

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mohammed Seddik BENYAHIA – Jijel  
Faculté des Sciences et de la Technologie

**Département d'Architecture**



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :  
**MASTER ACADEMIQUE**

Filière :  
**ARCHITECTURE**

Spécialité :  
**ARCHITECTURE ET TECHNOLOGIE**

Présenté par :  
**Abla CHEBBAH**  
**Hala ZITOUNI**  
**Sara ZITARI**

**THEME :**

**L'IMPACT DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION SUR LA  
QUALITE DE L'AIR INTERIEUR DANS LES BATIMENTS PUBLICS  
EN ALGERIE**

Date de la Soutenance :09/07/2019

Composition du Jury :

Bariza BOUKNI	M.C.B, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Président du jury
Djenette LAOUAR	M.A.A, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Encadrant de mémoire
Ibtissem HALLAL	M.A.A, université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Membre du Jury



## ***Dédicace:***

*Nous dédions ce modeste travail à :*

*Nos parents :*

*Nos mères affables, honorables, aimables, vous représentez pour nous le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de nous encourager et de prier pour nous.*

*Nos pères rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour nos éducations et nos bien être, Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour nos formation.*

*Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutient permanent venu de vous. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que Nous ont toujours eu pour vous les deux.*

*Nos sœurs et frères:*

*A Nos sœurs; qui n'ont cessé d'être pour nous des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*

*Tous Nos amis(es) :*

*Un profond respect et un remerciement particulier à celui qui a partagé avec nous les moments les plus beaux et les plus dures durant nos 5 années d'études: **Norelhouda, Manel,***

***Khadidja, Loubna, Asma, Sabria, Djahida.***

*A tous nos collègues de la promotion 2019.*

*A toute personne dont a une place dans nos cœur, que nous connaissons, que nous estimons et que nous aimons.*

*Nos enseignants de l'architecture :*

*A notre encadreur.*

*A ceux qui nous ont éclairé sur ce chemin du savoir et qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.*

*A tous ceux qui nous aiment et que nous aimons.*

***Abla, Hala et Sara***

## **REMERCIEMENT**

*Nous remercions avant tout le Bon DIEU tout puissant, qui nous a donné la force, la volonté et le courage pour réaliser ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur Madame **LAOUAR Djenette**. Merci pour votre disponibilité, pour les nombreuses et intéressantes discussions , pour les précieuses remarques et orientations , pour les nombreux conseils avisés, pour vos encouragements quotidiens, , pour le soutien permanent, pour votre compréhension, pour la confiance que vous nous avez accordée et tout simplement pour votre écoute et patience.*

*Nous tenons à remercier Monsieur **LEHTIHET Mohammed Cherif**, pour ses précieux conseils et son aide.*

*Nous tenons à exprimer notre gratitude envers l'ensemble des membres de jury:  
**Mme BOUKNI Bariza, Mme HALLAL Ibtissem.***

*Nos remerciements vont ainsi à tous les enseignants qui nous ont suivis durant notre cursus de formation.*

*Mes remerciements s'adressent à tous les personnes qui nous ont rendu les choses faciles alors qu'elles étaient difficiles, à toutes celles qui nous ont offert ne serait-ce qu'un simple sourire pour soulager.*

*A tous, un grand merci.*

***Abla, Hala et Sara***

# TABLE DES MATIÈRES

Dédicaces et Remerciements.....	I
Table des matières .....	III
Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	IX
Liste des abréviations .....	X
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
Problématique.....	2
Hypothèses de la recherche.....	3
Objectif général de la recherche .....	4
Méthodologique de la recherche .....	4
Structure du mémoire.....	5
<b><i>Chapitre 1 : Air intérieur et qualité</i> .....</b>	<b>6</b>
Introduction.....	6
1.1. Définition des concepts.....	6
1.1.1. Air.....	6
1.1.2. La qualité de l'air.....	7
1.2. Les effets de la qualité de l'air intérieur sur la santé.....	7
1.3. Le classement des contaminants dans l'air.....	7
1.3.1. Les contaminants gazeux.....	8
1.3.2. Les contaminants particuliers.....	8
1.3.3. Les bio contaminants.....	8
1.4. Critères d'évaluation de la qualité de l'air intérieur.....	8
1.4.1 Âge de l'air.....	9
1.4.2 Indices de qualité de l'air.....	9
1.4.3 Nombre de changement d'air.....	10
1.4.4 Efficacité de ventilation .....	11

1.5. Modes de filtration de l'air.....	11
1.5.1 Filtration primaire .....	11
1.5.2 Filtration secondaire.....	11
1.6. Efficacité de traitement de l'air. ....	12
1.7. Les objectifs du traitement de l'air.....	12
1.8. La qualité de l'air et la ventilation.....	12
1.8.1 Différents paramètres de l'air.....	13
1.8.2 Point Réglementaire et normatif.....	13
1.8.3 L'Objectif de la ventilation et de la climatisation d'air.....	14
1.8.4 Les techniques de ventilation.....	14
1.8.4.1 Ventilation naturelle.....	15
1.8.4.2 Ventilation mécanique.....	15
1.9 Qualité de l'air et ventilation selon la HQE.....	16
Conclusion .....	17
<b><u>Chapitre 2</u> : Les bâtiments publics et les matériaux de construction .....</b>	<b>18</b>
Introduction.....	18
2.1. Définition des concepts .....	18
2.1.1 Matériau.....	18
2.1.2 Construction.....	18
2.1.3 Les matériaux de construction.....	19
2.2. Classification des matériaux de construction .....	19
2.2.1. Classification scientifique.....	19
2.2.1.1. Les métaux .....	19
2.2.1.2. Les céramiques .....	19
2.2.1.3. Les polymères.....	19
2.2.1.4. Les composites et matériaux structuraux.....	20
2.2.2. Classification pratique.....	20

2.2.2.1. Les matériaux de structure.....	20
2.2.2.2. Les matériaux de protection.....	21
2.3. Les propriétés des matériaux de construction .....	22
2.3.1. Les propriétés physiques.....	22
2.3.2. Les propriétés mécaniques .....	22
2.3.3. Les propriétés physico-chimiques.....	23
2.3.4. Bâtiment public.....	24
2.4.1. Définition du bâtiment public .....	24
2.4.2. La classification des bâtiments publics en Algérie.....	24
2.4.2.1. En France.....	24
2.4.2.2. En Algérie.....	25
Conclusion .....	26

**Chapitre 3 : Les matériaux de construction et leur impact sur la qualité de**

<b>l'air intérieur .....</b>	<b>27</b>
Introduction. ....	27
3.1. Les matériaux de construction et les polluants.....	27
3.1.1. Les Composés Organiques Volatils.....	27
3.1.1.1. Définition.....	27
3.1.1.2. Types des composés volatiles.....	28
3.1.1.3. Comparatif COV entre air intérieur et air extérieur.....	29
3.1.1.4. Les sources de composant volatile organique (COV) à l'intérieur.....	30
3.1.1.5. Etiquetage réglementaire des produits de constructions et de revêtements.....	32
3.1.1.6. Les facteurs qui déterminent le taux d'émission de COV des matériaux.....	34
3.1.2. Moisissures.....	36
3.1.3. Poussières .....	37

3.1.4. Les substances inorganiques.....	38
3.1.4.1. L'amiante.....	39
3.1.4.2. Radon.....	39
3.1.4.3. Plomb.....	40
3.1.4.4. Ammoniac.....	40
3.2. Les réactivités dans l'air.....	41
3.3. Les interactions entre les polluants.....	42
3.4. Matériaux de construction et la santé.....	42
Conclusion.....	44
<b><u>Chapitre 4 : Cas d'étude (Analyse et synthèse)</u></b> .....	45
Introduction.....	45
4.1. Méthodes et matériels.....	46
4.1.1. Les particules (PM10, 2,5).....	48
4.1.2. Le gaz radon.....	49
4.1.3. Composés organiques volatils, formaldéhyde et ammoniac.....	50
4.1.4. L'humidité relative et la température.....	51
4.2. Résultats.....	52
4.3. Discussions des résultats.....	58
4.3.1. Concentration de particules lors de la construction.....	58
4.3.2. Concentration de COV, de formaldéhyde et d'ammoniac pendant la construction.....	58
4.3.3. Concentration de radon pendant la construction.....	59
Conclusion.....	60
<b>Conclusion générale</b> .....	61
Recommandation.....	62
Références bibliographiques.....	63
Annexe.....	I
ملخص.....	XXII



## Table des matières

---

Résumé .....	XXIII
Summary .....	XXIV

## Liste des figures :

Figure 01 : Les trois types de contaminants dans l'air.....	08
Figure 02 : Ventilation naturelle .....	15
Figure 03 : Ventilation-double-flux.....	16
Figure 04 : Les propriétés mécaniques .....	23
Figure 05 : Exemple des quelques chimies organique .....	27
Figure 06 : Types des composés volatiles .....	29
Figure 07 : Comparatif COV entre air intérieur et air extérieur .....	30
Figure 08 : D'étiquette règlementaire du produit de construction .....	32
Figure 09 : La concentration des différents COVs sur une moquette.....	34
Figure 10 : Relation température et TVOC d'une chambre .....	34
Figure 11 : Emission de formaldéhydes en fonction de l'humidité spécifique (g/kg).....	34
Figure 12 : Relation entre la concentration d'acétone et le renouvellement d'air .....	35
Figure 13 : Relation entre le taux d'émission d'acétone et le renouvellement d'air.....	35
Figure 14 : Diffusion effectif de l'acétone au sein de plusieurs matériaux.....	35
Figure 15 : diffusion effectif de l'acétone au sein de plusieurs matériaux.....	36
Figure 16 : Moisissure sur la surface de matériaux.....	37
Figure 17 : Taille et source des particules dans l'air intérieur en $\mu\text{m}$ .....	38
Figure 18 : Les différentes zones d'infiltration du radon dans l'habitat .....	40
Figure 19 : Réactions dans l'air entre COV + $\text{O}_3$ .....	41
Figure 20 : Diffusion dans les matériaux .....	42
Figure 21 : Met One Instruments, modèle-831 Particle Counter. ....	48
Figure 22 : Corentium Digital - moniteur de radon.....	49
Figure 23 : Procédures d'utilisation des tubes de charbon pour mesurer les COV.....	50
Figure 24 : Des tubes de verre configurés pour mesurer HCHO et $\text{NH}_3$ .....	51
Figure 25 : Configuration des enregistreurs de données de température et d'humidité relative.....	52
Figure 26 : Concentration de particules $\text{PM}_{2.5}$ lors de la construction .....	54
Figure 27 : Concentration de particules $\text{PM}_{10}$ lors de la construction.....	55
Figure 28 : Les concentrations mesurées de benzène, de toluène et de xylène.....	55
Figure 29 : Concentration total des COV lors de la construction.....	56
Figure 30: Concentration de Formaldéhyde lors de la construction.....	56
Figure 31 : Concentration d'Ammoniac lors de la construction .....	57

Figure 32 : Concentration de Radon lors de la construction .....57

**Liste des tableaux :**

Tableau 01 : Les paramètres de l'air .....	13
Tableau 02 : Quelques propriétés des grandes familles de matériaux.....	20
Tableau 03 : définissant les seuils à ne pas atteindre pour rester en 5 <sup>ème</sup> catégorie. ....	25
Tableau 04 : Classifications des ouvrages dans l'Algérie .....	26
Tableau 05 : Classification des composés organiques.....	29
Tableau 06 : Sources principales des COV présents dans l'air intérieur .....	31
Tableau 07 : Seuils limites des concentrations d'exposition exprimés en $\mu\text{g.m}^{-3}$ .....	33
Tableau 08 : Les facteurs qui déterminent le taux d'émission de COV des matériaux.....	36
Tableau 09 : Origines et risques sanitaires des principaux polluants de l'air intérieur .....	43
Tableau 10 : les matériaux utilisés dans chaque pièce .....	48
Tableau 11 : Identification des repères pour le calcul du score de l'indice QAI.....	52
Tableau 12 : Température intérieure et extérieure, humidité et concentration de CO <sub>2</sub> .....	53
Tableau 13 : Particules d'intérieur et autres contaminants .....	53
Tableau 14 : Composés organiques volatils d'intérieur (benzène, toluène et xylène).....	54

