B Alger Oscar Niemeyer.....	20
Figure 1. 8: Climat de France à Alger Fernand Pouillon .....	21

<b>CHAPITRE 2</b>	<b>N° de Page</b>
Figure 2. 1 :Cycle thermomécanique typique d'un alliage à mémoire de forme .....	23
Figure 2. 2: La laine de roche.....	26
Figure 2. 3: Laine de verre .....	27
Figure 2. 4: Le verre cellulaire .....	28
Figure 2. 5: La perlite expansée .....	28
Figure 2. 6: La vermiculite.....	29
Figure 2. 7: L'argile expansée.....	29
Figure 2. 8: Polyuréthane (PUR).....	30
Figure 2. 9: Polyisocyanurate.....	30
Figure 2. 10: Polystyrène expansé.....	31
Figure 2. 11: Polystyrène extrudé .....	31
Figure 2. 12: Polystyrène extrudé .....	32
Figure 2. 13: Panneaux de cellulose (doc. Homatherm) et flocons de cellulose humidifiés et projetés. ....	34
Figure 2. 14: Laine de lin en vrac, laine de lin en rouleaux et laine de lin en panneaux (doc. Textinap). ....	35
Figure 2. 15: Laine de chanvre en rouleaux (doc. LCDA) et laine de chanvre en panneaux semi-rigides (doc. Haga). ....	35
Figure 2. 16: Noix de coco sciée et panneaux et rouleaux de laine de coco (doc. EMFA). ....	36
Figure 2. 17: Panneaux de bois feutré (doc. Pavatex).....	37
Figure 2. 18: Liège .....	38
Figure 2. 19: Les isolants minces réfléchissants .....	42
Figure 2. 20: illustration de structure alvéolaires .....	43
Figure 2. 21: Différents types de bois THT « Traiter haute température ».....	44
Figure 2. 22: Carrelage organique100% biodégradable.....	45
Figure 2. 23: Béton translucide .....	46
Figure 2. 24: Murs et planchers en verre et d'acier isolé à l'eau .....	47

Figure 2. 25: Briques de ciment et de cellulose .....	48
Figure 2. 26: Béton à la fibre de lin.....	48
Figure 2. 27: Le béton centenaire et ultra résistant .....	49

### CHAPITRE 3

### N° de Page

Figure 3. 1: Image d'une PAC (pompe à chaleur air-air et air-eau).....	52
Figure 3. 2: Pompe à chaleur intégrée à énergie solaire.....	53
Figure 3. 3: Illustration : Centre d'information sur l'eau .....	54
Figure 3. 4: Système mis en place afin de récupérer la chaleur de l'eau de douche .....	54
Figure 3. 5: Evolution des besoins énergétiques des bâtiments au cours du temps et des Réglementations Thermiques (RT), les BBC sont des bâtiments à consommation énergétique améliorée (RT2012)[4].....	55

### CHAPITRE 4

### N° de Page

Figure 4. 1 : Isolation thermique extérieur de la toiture.....	57
Figure 4. 2: Isolation thermique d'un mur par l'intérieur .....	58
Figure 4. 3: L'isolation phonique et acoustique avec des matériaux écologiques ou bio sourcés .....	59
Figure 4. 4: Le traitement acoustique des objectifs.....	59
Figure 4. 5: Schéma isolant acoustique .....	60
Figure 4. 6: Briques mono mur-intégrées d'isolant.....	61
Figure 4. 7: Brique mono-alvéoles remplies de perlite .....	61
Figure 4. 8: Brique multi –alvéolaires remplies d'isolant.....	63
Figure 4. 9 :Construction mur en béton cellulaire.....	63
Figure 4. 10 :Pose de bloc en béton cellulaire.....	64
Figure 4. 11 :Détail du squelette d'un mur ossature bois .....	64
Figure 4. 12 : Détail d'un mur ossature bois.....	65
Figure 4. 13 :Plaque de plâtre.....	66
Figure 4. 14 :Pose de plaque BA13 sur murs intérieurs.....	66
Figure 4. 15 :La fixation mécanique d'une paroi par chevilles + encollage .....	67
Figure 4. 16 :Bardage rapporté horizontal ou vertical .....	68
Figure 4. 17 :Systèmes d'isolation thermique par l'extérieur (ETICS) en pose initiale .....	68
Figure 4. 18 :Plancher Duo hourdis isolant associé à une dalle flottante.....	69
Figure 4. 19 :Illustration détaillé du plancher hourdis poutrelle .....	70
Figure 4. 20 :Projection pneumatique d'isolant .....	71
Figure 4. 21 :Coupe d'une Dalle avec hourdis en polystyrène .....	72
Figure 4. 22 :Le plancher semi préfabriqué (poutrelle en béton –hourdis en polystyrène -dalle de compression).....	72
Figure 4. 23 :L'isolation des combles par une laine de verre à souffler .....	73
Figure 4. 24 :Pose d'isolant en vrac pour un comble aménageable .....	74
Figure 4. 25 :Système de couverture isolée : une toiture inversée.....	75

Figure 4. 26 :PANNEAU SANDWICH TOITURE.....	76
Figure 4. 27 :Détail d'un panneau sandwich.....	77
Figure 4. 28 :Coupe fenêtre double vitrage Fixés sur un support en aluminium .....	77

## Liste des illustrations

<b>CHAPITRE 5</b>	<b>N° de Page</b>
Illustration 5. 1 :Diagramme I.....	81
Illustration 5. 2 :Diagramme II.....	81
Illustration 5. 3:Diagramme III .....	82
Illustration 5. 4 :Diagramme IV .....	82
Illustration 5. 5:Diagramme V .....	83
Illustration 5. 6:Diagramme VI .....	83
Illustration 5. 7:Diagramme VII.....	84
Illustration 5. 8: Diagramme VIII .....	84
Illustration 5. 9: Diagramme IX .....	85
Illustration 5. 10:Diagramme X .....	86
Illustration 5. 11:diagramme XI .....	86
Illustration 5. 12 : Diagramme XII.....	87
Illustration 5. 13 : Diagramme XIII .....	87
Illustration 5. 14 :Diagramme XIV .....	88
Illustration 5. 15 : Diagramme XV.....	88
Illustration 5. 16: Diagramme XVI .....	89
Illustration 5. 17 : Diagramme XVII.....	89

# Introduction générale

Les questions relatives au réchauffement climatique, à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, à la consommation excessive d'énergie fossile et, plus généralement, à la nécessité d'adopter des modes de vie plus conformes à la notion de développement durable sont de plus en plus présentes dans les décisions, les analyses et affectent la plupart des secteurs d'activité et de développement. Le bâtiment n'échappe pas à cette prise de conscience et connaît notamment depuis une dizaine d'années des évolutions tout à fait considérables, en particulier avec la mise en œuvre de plus en plus intense des principes et des techniques d'éco-construction. Plusieurs centres de recherche, œuvrent pour une meilleure gestion de l'énergie et au développement de systèmes innovants pour la préservation de l'environnement, l'économie d'énergie, la protection des ressources énergétiques et la promotion des énergies renouvelables propres.

Suite à la première conférence des Nations Unies sur l'environnement en 1972, est née une prise de conscience mondiale sur l'importance de prendre en compte l'environnement dans les grandes décisions politiques.

Le secteur du bâtiment représente 45% de la consommation énergétique et 25% des émissions de CO<sub>2</sub>.

Une importante isolation des nouveaux logements est devenue obligatoire. C'est un moyen efficace de réduire les dépenses de chauffage tout en améliorant le confort. En réhabilitation, l'isolation est le premier point à améliorer pour obtenir de meilleures performances énergétiques.

Le nouveau concept d'habitat durable consiste à réduire efficacement la consommation d'énergie d'un logement durant la totalité de son cycle de vie, de la phase de conception à son utilisation. Pour cela, des techniques et matériaux innovants ont été déployés. Le présent mémoire vise à aborder plus particulièrement les matériaux et les équipements innovants dans le cadre de leurs performances et leur contribution à l'habitat durable.

Pour atteindre cet objectif, l'étendue de cette étude est subdivisée en cinq chapitres.

Le premier chapitre, est un historique et généralités sur les équipements et les matériaux innovants.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons les matériaux d'isolation innovants et leurs utilisations dans le secteur du bâtiment.

Le troisième chapitre est dédié à différents équipements de construction innovants.

Le quatrième chapitre traite les procédés et les techniques de la mise en œuvre des isolants.

Pour le cinquième chapitre, prendra en charge l'étude évaluative d'une enquête par questionnaire destinée aux entreprises de construction spécialisées dans les équipements ou les matériaux d'isolation.

Une conclusion générale et des perspectives sont présentées à la fin de ce mémoire.

# **Chapitre 1 :**

# **Historique et Généralité**

# Chapitre 1 : Historique et Généralités

## Historique & Généralités

En ces temps de volonté politique de transition écologique due à la prise de conscience de la dégradation globale de l'environnement dans lequel nous vivons, il est évident que cela nous oblige à repenser nos modes de consommation, d'habitat, de transport, de travail, de relations et plus encore lorsque l'on voit surgir des situations inédites comme en ce moment la pandémie de Covid-19, que nous vivons à l'échelle planétaire.

Tous nos rapports s'en trouvent bouleversés et contraints au changement et nous obligent à des modes de fonctionnement et d'échanges recherchant l'efficacité, l'économie, la durabilité, le recyclage .... Il n'est qu'à voir l'actualité de l'activité politique gouvernementale qui s'illustre par les orientations, déclarations, incitations en tout genre – économiques, fiscales...- recherchant ainsi à rattraper les retards accumulés en termes d'innovation, de réalisation de projets structurants, et même sur la plan économique puisque les coûts qui sont engendrés par cette absence de réflexion dans les domaines de « transition écologique et durabilité » seront importants et à la charge de l'économie nationale et sur le long terme .

La réalité palpable de ces dégradations n'est plus contestée, même les sceptiques se remettent en question, et sur le plan mondial, au-delà des évaluations opérées partout, des actions sont entreprises par les états afin d'apporter des corrections et des solutions à ces situations qui portent en elles des risques importants, parfois vitaux, et plus encore pour les générations futures dont nous hypothéquons l'avenir.

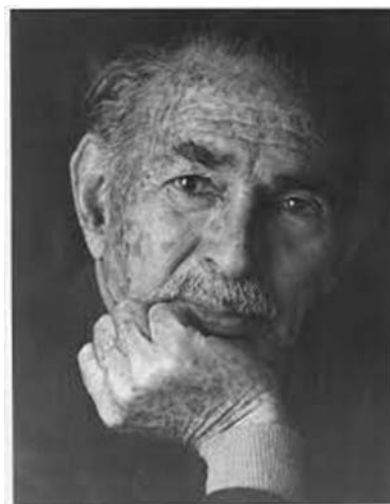
Un des secteurs d'activités humaines les plus importants, car pour son fonctionnement il entraîne bien d'autres et qui illustre de façon remarquable cette prise de conscience, étant le bâtiment, il représente un des vecteurs principaux indispensables au redressement environnemental dont les décideurs politiques de toutes tendances font leurs programmes actuellement, ce qui n'a pas toujours été le cas.

## Chapitre 1 : Historique et Généralités

Les trente glorieuses ont vu émerger des écoles et des conceptions ne prenant que très peu en compte ces réflexions car le consumérisme et le productivisme outrancier dictaient leurs standards parfois sans autre égard que la réalisation de projets servant souvent à nourrir la notoriété politique, économique ou de bureaux d'études. Un retour sur le mouvement du BAUHAUS (Walter GROPIUS, allemand, fondateur du mouvement, dont les concepts sont le rationalisme, le fonctionnalisme et la standardisation), les réalisations de Le Corbusier, Oscar Niemeyer, Fernand Pouillon, Ricardo Bofill .... (Tous les quatre ont travaillé en Algérie), nous rendrait compte de la non prise en considération de ces préoccupations qui ont atteint aujourd'hui une acuité telle que l'on ne peut plus les ignorer.

Chez certains acteurs de ce domaine, cette préoccupation n'a pas été une nouveauté puisque quelques-uns d'entre eux ont commencé à y réfléchir à partir de la seconde moitié du XXe siècle.

Un exemple parmi d'autres serait **Hassan Fathy** (1900-1989), architecte égyptien de renom, qui a été un des précurseurs dans la construction et l'utilisation de matériaux traditionnels et innovants, naturels, profitant à l'environnement et aux populations, ce qui lui a valu une reconnaissance mondiale : Right Live LihoodAward 1980, Prix Balzan 1980, Prix Nobel Alternatif 1980, Prix Aga Khan 1980, Médaille d'or de l'UIA 1985, Prix Louis Sullivan 1987.



**Figure 1. 1 : GOURNA -Architecte Hassan FATHY- Egypte**



## Chapitre 1 : Historique et Généralités

En 1969 (en anglais puis traduit en français en 1970 et paru en 1971), son ouvrage « construire avec le peuple » a été le révélateur de son œuvre majeure en Egypte lancée à partir de 1945 dans la réalisation du village de « new GOURNA », à proximité du site



archéologique de Louxor. L'expérience de ce village a duré trois ans et est restée inachevée.

**Figure 1. 2 : GOURNA** représentation Marquette -Architecte Hassan FATHY- Egypte



**Figure 1. 3: Vue de près du village GOURNA en Egypte**

## Chapitre 1 : Historique et Généralités



**Figure 1. 4:** Vue de dessus du village GOURNA en Egypte

Il a construit également « Lu’Lu’atassahra », un village rural dans le delta du Nil et bien d’autres réalisations.

Son premier emploi dans l’administration des municipalités (1926-1930) lui a fait découvrir la pauvreté rurale et a proposé des constructions économes avec un matériau ancestral, peu cher et abondant : la brique de terre crue.

Sa première commande a été une école primaire à TALKHA (1928), toujours en Égypte, où il a mis à exécution ses nouveaux procédés dans lesquels il a exprimé une grande diversité de formes empruntées aux constructions traditionnelles, habitats ruraux ou demeures médiévales et particulièrement par les voûtes et les dômes.

C’était un personnage controversé, tantôt considéré comme un grand esprit ayant formé bon nombre de disciples de par le monde, tantôt comme un illuminé, par ses détracteurs qui étaient pour la promotion des techniques et modèles importés d’occident qui étaient et sont toujours les standards et normes à suivre, ce qui lui a valu bien des déboires au point de lui faire lâcher prise à son projet de GOURNA.

Un autre personnage et non des moindres fut **André Ravéreau** (1919-2017) qui considérait **Hassan FATHY** comme son maître et ami, ayant eu des relations très suivies avec lui.

## Chapitre 1 : Historique et Généralités



**Figure 1. 5: André Ravéreau (architecte)**

Il a été attributaire également des diverses distinctions, dont le Prix Aga Khan en 1980 et l'Ordre du Mérite National à Alger en 2012.

A partir de son atelier créé en 1959 à **Ghardaïa** où il s'était installé, il tira une « Leçon d'architecture », s'intéressant au lieu, à la culture, au climat, pour faire adhérer ses projections à l'environnement dans lequel elles doivent s'exprimer. – « Le M'zab, une leçon d'architecture 1981 Sindbad »-

Le choix des matériaux et des techniques a été opéré en réponse aux exigences climatiques et environnementales dictées par le lieu avec une attention soutenue aux usages sociaux et culturels des autochtones, notamment un dispensaire à MOPTI au Mali



**Figure 1. 6: Centre de santé Mopti MALI -Architecte André RAVEREAU**

## Chapitre 1 : Historique et Généralités

Il a été, pendant un temps, architecte des monuments historiques en Algérie et chargé de mission par l'UNESCO pour la citadelle de la Casbah d'Alger, obtenant également le classement au patrimoine mondial de la ville de Ghardaïa et de la mosquée de Sidi Okba – « La Casbah d'Alger, et le site créa la ville 1989 Sindbad »

Ces deux approches « FATHY, RAVEREAU », s'inscrivant dans le mouvement post-moderniste, plaidaient pour une conception de l'architecture écologique dans une perspective prenant en compte l'économie de la mise en œuvre, la préoccupation de l'environnement ainsi que le respect du lieu et de l'humain, ce qui évoque actuellement « Le développement durable ».



**Figure 1. 7:** U S T H B Alger Oscar Niemeyer

Le mouvement moderniste du début du XXe siècle, ainsi toutes ses écoles tendaient à façonner l'homme moderne en essayant de faire qu'il s'adapte aux nouveaux modes de production.

Pour y arriver il s'est tourné sur l'industrialisation à marche forcée et en instillant une nouvelle vie habitation, travail, transports, urbanisation, consommation, modes de pensée, transmission des savoirs ...

Puis il a dû, pour atteindre ses objectifs opérer des choix et des réalisations dans lesquels la réflexion sur l'environnement, la nature, le développement humain harmonieux et les coûts écologiques, n'avait que peu de place : architecture soviétique, cité-dortoir, villes industrielles, rigidité urbanistique, études des coûts de réalisation du mètre carré bâti ayant donné naissance à des modes de vie répondant aux besoins des marchés (immobilier, voiture, grande distribution, loisirs ....).

# Chapitre 1 : Historique et Généralités



**Figure 1. 8:** Climat de France à Alger Fernand Pouillon

Cette prise de conscience par les pouvoirs publics des dommages causés par cette évolution n'a été possible que par le réveil de la société civile se rendant compte que la poursuite du développement à l'infini et manière irréfléchie ne pouvait continuer sans que la planète n'en paie un prix trop élevé pouvant mettre en jeu la survie même du genre humain.

La « redécouverte » de la dimension humaine des sociétés exigeait que l'on se tourne vers d'autres modes de réflexions promouvant plutôt l'harmonie, la préservation et les générations futures par l'emploi de matériaux naturels ou transformés de manière à respecter le plus possible l'environnement, en y laissant le moins d'impact possible et en faisant les assemblages les plus performants et cela avec des coûts de réalisation économiquement très appréciables.

Les éco-matériaux savent tirer parti de la nature pour répondre aux nouveaux défis liés à l'environnement, tout en conservant un haut niveau de performance énergétique. L'éco-construction, appelée aussi construction durable, devient un réel enjeu pour les professionnels du bâtiment et les entreprises de réalisation qui doivent répondre à ces nouvelles nécessités. Le bâtiment écologique peut se faire à partir de matériaux et équipements responsables et durables, mais aussi à l'aide de nouvelles technologies énergétiques.

Le sujet de cette présentation vise à décrire quelques équipements et matériaux pouvant entrer dans la mise en œuvre de cette nouvelle orientation éco-responsable et ainsi ambitionnant de participer au lancement de nouvelles idées de réalisations portant le cachet de la durabilité et de l'efficacité.

**Chapitre 2 :**

**Matériaux d'isolation**

**innovants**



## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

### 2.1. Introduction

Les professionnels du bâtiment et les entreprises font face à un véritable défi, en vue des enjeux écologiques actuels qui les poussent à réagir et à trouver une nouvelle technique et process. Certains de ces entreprises et laboratoires ont opté pour les énergies positives afin d'assurer une transition énergétique en prenant en compte la notion d'impact environnemental dès leur fabrication, en utilisant des matériaux innovants à haut potentiels, isolants et plus économiques, On parle alors de matériaux verts ou de matériaux bio-sourcés.

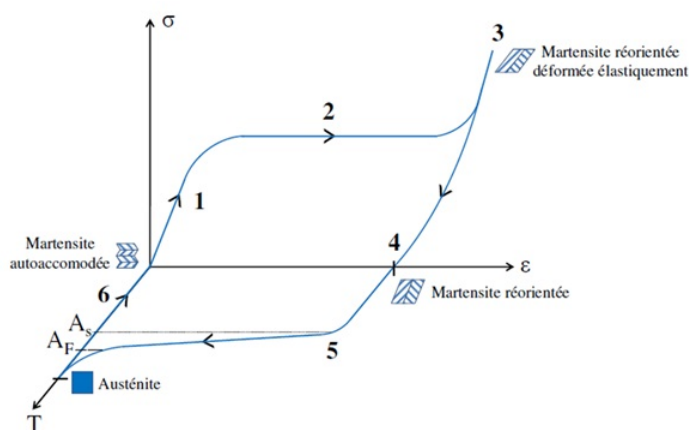
Ces matériaux devraient non seulement fournir plus d'énergie qu'ils n'en consomment mais aussi, assurer le confort et la qualité des nouveaux modes de vie.