## Liste des abréviations :

**Al** : Aluminium.

**Ar** : Arsenic.

**ASHRAE**: American Society of Heating, Refrigerating and Air Engineers.

**Bq / m<sup>3</sup>** : Becquerels par mètre cube.

**BTP** : Bâtiment des Travaux Publics.

**BTX** : Benzène Toluène Xylènes.

**°C** : Degré Celsius.

**CETE** : Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement.

**CO** : Monoxyde de carbone.

**COAP** : Composés Organiques Associés aux Particules.

**COSV** : Composés Organiques Semi Volatils.

**COV** : Composés Organiques Volatils.

**COVt** : Composés Organiques Volatils Totaux.

**COVV** : Composés Organiques très Volatils.

**Cr** : Chromium.

**Cu** : Cuivre.

**DTR-C** : Document Technique Réglementaire- Centre national d'études et de recherches intégrées du bâtiment.

**FID** : Détecteur à Ionisation de Flamme.

**FiSIAQ**: Finnish Society of Indoor Air Quality.

**h** : Heure.

**HAP** : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique.

**HCHO**: Formaldéhyde.

**HDF**: High Density Fiberboard.

**HQE** : Haute Qualité Environnementale.

**IQA**: Indice de la Qualité de l'Air.

**K**: kelvin

**Km**: kilomètres.

**LEED**: Leadership in Energy and Environmental Design.

**µm** : Micromètre.

**µg** : Microgramme.

**m<sup>2</sup>/s** : Mètre carré par second.

**m<sup>3</sup>** : Mètre cube.

**MBTH** :benzothiazolinonehydrazonehydrochloride.

**MS** :ModifiedSilicone.

**NH<sub>3</sub>**: Ammoniac.

**Ni**: Nickel.

**NO**: Nobelium.

**NO<sub>2</sub>**: Dioxyde d'azote.

**NR**: Non-healthyRange.

**O<sub>3</sub>** : Ozone.

**OQAI** : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**OSB**: Oriented Strand Board.

**Pa**: Pascal.

**Pb** : Plomb.

PCB : Polychlorobiphényles.

**pCi/L**: Pico Curies par litre.

**PH** : Potentiel Hydrogène.

**PM** : Particules Matte.

**PNSE** : Plan National de Santé Environnement.

**ppb**: particules par billion.

**ppm**: particules par million.

**ppmv** : Particules par million en volume.

**PU** : Poly Uréthane.

**PVC** : Poly Chlorure de Vinyle.

**QAI** : Qualité de l' Air Intérieur.

**RH**: Humidité Relative.

**Se** :Selenium.

**SI** : Système International.

**SO<sub>2</sub>** : Dioxyde de soufre.

**Ti**: Titanium.

**TVOC**: Total volatile OrganicCompounds.

## Liste des abréviations

---

**UFC** : Unité Formant Colonie.

**US EPA** : United States Environmental Protection Agency.

**VMC** : Ventilation Mécanique Contrôlée.

**vol/h** : Volume par heure .

# **INTRODUCTION GENERALE**



### **Introduction:**

L'air est l'un des éléments importants depuis l'existence de l'homme, parce qu'il est un bien commun essentiel et important à la vie, on peut définir l'air en deux manières: d'une part, il y a l'atmosphère où l'air entoure notre planète et nous protège des rayons; il contient l'oxygène que nous respirons et qui nous fait vivre et d'autre part, il y a l'air qui nous entoure qui est l'air intérieur et extérieur.

La détérioration de l'air extérieur étant désignée sous le terme plus général de pollution. L'air intérieur est un espace influencé par l'environnement extérieur: les polluants industriels et automobiles. Il est aussi impacté par les activités intérieures, qui sont les sources prépondérantes en matière de pollution de l'air intérieur.

L'air extérieur et l'air intérieur ne sont pas pollués de la même manière, certains polluants ne sont pas présents qu'à l'intérieur des constructions, certains sont présents à la fois à l'intérieur et à l'extérieur mais dans des concentrations différentes. En effet, nous passons en moyenne 80 % de notre temps à l'intérieur d'un bâtiment, la qualité de l'air intérieur donc est un enjeu majeur autant que la qualité de l'air extérieur.

La qualité de l'air intérieur englobe tous les effets de l'air intérieur qui a une influence sur le bien-être et la santé de l'homme. De façon globale, elle est dépendante des principaux facteurs, soit des caractéristiques de l'environnement extérieur (tels que les polluants présents dans l'air extérieur, les conditions climatiques, météorologiques et les caractéristiques du sol), des comportements des occupants (tel que le choix d'ameublement, les produits nettoyants et assainisseurs....) ainsi que les caractéristiques des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, des caractéristiques du bâtiment qui inclut les aspects liés à la qualité de la conception, de la structure et des composants des bâtiments ; les types de matériaux qui composent (le choix de matériaux de construction et de décoration ). Ces différentes caractéristiques influencent notamment l'émission de contaminants à l'intérieur du bâtiment.

La nature des matériaux utilisés pour la construction joue un rôle primordial dans la pollution de l'air intérieur. Les matériaux de construction et de décoration en contact avec l'air

intérieur (isolants, colles, peintures, vernis, lasures et revêtements de sol) sont soumis à un étiquetage obligatoire, qui indique leurs émissions en polluants.

Selon l'organisation mondiale de la santé, l'air en Algérie est caractérisé par un fort taux de pollution dépassant celui des pays très industrialisés et classé la quatrième en Afrique, elle subit une pollution visible et de plus en plus aggrave.

Les directives Algériennes fixent les valeurs limites pour les rejets des polluants dans l'air et pour les concentrations de ces polluants dans l'air ambiant.

A cet effet, il est primordial que nous soyons tous impliqués pour atteindre les objectifs d'obtenir une qualité de l'air intérieur qui ne soit pas nuisible sur la santé des utilisateurs dans les bâtiments publics, chercher des matériaux de construction émettant peu de polluants dans l'air intérieur qui assurent l'amélioration de la qualité de ce dernier dans les bâtiments publics en Algérie.

### **Problématique :**

L'air constitue le premier élément nécessaire à la vie, il nous entoure partout et en permanence, il est aussi nécessaire que l'eau puisqu'il joue un rôle primordial dans nos fonctions vitales. La question de la pollution de l'air qui constitue l'élément moteur de la qualité de l'air reste parmi les sujets d'actualité en matière de recherche dans l'amélioration de la qualité de l'air et son impact sur la santé.

La pollution de l'air intérieur de bâtiment est une préoccupation croissante de santé publique, une partie des particules intérieures viennent de l'environnement extérieur. De l'intérieur des bâtiments à l'extérieur, nous respirons 24 sur 24 heures un air qui peut être pollué ou contaminé. Entre air ambiant et air intérieur, ce ne sont pas toujours les mêmes polluants qui posent des problèmes sur la qualité de l'air intérieur. Ces derniers sont issus des interactions entre les matériaux utilisés dans la construction et le mobilier de l'édifice, le climat, les occupants de l'immeuble et les activités de ces derniers.

En Algérie, l'air est caractérisé par un fort taux de pollution extérieur, ainsi que l'air intérieur est pollué car des nombreux polluants viennent de l'environnement extérieur au même temps une concentration plus importante à l'intérieur qu'à l'extérieur, on peut dire que le problème de la qualité de l'air intérieur en Algérie renvoie à plusieurs causes liées à l'existence des sources

potentielles de polluants qui sont nombreuses à l'intérieur des bâtiments: matériaux de construction, produits de décoration, d'entretien et d'ameublement.

Les matériaux qui ont utilisés pour construire les bâtiments en Algérie peut-être l'un des sources de pollution de l'air intérieur à causes des réactions chimiques qui ont produit.

Cette problématique ainsi posée, nous renvoie aux questionnements suivants :

- 1) Est ce que y a-t-il un effet des matériaux de construction sur la qualité de l'air intérieur ?
- 2) Quelles sont les matériaux de construction les plus performants pour une meilleure qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics en Algérie ?
- 3) Comment améliorer la qualité de l'air intérieur en Algérie ?

### **Hypothèse de la recherche :**

Pour répondre aux questions de recherche soulevées dans la problématique, nous formulons les hypothèses suivantes:

- La bonne qualité de l'air intérieur n'a aucune relation avec les matériaux de construction utilisés dans la conception des bâtiments en Algérie.
- Le meilleur choix des matériaux de construction utilisés dans la conception des bâtiments pourrait également augmenter la performance du bâtiment par une bonne qualité de l'air et assurer le confort à l'intérieur.
- La prise en compte des normes et techniques architecturaux dans le choix des matériaux de construction utilisés à la conception des bâtiments pourrait améliorer la qualité de l'air intérieur.
- L'augmentation de la performance du bâtiment et l'assurance de confort à l'intérieur ne sont pas liées avec le meilleur choix des matériaux de construction utilisés dans la conception des bâtiments.

## **Objectifs de la recherche:**

Les objectifs de notre recherche sont :

- Ressortir avec des confirmations sur l'effet des matériaux de construction sur la qualité de l'air.
- Chercher les matériaux de construction émettant peu de polluants dans l'air intérieur qui assurent l'amélioration de la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics.
- Atteindre une qualité de l'air intérieur qui ne soit nuisible sur la santé des utilisateurs dans les bâtiments publics.
- Réglementer la qualité de l'air intérieur par l'utilisation des meilleurs matériaux de construction.
- Ressortir avec des recommandations et des solutions qui orientent la conception des équipements publics futures qui assurent une bonne qualité de l'air intérieur.

## **Méthodologie de la recherche:**

Compte tenu de la problématique et de l'hypothèse de recherche soulevées précédemment, et fin de réaliser notre travail, nous avons établi les démarches et moyens de recherche qui reposent sur les deux approches suivantes :

### **1. Une approche Thématique :**

La collecte des informations liées à notre thème à travers plusieurs références bibliographique et documents de diverses sources d'informations, sur les notions de la qualité de l'air, les matériaux de construction et des polluants ont l'origine des matériaux de construction dans lequel nous avons établi les fondements théoriques nécessaires. Ces concepts et théories sont assemblés pour commencer à développer les linéaments de notre démarche, pour mieux comprendre les aspects et les solutions concernant la problématique des matériaux de construction et leurs impact sur la qualité de l'air intérieur dans le bâtiment public en Algérie.

### **2. Une approche analytique :**

Qui consiste à étudier et analyser un cas d'étude; une recherche de de Dalia Mohamed Sherif Wagdi, c'est une chercheuse égyptienne qui s'intéresse à ce sujet dans sa thèse: « *Effect of building materials on indoor air quality in residential buildings in egypt: a pre occupancy assessment* » à l'université américaine du Caire.

## **. Structure du Mémoire :**

Le présent mémoire se compose de 4 chapitres, précédées par une introduction générale et terminées par une conclusion générale :

- **Une Introduction générale:** Comporte une introduction, une problématique, les hypothèses, la méthodologie de recherche et la structure de mémoire.
- **Un premier chapitre:** A pour objet d'introduire les différents concepts liés à notre thème de recherche, en abordant les notions de la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics.
- **Un deuxième chapitre:** Nous allons présenter quelques connaissances globales des matériaux de construction; leur classification, propriétés, avec des généralités sur les bâtiments publics en Algérie.
- **Un troisième chapitre:** Nous allons essayer de développer les concepts des matériaux de construction et leurs impacts sur la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics.
- **Un quatrième chapitre:** Dans ce chapitre, nous allons analyser l'étude scientifique objet d'une publication réalisée par Dalia Sherif WAGDI de l'école des sciences et d'ingénierie de l'université américaine du Caire intitulée « *Effect of building materials on indoor air quality in residential buildings in egypt: a pre occupancy assessment* ».
- **Conclusion générale :** En fin nous allons terminer notre travail par une conclusion générale qui mette en évidence les principaux résultats avec des recommandations pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics.