On distingue alors 2 grands types de matériaux à haute performance : les matériaux innovants auto-réparants, les matériaux innovants programmables.

### 2.2. Les matériaux innovants auto-réparants

C'est des matériaux capables de s'auto-cicatriser, ne nécessitant pas préalablement de diagnostic de défaut ou d'usure, il existe trois types de matériaux auto-réparants connu à ce jour :

- Les matériaux à mémoire de forme.



**Figure 2. 1 :** Cycle thermomécanique typique d'un alliage à mémoire de forme

## Chapitre 2 : **Matériaux d'isolation innovants**

- Les matériaux micro vasculaires (qui utilise la pression des tubes acheminant des agents pour réparer les fissures ou les défauts).

Exemple :

Innovation toute récente datant de 2020, un isolant à base de champignons, grâce au mycélium -l'appareil constituant le champignon- connu pour être un puissant liant qui permet d'isoler en l'introduisant dans les déchets végétaux, qui nourrissent le mycélium et finissent agglomérés.

- Les matériaux contenant des agents réparant (micro capsules intégrées)

Exemple :

Des procédés ont été élaborés par des chercheurs permettant à un polymère, à un béton ou un métal de s'auto réparer, ce qui permet de remédier à leurs propre dégradation rendant ainsi ces matériaux plus fiables et allongera la durée de vie des structures.

L'enjeu qui fait reculer l'industrie et les secteurs de la construction reste le coût, qui très souvent représente des chiffres importants pour les particuliers ainsi que les entreprises. [1]

### **2.3. Les matériaux innovants programmables**

Il existe certains polymères pouvant changer de forme ou de comportement suivant la température, la lumière, l'électricité, l'humidité, les vibrations ou au contact de certains produits, et cela grâce aux fibres existantes et intégrées aux capteurs. Ce matériau innovant est utilisé dans plusieurs secteurs mais dans le domaine du bâtiment et la construction il permet d'établir des structures dynamiques sans passer par la robotique tout en offrant un confort de vie et une durabilité du système grâce aux dispositifs anti vibratoires.

Exemple :

En 2013 des chercheurs américains ont révolutionné les matériaux innovants programmables en développant un concept d'impression en 4D (la quatrième dimension est le temps), fait de



## Chapitre 2 : **Matériaux d'isolation innovants**

Polymère et hydrogel se mouvant spontanément prenant des formes programmées. (Servant, pour l'instant, au domaine médical).

Les produits isolants sont destinés à réduire le passage de la chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment. Le principe est le même pour quasiment tous les produits : réduire les transferts par conduction, par convection et par rayonnement. Pour ce faire on utilise ces matériaux de faible conductivité thermique qu'on façonne de manière à créer de multiples petites cavités de bulles d'air ou de gaz qui limitent les échanges par convection.

On arrive également à intégrer à certains produits des couches ou des revêtements qui limitent les échanges thermiques par rayonnement dans les cavités d'air ou de gaz. Il en résulte des produits isolants ayant une conductivité thermique comprise entre 0.023 et 0.05 W/(m.K).

Bien qu'ayant existé depuis bien longtemps dans la construction, l'évolution technologique a fait adopter ou inventer des matériaux et procédés contribuant ainsi à l'amélioration de l'isolation, du confort de l'utilisateur, tout en préservant l'environnement et mettre en œuvre le concept de durabilité. [2].

Les produits isolants courants peuvent être regroupés en quatre grandes familles :

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

- ❖ **Les isolants d'origine minérale** comme la laine de verre ou de roche, la perlite expansée ou le verre cellulaire.
- ❖ **Les isolants d'origine organique** comme le polystyrène (expansé ou extrudé), le polyuréthane et la mousse phénolique.
- ❖ **Les isolants d'origine végétale ou animale** comme l'ouate de cellulose, la fibre et la laine de bois, la laine de chanvre, la paille, la laine de mouton et les plumes de canard.
- ❖ **Les produits réfléchissants** qui comportent des couches à basse émissivité leur permettant de réduire les échanges thermiques par rayonnement dans les lames d'air adjacentes comme les produits multicouches et les produits à bulles.

Le résultat final attendu dans la réalisation dicte les choix que l'on opère quant aux matériaux devant être mis en œuvre. En plus de sa principale fonction d'isolation, le matériau doit avoir, si possible, d'autres capacités complémentaires lorsque l'ouvrage est achevé.

Des performances mécaniques, l'étanchéité, la résistance à la vapeur d'eau, les propriétés de résistance au feu ainsi que la limitation des risques pendant sa mise en œuvre et son vieillissement sont autant de qualités que l'on recherchera lors des choix qui s'offriront au réalisateur. [3]

### 2.4. Les familles d'isolants classiques

#### 2.4.1. Les isolants minéraux



**Figure 2. 2:** La laine de roche

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

La fibre de la laine de roche est obtenue par la fonte de la roche diabase. Elle est liée à l'aide de résines synthétiques polymérisées pour former des rouleaux et des panneaux. Ceux-ci peuvent se présenter en différentes rigidités et finitions de surface. La laine de roche a une composition non uniforme (parties in-fibrées).

La laine de roche est perméable à la vapeur d'eau, mais non hygroscopique. Elle est non capillaire (n'absorbe pas l'eau). Elle est totalement perméable à l'air. Elle se caractérise par une bonne stabilité thermique, un bon comportement au feu. Elle est compressible et résiste mal au délaminage.

Les panneaux de laine de roche destinés aux toitures plates seront de densité importante et de fabrication particulière (sens des fibres) pour garantir une rigidité suffisante, et une résistance suffisante au délaminage. Ces panneaux sont surfacés de voile de verre et/ou de bitume.



**Figure 2. 3:** Laine de verre

Les fibres de la laine de verre sont obtenues par la fonte de verre et de sable quartzeux. Elles sont traitées par un produit hydrofuge. Elles sont liées à l'aide d'un produit thermo durcissant pour former des rouleaux et des panneaux. Ceux-ci peuvent présenter différentes rigidités et finitions de surface. La laine de verre a une composition uniforme.

Tout comme la laine de roche, la laine de verre est perméable à la vapeur d'eau, mais non hygroscopique. Elle est non capillaire (n'absorbe pas l'eau). Elle est également perméable à l'air. Elle est d'une bonne stabilité thermique et un comportement au feu légèrement moins performant que la laine de roche.

La laine de verre n'est plus utilisée pour les toitures plates à cause de sa faible résistance au délaminage et à la compression.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants



**Figure 2. 4:** Le verre cellulaire

Le verre cellulaire est une mousse de verre obtenue par expansion de celui-ci lorsqu'il est en fusion. Les cellules ainsi formées contiennent un gaz inerte.

Son procédé de fabrication conduit à la production d'un isolant léger à cellules fermées. Le verre cellulaire est ainsi complètement étanche à la vapeur d'eau, à l'eau et à l'air.

Il se caractérise par une bonne stabilité thermique et un bon comportement au feu. Bien qu'incompressible, ce matériau est relativement fragile et nécessite un support régulier et rigide lorsqu'il est soumis à des contraintes mécaniques.

Disponible en panneaux ou en gros granulés, son seul défaut, en plus de son coût élevé, est d'être produit par des procédés de fabrication très énergivores.



**Figure 2. 5:** La perlite expansée

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

La perlite expansée est obtenue à partir de pierre volcanique rhyolitique concassée et expansée à une température de +/- 900°C.

La perlite expansée est mélangée à des fibres cellulosiques et à un liant bitumineux pour former des panneaux mais peut aussi être utilisée en vrac.

La perlite expansée se caractérise par une grande résistance à la compression et au poinçonnement, un bon comportement au feu et une résistance limitée au pelage. Elle ne résiste pas à une humidification prolongée.



**Figure 2. 6:** La vermiculite

La vermiculite est produite à partir de mica expansé. Elle est disponible sous forme de granulés ou de panneaux. Comme la perlite, ce matériau peut être déversé en vrac ou être incorporé dans les mortiers, bétons allégés, enduits isolants et dans les blocs de constructions.



**Figure 2. 7:** L'argile expansée

Elle est vendue en vrac, en panneaux ou incorporée dans des bétons allégés, des blocs déconstruction préfabriqués. L'argile expansée présente un excellent classement au feu et offre une bonne résistance à l'humidité.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

### 2.4.2. Les isolants organiques



**Figure 2. 8:** Polyuréthane (PUR)

Le **polyuréthane** se caractérise par un pouvoir isolant élevé. Il résiste cependant mal à la chaleur, au feu et au rayonnement ultra-violet.

Les panneaux de polyuréthane destinés aux toitures plates ont une densité volumique ( $\rho$ ) au moins égale à  $30 \text{ kg/m}^3$ . Ces panneaux sont surfacés d'un revêtement synthétique ou d'un voile de verre bitumé sur les deux faces, destinés à faciliter les liaisons avec les couches inférieures et supérieures.



**Figure 2. 9:** Polyisocyanurate

Le **polyisocyanurate** se caractérise par un meilleur comportement au feu que le polyuréthane mais ses propriétés mécaniques sont plus faibles.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

Les panneaux de polyisocyanurate destinés aux toitures plates sont surfacés d'un revêtement synthétique ou d'un voile de verre bitumé sur les deux faces, destinés à faciliter les liaisons avec les couches inférieures et supérieures.



**Figure 2. 10:** Polystyrène expansé

**Le polystyrène expansé** se caractérise par un retrait de naissance important. Il ne peut être exposé longtemps à une température supérieure à 70°C. Il résiste mal au feu. Il existe cependant des panneaux dont le comportement au feu est meilleur (qualité SE).

Les panneaux en polystyrène expansé destinés aux toitures plates sont recouverts sur les deux faces d'un voile de verre bitumé avec recouvrement au droit des joints.



**Figure 2. 11:** Polystyrène extrudé

**Le polystyrène extrudé** se caractérise par une structure cellulaire fermée et une surface d'extrusion qui empêchent l'absorption d'humidité. Son coefficient de dilatation thermique est très élevé. Il résiste mal au feu et à une exposition prolongée à une température supérieure à 75°C.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants



**Figure 2. 12:** Polystyrène extrudé

Il s'agit de panneaux à base de mousse résolique à structure cellulaire fermée. La mousse phénolique se caractérise par un bon comportement au feu et un pouvoir isolant très élevé. [4]

### **2.4.3. Les isolants d'origine animale ou végétale dits « biosourcés »**

Pour une démarche d'éco-construction, il est nécessaire de ne pas choisir un isolant uniquement sur base de ses propriétés thermiques, techniques et économiques. Il y a lieu d'évaluer son impact environnemental (et sur la santé) tout au long de sa vie propre :

- En tenant compte de l'énergie grise (renouvelable et non renouvelable) consommée sur l'ensemble de son cycle de vie (traitement en fin de vie inclus).
- En tenant compte des différentes émissions (gaz à effet de serre, gaz acidifiant, gaz à formation d'ozone...) sur l'ensemble du cycle de vie, qui auront un impact sur l'environnement et la santé.
- En tenant compte des matières premières et de l'eau consommée.
- En tenant compte des substances nocives utilisées lors de la fabrication et pendant la mise en œuvre (solvants, COV...).
- En estimant les émissions de composés organiques volatiles (COV), formaldéhydes et autres produits nocifs durant sa vie en œuvre.
- En appréciant les possibilités de recyclage pour la phase de déconstruction.

La prise en compte de tous ces paramètres conduit à l'utilisation d'isolants dits "écologiques". Nous parlerons dans la suite de cet article plus particulièrement des isolants dits « bio-sourcés », c'est-à-dire d'origine végétale ou animale.



## Chapitre 2 : **Matériaux d'isolation innovants**

Origines, traitements, transformations, domaines d'application et spécificités de chacun des isolants permettront d'approcher la notion de développement durable dans le bâtiment. Nous y verrons les isolants suivants :

Ils seront passés en revue afin de donner un aperçu sur les avantages et inconvénients à prendre en compte dans le choix de l'isolant. [4]

### **A. Isolants à base de cellulose**

Isolants à base de papier ou journal recyclé, leur conductivité est comparable à celle des laines minérales. Ce matériau possède la caractéristique de pouvoir absorber la vapeur d'eau et permet ainsi de réguler l'humidité. Son absorption acoustique est excellente.

Les flocons de cellulose sont soufflés sous pression soit dans des caissons fermés soit sur des surfaces horizontales. Certains critères ont été définis afin de garantir le non-tassement ultérieur des flocons dans les caissons.

Ces isolants à base de cellulose existent aussi sous forme de panneaux semi-rigides ou flexibles. Ils sont utilisés pour l'isolation des sols, des toitures, des cloisons légères et des murs à ossature bois. Bien qu'elle constitue un bon rempart contre l'humidité, l'ouate de cellulose n'est pas résistante au feu ! Par conséquent, un traitement chimique nécessaire dévalorise sa cote écoresponsable. En effet, afin de protéger cet isolant des attaques d'insectes, de champignons ou du feu, un traitement au sel de bore est nécessaire.

Enfin, insufflée, elle provoque beaucoup de poussières et implique l'utilisation d'équipements de protection adéquats. Aussi, si l'on privilégie ce type d'isolant, il faut s'enquérir de la provenance et de la teneur en résidus d'encre dans l'ouate de cellulose afin d'anticiper les odeurs désagréables sur le long terme.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants



**Figure 2. 13:** Panneaux de cellulose (doc. Homatherm) et flocons de cellulose humidifiés et projetés.

### **B. Isolants sous forme de laine d'origine végétale ou animale**

Il existe de nombreux types de laine végétale ou animale disponibles en vrac, en feutre fin, en rouleaux ou en panneaux semi-rigides. On trouve, par exemple, des laines en fibre de coco, de lin, de chanvre, de bois ou en laine de mouton. Certains de ces isolants reçoivent un traitement au sel de bore qui les protège des attaques d'insectes, des champignons et du feu. Ils possèdent la capacité d'absorber et de restituer l'humidité (la laine de mouton peut absorber jusqu'à 33% de son poids en eau), remplissant ainsi la fonction de régulateur d'humidité.

Son domaine d'application est l'isolation des murs, des combles et des rampants de toiture. Sa version conditionnée sous forme d'écheveaux sert à l'isolation de gaines et de tuyaux, mais également de calfeutrement. Sous forme de panneaux ou rouleaux, elle se pose de façon classique. Seul le soufflage de la laine en vrac demande l'intervention d'un professionnel spécialisé.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

De par leur caractère fibreux, ces isolants possèdent aussi de très bonnes caractéristiques acoustiques. En plus de ses vertus d'isolant acoustique, elle est difficilement inflammable, ne dégage pas de gaz toxiques en cas d'incendie et elle est une ressource renouvelable.

En termes d'inconvénients, certains de ces isolants reçoivent, tout comme la cellulose, un traitement au sel de bore qui les protège des attaques d'insectes, des champignons et du feu. De plus, même si la laine (de type animale) subit un lavage et un pressage, elle pourrait, après sa pose, dégager une odeur désagréable.



**Figure 2. 14:** Laine de lin en vrac, laine de lin en rouleaux et laine de lin en panneaux (doc. Textinap).



**Figure 2. 15:** Laine de chanvre en rouleaux (doc. LCDA) et laine de chanvre en panneaux semi-rigides (doc. Haga).

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants



**Figure 2. 16:** Noix de coco sciée et panneaux et rouleaux de laine de coco (doc. EMFA).

### C. Isolants à base de fibre de bois

Les panneaux défibre de bois sont fabriqués à partir de déchets de scierie. Après son sciage, le bois peut :

- Se transformer directement en matériaux pour structures portantes et bardages.
- Etre broyé ou défibré pour servir à la production de copeaux en vrac ou de fibre de bois pour la confection de la laine isolante.
- Etre déroulé, tranché et lié afin de servir à la fabrication de panneaux isolants solides pour la construction.

Les panneaux sont perméables à la vapeur, ils complètent très bien les autres isolants.

Son domaine d'application concerne principalement l'isolation thermique intérieure et extérieure de murs, combles et rampants de toiture lorsqu'il est sous forme de laine ou de fibres utilisées en partie aussi pour leurs qualités acoustiques.

Lorsque plusieurs panneaux sont collés ensemble pour obtenir une plus grosse épaisseur d'isolant, de la colle est utilisée, ce qui dévalorise son caractère écologique. Le bois peut aussi servir d'isolant sous son format en vrac, mais va alors nécessiter un traitement chimique préventif, fongicide et insecticide.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants



**Figure 2. 17:** Panneaux de bois feutré (doc. Pavatex).

### **D. Isolants à base de liège**

Cet isolant est extrait des écorces des chênes lièges ou du recyclage de bouchons, le liège est broyé pour former des granulats de liège en vrac, puis assemblé pour la fabrication de panneaux et de rouleaux qui nécessitent l'intervention d'un liant chimique.

Les panneaux en liège constituent une bonne alternative écologique pour l'isolation :

- Des planchers.
- Des murs, par l'intérieur ou l'extérieur.
- Des combles perdus.
- Des rampants de toiture.

Tout comme le bois, les avantages en termes d'isolation thermique et acoustique sont bien attestés. Avec son imputrescibilité remarquable, cet isolant est également difficilement inflammable.

Du point de vue des inconvénients, certains panneaux sont renforcés avec des colles synthétiques et dégagent du formaldéhyde. Un autre de ses inconvénients, en plus de son coût élevé, réside dans sa disponibilité. Il perd en effet de sa valeur écologique et locale du fait de son importation.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants



**Figure 2. 18:** Granulat Liège expansé

### E. Isolants à base de chanvre

Fabriqué à partir du défibrage de la tige de chanvre, on peut obtenir à partir de cette plante deux supports de base :

- La fibre en vrac ou qui servira pour la laine.
- La chènevotte utilisée pour la fabrication de panneaux, enduits et bétons (composée d'un mélange de liant à base de chaux aérienne et de copeaux de chanvre).

Le chanvre est par ailleurs une plante à croissance rapide qui ne nécessite pas ou peu d'engrais.

Compressé, il sert pour l'isolation des murs, des sols, des façades intérieures et extérieures et des combles non aménageables après sa transformation en/

- Blocs de béton.
- Laine.
- Panneaux.

En vrac, il sert dans l'isolation des murs et des combles non aménageables par soufflage.

Actuellement l'usage le plus fréquent de ce type d'isolant est le remplissage des murs à ossature de bois (30 cm) ou d'enduits isolants (10 cm) sur un support existant.

Son coefficient d'isolation est proche de celui du bois massif ( $\lambda = \pm 0.1$ ), mais le matériau possède d'importantes qualités du point de vue de l'inertie thermique et de la régulation de la vapeur d'eau. Sa résistance au feu lorsqu'il est sous forme de béton, sa

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

disponibilité locale ainsi que ses caractéristiques naturellement insecticides constituent également des avantages non négligeables.



Chênevotte en vrac (Photo Oikos)



Chanvre en panneau semi-rigide (Photo Oikos)

### F. Isolants à base de paille

La paille, en tant que matériau biosourcé, revêt différentes formes :

- D'un mélange de terre et de paille naît un enduit appelé « terre/paille »
- Sans pressage, elle se présente sous forme de bottes de paille compressée sous forme de ballot, forme utilisée depuis très longtemps comme isolant à part entière ou au sein d'une structure propre.

Produit local, la paille constitue un isolant bon marché qui ne nécessite que très peu de traitement en usine ce qui lui confère une réelle valeur ajoutée dans la construction à caractère écologique. Aujourd'hui, ce type d'isolant est de plus en plus documenté, référencé et normalisé comme système de construction et comme isolant reconnu.

Le ballot de paille n'a pas des caractéristiques thermiques homogènes. L'orientation de ses fibres par rapport au flux de chaleur va impacter sur sa conductivité thermique. Celle-ci sera plus faible si les fibres sont perpendiculaires au flux ( $\lambda$  d'environ 0,05) et plus élevés si les fibres sont parallèles aux flux ( $\lambda$  variant autour de 0,07... 0,08). Il faut s'assurer que les ballots de paille soient de qualité pour rencontrer les exigences du monde de la construction.

Toutefois, suite à l'étude de construction paille en occupation, il a été montré que si elle est correctement mise en œuvre et à l'abri de pluies battantes, les risques de dégradations à long terme sont négligeables et la paille comme isolant est capable d'apporter de bonnes performances thermiques ainsi que les confort d'été et d'hiver attendus.

## Chapitre 2 : **Matériaux d'isolation innovants**

En outre, la paille n'a pas seulement un rôle isolant, le ballot de paille peut également servir de support à un enduit voir de structure en soi sans en altérer ses caractéristiques. Ainsi, combiner plusieurs de ces rôles (isolant et mécanique et/ou structurel) permet de diminuer le bilan écologique de la paroi. Attention cependant, à utiliser une paille provenant de culture durable.

L'inconvénient de la paille réside dans l'inconfort de pose à cause du poids de chaque botte. De plus, son volume implique de concevoir des murs d'une épaisseur relativement conséquente à isoler.

### **G. Isolants à base de textile recyclé**

Né du recyclage des textiles usagés ou des déchets des fabricants de vêtements, le textile recyclé est traité en usine avant de devenir un matériau de construction en soi.

D'abord effiloché, on le métamorphose ensuite en panneaux et rouleaux isolants grâce à des techniques de pressage. Sa version en vrac permet, tout comme l'ouate, d'être insufflée et d'isoler les murs.

Alternative idéale pour isoler pour les murs et les combles non aménageables en priorisant l'économie circulaire, notez que les isolants et autres matériaux de construction en textile recyclé sont traités chimiquement pour résister au feu. Parmi les autres inconvénients, il est à prendre en compte que son application verticale implique un tassement du matériau sur le long terme.

En revanche, ce matériau biosourcé reste très facile à poser et il ne nécessite pas de formation préalable ou obligatoire. Grâce à sa compression, le textile recyclé n'émet aucune poussière. Enfin, il peut absorber jusqu'à 25% de son poids en eau, ce qui constitue un isolant contre l'humidité très efficace.

#### **❖ Performances des isolants biosourcés**

La performance thermique des isolants est renseignée par la valeur de la conductivité thermique ( $\lambda$ ). Plus celle-ci est élevée, moins le matériau sera isolant. Mais cela ne veut pas dire qu'il faut nécessairement abandonner l'utilisation d'un matériau qui aurait un  $\lambda$  élevé. Il suffit d'augmenter l'épaisseur de la couche isolante pour obtenir une performance thermique globale équivalente.



## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

Pour choisir son isolant, il faut donc tenir compte de plusieurs critères simultanément :

- La conductivité thermique ( $\lambda$ ).
- Le coût (plus l'épaisseur augmente, plus le coût augmente).
- L'encombrement.

### ❖ Intérêts des isolants biosourcés

Les isolants possédant une capacité thermique élevée, garante d'une diffusivité faible et d'une effusivité importante sont généralement les isolants "écologiques".

Lorsque le confort d'été est amélioré, l'utilisation d'isolant permettant d'obtenir ces caractéristiques peut conduire à un autre problème. En effet, une trop grande effusivité produira dans la pièce une sensation de surface froide au toucher.

### ❖ Stockage de CO<sub>2</sub>

Les isolants à base de végétaux, via le processus de photosynthèse, permettent de stocker le CO<sub>2</sub> atmosphérique.

### ❖ Performances hygrothermiques

Au-delà de leur caractère "écologique", les isolants biosourcés qui nous intéressent ici possèdent des propriétés hygrothermiques prometteuses. Par leur capacité plus ou moins grande à absorber l'humidité, les matériaux en contact avec l'ambiance intérieure peuvent stabiliser les conditions hygrothermiques d'un local et, de la sorte, avoir un impact positif sur le confort.

De nombreuses recherches ont été menées sur ce sujet. Comme par exemple celle réalisée par le département d'ingénierie de la Technical University of Denmark qui a conduit à la définition du paramètre appelé « Moisture Buffer Value » (valeur de régulation de l'humidité) qui indique la quantité d'eau que l'isolant absorbe et restitue par unité de surface durant une certaine période quand il est soumis à des variations de l'humidité relative de son environnement. Ce paramètre permet d'analyser le rôle de régulateur d'humidité joué par l'isolant.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

**Remarque :** L'utilisation d'un matériau issu de sources renouvelables ne garantit pas en pratique le caractère "écologique" de l'isolant (ajout de colle, procédé de fabrication énergivore...). Pour s'assurer que l'isolant a été réalisé dans les règles de l'art, on peut se tourner vers les labels comme :

- [www.svanen.se](http://www.svanen.se) en Suède
- [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de) en Allemagne
- [www.certivea.fr](http://www.certivea.fr) en France. [4]

### 2.4.4. Les isolants minces réfléchissants



**Figure 2. 19:** Les isolants minces réfléchissants

Présents sur le marché belge depuis plusieurs années, les produits minces réfléchissants sont sujets à controverse. Certains fabricants annoncent des performances thermiques équivalentes à celles d'isolants traditionnels d'épaisseur élevée, qui seraient atteintes grâce à l'effet réfléchissant des couches superficielles, voire même parfois internes au produit mince.

#### ▪ Description et principe

Un produit mince réfléchissant (PMR), également dénommé isolant mince réfléchissant, thermo réflecteur ou multi réflecteur, est constitué, dans sa partie centrale, d'une mince couche de matériau (mousse plastique, film de polyéthylène emprisonnant des bulles d'air ou une matière fibreuse) recouverte sur une ou deux faces de feuilles réfléchissantes (feuilles d'aluminium ou films aluminisés). Certains produits sont de types multicouches, les couches précitées étant séparées par des feuilles réfléchissantes intermédiaires. L'épaisseur totale est généralement comprise entre 5 et 30 mm.

## Chapitre 2 : **Matériaux d'isolation innovants**

Vu son épaisseur, un PMR possède une résistance intrinsèque faible. Pour pouvoir bénéficier de l'effet réfléchissant (basse émissivité) des couches superficielles, le produit doit être placé en vis-à-vis d'une, ou mieux, de deux lames d'air non ventilées. La basse émissivité des couches superficielles a pour effet de réduire le transfert de chaleur par rayonnement thermique et d'augmenter ainsi la résistance thermique de la ou des lames d'air ; pour être efficaces, ces dernières ne peuvent toutefois pas être ventilées.

Les PMR sont principalement utilisés en rénovation pour l'isolation thermique des toitures, des planchers et plafonds, des murs, des portes de garage, etc. [4]

### **2.5. La famille des isolants innovants**

#### **2.5.1 Matériaux de construction innovants et méconnus**

Posté le 4 janvier 2016 par La rédaction dans Matériaux, Biotech& chimie, Carrelage écologique, béton LiTraCon, briques BetR-blok... Voici quelques-uns des matériaux innovants qui permettront peut-être de construire la maison de demain en lui octroyant des qualités devenues indispensables : résistance, durabilité, respect de l'environnement et économie en ressources, en énergie, et en coût.

Ils existent et sont parfois utilisés depuis des années, pourtant ils sont encore méconnus. Voici quelques-uns de ces matériaux qui permettront peut-être de construire la maison de demain en lui octroyant des qualités devenues indispensables : résistance, durabilité, respect de l'environnement et économie en ressources, en énergie, et en coût. [5]

#### **a. Structures alvéolaires**



**Figure 2. 20:** illustration de structure alvéolaire

Des industriels proposent un matériau innovant : l'IPAC (isolant porteur alvéolaire cellulosé). Depuis 2010, ils réalisent des maisons en carton – il ne s'agit pas de comprendre

## Chapitre 2 : **Matériaux d'isolation innovants**

des structures de peu de valeur – faites de « plaques composées de feuilles de carton recyclé collées les unes aux autres », puis enduites de polyéthylène pour l'étanchéité.

Le produit est un isolant thermique efficace, écologique et en plus il offre d'autres avantages : une grande résistance aux intempéries (il a essuyé 31 tempêtes à Belle-Île-en-Mer –France-), à un prix intéressant (60 000 euros pour une habitation de 90 m<sup>2</sup>) et surtout des qualités écologiques qui concordent avec la politique de développement durable commercialisé par ces industriels. Le carton peut en effet être recyclé sept fois. La colle est à base d'amidon de maïs ou de blé. Et la fabrication ne nécessiterait que peu d'énergie.

### **b. Le traitement du bois par haute température**



**Figure 2. 21:** Différents types de bois THT « Traiter haute température »

Des acteurs du secteur de la production des matériaux de construction en sont arrivés à un traitement à haute température pour obtenir un bois aux nouvelles propriétés. Celui-ci est soumis à une température qui monte progressivement « dans un milieu contrôlé en oxygène et en humidité ». Selon le niveau de température et le degré de dégradation de l'hémicellulose (une des composantes du bois), la nature du bois obtenue diffère de ce qu'elle était initialement. On compare ce procédé à une pyrolyse ménagée.

Ce traitement a ses bienfaits. La résistance à l'humidité est accrue de 30 à 50% entraînant une meilleure durabilité ainsi qu'une stabilité des dimensions du bois dans le temps. Le bois traité est moins atteint par les moisissures. De surcroît, le procédé est respectueux de l'environnement. Il n'y a pas d'ajout de produits de synthèse et seule la température est responsable du changement des propriétés du bois.

## Chapitre 2 : **Matériaux d'isolation innovants**

L'usage des produits traités se diversifie avec les années. Il s'étend désormais aux produits d'intérieur (ameublement, menuiserie...) ainsi qu'aux produits d'extérieur (bardages, équipements de jardin, routiers et menuiserie). Il devrait donc dans le futur trouver de nouvelles utilisations.

### **c. Le carrelage écologique**



**Figure 2. 22:** Carrelage organique 100% biodégradable

En Allemagne, l'institut Fraunhofer a mis au point un carrelage organique à base d'huile de lin, de fibres naturelles et de céliste – issu de diatomées fossilisées, une classe de micro-algues brunes. Les avantages en sont multiples. Le carrelage Fraunhofer est plus souple et plus léger que la moyenne. Après moulage, il peut prendre différentes formes. Il résiste très bien aux hautes températures (jusqu'à 120 degrés). Sa fabrication est peu gourmande en ressources et en énergie.

Il est bien entendu que les carreaux sont écologiques. Chaque parcelle de carrelage étant biodégradable. Il est possible de choisir les couleurs et motifs avant la fabrication et de rendre lumineux les carreaux en incorporant des pigments fluorescents. On peut donc envisager une conception qui cadre bien avec la volonté de réduire la consommation énergétique.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

### d. Le béton LiTraCon laisse passer la lumière



**Figure 2. 23:** Béton translucide

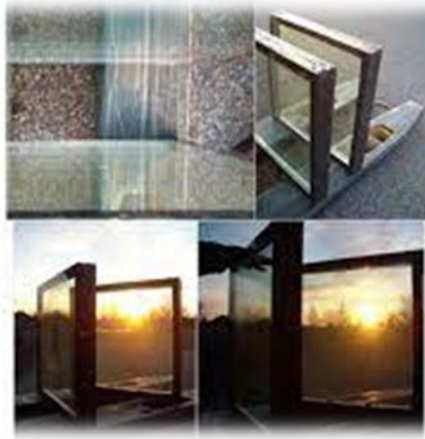
La société austro-hongroise LiTraCon, spécialisée dans la création de matériaux de construction, est quant à elle à l'origine d'un béton en quelque sorte translucide dans lequel ont été insérés des fibres optiques. Grâce à elles, la lumière peut traverser un mur LiTraCon – jusqu'à une épaisseur de 20 mètres selon les tests.

Il augure d'intéressantes perspectives, pour les constructeurs mais aussi pour les artistes qui désireraient s'accaparer de ce matériau. D'une part, car les caractéristiques habituelles du béton sont conservées en termes de résistance et d'isolation. D'autre part, il permet de créer des jeux d'ombre et de lumière, de mettre en évidence des silhouettes et de rendre son intérieur plus vivant.

Seul défaut, un parpaing LiTraCon est fabriqué à la main. Ce qui entraîne des répercussions évidentes sur le coût d'achat, très onéreux.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

### e. Allwater, la maison isolée par l'eau



**Figure 2. 24:** Murs et planchers en verre et d'acier isolé à l'eau

L'architecte hongrois MatyasGuntai a eu une idée plutôt originale en imaginant (et en construisant) une maison qui intègre dans toute sa structure des panneaux de verre et d'acier contenant de l'eau permettant de garder une température agréable tout au long de l'année.

D'après MatyasGuntai, son système s'adapte naturellement aux changements de saison. Ainsi, pendant les grandes chaleurs, l'énergie liée à la température est dirigée puis emprisonnée dans un réservoir d'eau sous la maison – laquelle est ensuite redistribuée en hiver dans les murs.

Toujours selon l'architecte, ce serait une solution économiquement rentable puisqu'elle pourrait faire baisser la facture d'énergie jusqu'à 20%.

## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

### f. Les briques en papier



**Figure 2. 25:** Briques de ciment et de cellulose

Une start-up américaine a basé son activité sur la conception de briques à partir de ciment et de cellulose provenant de papier et de carton recyclés. Les briques ne présenteraient pas de problème de solidité, et seraient même de très bons isolants thermique et acoustique, tout en présentant une résistance aux moisissures et au feu.

Mais l'argument principal est leur vertu écologique. Les concepteurs du projet avancent que « avec le papier gaspillé chaque année aux États-Unis, on pourrait construire un mur de 15 mètres de haut tout autour du pays ».

### g. Le béton à base de fibres de lin



**Figure 2. 26:** Béton à la fibre de lin

Les propriétés du lin confèrent au Btonlin résistance (aux fissurations notamment) et isolation thermique et promettent un impact environnemental moindre. Le matériau est



## Chapitre 2 : Matériaux d'isolation innovants

conforme aux futures réglementations (Réflexion Bâtiment responsable 2020) ainsi qu'au label Bâtiment Biosourcé. Il est commercialisé depuis 2016.

### h. SECC, le béton centenaire



**Figure 2. 27:** Le béton centenaire et ultra résistant

A l'université du Wisconsin-Milwaukee, une équipe de chercheurs est arrivée à mettre au point un béton dont les performances sont bien plus grandes que celle d'un béton classique. Baptisé SECC (Superhydrophobic Engineered Cementitious Composite).

Sa résistance à l'eau et aux fissures est tout à fait remarquable ainsi que sa durée de vie atteignant les 120 ans. Parmi ses qualités, l'une d'entre elles en est un atout majeur constitué par sa ductilité (capacité à la déformation) qui serait 200 fois supérieure à un béton ordinaire. Cette performance est due à des fibres d'alcool polyvinylique non tissées, utilisées comme intrant dans ce béton.

D'une grande résistance à l'eau, qui, lors du contact, s'écoule par les micro-craquelures et ainsi ne stagne pas dans les fissures risquant d'occasionner des détériorations. Les essais à la compression du SECC ont montré des résultats jusqu'à quatre fois supérieurs à ceux du béton armé. [6]

Les **alternatives au béton** continuent à se développer. Parmi elles, on peut citer :

- **L'argile bétonneuse :**

Dont le principe consiste à recréer de la pierre à partir de l'argile, en utilisant une réaction moléculaire alcaline peu énergivore.

- **Le fibrociment**

## Chapitre 2 : **Matériaux d'isolation innovants**

Consistant en un mélange des fibres végétales ou tirées de déchets pour réduire de 50 % les besoins en ciment.

- **Le composite à partir de sable du désert**

Une start-up britannique est parvenue à utiliser l'inépuisable sable du désert, pour produire un béton à l'impact carbone deux fois plus faible au moins. Ce qui semble être une solution toute indiquée pour notre pays disposant de grandes ressources de ce matériau.

[7], [8].

### **2.6. Conclusion**

Les évolutions dans le domaine de la construction ont imposé aux industriels des matériaux de se tenir en permanence à l'écoute des réalisateurs et des innovations aussi bien dans les matières employées que dans les mises en œuvre elles-mêmes.

Ceci a conduit à l'invention, la réutilisation ou le recyclage de produits ou matières qui, aujourd'hui, attirent l'attention de tous les décideurs, concepteurs et réalisateurs de projets.

**Chapitre 3 :**

**Les équipements de  
construction innovants**

# Chapitre 3 :

## Les équipements de construction innovants

### 3.1. Introduction

Les équipements innovants sont le moyen le plus simple et efficace pour baisser les dépenses et réduire les consommations énergétiques dans les habitats.

Les postes de dépenses énergétiques d'un bâtiment sont susceptibles d'être améliorés grâce à ces appareillages qui permettent à la longue de faire des économies d'énergies.

Les deux éléments vis-à-vis desquels les consommateurs manifestent une sensibilité sont l'aspect écologique et les montants des factures à régler.

### 3.2. Divers domaines sont à explorer

#### Pompe à chaleur et radiateur électrique innovants



**Figure 3. 1:** Image d'une PAC (pompe à chaleur air-air et air-eau)

Le chauffage est certainement l'installation la plus énergivore dans une habitation car le moment où il est le plus sollicité se trouve être la période de la journée où l'énergie est facturée aux tarifs les plus hauts. [1]

On pourrait obtenir une baisse de consommation en inversant la mise en marche de ce chauffage, produisant donc des économies dues à son emploi, pendant les heures creuses.

## Chapitre 3 : Les équipements de construction innovants

Alors que si l'on connectait cette pompe à chaleur à un système de batteries qui auraient la capacité d'emmagasiner l'énergie récoltée durant les heures creuses, on pourrait réutiliser cette énergie aussi bien pour les besoins de chauffage que du reste des appareillages électroménagers.

Il est à savoir qu'il existe dans les nouvelles pompes à chaleur un nouvel élément équipant ces appareils consistant en une pierre appelée **zéolite** qui garantit une puissance et un rendement intéressants, dus à sa particularité d'absorption et de restitution de la chaleur.