# **Chapitre 01 :**

## **Air intérieur et qualité**

## Introduction

La qualité de l'air à l'intérieur des locaux est un sujet d'inquiétude croissant pour les utilisateurs. Le confort dans un espace intérieur peut avoir un impact direct sur la concentration, les performances de travail ainsi que sur les relations entre les résidants. Le problème de la qualité de l'air intérieur (QAI) peut avoir un impact sur la santé des individus.

Ce chapitre, contient essentiellement les informations fondamentales sur l'air intérieur et leur qualité, les effets de ce dernier sur la santé, nous aborderons aussi quelques définitions pour les critères d'évaluation de la qualité de l'air intérieur, les objectifs du traitement de l'air et les modes de filtration de l'air, qui doivent être prises en compte pour obtenir une bonne qualité de l'air intérieur.

### 1.1 Définition des concepts :

**1.1.1 Air:** Selon le nouveau Larousse encyclopédique « *Fluide gazeux composé, constituant l'atmosphère terrestre* ».

L'air enveloppe le globe terrestre de toutes parts. La couche inférieure à la surface de la terre est connue sous le nom de troposphère, et atteint jusqu'à 11 kilomètres sous nos latitudes. Suivant la stratosphère (11 à 75 km) et l'ionosphère (75 à 600 km). (Recknagel SPRENGER, 2007)

- **Air ambiant:** « *Air extérieur de la troposphère, à l'exclusion des lieux de travail* ». Selon le dictionnaire-environnement.

- **Air intérieur:** volumes plus ou moins couverts, séparés de l'extérieur et caractérisés par des rapports surfaces / volume supérieurs à l'air intérieur, peut être contaminé par de nombreux polluants provenant de l'air extérieur du bâtiment, de ses équipements, des occupants et de leurs activités. Il existe quatre grandes catégories de polluants : les polluants chimiques, biologiques, physiques ou particulaires. Certains paramètres comme le renouvellement de l'air, la température ou l'humidité sont également impliqués dans l'apparition de la pollution (moisissures, acariens, etc.) et participent directement au niveau du confort des occupants. (Mélanie NICOLAS, 2007)

**1.1.2 La qualité de l'air intérieur:** Englobe tous les effets de l'air intérieur qui exercent une influence sur le bien-être et la santé de l'homme. L'air agit sur l'homme tout d'abord par la respiration, permettant au corps d'inspirer l'oxygène nécessaire à son métabolisme et d'expirer le gaz carbonique qui résulte. (Recknagel SPRENGER, 2007)

Les occupants d'une pièce exigent deux qualités de l'air ambiant : tout d'abord qu'il soit frais et agréable, et non vicié et pollué, et par ailleurs que son inspiration ne présente aucun danger pour la santé. (Recknagel SPRENGER, 2007).

## **1.2 Les effets de la qualité de l'air intérieur sur la santé :**

De nombreux problèmes de qualité de l'air peuvent survenir dans les établissements du réseau et occasionner différentes atteintes à la santé. Les principaux problèmes de santé possibles ce sont:

- Les problèmes de santé non spécifiques reliés aux bâtiments.
- Les problèmes de santé en lien avec une contamination fongique.
- Les maladies causées par une exposition à l'amiante, notamment au cours de travaux d'entretien et de réparation sans protection adéquate.
- Les aggravations de certaines maladies chroniques causées par des niveaux de chaleur élevés dans les chambres non climatisées en période de canicule.
- Les problèmes de santé causés par une exposition à certains contaminants précis, susceptibles, tels que des produits chimiques de laboratoire, l'oxyde d'éthylène employé dans des procédés de stérilisation et les gaz anesthésiants ainsi que les contaminants occasionnés par les pratiques personnelles telle la fumée de tabac et le parfum.
- Des infections nosocomiales environnementales.

(La Direction des Communications du Ministère de la Santé et des Services Sociaux, 2011)

## **1.3 Le classement des contaminants dans l'air:**

Les trois types de base, nous en distinguerons trois catégories principales :

- Les contaminants gazeux.
- Les contaminants particuliers (inertes).
- Les contaminants biologiques, ou bio contaminants.



- 3.1. Les contaminants gazeux:** Agissent généralement sur le système respiratoire, plus rarement sur la peau ou le système digestif. Avec, dans certains cas par effet radioactif, ce dernier aspect étant traité à part.
- 3.2. Les contaminants particuliers:** Sont des particules inertes (dites souvent « poussières »), agissant essentiellement sur le système respiratoire ou sur la peau. La taille de ces particules (leur granulométrie) joue un rôle souvent essentiel.
- 3.3. Les bios contaminants:** Sont des suspensions dans l'air (bactéries ou virus) pouvant donner lieu à de multiples effets sur le corps humain. Ils ne concernent normalement que les ambiances médicales.

(Roger CADIERGUES, 2012)

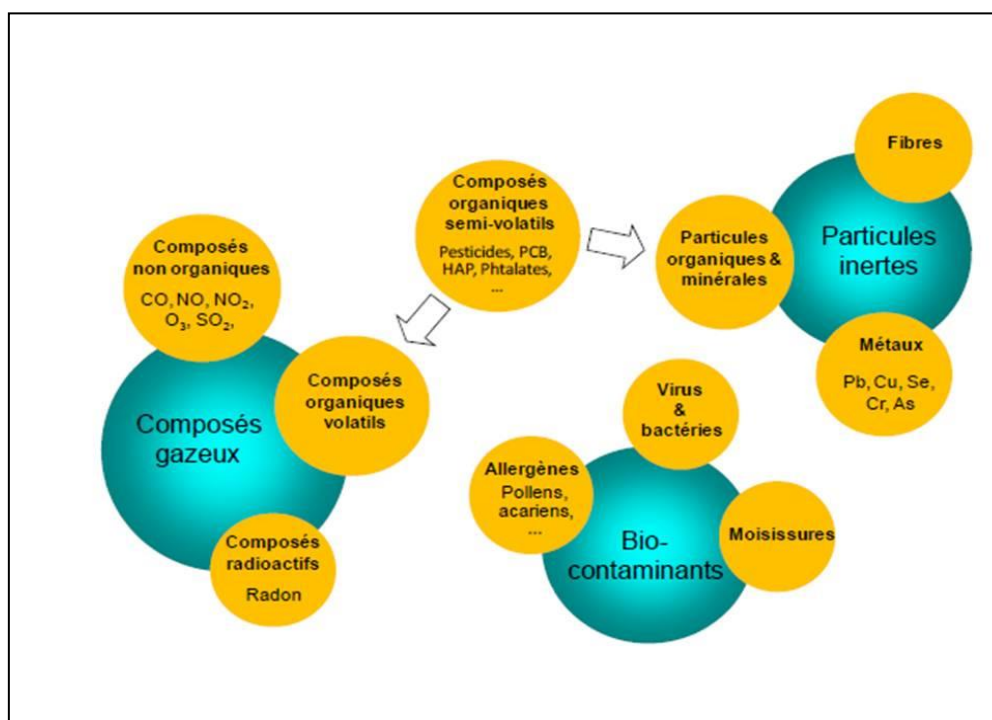


Figure 01 : Les trois types de contaminants dans l'air.

Source : Anne-Lise TIFFONNET, 2018

#### 1.4 Critères d'évaluation de la qualité de l'air intérieur:

Les critères de qualité de l'air ont été conçus afin de faciliter l'évolution de la qualité de l'air. Ils peuvent être utilisés pour évaluer les résultats de mesures effectuées dans le contexte de différents programmes de suivi ou encore, pour évaluer les effets prédits sur l'air ambiant d'un projet industriel ou autre, comprenant des émissions de contaminants dans l'air.

Les critères de qualité de l'air ont été déterminés de manière à protéger la santé humaine, à minimiser les nuisances ainsi que les effets sur l'écosystème. Les données toxicologiques produites par des organismes reconnus ont été retenus pour définir les critères ; ceux-ci ont été établis à un niveau dit de risque nul ou négligeable. Ainsi, lorsque dans une situation prédite ou observée, on estime les concentrations de contaminants à des niveaux inférieurs aux critères, on évalue que cette situation ne présente aucun risque pour la santé.

Toutefois, lorsque le niveau des critères est atteint ou dépassé dans l'environnement cela ne signifie pas que le risque correspondant à ce dépassement doit nécessairement être considéré comme inacceptable ; chaque situation est unique et doit être considérée indépendamment.

(B. calpini, 1999)

### **1.5 Age de l'air:**

C'est le temps écoulé depuis l'entrée dans un local d'une particule de l'air (le temps que met une molécule d'air venant de l'extérieur et passant un point P donné.

Il caractérise la « fraîcheur de l'air » et s'exprime différemment suivant la méthode de gaz traceur utilisée et selon si on s'intéresse localement à des zones d'intérêt particulières ou de manière globale dans l'enceinte.

C'est un critère utile pour identifier les régions où les zones qui sont moins bien ventilées. Les endroits où l'âge de l'air est faible correspondent aux zones où l'air de soufflage remplace rapidement l'air vicié.

(Adrien DHALLUIN ,2012)

### **1.6 Indices de qualité de l'air :**

L'indice de la qualité de l'air (IQA) est un outil d'information dont l'objectif est de faciliter la communication des résultats de la mesure des polluants de l'air. Cet indice peut être bon, acceptable ou mauvais. Il peut être calculé et mis à jour toutes les heures. A partir de la mesure de différents polluants. Les paramètres servant en général au calcul sont l'ozone, les particules fines, le dioxyde de soufre, de dioxyde d'azote et le monoxyde de carbone. (Karim ZENATA, 2008)

L'indice de qualité de l'air dans un local est un indice pour traduire l'exposition à un mélange de polluants, la concentration de chaque polluant du mélange de polluants et sa limite d'exposition sanitaire autorisée, tel que l'exposition au mélange est considérée comme non-dangereuse.

L'indice de qualité de l'air dans un local est utilisé pour décrire l'efficacité d'un système de ventilation à éliminer les contaminants. Il permet aussi d'exprimer la capacité d'un système de ventilation à extraire les contaminants d'un local isolé.

(Mohammed YAKOUBI et all ,2018)

Le premier rôle d'un indice de la qualité de l'air est celui de thermomètre permettant de déclencher l'action publique.

Les indices de la qualité de l'air font désormais couramment communiqués au public. Ils permettent de décrire périodiquement, sous une forme simple (un qualificatif ou un chiffre) l'état de l'environnement local, urbain ou régional. Parce qu'ils synthétisent des données de complexes, les indices de qualité de l'air font en outre des outils utiles au système de gestion de qualité de l'air mis en œuvre par les pouvoirs publics.

Cependant, ce qui fait la force et la popularité des indices de qualité de l'air fait également leur faiblesse dans la mesure où les données exploitées, les référentiels normatifs et les méthodes d'élaboration des indices sont très variables.

(Javier GARCIA et all, 2001)

### **1.7 Nombre de changement d'air :**

Le changement d'air par heure recommandé varie en fonction du type de pièce à ventiler et dans certains cas en fonction de la densité d'occupation de la pièce exprimé en nombre d'occupant par mètre carré de plancher. (Marion KEIRSBULK ,2018)

Le nombre de renouvellements d'air par heure est généralement utilisé pour mesurer le taux de renouvellement d'air assuré par un système de ventilation avec apport d'air neuf. Le taux (ou débit) de renouvellement d'air fait référence au remplacement du volume total d'air d'un espace de travail en une heure. (climatisationjfp, 2005)

## **1.8 Efficacité de ventilation :**

L'efficacité de ventilation est définie comme étant le pourcentage d'air frais introduit dans une enceinte par rapport à la quantité d'air extraite par les bouches d'extractions.