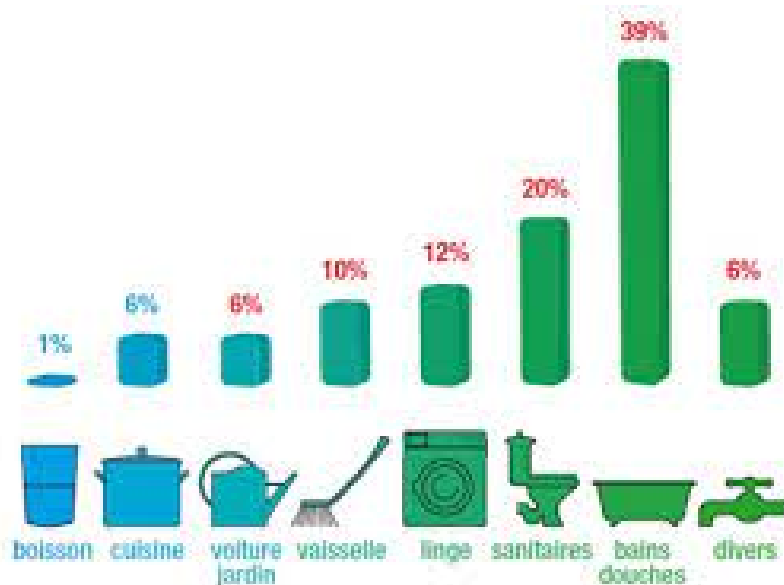


**Figure 3. 2:** Pompe à chaleur intégrée à énergie solaire

En ayant résolu le problème du stockage de l'énergie produite par le photovoltaïque, il est possible de penser à une consommation énergétique mixte incluant l'énergie conventionnelle. Ceci permettrait d'obtenir une baisse des factures qui y sont liées tout en préservant l'environnement et les objectifs de durabilité. [2]

# Chapitre 3 : Les équipements de construction innovants

## 3.3. Consommation d'eau contrôlée

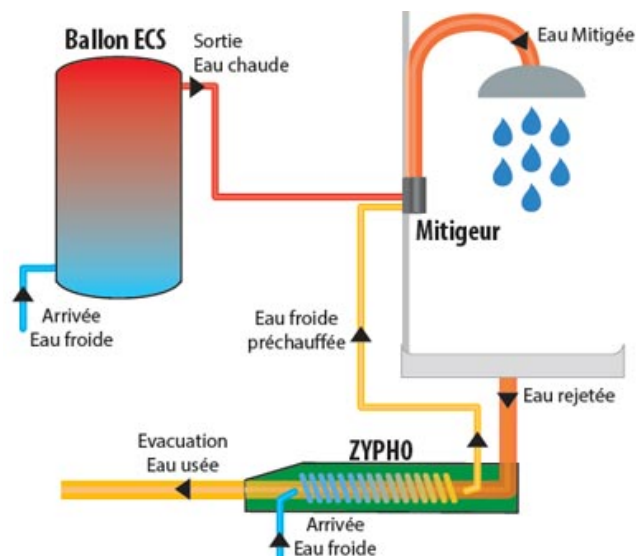


**Figure 3. 3:**Illustration : Centre d'information sur l'eau

Sachant le manque d'attention manifestée lors de la consommation de l'eau (bain, douche,...), il n'est pas très aisé de se rendre compte que l'on peut arriver à une quinzaine de litres par minute, pouvant atteindre parfois la quarantaine de litres.

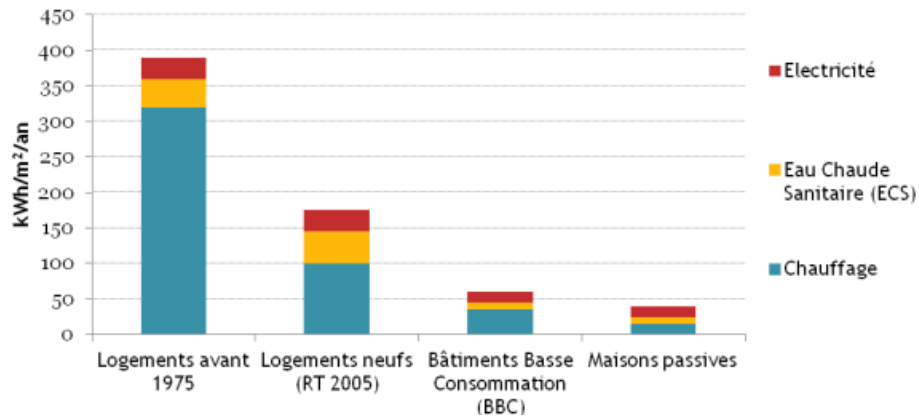
Il existe par exemple, un pommeau de douche équipé d'ampoules LED changeant de couleur tous les 10L d'eau consommés, clignotant en rouge en atteignant les 40L. [3]

## 3.4. Récupération de la chaleur dégagée par les eaux usées



**Figure 3. 4:** Système mis en place afin de récupérer la chaleur de l'eau de douche

## Chapitre 3 : Les équipements de construction innovants



**Figure 3. 5:** Evolution des besoins énergétiques des bâtiments au cours du temps et des Réglementations Thermiques (RT), les BBC sont des bâtiments à consommation énergétique améliorée (RT2012)[4]

Souvent le rejet des eaux usées se fait pendant qu'elles sont encore chaudes, ce qui entraîne une perte de chaleur qui est récupérable. L'idée a été exploitée par une société étrangère qui propose de capter cette chaleur et l'utiliser pour le chauffage de l'habitation grâce à un échangeur alimentant une pompe à chaleur. Dans certains immeubles cette technologie a permis de couvrir jusqu'à 90% des besoins en eau chaude sanitaire

À l'heure de la transition écologique, la consommation d'énergie devient un enjeu considérable. Il est de la responsabilité et dans l'intérêt de chacun de faire attention à sa consommation. [5]

### 3.5. Conclusion

La présentation qui vient d'être exposée montre, si besoin était, la perspicacité de la prise en compte de l'écologie, de la durabilité et de l'efficacité dans la construction en général et dans l'habitat en particulier. Ceci doit, dorénavant, faire partie des réflexes à adopter lors d'établissement de projets ou d'études pour ensuite les proposer systématiquement à la réalisation.

## **Chapitre 4 :**

# **Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants**



## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

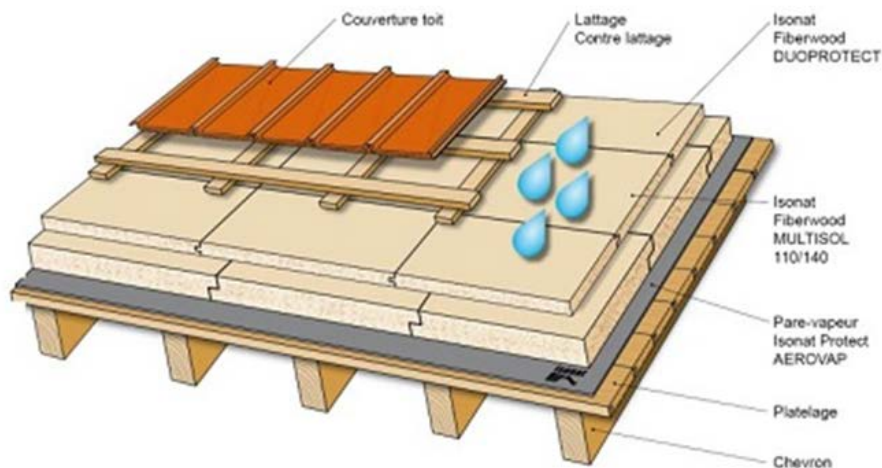
### 4.1. Introduction

Les travaux d'isolation peuvent être réalisés de différentes manières ou matériaux et sous plusieurs formes, dans le bâtiment. Quelles que soient leurs mises en œuvre dans la construction et ayant même un impact économique positif, l'aspect le plus important assurant le plus de confort reste les Isolations : **Thermique, Acoustique, Phonique.** [1]

### 4.2. L'isolation thermique

La mise en œuvre d'une solution thermique vise l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment en limitant les déperditions et les ponts thermiques. Pour couper tout pont thermique, la meilleure solution consiste à recouvrir par l'extérieur l'ensemble des parois de la construction. Ce qu'on appelle isolation thermique par l'extérieur ou ITE. Par ailleurs, lorsque cette solution n'est pas envisageable, il est possible de recourir à une isolation thermique par l'intérieur également dite ITI.

#### ❖ ITE



**Figure 4. 1 :** Isolation thermique extérieur de la toiture

Pour éviter les déperditions thermiques tout en préservant la surface habitable d'une construction, la mise en œuvre d'une ITE est préférable. On peut isoler la toiture ainsi que les murs avec cette solution.

Pour l'isolation de la toiture, deux solutions existent : le sarking et l'isolation entre et sur chevrons. Le détail de ces solutions est disponible dans les rubriques destinées à ces mises en œuvre. [2]

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

Pour l'isolation des murs par l'extérieur, on distingue 3 solutions :

- L'utilisation de panneaux rigides support d'enduit comme les panneaux Steico PROTECT en fibre de bois ou encore les plaques de polystyrène expansé.
- Une isolation sous bardage ventilé en utilisant par exemple une laine de bois Steico Flex avec un bardage bois douglas.
- Ou enfin une solution de panneau isolant/ finition qui offre un gain de temps appréciable. Par exemple, les panneaux de Liège Spécial Façade.

Dans de nombreux cas, ces solutions peuvent s'avérer trop coûteuses.

En effet, par exemple, si la toiture est en bon état, il est peu opportun de procéder à une isolation de la toiture par l'extérieur. Dans tous ces cas, il conviendra de s'orienter vers un traitement des déperditions thermiques par l'intérieur.

### ❖ ITI



**Figure 4. 2:**Isolation thermique d'un mur par l'intérieur

Souvent très économiques, les solutions d'isolation par l'intérieur sont adoptées par les auto-constructeurs lors de petites rénovations. Ainsi, l'isolation des combles permet, ++avec quelques rails, des montants, un isolant de type laine de verre ou laine de chanvre et un parement, de réaliser des travaux d'économies d'énergie dans l'habitat. [2]

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

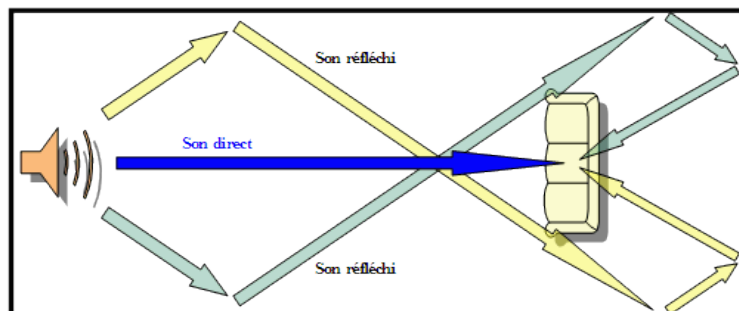
### 4.3. L'acoustique et le phonique



**Figure 4. 3:** L'isolation phonique et acoustique avec des matériaux écologiques ou bio sourcés

L'acoustique se rapporte davantage à une recherche de confort par l'atténuation de la réverbération des bruits à l'intérieur d'une pièce. Le phonique revêt deux réalités : les bruits d'impact transmis par vibration d'un élément à un autre et les bruits aériens qui se propagent dans une pièce.

#### A. L'isolation acoustique, un traitement de surface



**Figure 4. 4:**Le traitement acoustique des objectifs

Souvent confondu, l'isolation acoustique et l'isolation phonique tentent de résoudre des problèmes bien différents. Ainsi, on parle d'acoustique pour tout ce qui se rapporte aux réverbérations du bruit sur les parois d'une pièce. Par exemple, le simple fait d'ajouter des

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

meubles dans une pièce permet d'améliorer le confort acoustique d'une pièce mais ne sera d'aucune aide contre les bruits de pas ou les cours de violon du mitoyen.

Le traitement du confort acoustique peut être facilement traité par les surfaces. Par exemple, des panneaux de liège expansé brut, grâce à leurs surfaces non planes qui permettent de limiter les réverbérations des bruits sur les parois.

### B. L'isolation phonique

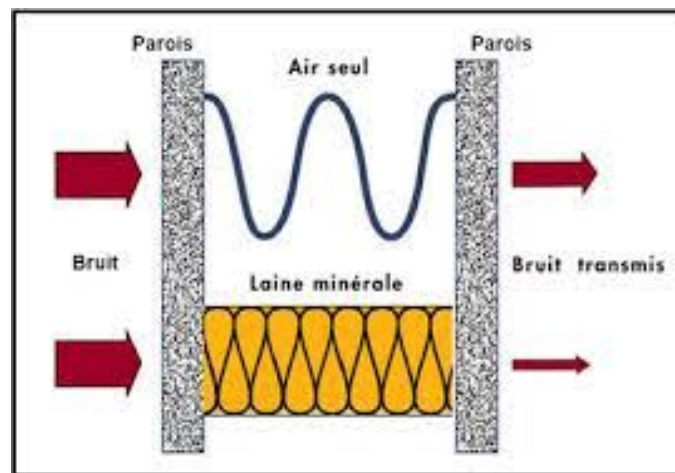


Figure 4. 5:Schéma isolant acoustique

Pour l'isolation phonique, il n'existe malheureusement pas de produit particulier. En effet, le traitement du phonique dans une habitation tente de régler deux types de bruits : les bruits aériens et les bruits d'impacts. Le traitement des bruits aériens est le plus simple à traiter. Une bonne isolation phonique s'obtient grâce à la mise en place de plusieurs couches de densité et de propriétés différentes.

Ainsi le complexe Corkcoco composé de liège et de fibre de coco apporte sur les murs, les plafonds ou même les sols avec deux couches de liège dense et une couche en fibre de coco. Une autre solution également plébiscitée est la double-cloison Fermacell avec panneau de ouate de cellulose BiofibOuate.

Les bruits d'impact constituent un phénomène difficile à traiter. En effet, les vibrations des pas du voisin du dessus ou d'à côté, se propagent par la dalle de sol, en passant par les rails et montants du double mur, les vis et suspentes métalliques, les poutres... des sols aux murs et des murs aux plafonds. Pour traiter ce genre de bruit, il conviendra de s'assurer de couper toutes connexions pouvant transmettre les vibrations d'un élément à un autre. Ainsi, la

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

pose d'un sous parquet comme du liège ou encore des bandes résilientes sous les cloisons et le doublage seront autant de solutions pour éviter la transmission de ces vibrations.[2]

### D. L'isolation thermique intégrée :



**Figure 4. 6:** Briques mono mur-intégrées d'isolant

L'isolation thermique intégrée est une isolation des murs dans leur épaisseur. Elle n'est envisageable que lors des travaux de construction ou lors d'une opération de rénovation lourde, comme une extension ou une surélévation. L'isolation et la construction se font à l'aide d'un seul matériau. Les matériaux utilisés sont les briques mono murs en terre cuite également nommées briques multi alvéolaires ou les blocs et panneaux en béton cellulaire.



**Figure 4. 7:** Brique mono-alvéoles remplies de perlite

Cette technique d'isolation permet de gagner du temps et donc de faire des économies sur le coût de la main-d'œuvre. Parmi ses autres avantages, cette technique deux-en-un limite les risques de pont thermique et reste une solution de construction durable. L'isolation intégrée présente ainsi la même durée de vie que les murs porteurs.

## Chapitre 4 :

# Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

Le prix au mètre carré d'une isolation des murs dans leur épaisseur dépend beaucoup du coefficient de résistance thermique de l'isolant utilisé.

Si vous souhaitez que votre maison individuelle bénéficie du label BBC (Bâtiment Basse Consommation), vous devez opter pour un matériau pour les murs, dont le coefficient est au moins égal à  $4 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ . Le coefficient annoncé sur le produit est garanti si celui-ci bénéficie du label de l'ACERMI, un organisme indépendant.

Lors d'un projet de construction, vous pouvez également réfléchir à des techniques naturelles pour isoler votre maison et la rendre moins énergivore. Ainsi, un toit-terrasse avec des végétaux renforce l'action de l'isolation thermique.

Dans le cadre de travaux de rénovation, isoler son habitation par l'intérieur ou par l'extérieur est susceptible de donner droit à des aides (taux de TVA réduit, isolation des combles pour un euro, crédit d'impôt, subventions, Éco-prêt à taux zéro).

Ces chiffres et moyennes ont été obtenus à partir des données fournies volontairement par des utilisateurs de Travaux.com. Ils correspondent aux devis demandés par l'intermédiaire de nos formulaires de demande de devis et établis par des professionnels partenaires.[2]

### 4.4. L 'isolation thermique repartie

#### 4.4.1. La brique multi-aléatoire

Les « mono-murs » sont montés avec des briques multi-alvéolaires, qui sont une technique de maçonnerie en brique creuse de terre cuite à alvéole verticale dont l'épaisseur varie de 25 à 50 cm, le montage est fait avec des joints minces de mortiers collés.

Une isolation thermique repartie est ainsi obtenue ne nécessitant aucune autre complémentaire, sachant qu'il est toujours possible de rajouter une isolation thermique par l'intérieur ou l'extérieur.

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants



**Figure 4. 8:** Brique multi –alvéolaires remplies d'isolant

Les parois en brique multi alvéolaire doivent répondre aux normes de marquage CE (norme NF EN- 771-1), les mortiers utilisés doivent également répondre aux normes CE (norme NF EN 998-2)

Ainsi utilisés, ce système de brique multi alvéolaire assure les fonctions de stabilité mécanique de l'ouvrage, sert au contreventement, assure une isolation thermique acoustique ainsi que des étanchéités à l'eau et l'air. [2]

### 4.4.2. Les murs en béton cellulaire



**Figure 4. 9 :** Construction mur en béton cellulaire



## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants



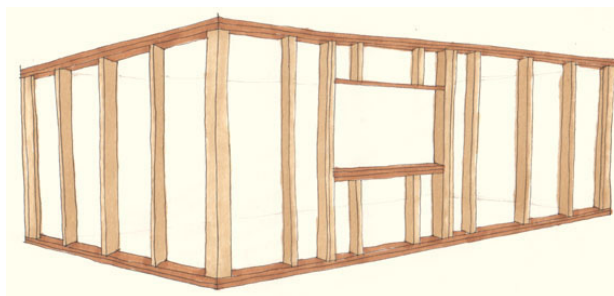
**Figure 4. 10 :** Pose de bloc en béton cellulaire

Il est possible de réaliser des maçonneries en bloc de béton cellulaire et obtenir ainsi une performance d'isolation thermique, supérieur à celle des murs traditionnels non isolés, on peut par ce procédé obtenir une isolation thermique répartie même lorsque aucune autres ne lui ai associé.

Sachant que l'on peut toujours apporter un complément par l'extérieur ou par l'intérieur, des joints minces de mortiers colles sont utilisées pour le montage des murs ou des joints épais de mortier courant ou léger.

Cette technique a des fonctions structurales de capacité portante et de contreventement, d'isolation acoustique, d'isolation thermique et d'étanchéités à l'air et à l'eau.

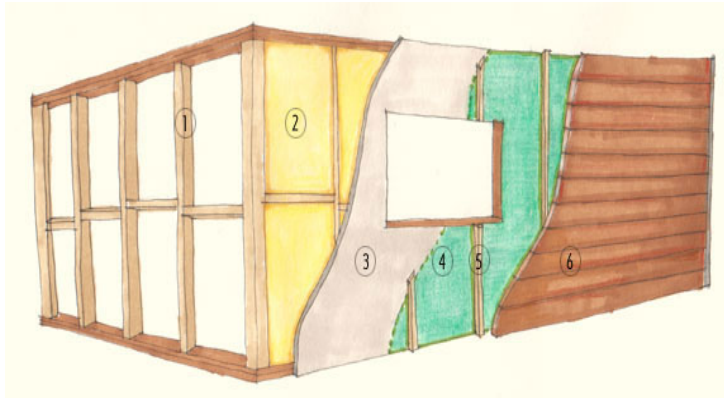
### 4.4.3. Les murs à ossature en bois



**Figure 4. 11 :** Détail du squelette d'un mur ossature bois



## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants



① Montants.

② Isolation.

③ Panneau structurel à base de fibre de bois.

④ Pare-pluie.

⑤ Tasseaux en bois du Nord.

⑥ Lames de bardage.

**Figure 4. 12 :** Principaux constituant d'un mur ossature bois

Le procédé vise à la réalisation de parois verticales porteuses. De manière générale elles sont constituées.

De montant en bois massif, de panneaux de contreventement à base de bois, d'une isolation semi rigide à base de matériaux fibreux placée entre les montants, d'une membrane par-vapeur coté intérieur de l'isolant d'un pare-pluie extérieur et d'un revêtement extérieur et intérieur.

Il peut être ajouté à l'intérieur ou à l'extérieur une isolation complémentaire pour améliorer les performances thermique des parois.

Intérieurement un doublage fixé mécaniquement ou en rajoutant une base de complexe collé peut être réalisée.

Extérieurement, il peut être réalisé par collage ou une base d'isolation, en complément le mur à ossature de bois peut satisfaire à l'exigence d'isolation thermique, acoustique (vis-à-vis de l'extérieur et entre les locaux), au contreventement et stabilité mécanique de l'ouvrage, aux étanchéités à l'eau et à l'air.[2]

## Chapitre 4 :

### Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

#### 4.5. L'isolation thermique par l'intérieur

- L'isolation intérieure réalisée à partir de complexes (type BA13...)



**Figure 4. 13 :**Plaque de plâtre



**Figure 4. 14 :** Pose de plaque BA13 sur murs intérieurs

Ce procédé consiste en un doublage de mur d'habillage vertical horizontal ou incliné que l'on exécute avec des complices d'isolation thermique collé ou fixé mécaniques sur une parois ,des finitions traditionnelles peuvent y être appliquées .

Ces complexes sont faits d'un panneau isolant en laine minéral -verre ou roche -, ou en plastique alvéolaire –polystyrène ou polyuréthane- collé sur une plaque de plâtre.

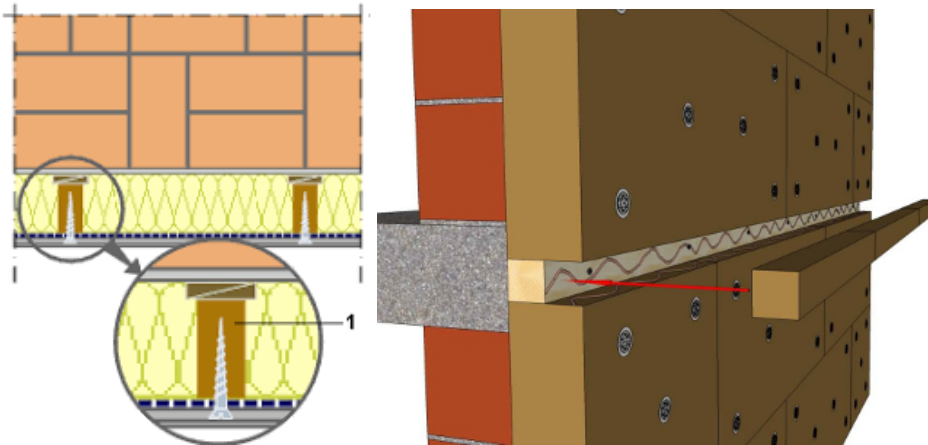
Ces dispositifs peuvent avoir un pare vapeur placé entre l'isolant et plaque de plâtre.

Les joints entre complexes sont réalisés par des bandes étanches couvertes d'enduit.

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

Ce système contribue à l'isolation thermique des parties opaques de l'enveloppe du bâtiment et parfois à l'isolation acoustique.[2]

- **Le doublage fixé mécaniquement**



**Figure 4. 15** : La fixation mécanique d'une paroi par chevilles + encollage

Il s'agit d'un système placé du côté intérieur d'une paroi formant une contre cloison isolante visée sur les ossatures ou des fourrures verticales, Fait d'une isolation et d'une ossature fixée à cette paroi.

Les matières isolantes utilisées sont essentiellement des laines minérales, mais le plastique alvéolaire peut aussi être utilisé.

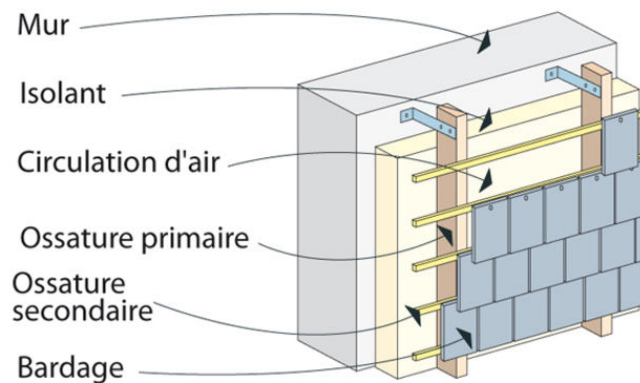
Le jointement entre les complexes sont également fait par des bandes étanches couvertes d'enduit.

Ce système de doublage permet une résistance au choc ensuite une isolation acoustique et une isolation thermique des parties opaques de l'enveloppe du bâtiment [2]

### 4.6. L'isolation thermique par l'extérieur

- **Le bardage rapporté**

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants



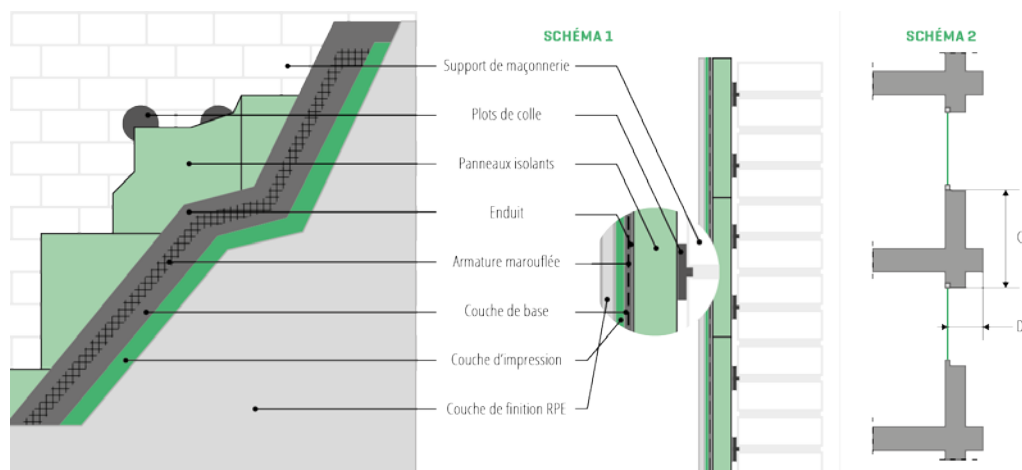
**Figure 4. 16 :** Bardage rapporté horizontal ou vertical

Les murs extérieurs peuvent servir de support à un système de revêtement extérieur en façade. Cela doit être un parement fixé sur des ossatures en bois ou en métal.

Le coût du procédé de ce bardage est très corrélé à la nature de ces parements. Ceux-ci peuvent se poser avec des joints ouverts ou fermés, les produits isolants afférents à ce système sont le plus souvent des panneaux ou des rouleaux de laine minérale (sans pare-vapeur), sachant qu'il est possible d'utiliser des isolants plastiques (polystyrène, polyuréthane).

Ce système permet une isolation thermique des parties opaques de l'enveloppe du bâtiment ainsi qu'une participation à l'étanchéité à l'eau. [2]

- **Les ETICS (système d'isolation thermique par l'extérieur)**



**Figure 4. 17 :** Systèmes d'isolation thermique par l'extérieur (ETICS) en pose initiale

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

Les **ETICS** (External Thermal Insulation Composite Systems \_\_ système d'isolation thermique par l'extérieur) forment des systèmes par des enduits appliqués sur les isolants, pour des travaux neufs ou de rénovations. Ces enduits peuvent être minces sur polystyrène expansé, épais sur polystyrène expansé ou mince sur laine de roche.

Les ETICS sont faits d'enduit renforcé par une armature –couche de base armée, d'un panneau isolant et une couche de finition.

Les armatures sont souvent métalliques –fixées par agrafes sur l'isolant -, ou des treillis en fibre de verre –système mince- .

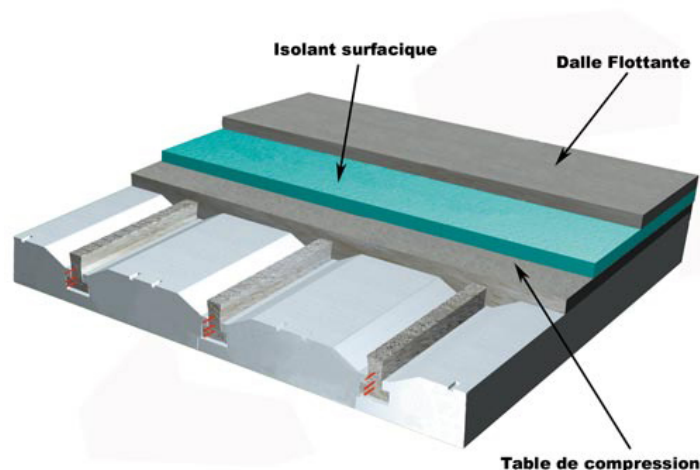
Le panneau isolant est soit collé soit fixé mécaniquement au support.

On utilise des enduits à base de liants hydrauliques, des granulats apparents, des revêtements à base de liant organique ou silicate pour procéder à la finition des murs.

On obtient par ces systèmes une isolation thermique des parties opaques de l'enveloppe du bâtiment ainsi qu'une protection contre les pluies.[2]

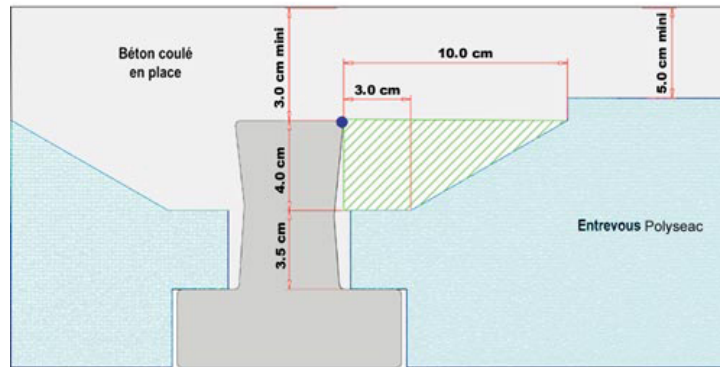
### 4.7. Les planchers bas

- L'isolation sous chape ou dalle flottante



**Figure 4. 18 :** Plancher Duo hourdis isolant associé à une dalle flottante

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants



**Figure 4. 19 :** Illustration détaillée du plancher hourdis poutrelle

Pour des travaux neufs ou de rénovations, pour assurer l'isolation thermique ou acoustique du plancher, ce système d'isolation peut être évoqué pour des planchers bas sur terreplein, vide sanitaire, locaux techniques, ou des planchers intermédiaires.

Il se réalise sous chape ou dalle flottante et est rapporté sur les planchers, consistant au coulage d'une dalle de béton ou chape en mortier sur un isolant thermique ou une sous couche acoustique, la combinaison de ces deux derniers est envisageable.

Le procédé consiste en un enduit de préparation de sol, d'un isolant ou sous couche acoustique d'une bande périphérique souple recouverte d'une dalle en béton armé et enfin d'une chape en mortier ou d'un mortier de scellement lorsque l'on pose un carrelage scellé.

Les isolants thermiques, de constituions diverses, en laine minérale, plastique alvéolaire, mousse phénolique, perlite expansé, liège, laine de bois ...se présentent en panneaux ou dalles a plots (seulement en plastique alvéolaire moulé) doivent avoir un bon indice de résistance à la compression.

Les rouleaux pour sous couche acoustique sont des complexes de quelque millimètre d'épaisseur faits de fibre de verre de polyester, de bitume...etc.

La bande périphérique a pour fonction essentielle de désolidarisé chape et sous couche de la paroi vertical. Celle-ci est réalisé à l'aire d'une bande compressible indépendante ou d'une remonter de la sous couche de plancher.

On obtient par ce procédé une isolation thermique, acoustique, participant à la résistance au feu.[2]

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

- La projection d'isolation



**Figure 4. 20 :** Projection pneumatique d'isolant

L'isolation thermique par projection pneumatique utilise des produits en vrac. Les liants, les isolants et les adjuvants composent le produit à projeter.

Laine minérale, vermiculite, perlite, polystyrène expansé argile expansé sont les isolants le plus souvent employés.

Liants à base de résine en dispersion aqueuse, hydraulique–ciments courants, maçonner, prompt, alumineux fondu, chaux de construction- sont les liants le plus souvent utilisés.

Agents moussants, produits adessifs, fluidifiants, épaississant, accélérateur ou retardataire de prise, ignifugent, sont les adjuvants les plus souvent employés.

On peut adjoindre une couche de revêtement de finition pour fixer ou durcir le système ou le décoré.

On obtient par ce procédé une isolation thermique et une sécurité d'incendie.



## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

- Les Planchers à entrevous en polystyrène « hourdis »

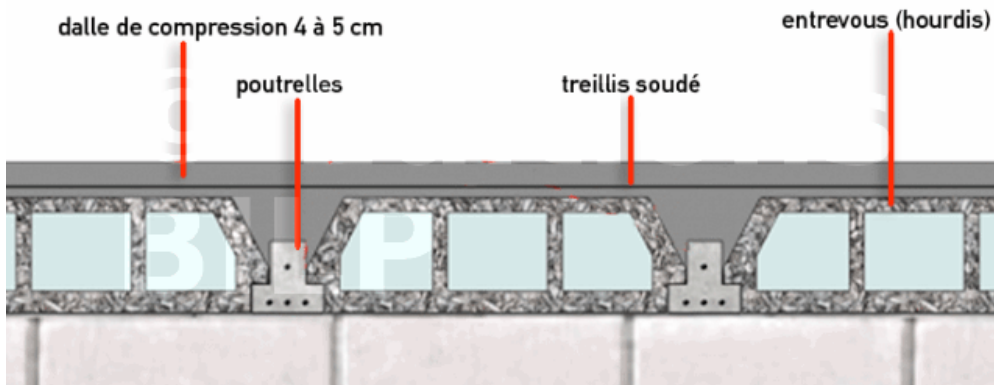


Figure 4. 21 : Coupe d'une Dalle avec hourdis en polystyrène

Du fait de leur nature –polystyrène expansé–, les entrevous ou hourdis sont des éléments de coffrage à poser entre les poutrelles qui supportent la table de compression (ou plancher), faisant ainsi un système d'isolation thermique pour celle-ci.

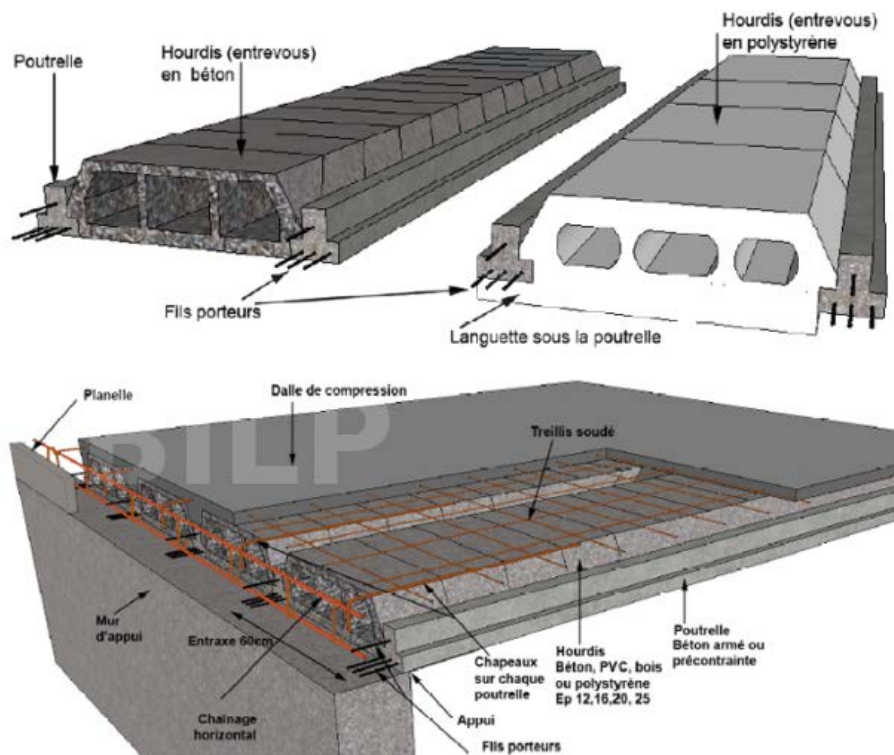


Figure 4. 22 : Le plancher semi préfabriqué (poutrelle en béton –hourdis en polystyrène - dalle de compression)



## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

Il est constitué de poutrelles en béton, d'hourdis en polystyrène moulé ou découpé, de dalle de compression en béton armé (table de compression) et d'écran thermique (laine de bois ou plaque de plâtre) pouvant être intégré à la fabrication en sous-face de l'entrevous (hourdis) donnant ainsi plus de résistance du plancher vis-à-vis du feu.

Ce système procure une isolation thermique, acoustique, résistance au feu et stabilité mécanique de l'ouvrage. [2]

### 4.8. Les plancher haut

Sachant qu'en Algérie les constructions en toitures sont très peu répandues, il convient de décrire les systèmes d'isolation pour ce type d'isolation.

- **L'isolation des combles perdus**



**Figure 4. 23** :L'isolation des combles par une laine de verre à souffler

La pose d'une ou plusieurs couches d'isolant (couche simple, deux couches croisées ou en vrac) forme un système d'isolation qui sépare l'espace chauffé du comble perdu. Les matériaux isolants sont des laines minérales, plastique alvéolaire, produit d'origine animale ou végétale se présentant en rouleau en panneaux ou en vrac.

Avant la pose du système on peut mettre en œuvre une membrane pare-vapeur qui servira également d'étanchéité à l'air.

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

- L'isolation des combles aménagés



**Figure 4. 24 :** Pose d'isolant en vrac pour un comble aménageable

Pour les combles aménagés le même procédé est mis en œuvre pour une charpente traditionnelle ou industrielles, les isolants sont identiques à base des mêmes matières, sauf les isolants en vrac qui ne sont pas utilisés dans ce cas.

Les espaces aménagés sous toiture reçoivent les deux épaisseurs d'isolant croisées, entre les chevrons et contre-chevrons, le tout sera habillé de plaques de plâtre ou de bois (BA13, plaque de bois aggloméré, ...)

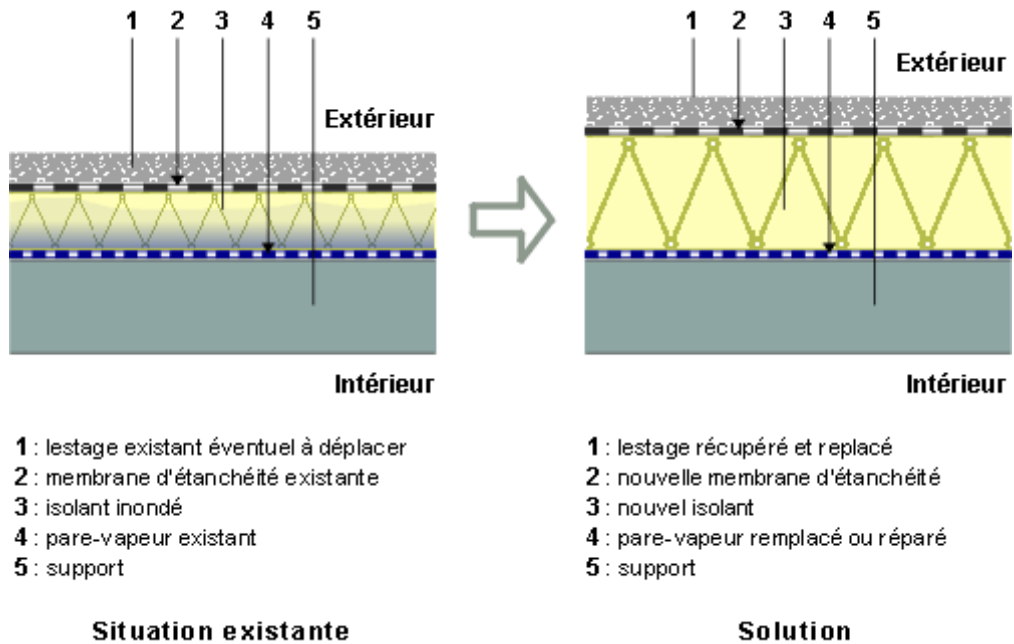
Dans ces deux types de construction on obtient une isolation thermique et acoustique des parois opaques du bâtiment, certains systèmes peuvent comporter une étanchéité à l'air.

[2]

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

### 4.9. La toiture

- La toiture terrasse avec isolation thermique support d'étanchéité ou toiture inversée :



**Figure 4. 25** : Système de couverture isolée : une toiture inversée

D'inclinaison égale ou inférieure à 5%, la toiture terrasse est faite d'un élément porteur – supportant les charges de la toiture : poids propre, personnes, équipements, intempérie...-, éventuellement d'un pare-vapeur, d'un support d'étanchéité, d'un revêtement d'étanchéité (mono ou multi couche) et des protections d'étanchéité.