Un système de ventilation efficace permet de renouveler l'air intérieur plus rapidement. Pour un système idéal, l'efficacité de ventilation est proche de l'unité (100%), ce cas est rarement atteint dans la réalité. L'efficacité de ventilation dépend des paramètres suivants :

- Position des bouches de soufflage et d'extraction.
- Stratégie et scénario de ventilation.
- Propriétés physico-chimiques des gaz et des particules contenues dans l'air intérieur.
- Type de la source de polluant (chimique, biologique).

(Salim HAINE ,2014)

## **1.9 Modes de filtration de l'air :**

La filtration de l'air a pour but de protéger les personnes, la sensation de confort recherchée avec le traitement de l'air n'accepte pas un air chargé de poussières.

Une filtration aléatoire peut conduire à des couts importants à cause d'arrêts de travail : rhume, grippe, conjonctivites et allergies.

(Jean DESMONS , 2008)

### **1.9.1 Filtration primaire :**

Les filtres primaires ont pour objet de protéger les équipements contre les poussières grossières, les fragments de feuilles et les insectes susceptibles de s'y trouver. Des filtres de faible efficacité situés après le plénum de mélange sont utilisés. (La Direction des Communications du Ministère de la Santé et des Services Sociaux, 2011)

### **1.9.2 Filtration secondaire :**

Les filtres secondaires doivent être changés périodiquement. On procède habituellement à ces changements selon leur degré d'encrassement, indiqué par un différentiel de pression trop élevé. (La Direction des Communications du Ministère de la Santé et des Services Sociaux, 2011).

### **1.10 Efficacité de traitement de l'air :**

Le traitement de l'air mise en place dans les établissements de santé a des objectifs de confort, de sécurité sanitaire en protégeant de l'aéro-bio contamination dans les enveniment maitrises et dans certains cas de sécurité en protégeant l'enterrement hospitalière. (Marion KEIRSBULK ,2006)

### **1.11 Les objectifs du traitement de l'air :**

Un environnement confortable peut être obtenu et contrôlé par des paramètres tels que l'humidité relative et la température.

Par exemple dans un hôpital: Pour protéger un patient fragile de l'aéro-bio contamination, il est possible d'agir soit en prévenant la contamination extérieure à l'aide d'une filtration efficace et d'une surpression protégeant le local de la contamination des autres locaux, soit en éliminant la contamination produit sur place à l'aide d'un renouvellement et la maîtrise des flux d'air ce qui « épure » l'air local.

(Marion KEIRSBULK ,2006)

### **1.12 La qualité de l'air et la ventilation :**

Quand on parle de « qualité de l'air » il s'agit implicitement de l'air intérieur. Cette qualité se mesure par le contenu plus ou moins important en éléments nocifs ou gênants. Pour éviter le terme « polluants », généralement réservé à la pollution extérieure, nous appelons ici « contaminants » ces éléments nocifs ou gênants « intérieurs ». Il s'agit de gaz neutre sou radioactifs ou de particules inertes ou vivantes.

La ventilation consiste à renouveler l'air d'un espace intérieur clos par l'air extérieur, il s'agit de balayer l'espace par un air neuf qui se charge de l'humidité, des mauvaises odeurs, des gazes toxiques et de pollutions diverses.

(Henry Renaud, 2003)

### 1.13 Différents paramètres de l'air :

Le (tableau) illustre les différents paramètres de l'air.

Traitement	Effet	Paramètre physique	Unité de mesures	Instruments de mesures	Moyens techniques d'obtention
Filtration	*Elimination de particules.	Classe d'empoussièrement.	Concentration particulaire.	Compteur de particule (0.5µm et 5µm).	*filtre
	Elimination des microorganismes	Classe bactériologique.	* UFC unité formant colonie	*appareil à filtration ou impaction sur milieu gélosé	*système de renouvellement d'air
Insufflation et /ou Aspiration	Changement de pression de la pièce par rapport à la pression atmosphérique	Pression	Bar, Pa	Manomètre capteur de pression	VMC
	Maitrise des flux d'air	Classe d'empoussièrement et bactériologique	Concentration particulaire et UFC		Hotte, système de soufflage
Humidification	Condensation de l'eau	Hygrométrie Taux d'hygrométrie	Hygrométrie		Humidificateur
Chauffage et ou rafraichissement	Chaleur	Température	C°. K	Thermomètre	Chauffage, climatisation

*Tableau 01: les paramètres de l'air.*

*Source : SOFIA (2006).*

### 1.14 Point Réglementaire et normatif :

La législation relative aux traitements d'air et à sa qualité est un thème abordé dans :

- Les codes du travail concernent l'aération des locaux de travail, les réglementations sanitaires.
- Les Normes ISO concernent la définition et le classement des salles selon la qualité de l'air.
- Les Codes des constructions définissent les caractéristiques thermiques des bâtiments et équipements, la sécurité contre l'incendie.

Pour les établissements de santé, il existe quelques recommandations spécifiques.

(Marion KEIRSBULK ,2006)

En Algérie la réglementation législative concernant la ventilation est présentée par le décret N°91-175 et étayé par des règles de calcul du DTR-C-3.12. (B. BENRACHI et H. HOUARI ,2002)

### **1.15 L'objectif de la ventilation et de la climatisation d'air :**

La ventilation et la climatisation permettant d'obtenir le climat intérieur souhaité. Selon les exigences, une ou plusieurs des tâches suivant être accomplies :

- Alimentation en air extérieur: Dans la pièce de séjours, l'air expiré enrichi en CO<sub>2</sub> par les personnes doit être renouvelé avec de l'air neuf.
- Evacuation des charges thermiques: Afin de maîtriser la température ambiante , les charges du local doit être remplacé (chauffage et refroidissement), doivent être éliminées. à cet effet, il convient d'alimenter le local en air chaud ou froid selon le cas.
- Evacuation des charges humides: Afin de maîtriser l'humidité de l'air ambiant, le local doit être alimenté en air humidifié ou déshumidifié, selon qu'il y trouve des sources d'humidité ou de déshumidification.
- Maîtrise de la qualité de l'air : afin de maîtriser la concentration autorisée en agents contaminant dans les locaux, l'air contaminer doit être remplacé par de l'air pur. On entend par agent contaminant de conséquences nuisibles à la santé.

L'objectif de la ventilation et de climatisation de l'air est bien plus ambitieux de maîtriser l'air ambiant, notamment en ce qui concerne sa température, son humidité et sa qualité.

(Recknagel SPRENGER ,2002)

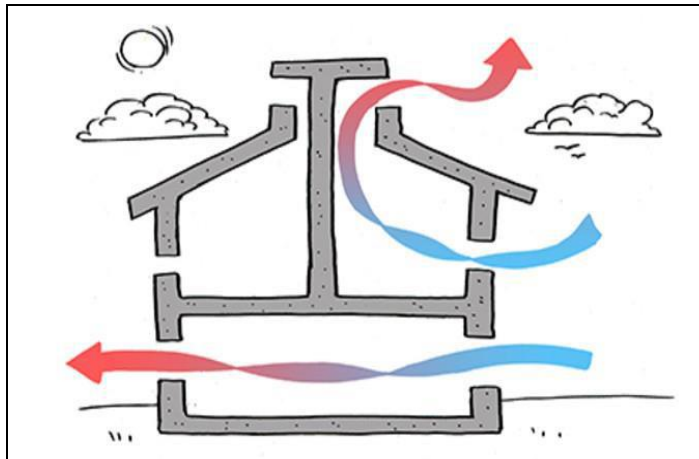
### **1.16 Les techniques de ventilation :**

Les exigences concernant la qualité de l'air ambiant différant selon le type de pièce. Pour les pièces d'habitation, la ventilation naturelle en ouvrant la fenêtre suffit. Pour certaines Equipment, comme les hôpitaux, les bâtiments, etc. ...l'établissement d'un système de ventilation doit être en mesure de contrôler avec précision la qualité de l'air ambiant souhaitée. (Recknagel SPRENGER, 2002)

Deux stratégies de ventilation sont souvent utilisées dans les établissements publics, la ventilation naturelle par l'ouverture des fenêtres et des portes, ainsi que la ventilation mécanique qui porte sur l'ensemble des installations de l'immeuble pour assurer un bon fonctionnement du chauffage et de l'air conditionné. (Salim HAINE, 2014).

### 1.16.1 Ventilation naturelle :

La ventilation naturelle consiste à créer des courants d'air dans le logement par le biais d'orifice d'entrée de partie basse des murs des pièces principales et des bouches de sortie en partie haute des pièces humides. (Paul de Haut, 2007)



*Figure02 : ventilation naturelle.*

*Source : CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement Nord-Picardie) (2012)*

### 1.16.2 Ventilation mécanique :

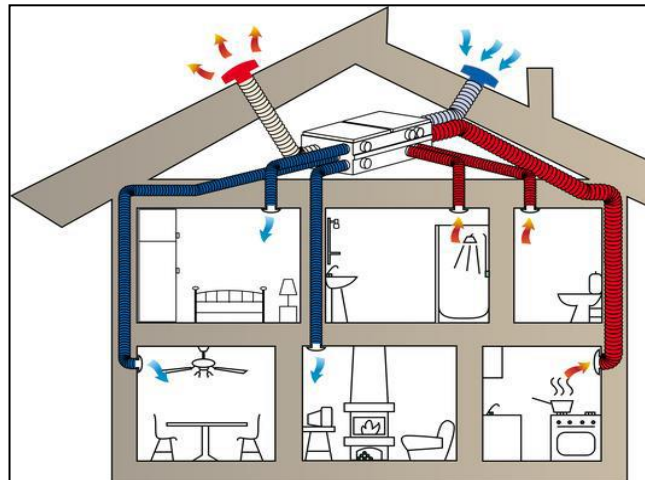
La ventilation mécanique désigne tout un dispositif comportant au moins un équipement motorisé d'évacuation et/ou d'alimentation forcée d'air. Elle a pour rôle de faciliter l'aération des pièces en évacuant l'air vicié et en le renouvelant par de l'air frais provenant de l'extérieur. (Salim HAINE, 2014).

- **Ventilation mécaniquement contrôlée :**

Nous distinguons deux types de ventilation mécaniques :

- **La Ventilation mécaniquement contrôlée (VMC) simple flux :**
- **La Ventilation mécaniquement contrôlée (VMC) double flux :**





**Figure03** : ventilation-double-flux.

Source : CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Nord-Picardie) (2012)

### 1.17 Qualité de l'aire et ventilation selon la HQE :

En matière de risque sanitaire, le champ des connaissances des effets des polluants sur les individus est inégal d'un polluant à l'autre. Les études récentes dans le domaine de la qualité de l'air permettent de maîtriser ce champ de connaissances pour certains polluants de l'air (COV et formaldéhydes), et des solutions existent pour limiter le risque sanitaire.

La qualité de l'air intérieur peut être altérée par des substances issues des sources de pollution telles que :

- Les produits de construction (matériaux, revêtements, isolants, etc.).
- Les équipements (ameublement, systèmes énergétiques, système de production d'eau chaude).
- Activités présentes au sein du bâtiment (entretien, travaux, etc.).
- Le milieu environnant du bâtiment (polluants du sol, radon, air extérieur, etc.).
- Les usagers (leurs activités et leurs comportements).
- Les polluants peuvent être de différentes natures :
  - Substances chimiques gazeuses (composés organiques volatils, formaldéhyde, monoxyde de carbone, oxydes d'azote, ozone, radon, etc.).
  - Métaux (plomb notamment).
  - Allergènes respiratoires (de moisissures, de bactéries et d'acariens).
  - Poussières et particules.

- Fibres (minérales artificielles, amiante).
- Fumée de tabac (mélange complexe de gaz et de particules).  
Pour assurer la qualité sanitaire de l'air, il est possible d'intervenir à deux échelles :
  - D'une part une action sur la ventilation pour réduire la concentration des polluants dans le bâtiment.
  - D'autre part une action sur les sources internes et externes au bâtiment pour limiter la présence de polluants au sein de celui-ci.