On peut procéder à la mise en place d'un pare-vapeur sous la couche isolante sauf lors de la mise en œuvre de plaque de verre cellulaire (car ce matériau n'est pas sensible au transfert de vapeur d'eau), ou pour les toitures inversées (à cause du revêtement d'étanchéité sous les panneaux isolants).

Le revêtement d'étanchéité mis directement sur son support qui peut être l'élément porteur lui-même, un panneau isolant non porteur ou un ancien revêtement d'étanchéité.

Recouvrant la totalité de la surface de la toiture, la continuité du revêtement d'étanchéité est essentielle du fait qu'elle assure l'étanchéité à l'eau.

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

Ce système peut être fait de deux feuilles bitumineuses (bi couche), d'une feuille bitumineuse ou d'une membrane synthétique (monocouche), d'asphalte, d'un procédé d'étanchéité liquide ou mixte sous asphalte.

Pour assurer une protection à l'étanchéité contre l'agression climatique on peut adjoindre des protections lourdes meuble –lit de granulats, terre végétale,- ou dures –dalles sur plots ou en béton sur lit de granulats...,-.

Ce système de toiture terrasse avec isolation thermique support d'étanchéité ou toiture inversée permet une étanchéité à l'air et à l'eau, une isolation thermique des parties opaques de l'enveloppe du bâtiment, acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs une stabilité mécanique de l'ouvrage. [2]

- **Les panneaux sandwichs et supports de couverture**



**Figure 4. 26 : PANNEAU SANDWICH EN TOITURE**

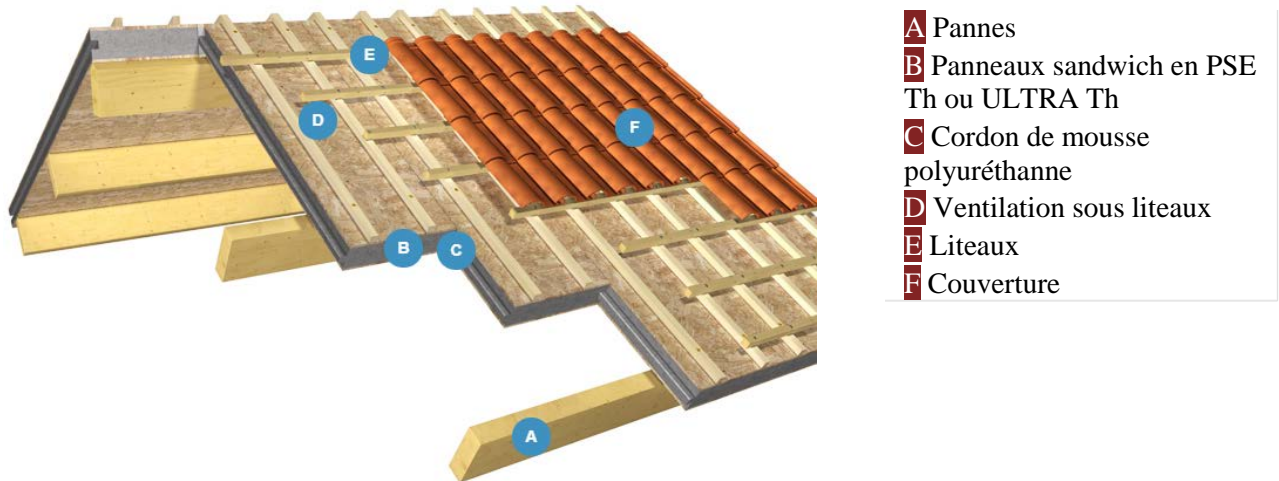
C'est un produit manufacturé obtenu par collage qui est fait d'un assemblage de parement intérieur, d'un système d'isolation –en une ou plusieurs couches -, et d'un parement extérieur. Ils sont fixés directement sur la structure de la toiture.

Des parements intérieurs peuvent être des plaques de plâtre, panneaux de particules, lambris...

L'isolation thermique utilisée est généralement faite de mousse plastique alvéolaire.

## Chapitre 4 : Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants

Les parements extérieurs peuvent être faits de panneaux particules, OSB, contreplaqué, lambris ....



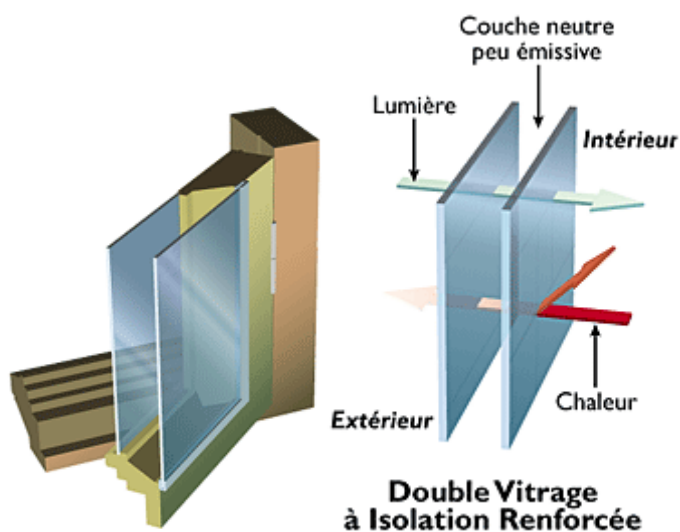
**Figure 4. 27** : Détail d'un panneau sandwich

Les couvertures de ce système peuvent être faites d'ardoise, bardeaux bituminé, des tuiles « Canal », à glissement en béton, plate en terre cuite ou béton ou couverture métallique

Les panneaux sandwichs procurent l'isolation thermique un support de couverture et une étanchéité à l'heure. [2]

### 4.10. Les parois vitrées et les occultations

- Les parois vitrées



**Figure 4. 28** : Coupe fenêtre double vitrage Fixés sur un support en aluminium



## Chapitre 4 : **Procédés et techniques de la mise en œuvre des isolants**

Des éléments transparents ou translucides composent ces parois. Ils sont en vitrage minéral -vitrage isolant- ou vitrage organique –plaque en polycarbonate. Des cadres opaques en bois, métal, plastique ou mixte sont les supports sur lesquels ils sont fixés.

Ces parois vitrées peuvent comporter des occultations fixe ou mobile (persiennes, rideaux, volet roulant...)

Parmi tous ces éléments on peut citer les fenêtres, les portes fenêtres, les portes d'entrée, blocs-baies, façade légère, verrière, lanterneaux, puits de lumière, brique de verre, vitrines et fenêtres de toit.

Par ces procédés de parois vitrées, il est recherché de l'efficacité énergétique et du confort par l'isolation thermique, acoustique, étanchéité à l'air, transmission de lumière dans le bâtiment apport énergétique.

Les industrielles du secteur ont réussi à apporter des améliorations telles que pour l'isolation thermique par exemple les performances ont été améliorées deux fois en une décennie.

Désormais on attend de ces systèmes non seulement de l'isolation thermique ou acoustique mais également de pouvoir récupérer activement de l'énergie solaire et de la transmission de lumière dans les locaux.

Quelques innovations sont apportées, comme par exemple les ventilations sont placées dans les dormant de portes et fenêtres ou des procédés de capteur solaire que l'on intègre dans les vitrages. [2]

### **4.11. Conclusion**

Avec ces produits, nouveaux ou réactualisés, les adaptations ont vu le jour pour une efficacité optimale lors de la mise en œuvre afin d'en obtenir les meilleurs rendements aux meilleurs coûts. Les entreprises de réalisation ont dû procéder à la formation des personnels à ces nouveaux concepts dans tous leurs compartiments : Logistique, administration, gestion des ressources humaines et utilisation des matériaux.

## **Chapitre 5 :**

# **Enquête in situ**

# Chapitre 5 : Enquête in situ

## 5.1 Introduction

L'adage dit, « la meilleure énergie est celle que l'on ne consomme pas ».

30% de la chaleur s'échappe par le toit, 25% par les murs et 10% par les sols. L'isolation permet la baisse des factures énergétiques en procurant un meilleur confort et représente un véritable prérequis à un projet de réalisation nouvelle ou de réfection.

Cette série de questions est destinée aux entreprises de construction spécialisées dans les équipements ou les matériaux d'isolation.

L'objectif du présent questionnaire est de connaître l'importance, telle que se la représentent les entreprises algériennes, concernant l'efficacité énergétique dans le bâtiment et la construction en Algérie tout en respectant l'environnement ou en utilisant des matériaux innovants durables et écologiques.

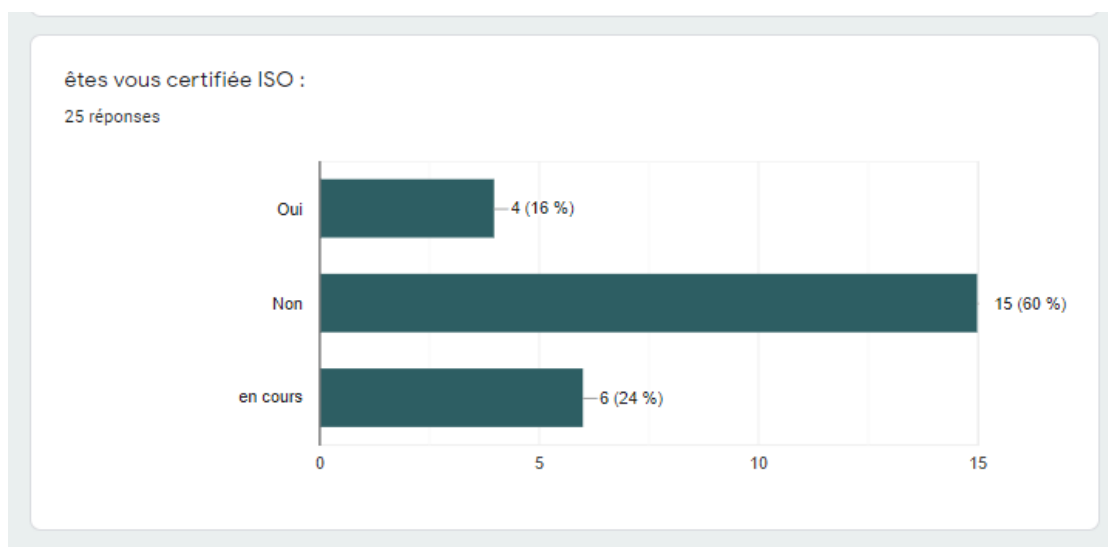
## 5.2 Traitement des résultats et discussions

Les réponses obtenues lors de ce sondage auprès des professionnels du secteur vont permettre d'avoir une idée globale sur l'utilisation de ces matériaux et équipements sur le plan local, car nous manquons de données sur le plan national. Il en ressort que l'information sur le sujet du développement durable doit être faite à une plus grande échelle avec bien plus de persuasion afin d'obtenir l'adhésion du plus grand nombre de réalisateurs.

Concernant l'étude, à proprement parler, pour la majorité des entreprises participantes peu d'intérêt était manifesté pour les normes de réalisation, pour une proportion appréciable, elles ont déclaré être en voie d'application de ces normes et une minorité d'entre elles les respectaient effectivement.

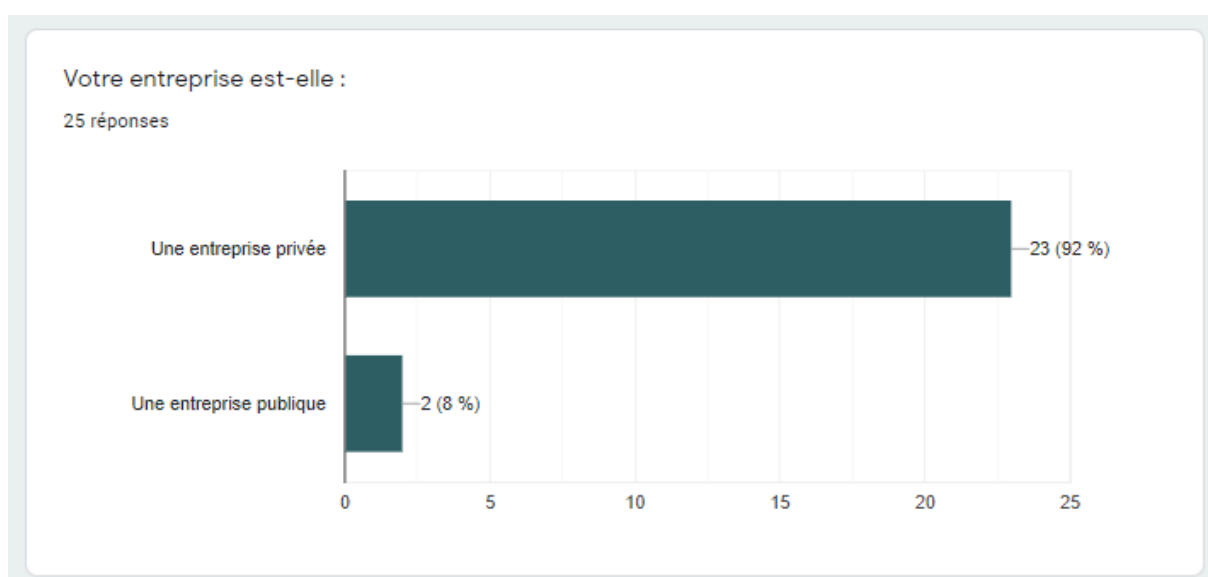


## Chapitre 5 : Enquête in situ



**Illustration 5. 1 : Diagramme I**

Les entreprises concernées sont soit spécialisées dans le domaine de l'isolation et les équipements, soit dans la réalisation en tous corps d'état et donc ayant recours aux matériaux d'isolation et aux équipements améliorant le confort de vie, et enfin celles n'œuvrant pas dans les secteurs de la construction mais utilisant l'isolation comme composant ou intrant dans leur corps de métier.



**Illustration 5. 2 : Diagramme II**

## Chapitre 5 : Enquête in situ

Réalisez-vous de l'isolation dans vos projets ?

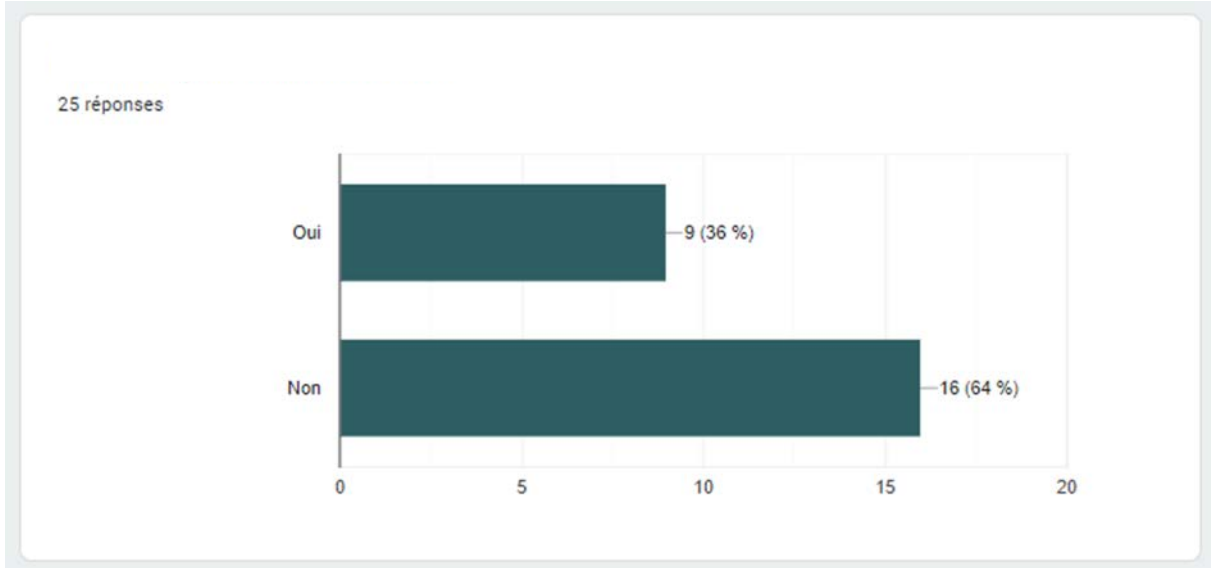


Illustration 5. 3:Diagramme III

Il ressort des représentations I, II, III, que qu'elle que soit la nature de l'entreprise ( publique ou privée ) le concept d'isolation reste peu pratiqué et pour des motifs assez divers dont l'économie d'énergie reste le choix majoritairement évoqué.

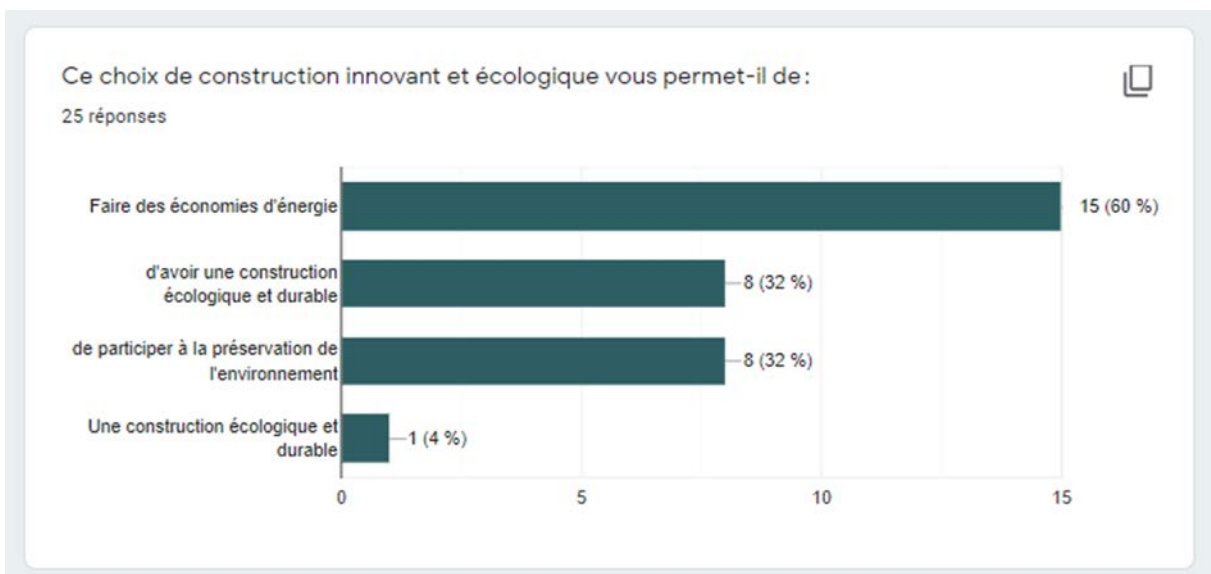
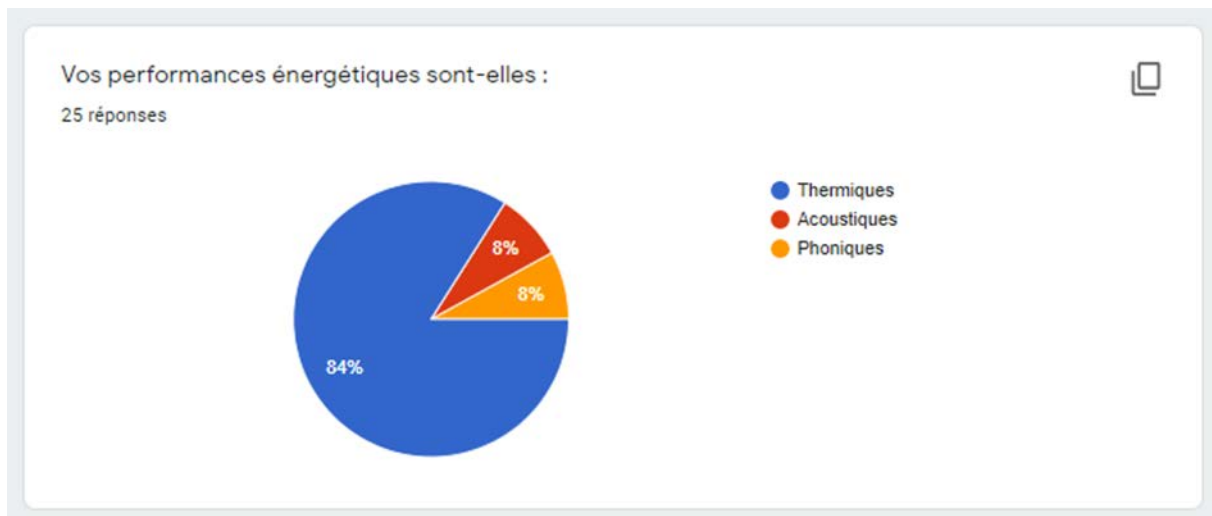