Enfin, la mise en œuvre des solutions passives pour limiter les effets des sources externes au bâtiment, empêcher la diffusion des pollutions de l'air dans le bâtiment. (CERTIVEA, 2011)

### **Conclusion :**

La qualité de l'air intérieur englobe tous les effets de l'air intérieur qui a une influence sur le bien-être et la santé de l'homme.

La qualité de l'air intérieur est un aspect très important dans la conception des bâtiments, certains polluants de l'air intérieur viennent de l'extérieur, mais la plupart sont émis à l'intérieur même des bâtiments. Le mobilier et les matériaux de construction peuvent également émettre des polluants. Par ailleurs, l'humidité et le manque de ventilation peuvent aggraver la pollution de l'air intérieur.

## **Chapitre 02 :**

# **Les bâtiments publics et les matériaux de construction**

## **Introduction :**

Les matériaux de construction jouent un rôle clé dans la conception, la réalisation et l'utilisation des produits manufacturés et les avancées technologiques n'ont souvent été possibles que par des progrès dans les matériaux associés.

Un bâtiment public est l'expression du projet politique, social, urbain, environnemental et économique de la collectivité.

Ce chapitre, contient essentiellement des informations fondamentales sur les matériaux de construction, la classification des matériaux soit la classification scientifique (métaux, céramiques, polymères et composites), ou la classification pratique; le les différentes propriétés physiques, mécaniques, chimiques et thermiques des matériaux de construction; Aussi nous expliquons dans ce chapitre des informations sur les bâtiments publics et leurs classification.

## **2.1 Définition des concepts :**

### **2.1.1 Matériau :**

Selon le nouveau Larousse encyclopédique « *Substance quelconque utilisée à la construction des objets, machines, bâtiments, etc. On classe les matériaux en grandes classes : métaux, céramiques, verres, textiles, polymères, pierres et bétons, matériaux composites naturels : bois, os ou artificiels* »

D'une notre manière un matériau est une matière première, à l'état brut, qu'on utilise pour fabriquer des objets divers matière , un matériau peut être d'origine naturelle comme le caoutchouc, la soie, le bois, etc. ou artificielle, fabriqué par l'homme comme l'acier, le papier, le tissu, le verre, etc. (Christian LEMAITRE ; 2012)

### **2.1.2 Construction :**

Selon le nouveau Larousse encyclopédique « *Ensemble des techniques qui permettent de bâtir ; secteur d'activité dont l'objet est de bâtir : Matériaux de construction.*

### **2.1.3 Les matériaux de construction :**

Sont des matériaux utilisés dans les secteurs de la construction : bâtiment et travaux publics (souvent désignés par le sigle BTP). La gamme des matériaux utilisés dans la construction est relativement vaste. Elle inclut principalement le bois, le verre, l'acier, les matières plastiques (isolants notamment) et les matériaux issus de la transformation de produits de carrières, qui peuvent être plus ou moins élaborés. On a ainsi dérivé de l'argile, les briques, les tuiles, les carrelages, les éléments sanitaires. (Selon Techno-science).

Les matériaux de construction sont considérés comme tous les matériaux utilisés pour la réalisation des ouvrages en béton armé ou en constructions métallique, ainsi qui sont largement utilisés dans le domaine de travaux publics (Route, ponts, aéroport).

## **2.2 Classification des matériaux de construction :**

### **2.2.1 Classification scientifique :**

De nombreuses propriétés physico-chimiques et propriétés d'usage des matériaux sont étroitement liées à la nature des liaisons chimiques entre les atomes qui les constituent. (Anne-Françoise Gourgues ,2006).

C'est sur cette base qu'est établie la distinction entre les principales classes de matériaux :

#### **2.2.1.1 Les métaux :**

Ce sont les métaux purs et leurs mélanges, ou alliages, comportant essentiellement des liaisons métalliques, Ce sont les matériaux les plus employés pour les applications structurales (90% ferreux, les non-ferreux étant des alliages de Al, Cu, Ni et Ti). Les métaux sont ordinairement très bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité et opaque à la lumière visible qu'ils réfléchissent. Ils sont le plus souvent durs, rigide et déformable plastiquement. ( Jean P. MERCIER et al , 2002).

#### **2.2.1.2 Les céramiques :**

Ce sont les matériaux les plus anciens et les plus couramment utilisés en Génie Civil (pierre, brique, verre...) ,le céramiques comportant des liaisons ioniques et/ou des liaisons covalentes. (Michel DUPEUX ,2015).

#### **2.2.1.3 Les polymères :**

Ce sont les matériaux d'origine biologique, les polymères et élastomères de synthèse, comportant des liaisons covalentes et des molécules organiques, les polymères (verres organique,

caoutchoucs,..) ont des propriétés physiques très diversifiées. Ils sont presque toujours des isolants électriques et thermiques, ils sont légers et très faciles à mettre en forme. (Jean P. MERCIER et al, 2002).

#### 2.2.1.4 Les composites et matériaux structuraux:

Ce sont des combinaisons hétérogènes de matériaux issus de ces trois familles, mais dont la structure est définie en fonction de l'application (béton armé, composite carbone - époxy ....), ou bien se développe naturellement sous l'effet des sollicitations mécaniques ou thermiques (ex. bois : fibres de lignine dans une matrice de cellulose, ou métaux texturés par déformation plastique intense). (Christian LEMAITRE ; 2012).

Famille de matériaux	Métaux	Polymères élastomères	et	Céramiques
Densité	élevée	faible		faible
Rigidité (module d'Young)	élevée			élevée
Coefficient de dilatation thermique	moyen	élevée		
Dureté	élevée	Faible à élevée (fibre)		élevée
Ductilité (déformabilité)				
Conductivité électrique, thermique	élevée	Facile (isolants)		Electrique: faible Thermique: élevée
Résistance à l'environnement (corrosion)	Facile en générale	élevée		élevée
Température maximale d'utilisation	élevée	Faible (<200°C)		Très élevée
Mise en forme	Facile (déformation)	Très facile (moulage)		Difficile (frittage)

*Tableau02 : quelques propriétés des grandes familles de matériaux.*

*Source : Anne-Françoise Gourgues ,2006.*

### 2.2.2 Classification pratique :

Dans le domaine de la construction, les matériaux sont classés selon leur emploi dans l'ouvrage.

Ainsi on distingue :

#### 2.2.2.1 Les matériaux de structure :

Les matériaux à fonction structurale sont principalement destinés à résister et assurer la stabilité de la construction, sans subir de déformation excessive et sans rompre, à des sollicitations mécaniques. (Yves BRECHET et Andréas MORTENSEN, 2002). Parmi les matériaux les plus fréquemment utilisés sont : Pierres, Terres cuites, Bois, Béton, Métaux.

### 2.2.2.2 Les matériaux de protection:

Sont les matériaux qui ont la propriété d'enrober et de protéger les matériaux de construction principaux contre les actions extérieures ; sont essentiellement ceux utilisées pour la finition intérieure des constructions tels que : Enduits, Peintures, Bitume. (Christian LEMAITRE ; 2012)

- **Revêtements de sol**

- Les revêtements de sol élastiques (vinyl, PVC, linoleum, liège, caoutchouc, ...)
- Les revêtements de sol textiles (tapis plain)
- Les revêtements de sol en résines (époxy, PU, coatings, mortier modifié de résine, tapis de Pierre, terrazzo ou granito, ...)
- Les revêtements de sol en bois ou composés de bois (plancher, parquet, parquet de placage, Panneaux de fibres de bois, panneaux de particules, panneaux OSB, panneaux Multiplex,...).
- Les carreaux en pierre naturelle et en céramique avec finition.

- **Les revêtements pour mur et plafond**

- Les panneaux pour mur et plafond en matière synthétique (PVC, polystyrène, mélaminé...).
- Les panneaux pour mur et plafond en bois ou à base de bois (panneaux OSB, etc.)
- Les carreaux en pierre naturelle ou en céramique avec finition
- Les plaques de plâtre.
- Les enduits.

- **Les matériaux de fixation non- métalliques**

- Les colles pour revêtements de sol, de paroi ou de plafond.
- Les mortiers, colle, les mortiers à base de ciment modifiés par des polymères.
- Les membranes autocollantes.

- **Les produits de finition**

- Les peintures pour mur et plafond (acrylique, epoxy, PU, vinylique, alkyde, ...).
- Les vernis, cires et huile pour matériaux en bois ou à base de bois.
- Les produits d'imprégnation pour sols poreux (béton, chape, pierre naturelle, ..).
- Les produits de jointoiement, d'étanchéité (acrylique, silicone, polymère, ...).

- **Matériau d'isolation**

- Les panneaux isolants d'origine synthétique.
- Les panneaux isolants d'origine minérale, végétale ou animale (laine de verre, laine de roche, liège, chanvre, bois, cellulose, laine,...).

- Les produits insufflés (ouate de cellulose, fibres de bois, laine de verre, ...).
- Les mousses projetées (PUR, ...).
- Les pare vapeurs.

### 2.3 Les propriétés des matériaux de construction :

La connaissance des propriétés des matériaux permet de prévoir leur capacité à résister sous des conditions diverses. Chaque matériau possède des propriétés :

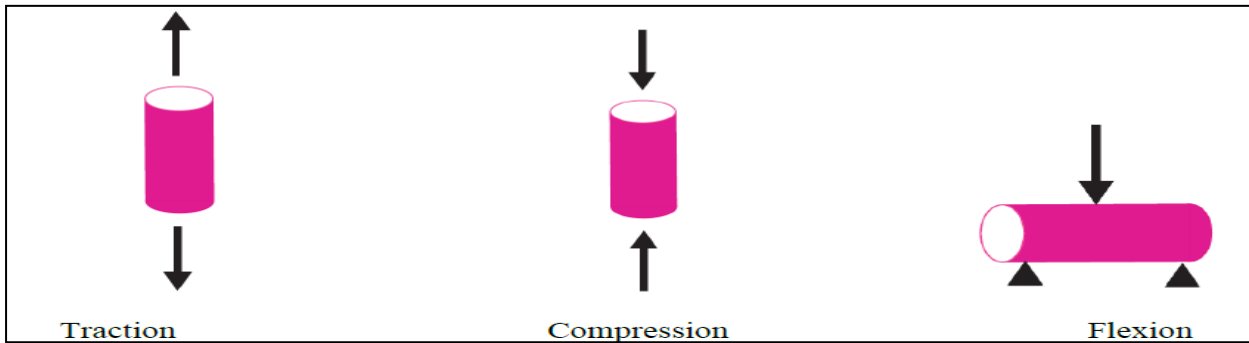
#### 2.3.1 Les propriétés physiques :

- **La masse volumique.**
- **La densité.**
- **La porosité et la compacité :**
  - La porosité :** Est définie comme le rapport du volume poreux (volume de vide) au volume total de l'adsorber (volume de vide + volume de matière). (**John Lynch2001**).
  - La compacité :** Est définie comme le rapport du volume plein au volume total.Porosité et la compacité sont donc 2 grandeurs complémentaires. (**Henri Fauduet ; 2011**).
- **L'humidité :** L'humidité est une des propriétés importante des matériaux de construction. C'est la teneur en eau réelle d'un matériau qui contient dans les pores. En général l'humidité est notée  $W$  et s'exprimée en pourcentage (%). (**Henri FAUDUET, 2011**).

#### 2.3.2 Les propriétés mécaniques :

- Déformation élastique – Déformation plastique.
- La traction.
- Compression.
- La flexion.
- La torsion.
- Le cisaillement.
- Ductilité- fragilité.