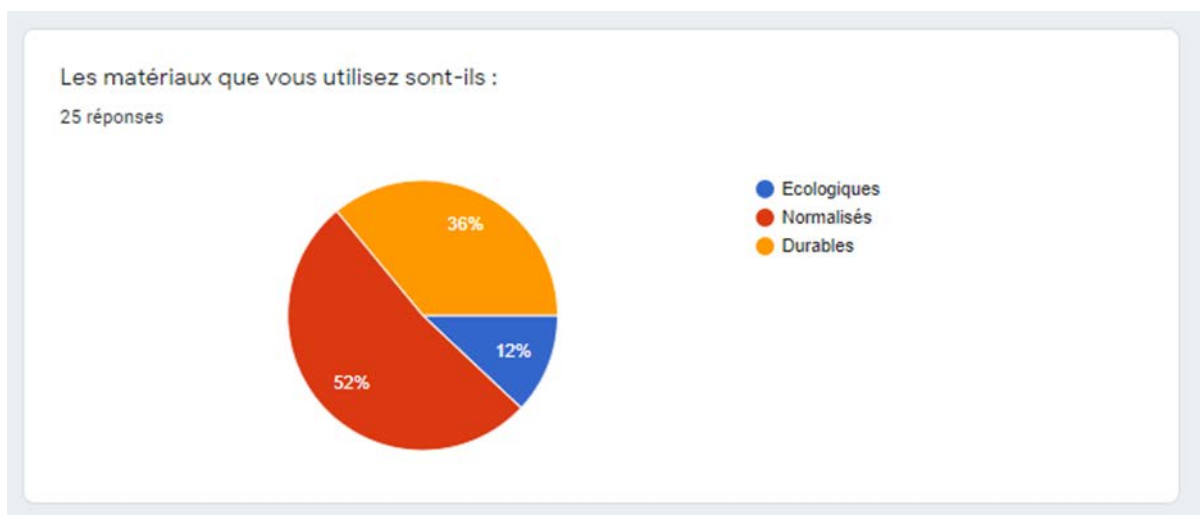
Illustration 5. 4 :Diagramme IV

## Chapitre 5 : Enquête in situ

Les représentations **III**, **IV**, **V**, **VI** et **VII**, ci-dessous, montrent que le volet thermique est celui auquel pensent le plus les réalisateurs dans leurs projets. Les matériaux évoqués sont le plus souvent ceux qui sont standardisés ou normalisés et plutôt d'origine synthétique. On remarque bien que l'aspect financier est pris en compte plus que d'autres considérations.

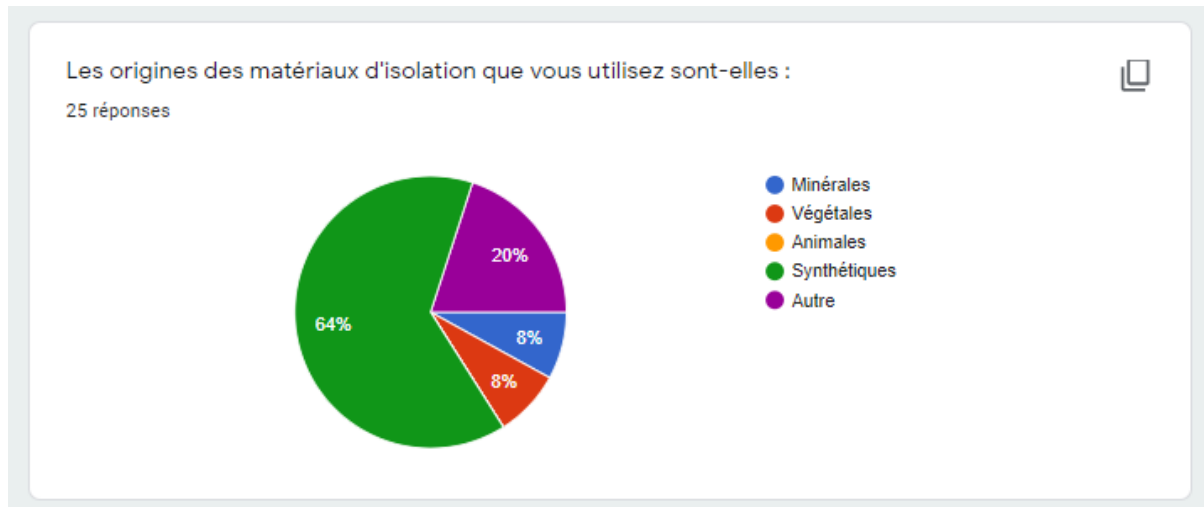


**Illustration 5. 5:**Diagramme V

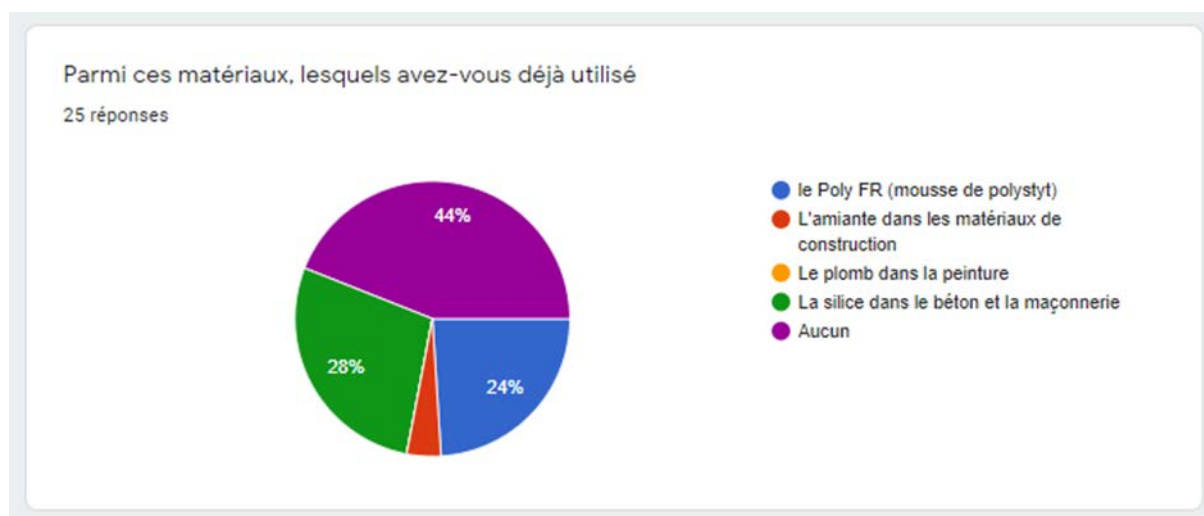


**Illustration 5. 6:**Diagramme VI

## Chapitre 5 : Enquête in situ



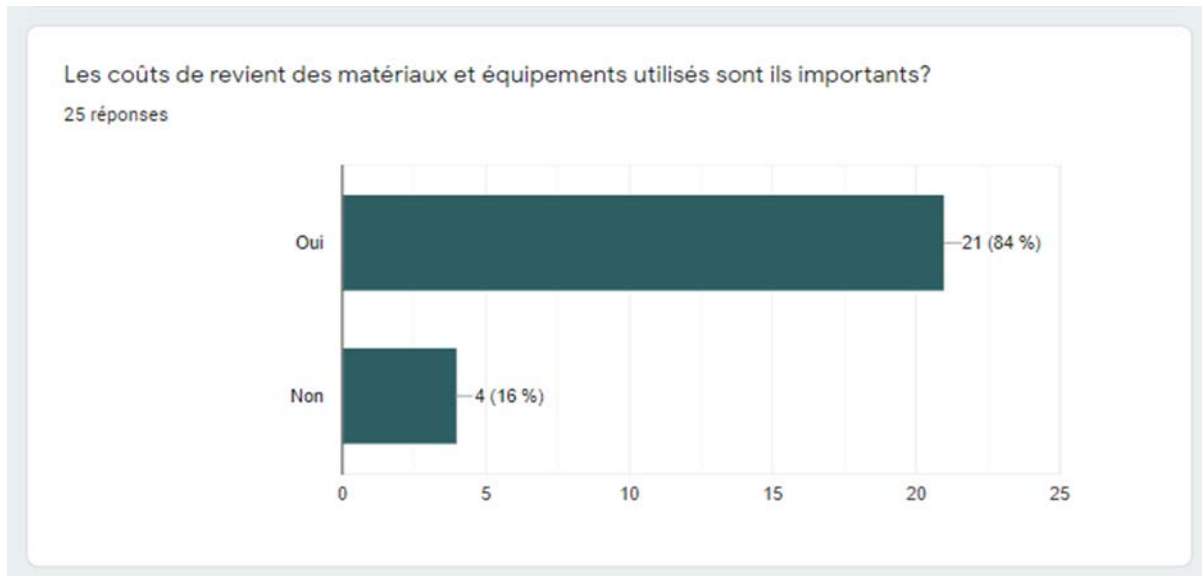
**Illustration 5. 7:**Diagramme VII



**Illustration 5. 8:**Diagramme VIII

La formation et la vulgarisation en sont à leurs débuts, comme le montrent les représentations **VIII**, **IX** et **X**. Les instances techniques gagneraient à entreprendre une sensibilisation accrue dans l'attente de règles et normes devant régir ces secteurs d'activité

## Chapitre 5 : Enquête in situ

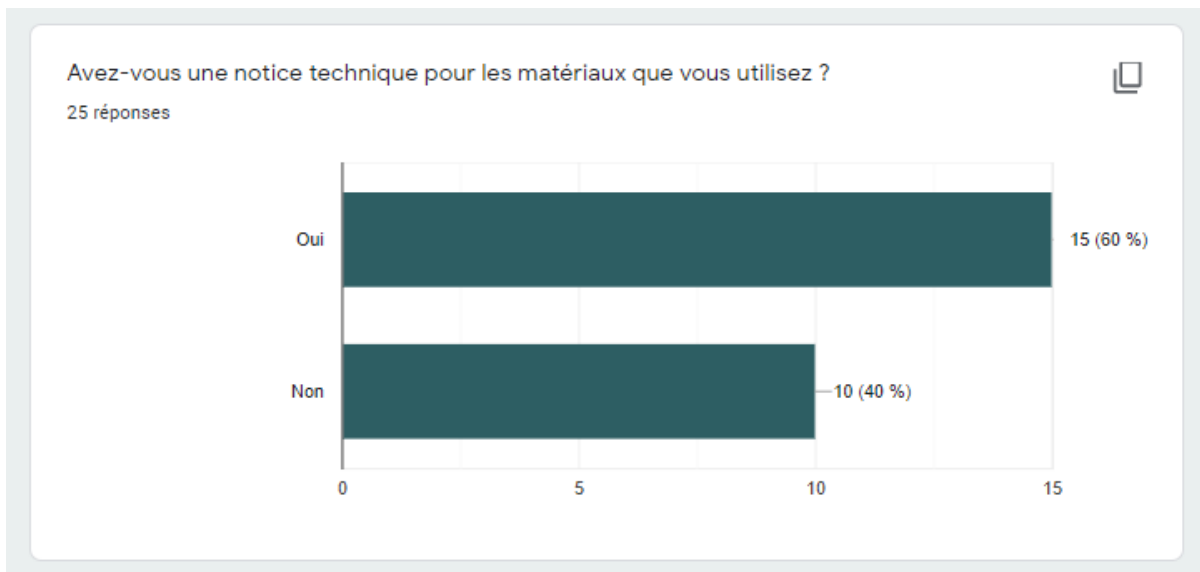


**Illustration 5. 9:** Diagramme IX

Quels éléments motivent le choix des matériaux dans vos réalisations ?

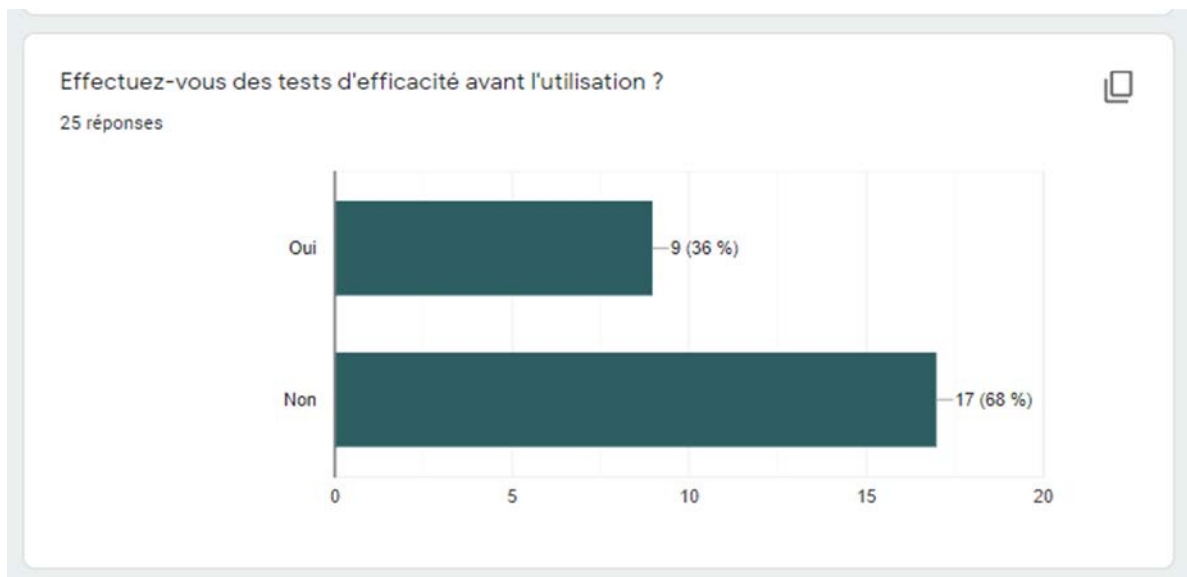
- La qualité et le prix
- Le prix
- Réduction de la consommation énergétique
- Le coût
- La disponibilité du produit
- Rapidité et disponibilité
- Économique
- Plus disponible en Algérie
- Disponibilité
- La disponibilité du matériau / l'étude du prix...
- Durabilité
- Disponibilité sur le marché algérien rapports qualité prix
- La disponibilité
- Efficacité énergétique
- Rapport qualité / prix
- Capacité thermique
- Isolation phonique entre les appartements
- Selon la disponibilité du marché
- Ses performances
- Rapidité
- Son déphasage
- Rapport qualité prix

## Chapitre 5 : Enquête in situ



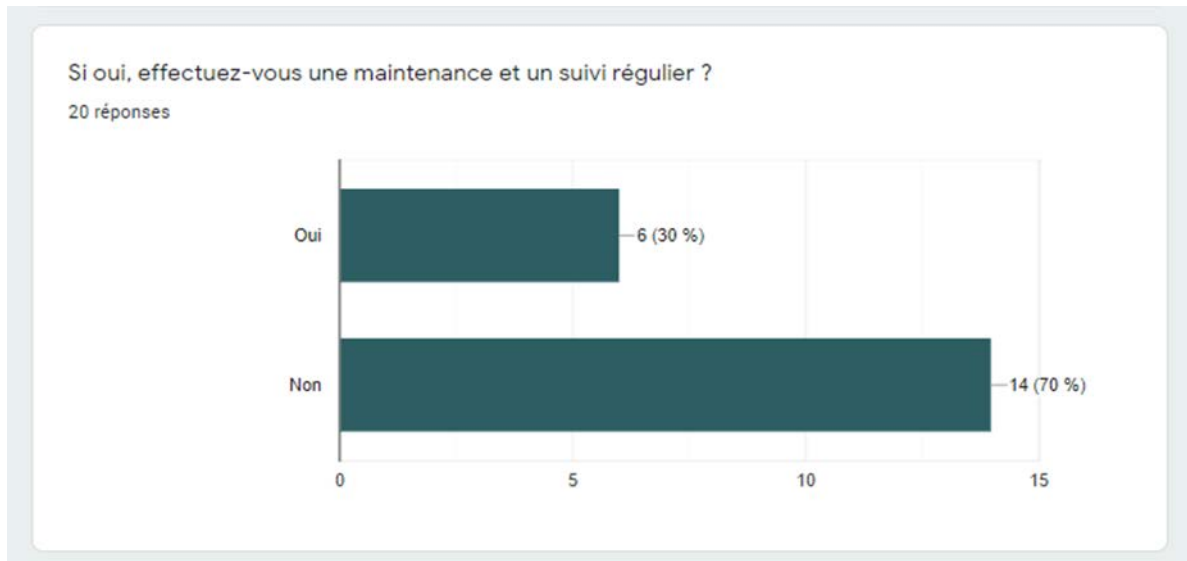
**Illustration 5. 10:**Diagramme X

Les représentations **XI** et **XII** montrent que les utilisateurs des moyens d'isolation prennent en considération les facteurs locaux : Disponibilité dans le pays, contraintes géographiques, climatiques ...