*Figure 04 : Les propriétés mécaniques*  
*Source : Toufik BOUBEKEUR, 2017*

### 2.3.3 Les propriétés physico-chimiques :

- **L'absorption de l'eau :** L'absorption de l'eau du matériau est la capacité de conserver des échantillons quand ils sont immergés au sein de l'eau à température de 20,5 °C et à la pression atmosphérique. A cette condition l'eau peut pénétrer dans la plupart des vides interstitiels du matériau. Si la porosité du matériau est importante, l'absorption de l'eau est plus grande, mais l'absorption est toujours inférieure à la porosité du matériau. (Toufik BOUBEKEUR, 2017).
- **La perméabilité :** est la capacité d'un lit de particules à se laisser traverser par un fluide, (Henri FAUDUET, 2011) pour une surface donnée, dans un temps donné et à une pression et une température donnée. C'est une propriété du système fluide – milieu poreux. La température intervient par son influence sur la viscosité du liquide. La pression intervient par son action sur le volume des vides.
- **Autres propriétés :**  
Il existe plusieurs autres propriétés physiques des matériaux tel que :
  - ❖ Les propriétés acoustiques : la résistance acoustique, l'absorption acoustique,
  - ❖ Les propriétés thermiques : la capacité thermique, la fatigue thermique, ...
  - ❖ Les propriétés électriques : la résistance électrique, la conductibilité électrique, ...
  - ❖ Les propriétés magnétiques.

## 2.4 Bâtiment public :

### 2.4.1 Définition d'un bâtiment public:

Selon le nouveau Larousse encyclopédique « *Bâtiments de, concernant ou affectant la communauté de personnes au niveau de la ville, de l'état et du niveau fédéral* ».

Selon Oxford dictionnaires « *Bâtiment utilisé par le public à des fins quelconques, telles que rassemblement, éducation, divertissement ou culte* ».

Un bâtiment public Est une construction immobilière appartenant à l'État ou à un organisme affilié à la puissance publique en affectation à l'accueil du public. C'est un immeuble servant à accueillir un service public. Utilisé par le public à des fins quelconques, telles que rassemblement, éducation, divertissement ou culte... (Nizard FASSI, 2016).

### 2.4.2 La classification des bâtiments publics:

#### 2.4.2.1 En France:

La catégorie est définie en fonction de l'effectif du public et du personnel admis dans l'établissement.

- **1ère catégorie** : au-dessus de 1 500 personnes ;
- **2ème catégorie** : de 701 à 1 500 personnes ;
- **3ème catégorie** : de 301 à 700 personnes ;
- **4ème catégorie** : 300 personnes et au-dessous, à l'exception des établissements compris dans la 5ème catégorie
- **5ème catégorie** : établissements dans lesquels l'effectif du public n'atteint pas le chiffre minimum fixé par le règlement de sécurité contre l'incendie (voir le tableau suivante).

Type	Nature de l'exploitation
L	Bains à vapeur et douches publiques.
M	Magasins de vente. Centres commerciaux.
N	Restaurants, cafés, brasseries, débits de boissons, bars, etc.
O	Hôtels à voyageurs, hôtels meublés, pensions de familles, etc.
P	Bals ou dancings, salles de réunions, salles de jeux.
Q	Salles de conférence.

R	Etablissements d'enseignement public et d'enseignement privé.
S	Bibliothèques et archives, centre de documentation, musées publics et privés.
T	Halls et salles d'expositions.
U	Etablissements sanitaires publics ou privés.
V	Etablissements de culte.
W	Banques, administrations publiques ou privées, bureaux.
X	Etablissement sportif couvert.
Y	Musée
OA	Hôtel-restaurant d'altitude
GA	Gare
PA	Etablissement de plein-air
REF	Refuge de montagne non gardé Refuge de montagne gardé
CTS	Chapiteau ; tente ; structure

*Tableau 03: définissant les seuils à ne pas atteindre pour rester en 5ème catégorie*

*Source : Christian LEMAITRE ; 2012.*

#### **2.4.2.2 En Algérie :**

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa destination et de son importance vis à vis des objectifs de protection fixés par la collectivité. Cette classification qui vise à protéger les personnes, puis les biens économiques et culturels de la communauté. Coefficient d'accélération de zone A, suivant la zone sismique et le groupe d'usage du bâtiment.

Groupe	I	II	III	Classification des ouvrages selon leur importance
1A	0.12	0.25	0.35	Ouvrages d'importance vitale : Sécurité-Hôpitaux
1B	0.10	0.20	0.30	Ouvrages de grande importance : Scolaire et Culte
2	0.25	0.15	0.08	Ouvrages courants : Habitations Bureaux

3	0.05	0.10	0.15	Ouvrages de faible importance : hangars
---	------	------	------	--

*Tableau 04 : Classifications des ouvrages.  
Source : réglementation parasismique Algérien2003.*

## **Conclusion :**

A travers ce chapitre nous avons montré que les matériaux de construction sont utilisés dans les secteurs de la construction ; bâtiments et travaux publics. La gamme des matériaux utilisés dans la construction est relativement vaste. Elle inclut principalement le bois, le verre, l'acier, les isolants et les matériaux issus de la transformation de produits de carrières, qui peuvent être plus ou moins élaborés. On a ainsi dérivé de l'argile, les briques, les tuiles, les carrelages. Ils peuvent être classés en deux classes ; la classification scientifique en quatre grandes familles, selon la nature des liaisons entre les atomes ; et la classification pratique en deux classes selon l'emploi dans l'ouvrage.

Les matériaux de construction ont des propriétés mécaniques ; La masse volumique, la densité, la porosité et la compacité, la porosité, la compacité, l'humidité et d'autres propriétés physico-chimiques ; l'absorption de l'eau, la perméabilité. On distingue que chaque matériau possède à des propriétés différentes selon leur utilisation et le domaine d'application. Aussi nous avons montré que les bâtiments publics sont classés selon l'effectif du public et du personnel admis dans les bâtiments.



**Chapitre 03 :**  
**Les matériaux de construction et  
leur impact sur la qualité de l'air  
intérieur.**

## Introduction

De nombreuses recherches menées sur l'air intérieur ont montré la complexité des matrices en présence et des interactions entre les différents polluants, qu'ils soient radioactifs, biologiques, particulaires ou gazeux. Parmi les contaminants gazeux pris en compte pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur des bâtiments, les composés organiques volatils (COV) sont particulièrement surveillés en raison de leurs nombreuses sources possibles, de leurs interactions d'une part entre eux et d'autre part avec les surfaces des matériaux. Les effets sur la santé dus à la présence de nombreux COV en traces dans l'environnement ne sont pas encore évalués. Évalue seul, un COV à l'état de trace a généralement peu d'impact sur la santé des habitants.

Ce chapitre, contient essentiellement les informations sur les différents polluants d'origine des matériaux de construction et leur impact sur la qualité de l'air intérieur tel que le radon ; les moisissures ; les poussières ; les composés organiques volatils.

### 3.1 Les matériaux de construction et les polluants:

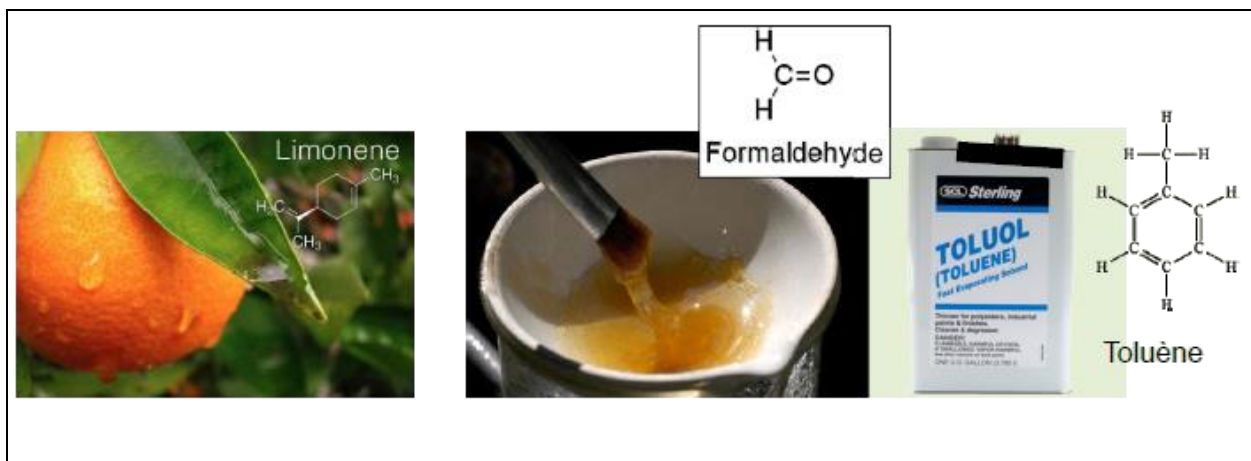
#### 3.1.1 Les Composés Organiques Volatils :

##### 3.1.1.1 Définition :

-**Composé** : Espèce chimique formée par la combinaison de deux ou plusieurs éléments.

-**Chimie organique** : Partie de la chimie qui est consacrée à l'étude du carbone et de ses combinaisons.

-**Volatil** : Qui se vaporise et s'évapore facilement. (Weebly,2017 )



*Figure 05: Exemple des quelques chimies organique.*

*Source : Séance d'information : Les émissions de COV par les matériaux de finition intérieure (PDF).*

### - Les Composés Organiques Volatils :

Un composé organique volatil est une molécule composée d'atomes de carbone, d'hydrogène et éventuellement d'autres atomes tels que l'oxygène, les halogènes, le soufre et qui se caractérise par une tension de vapeur élevée (supérieure à 100 ppmv) à température ambiante, ce qui les rend particulièrement volatils.

Leurs effets sur la santé sont nombreux, ils vont de la simple nuisance olfactive à des effets mutagènes et cancérigènes (cas du benzène, du di chlorobenzène, de l'acétaldéhyde, de l'acroléine et du formaldéhyde), toxiques (hydrocarbures halogènes, aldéhydes, terpènes...), en passant par une diminution de la capacité respiratoire (aldéhydes...).

De façon générale, ces composés entrent dans la composition des carburants mais aussi dans de nombreux produits de la vie courante comme les peintures, les colles, les produits cosmétiques ou les solvants et peuvent être émis soit par évaporation, soit par combustion. Ces émissions sont dues au transport routier, à l'industrie manufacturière, à l'usage domestique, mais aussi aux émissions naturelles.

**(Emilian KOLLER, 2009).**

Les composés organiques volatils, symbolisés par le sigle COV, sont c composés organiques ayant une tension de vapeur de 10 Pa ou plus à une température de 20 °C. Dans les locaux, leurs sources sont très nombreuses Comme on la déjà mentionné, leur concentration dans l'air intérieur varie avec le temps et l'espace (sources intermittentes, absorption sur les matériaux, réactions secondaires, taux de renouvellement d'air).

Les effets sur la santé des COV peuvent être très variés compte tenu de leur hétérogénéité. Ils pourraient apparaître à partir d'une concentration de 3 000 µg/m<sup>3</sup> en composés organiques volatils totaux (COVt). **(Louise Schriver -Mazzuoli, 2008)**

#### **3.1.1.2 Types des composés volatiles:**

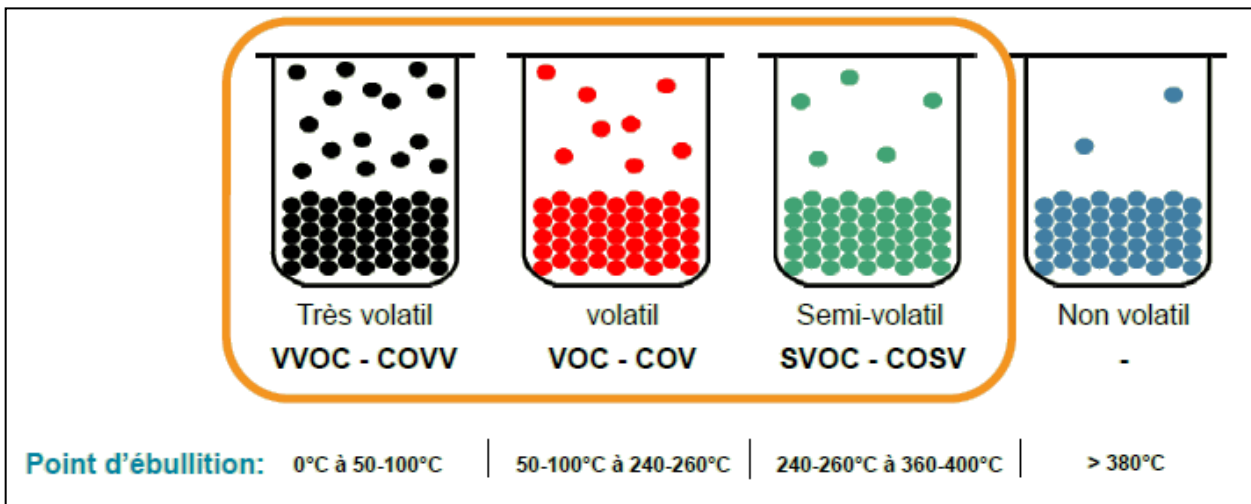
Plus de 500 composés organiques ont été décelés à l'intérieur des bâtiments, ce qui impose de mettre en place une classification. Celle adoptée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 1989 permet de distinguer les composés organiques selon leur point d'ébullition.