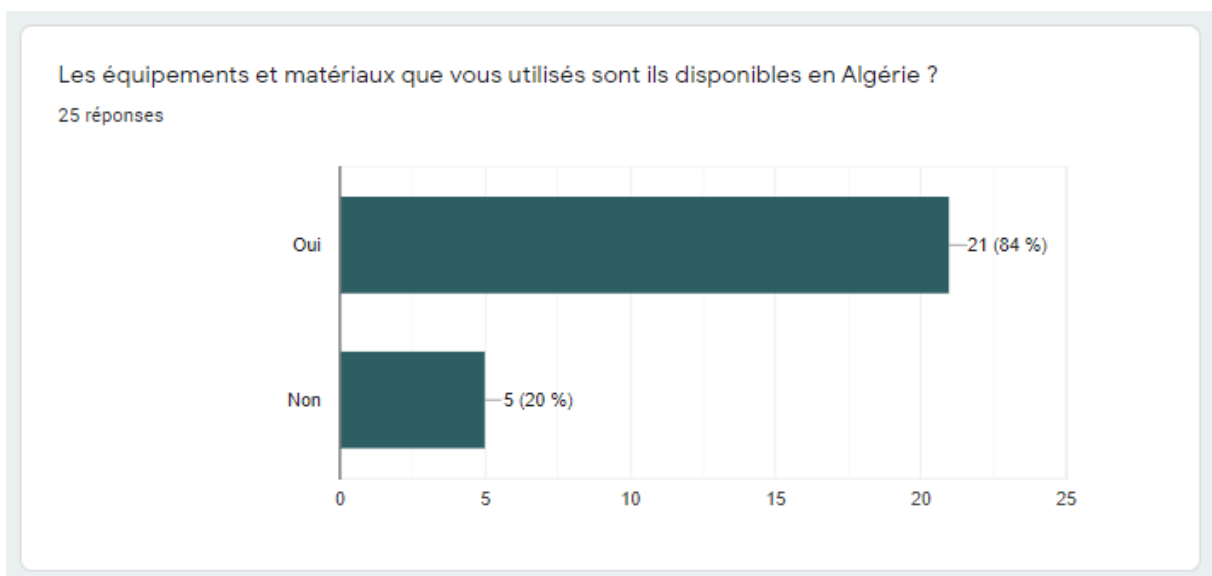
**Illustration 5. 11:**diagramme XI

## Chapitre 5 : Enquête in situ



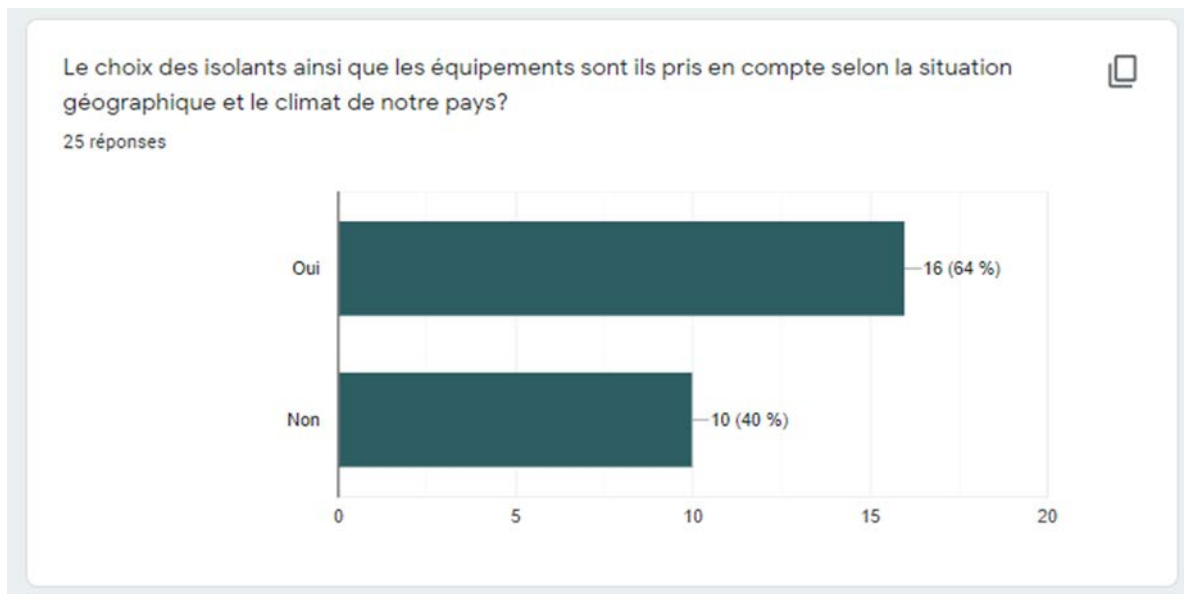
**Illustration 5. 12** : Diagramme XII

Le déroulement du questionnaire à orienté les réponses des entreprises, lorsqu'il s'est agit de rentrer plus en détail dans les aspects techniques, vers ce qui était le plus apparent, à savoir, les fenêtres et baies vitrées. Il ressort dans les représentations **XI** et **XII** que le plus souvent c'est le double vitrage qui est utilisé avec, éventuellement, des pares-vapeur. D'où il apparaît que l'information sur l'isolation est partielle et demande à être plus fournie.

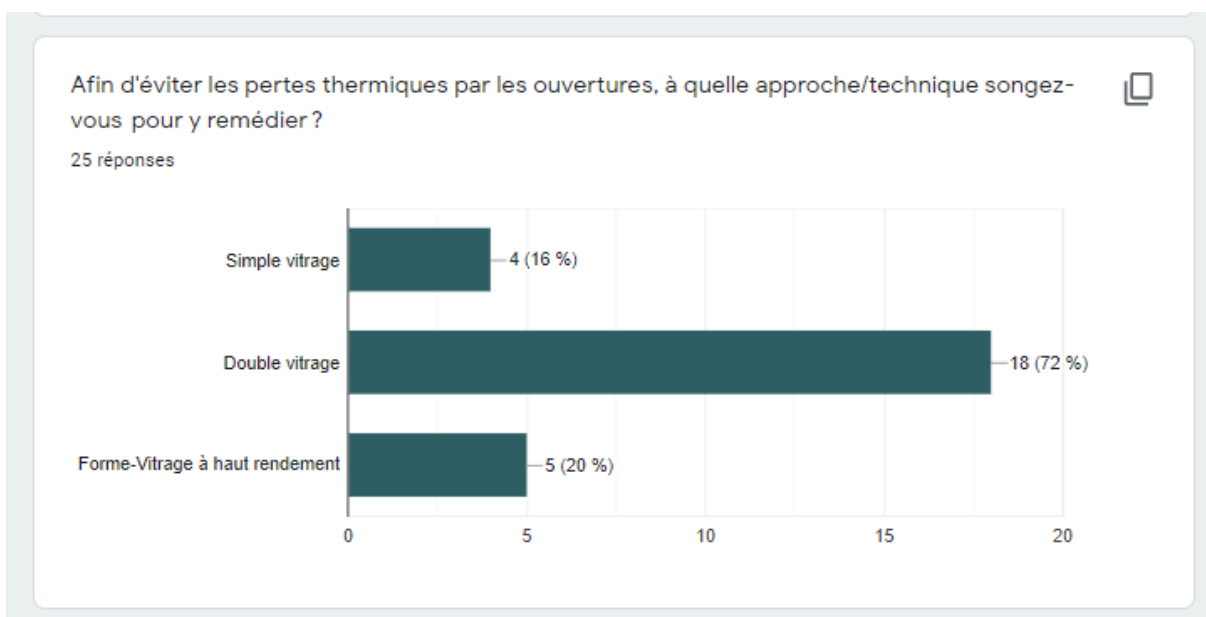


**Illustration 5. 13** : Diagramme XIII

## Chapitre 5 : Enquête in situ



**Illustration 5. 14 :**Diagramme XIV



**Illustration 5. 15 :** Diagramme XV



## Chapitre 5 : Enquête in situ

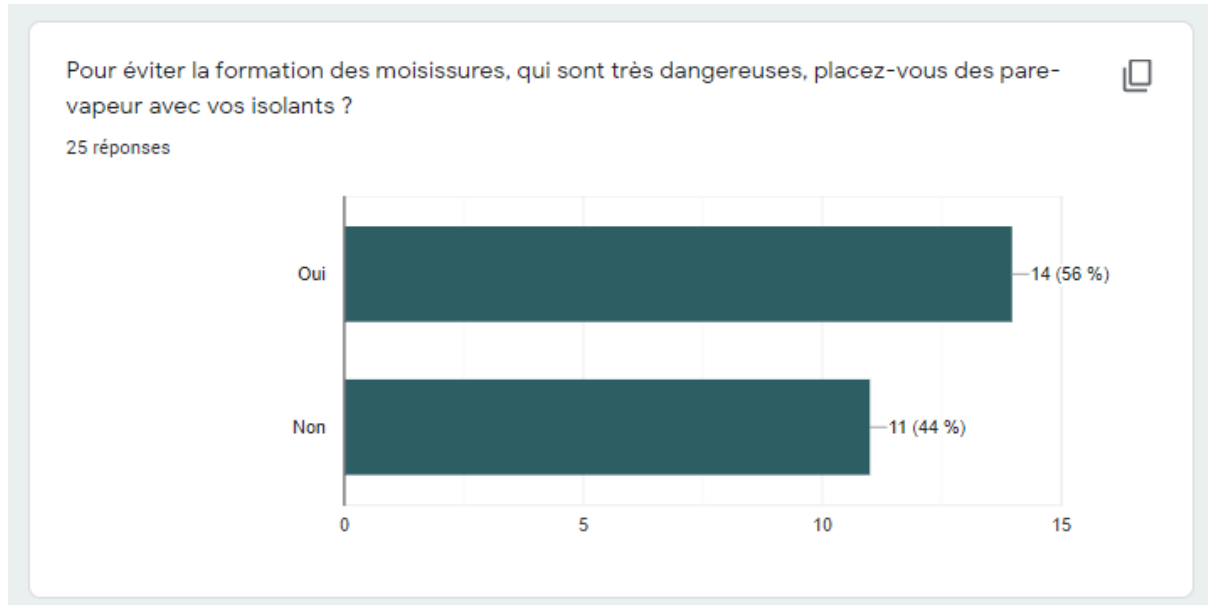


Illustration 5. 16: Diagramme XVI

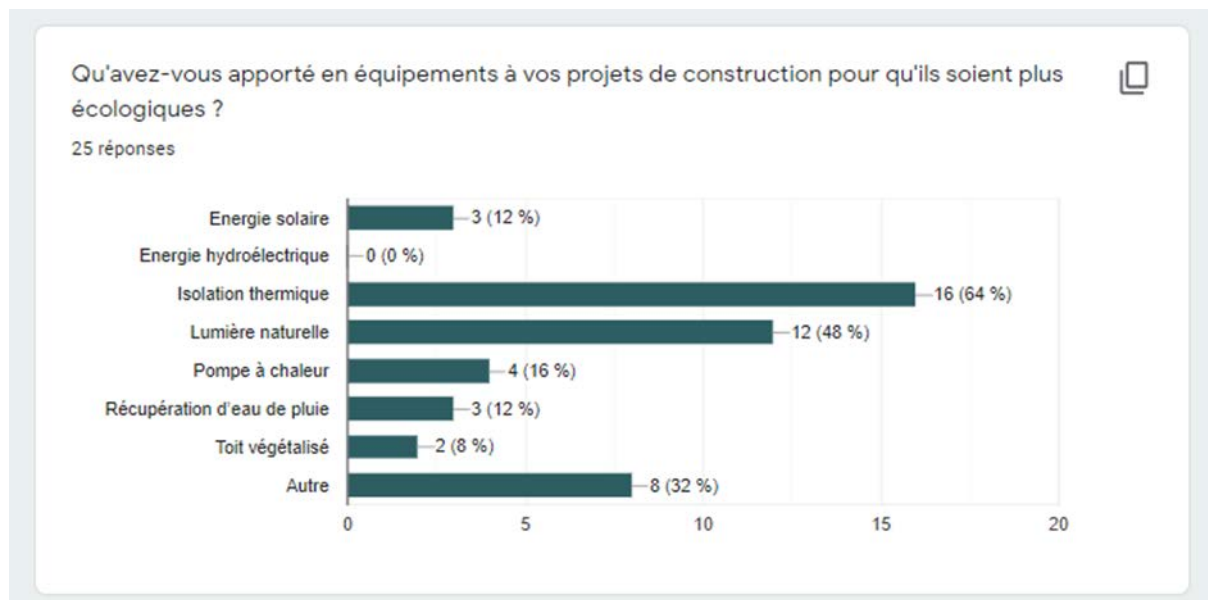


Illustration 5. 17 : Diagramme XVII

## Chapitre 5 : **Enquête in situ**

### **5.3 Conclusion**

Les donneurs d'ordres, les concepteurs et les réalisateurs commencent seulement à essayer de se mettre au niveau de ce qui se fait dans le domaine de la construction et de l'industrie en matière d'isolation et d'équipements contribuant au confort de vie. De cette étude, il ressort que seuls les coûts et la disponibilité sont des éléments entrant dans la considération qui est donnée pour l'instant, lors de la réalisation dans ces secteurs d'activité.

# **Annexes**

## **Fac-similé du questionnaire**

## Effacité énergétique dans les bâtiments en construction

Cette série de questions est destinée aux entreprises de construction spécialisées dans les équipements ou les matériaux d'isolations.

L'objectif de ce questionnaire est de connaître l'importance, auprès des entreprises, de l'efficacité énergétique en bâtiment de construction en Algérie tout en respectant l'environnement ou en utilisant des matériaux innovants durables et écologiques.

Vos réponses vont me permettre, avec votre aimable participation, d'approfondir mes recherches pour mon mémoire de fin d'étude, rendant ainsi ma réflexion plus pertinente. **\*Obligatoire**

1. Adresse e-mail \*

---

2.

*Une seule réponse possible.*

Option 1

3. Nom de l'entreprise (facultatif)

---

4. Quel est votre secteur d'activité ? (BTP, matériaux, équipements) ? \*

---

5. Votre entreprise est-elle : \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Une entreprise privée  
 Une entreprise publique

6. êtes-vous certifiée ISO : \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Oui  
 Non  
 En cours

7. Réalisez-vous de l'isolation dans vos projets ? \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Oui  
 Non

8. Vos performances énergétiques sont-elles : \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Thermiques  
 Acoustiques  
 Phoniques

9. Les équipements et matériaux que vous utilisés sont-ils disponibles en Algérie ? \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Oui  
 Non

10. Les coûts de revient des matériaux et équipements utilisés sont-ils importants ?

\*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Oui  
 Non

11. Parmi ces matériaux, lesquels avez-vous déjà utilisé ? \*

*Une seule réponse possible.*

- Le Poly FR (mousse de polystyrt)
- L'amiant dans les matériaux de construction
- Le plomb dans la peinture
- La silice dans le béton et la maçonnerie
- Aucun

12. Pour éviter la formation des moisissures, qui sont très dangereuses, placez-vous des pare-vapeur avec vos isolants ? \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Oui
- Non

13. Les matériaux que vous utilisez sont-ils : \*

*Une seule réponse possible.*

- Ecologiques
- Normalisés
- Durables

14. Le choix des isolants ainsi que les équipements sont-ils pris en compte selon la situation géographique et le climat de notre pays ? \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Oui
- Non

15. Les origines des matériaux d'isolation que vous utilisez sont-elles : \*

*Une seule réponse possible.*

- Minérales  
 Végétales  
 Animales  
 Synthétiques  
 Autre

16. Qu'est-ce qui rend ce choix de matériaux plus avantageux pour vos Réalisations ? \*

17. Avez-vous une notice technique pour les matériaux que vous utilisez ? \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Oui  
 Non

18. Effectuez-vous des tests d'efficacité avant l'utilisation ? \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Oui  
 Non

19. Si oui, effectuez-vous une maintenance et un suivi régulier ?

*Plusieurs réponses possibles.*

- Oui  
 Non

20. Afin d'éviter les pertes thermiques par les ouvertures, à quelle approche/technique songez-vous pour y remédier ? \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Simple vitrage
- Double vitrage
- Forme-Vitrage à haut rendement

21. Qu'avez-vous apporté en équipements à vos projets de construction pour qu'ils soient plus écologiques ? \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Energie solaire
- Energie hydroélectrique
- Isolation thermique
- Lumière naturelle
- Pompe à chaleur
- Récupération d'eau de pluie
- Toit végétalisé
- Autre

22. Ce choix de construction innovant et écologique vous permet-il de : \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Faire des économies d'énergie
- D'avoir une construction écologique et
- durable de Participer à la préservation de l'environnement



# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Bien que le confort de vie ait toujours fait partie de la réflexion dans l'organisation des sociétés humaines et de leur préservation, l'évolution et les innovations ont fait que des systèmes assurant leur survie ont vu le jour. Dès lors que des communautés se sont formées et ont utilisé, pour leur préservation, des types d'habitats en relation avec les milieux dans lesquels elles se sont établies en utilisant les matériaux immédiatement disponibles, elles ont tenté d'améliorer la qualité des structures qu'elles utilisaient ainsi que le confort qu'elles pouvaient en obtenir. En remontant l'histoire humaine, on retrouve les traces de ces constructions et on peut suivre l'évolution des techniques et des matériaux employés -civilisation Mohendjo Daro (vallée de l'Indus), Göbekli Tepe (Turquie), Sumériens, Akkadiens ...-

La révolution industrielle du XIXe a amorcé des techniques et des productions qui ont fait évoluer les niveaux de vie, l'hygiène, l'éducation ainsi que les systèmes économiques, atteignant des sommets qui ont permis à l'homme de faire de grandes avancées et cela en ne tenant pas compte de l'environnement et des capacités de la planète à supporter les impacts dus à cette activité.

Moins de deux siècles plus tard, les états se rendent à l'évidence que cette croissance ne peut être poursuivie sans que les répercussions qui en découlent n'en soient très lourdes à supporter pouvant mettre en jeu la survie de l'homme lui-même.

Le retour à d'anciennes techniques et matériaux, la réactualisation de certains d'entre eux (végétaux, minéraux, animaux) ou grâce aux inventions de nouveaux produits (polystyrène, mousse phénolique, bois aggloméré ...), les nouvelles politiques d'économies d'énergie, de constructions durables, la réduction de l'impact environnemental sont les concepts nouveaux que les décideurs mettent en exergue afin de protéger la planète et tenter de ne pas hypothéquer l'avenir des générations futures.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques du Chapitre1 :

[1] **Thierry Paquot**, « Hassan Fathy, construire *avec* ou *pour* le peuple ? », *Cahiers d'histoire. Revue d'histoire critique*, 109 | 2009, 15-25.

### Référence électronique

Thierry Paquot, « Hassan Fathy, construire *avec* ou *pour* le peuple ? », *Cahiers d'histoire. Revue d'histoire critique* [En ligne], 109 | 2009, mis en ligne le 01 juillet 2012, consulté le 04 mai 2021. URL: <http://journals.openedition.org/chrhc/1907>; DOI: <https://doi.org/10.4000/chrhc.1907>

[2] **André RAVEREAU**, Conférence donnée à l'EAUG, années 1990'

## Références bibliographiques du Chapitre 2 :

[1] <https://www.presse-citron.net/decouvert-verre-auto-reparant-ecrans/>(Site consulté le 10mai 2021).

[2] <https://blog.pollutec.com/materiaux-innovants-et-durables-a-exploiter-en-2020/> (Site consulté le 13mai2021).

[3] **Karine Beddiar, Jean lemale**.Bâtiment intelligent et efficacité énergétiqueOptimisation, nouvelles technologies et BIM.Edition DUNOD, octobre2016

[4] <https://energieplus-lesite.be/techniques/enveloppe7/composants-de-l-enveloppe/isolants-et-pare-vapeur/isolants-biosources-ecologiques/>(Site consulté le 6juin2021)

[5] <https://blog.pollutec.com/materiaux-innovants-et-durables-a-exploiter-en-2020/>(Site consulté le 17mai2021)

[6]<https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/8-materiaux-de-construction-innovants-meconnus-29376/>(Site consulté le 2juin 2021)

[7] **Aissoug Ikhlassse** (mémoire de fin d'étude à l' Université L'Arbi Ben M'hidi Oum El Bouaghie) Les Matériaux Innovants Dans La Construction ,2019

[8] <https://blog.pollutec.com/materiaux-innovants-et-durables-a-exploiter-en-2020/>(Site consulté le 4 juin 2021)

### Références bibliographiques du Chapitre 3 :

- [1] <https://www.atlantic.fr/Chauffer-le-logement/Pompe-a-chaleur/Guide-Pompe-a-chaleur/En-quoi-s-equiper-d-une-pompe-a-chaleur-PAC-est-un-choix-ecologique>(Site consulté le 29 avril 2021)
- [2] <https://www.dedietrich-thermique.fr/pompe-a-chaleur-notre-guide-d-utilisation/pompe-a-chaleur-et-chauffage-solaire-combine-la-combinaison-gagnante>(Site consulté le 5 juin 2021)
- [3] <https://www.quechoisir.org/conseils-economies-d-eau-comment-reduire-sa-consommation-d-eau-au-quotidien-n3435/>(Consulté le 5 juin 2021)
- [4] **Marie-Hélène AZAM – Hélène HORSIN MOLINARO**, La cloacothermie ou l'énergie renouvelable des eaux usées, Edité le 22/09/2017
- [5] <https://www.homeys.io/actualite/equipement-innovant-depense-energetique>(Site consulté le 6 juin)

### Références bibliographiques du Chapitre 4 :

- [1] **Bureau Veritas Construction**, l'isolation thermique et acoustique des bâtiments réglementation, Edition LE MONITEUR, janvier 2019.
- [2] :**R.BONCHIE ; B.BUSSON ; B.CORMIER ; A.DELAIRE ; S.FARKH ; F.LEGUILLON**, Performance Energétique : Les matériaux et procédés d'isolation, octobre 201