Catégorie	Description	Abréviation anglaise	Gamme de point d'ébullition (°C)
1	Composés organiques très volatils (gazeux)	COVV	< 0 à 50-100
2	Composés organiques volatils	COV	50-100 à 240-260
3	Composés organiques semi volatils	COSV	240-260 à 380-400
4	Composés organiques associés aux particules	COAP	> 380

**Tableau 05:** Classification des composés organiques

Source: Jérôme Nicolle, 2009



**Figure 06 :** Types des composés volatiles.

Source : Séance d'information : Les émissions de COV par les matériaux de finition intérieure (PDF).

### 3.1.1.3 Comparatif COV entre air intérieur et air extérieur:

La qualité de l'air intérieur résulte principalement de trois facteurs : la qualité de l'air extérieur, les conditions de ventilation et les sources de pollution présentes dans les environnements intérieurs. Les sources de pollutions intérieures sont nombreuses et variées : les occupants et leurs activités (fumée de tabac environnementale, activités de cuisine, bricolage), les produits de construction, de décoration, d'ameublement et de bureautique, mais aussi les désodorisants d'intérieur et les produits d'entretien. (Afsset, 2009)

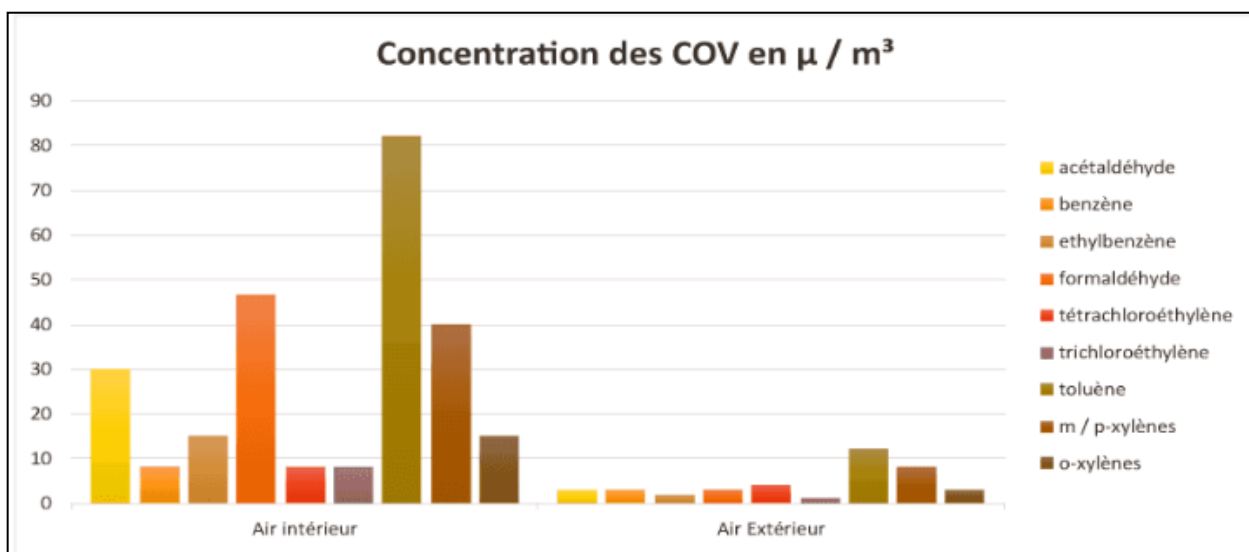


Figure 07 : Comparatif COV entre air intérieur et air extérieur.

Source : L'OQAI - Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur.

#### 3.1.1.4 Les sources de composant volatile organique (COV) à l'intérieur :

Les sources de COV à l'intérieur des locaux sont multiples et peuvent être classées en 3 catégories selon leur origine :

- **Le transfert** : Les COV émis à l'extérieur des locaux par le trafic routier, les installations industrielles et de chauffage ainsi que les centrales thermiques sont susceptibles de pénétrer à l'intérieur des locaux par infiltration, ventilation naturelle ou mécanique.
- **Les sources liées aux occupants et à leurs activités** : Une des premières sources anthropogéniques des COV de l'air intérieur est la fumée de tabac. L'utilisation d'appareils fonctionnant par des procédés de combustion, des appareils utilisés pour la production d'eau chaude, de chauffage ou la cuisson des aliments...etc.
- **Les sources liées aux produits de construction et d'aménagement**: Les matériaux de construction, de revêtement (sols et murs), d'ameublement, de décoration mais aussi les produits de mise en œuvre et de finition utilisés dans ces différents matériaux sont également une source importante de COV. (M. Hulin, I. Annesi-Maesano ; 2012)

Familles chimiques	COV	Sources
<b>Composés aromatiques</b>	Benzène	Carburants, gaz d'échappement de véhicules, foyers ouverts, fumée de tabac et produits de bricolage, construction, décoration ou d'ameublement
	1,2,4-triméthylbenzène	Solvant pétrolier, carburants, goudrons, vernis
	m/o/p -Xylène	Insecticides, peintures, vernis, colles
	Toluène	Vapeurs d'essence, peintures et vernis, agent de préservation du bois, tapis, colles, stylos feutre, produits et encres d'imprimerie, calfeutrage siliconé, adhésifs, solvants, linoléum, moquette
	Ethylbenzène	Carburant, cires
	Styrène	Carburants, polystyrène, articles de loisir, matériaux isolants, fumées de tabac, matières plastiques
<b>Alcanes</b>	Cyclohexane	Peintures, vernis, colles
	Décane	White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, tapis, moquettes, sol
	Undécane	White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol
	C6 à C15	Gaz d'échappement de véhicules, chauffage à mazout, agents d'entretien, peintures, vernis, white spirit, colles pour sol, moquette, tapis
<b>Terpènes</b>	(+/-) Alpha pinène	Désodorisant, parfum d'intérieur, produit d'entretien
	Limonène	Désodorisant, parfum d'intérieur, cires, nettoyeurs pour sol
<b>Cétones</b>		Adhésifs, dissolvants
<b>Composés chlorés</b>	Trichloroéthylène	Solvants, peintures, vernis, colles, dégraissant métaux
	Tétrachloroéthylène	Nettoyage à sec, textiles, moquette, tapis
	1,4-dichlorobenzène	Antimite, désodorisant, taupicide
	1,1,1-trichloroéthane	Colle
<b>Aldéhydes</b>	Formaldéhyde	Foyers ouverts, matériaux isolants, panneaux de particules, fumées de tabac, désinfectant, livres et magazines neufs, photocopieurs
	Acétaldéhyde	Foyers ouverts, fumées de tabac, panneaux de bois brut et de particules, isolants, photocopieurs
	Acroléine, hexanal, nonanal	Friture, foyers ouverts, vernis pour radiateur, lino,
	1-méthoxy-2-propanol	Laques, peintures, vernis, savons, cosmétiques
<b>Esters ou éthers de glycol</b>	2-butoxyéthanol	Peintures, vernis, fongicides, herbicides, traitement du bois, calfatage siliconé
	2-éthoxyéthanol	Peintures, laques, vernis
	Butyl-acétate	Parquet, solvants
	2-éthyl-1-hexanol	Solvants aqueux
<b>Alcools</b>	Butanol, phénol	Peintures, vernis, nettoyeur de moquette et de recouvrements, cosmétiques, adhésifs, désinfectants, antigel, décapant pour peintures, stylos feutre

*Tableau 06 : Sources principales des COV présents dans l'air intérieur  
Source : Jérôme Nicolle, 2009*

### 3.1.1.5 Étiquetage réglementaire des produits de constructions et de revêtements :

Les études menées par l'OQAI ont permis de bâtir une stratégie pour les pouvoirs publics et d'équilibrer l'action publique entre recommandations et actions visant à limiter l'émission des polluants liés aux matériaux ou encore aider à l'adaptation des règles de construction, notamment par l'incitation à l'utilisation de matériaux sains dans un dispositif réglementaire et mettre en place un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des matériaux de construction et relative aux performances des produits en termes d'émissions de COV dans l'air intérieur mesurées 28 jours après leur pose, application ou incorporation dans une pièce. (Jérôme Nicolle, 2009).

Il existe 4 classes de performance allant de A+, pour les produits dégageant très peu, voire pas du tout de COV, jusqu'à C, pour les produits considérés comme très émissifs.

- Classe A+ : très faibles émissions
- Classe A : faibles émissions
- Classe B : émissions moyennes
- Classe C : fortes émissions. (ADEME, 2017)



Figure08 : d'étiquette réglementaire du produit de construction

Source : <http://www.developpement-durable.gouv.fr>

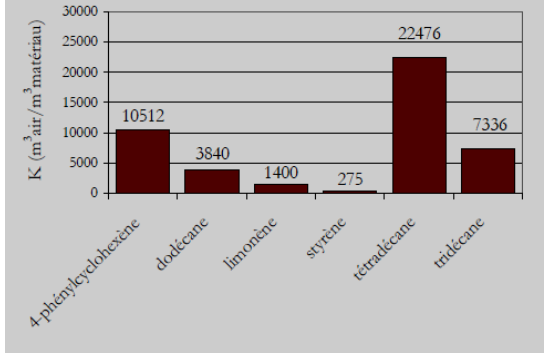
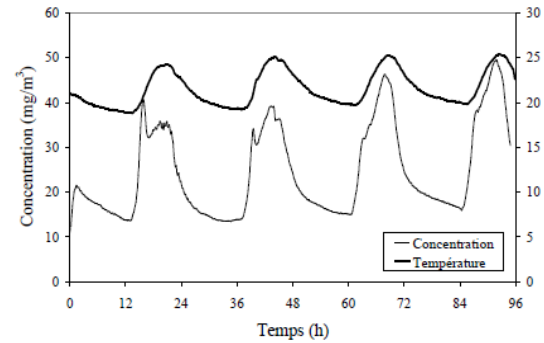
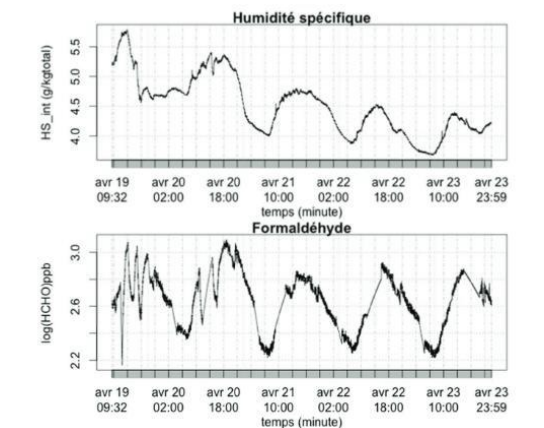
Substances	C	B	A	A <sup>+</sup>
Formaldehyde	>120	<120	<60	<10
Acetaldehyde	>400	<400	<300	<200
Toluene	>600	<600	<450	<300
Terrachlorethylene	>500	<500	<350	<250
Xylene	>400	<400	<300	<200
1.2.4trimethylbenzene	>2000	<2000	<1500	<1000
1.4-dichlorbenzene	>120	<120	<90	<60
Ethylbenzene	>1500	<1500	<1000	<750
2-butoxyethanol	>2000	<200	<1500	<1000
Styrene	>500	<500	<350	<250
TCOV	>2000	<2000	<1500	<1000

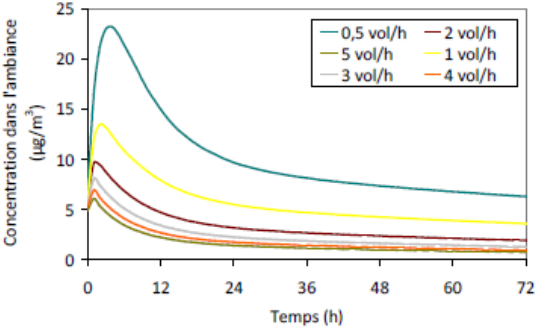
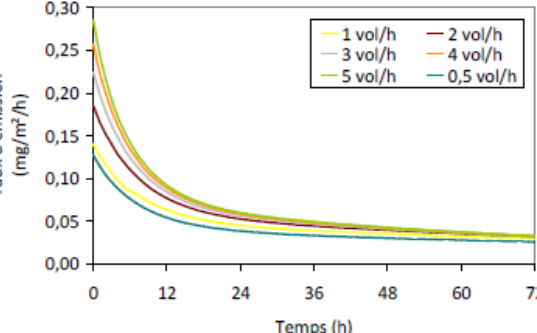
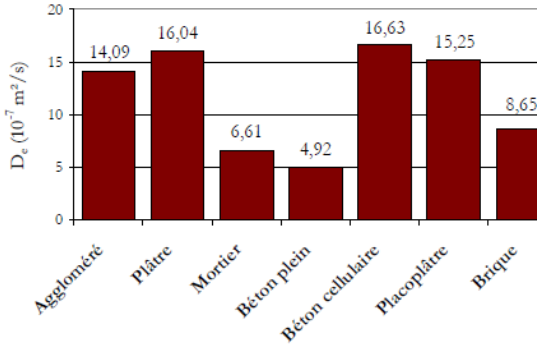
*Tableau 07 : Seuils limites des concentrations d'exposition exprimés en  $\mu\text{g.m}^{-3}$   
Source : <http://www.developpement-durable.gouv.fr>*

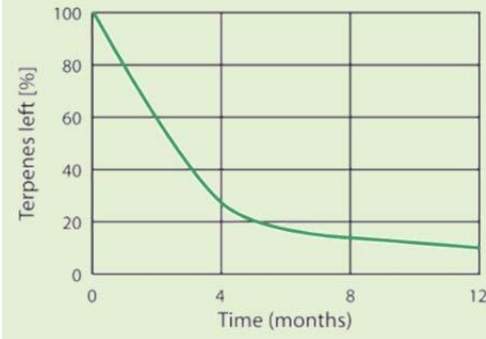
**N.B :**

La note globale d'un produit se doit d'être la plus pénalisante pour le produit au vu des 11 analyses réalisées. Ainsi, même si un produit possède une classe A+ pour la majorité des COV analysés, il suffit qu'une seule des substances soit de classe inférieure pour impacter la note globale et déclasser le produit : le produit sera de la classe la plus basse. (ADEME, 2017)

### 3.1.1.6 Les facteurs qui déterminent le taux d'émission de COV des matériaux :

	Les facteurs	Note
<p><b>-La nature et la concentration des COV :</b> K : Coefficient de partition de polluants gazeux sur une moquette, à 25°C</p>	 <p><b>Figure09</b> : la concentration des différents COVs sur une moquette.</p> <p><b>Source</b> : Anne-Lise TIFFONNET, 2018</p>	<p>Dépendance de l'équilibre de sorption à la nature du polluant.</p>
<p><b>-La température :</b> Mesure en chambre expérimentale de l'émission de TCOV par une peinture, et mise en évidence de l'effet de puits</p>	 <p><b>Figure10</b> : Relation température et TVOC d'une chambre</p> <p><b>Source</b> : Anne-Lise TIFFONNET, 2018</p>	<p>Augmentation de la température : Désorption (émission) Diminution de la température : Adsorption (effet de puits)</p>
<p><b>-L'humidité :</b> Mesure de la perte de masse en polluant, au cours du temps, d'échantillons de bois aggloméré, et mise en évidence de l'influence de l'humidité</p>	 <p><b>Figure 11</b>: Emission de formaldéhydes en fonction de l'humidité spécifique (g/kg)</p> <p><b>Source</b> : centre scientifique et technique de la construction, 2017</p>	<p>Augmentation de l'humidité : les formaldéhydes augmentent en fonction de l'humidité spécifique (g/kg)</p>

<p><b>-Le taux de renouvellement d'air :</b> émission d'acétone par du bois aggloméré.</p>	 <p><b>Figure 12:</b> Relation entre la concentration d'acétone et le renouvellement d'air <i>Source : Anne-Lise TIFFONNET, 2018</i></p>  <p><b>Figure 13:</b> Relation entre le taux d'émission d'acétone et le renouvellement d'air <i>Source : Anne-Lise TIFFONNET, 2018</i></p>	<p>-Augmentation du taux de renouvellement d'air. -Diminution de la concentration dans l'ambiance.</p>
<p><b>-caractéristiques des matériaux :</b> D : Coefficient de diffusion effectif de l'acétone au sein de plusieurs matériaux, à 20°C.</p>	 <p><b>Figure 14 :</b> diffusion effective de l'acétone au sein de plusieurs matériaux <i>Source : Anne-Lise TIFFONNET, 2018</i></p>	<p>Dépendance de la diffusion aux caractéristiques physiques et structurelles des matériaux (densité, porosité, ...)</p>

<p><b>-Temps écoulé depuis l'application du matériau :</b></p>	 <p><b>Figure 15:</b> diffusion effectif de l'acétone au sein de plusieurs matériaux  <b>Source :</b> centre scientifique et technique de la construction, 2017</p>	<p>Diminution des terpènes émis par le bois en facteur du temps.</p>
--	---	--

**Tableau08 :** Les facteurs qui déterminent le taux d'émission de COV des matériaux  
 Source: centre scientifique et technique de la construction, 2017- Anne-Lise TIFFONNET, 2018

On montre qu'une variation de la température, de l'humidité relative ; de renouvellement d'air pouvait aussi induire des modifications du taux d'émission a la surface de matériaux. D'autres facteurs peuvent aussi apporter une modification des émissions des matériaux lorsqu'ils le temps écoulé depuis l'application du matériau ; la nature et la concentration des COV et les caractéristique physique et chimique des matériaux de construction.

### 3.1.2 Moisissures:

Les moisissures sont des champignons microscopiques (de 1 à 200 | μm) qui pénètrent dans les bâtiments par les ouvertures (portes, fenêtres, ventilation).Elles ne deviennent visibles qu'en germant et en proliférant à la surface des matériaux. Pour cela, 3 conditions doivent être réunies : un niveau de température suffisant, un niveau d'humidité suffisant et un support nutritif adapté. Partant du principe que la première condition est systématiquement vérifiée pour des bâtiments chauffés en hiver, les moisissures se développent préférentiellement sur les matériaux présentant d'une part une humidité importante du fait de fuites d'eau, de remontées d'eau, de condensations ou de l'abondance de poussières, et d'autre part un contenu en matière organique pouvant servir de nutriments : cellulose du bois, du papier ou du carton... (Marc Abadie et al, 2014)





*Figure 16: Moisissure sur la surface de matériaux.  
Source : <http://www.developpement-durable.gouv.fr>*

### **3.1.3 Poussières :**

Bien qu'elles soient un mélange complexe de substances organiques et minérales, les poussières sont classées en fonction de leur diamètre aérodynamique. On s'intéresse particulièrement aux particules dites grossières de diamètre compris entre 2,5 et 10  $\mu\text{m}$  désignées par PM10, aux particules fines de diamètre compris entre 1 et 2,5  $\mu\text{m}$  et aux particules ultrafines de 1 et moins de 1  $\mu\text{m}$ .

Comme mentionné précédemment, l'air extérieur est chargé de nombreuses particules de nature, de taille et d'origine très différentes représentant un risque sanitaire grave. À ces aérosols de l'air extérieur s'ajoutent des poussières produites par des sources intérieures : tabagisme, activités de bricolage, cuisson, nettoyage, chauffage au bois, squames d'animaux, aérosols issus des réactions chimiques entre polluants gazeux. Et autres par les matériaux fibreux utilisés dans la construction (laine de verre, de roche ou de laitier, le ciment ...). (Louise Schriver-Mazzouli, 2009)

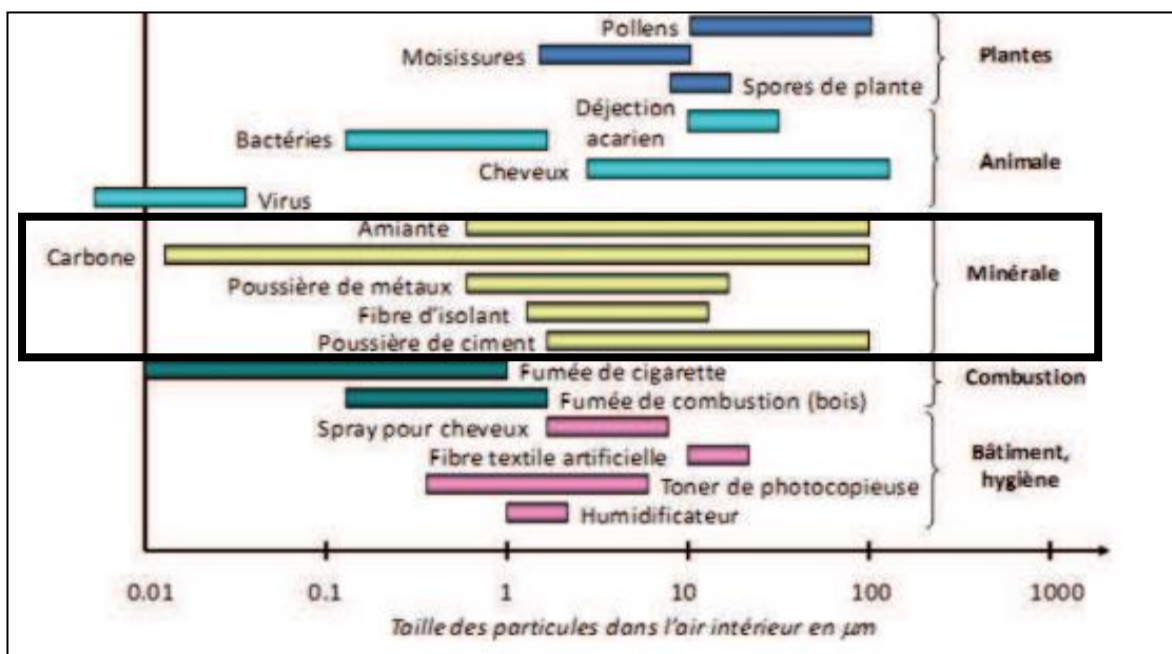


Figure 17: taille et source des particules dans l'air intérieur en µm.

Source : Marc Abadie et al, 2014

Les concentrations particulaires pondérales de l'air intérieur sont difficiles à quantifier et même à évaluer. Les teneurs sont influencées par les échanges d'air entre l'extérieur et l'intérieur et par les conditions de ventilation. Les particules ultrafines ne sont pas encore systématiquement évaluées, seuls quelques appareils permettent leur dénombrement. Les poussières se déposent et sont remises en suspension dans l'air quand les individus se déplacent ou quand on ouvre une porte particulièrement la porte d'entrée.

Selon leur diamètre, les poussières pénètrent plus ou moins profondément dans le système respiratoire. Plus les particules sont fines, plus elles pénètrent profondément.

(Marc Abadie et al, 2014)

### 3.1.4 Les substances inorganiques :

Les substances inorganiques telles que le radon, l'amiante et le plomb sont les principaux contaminants intérieurs et leur exposition peut poser des risques importants pour la santé (Godish, 2001).

### **3.1.4.1 Amiante:**

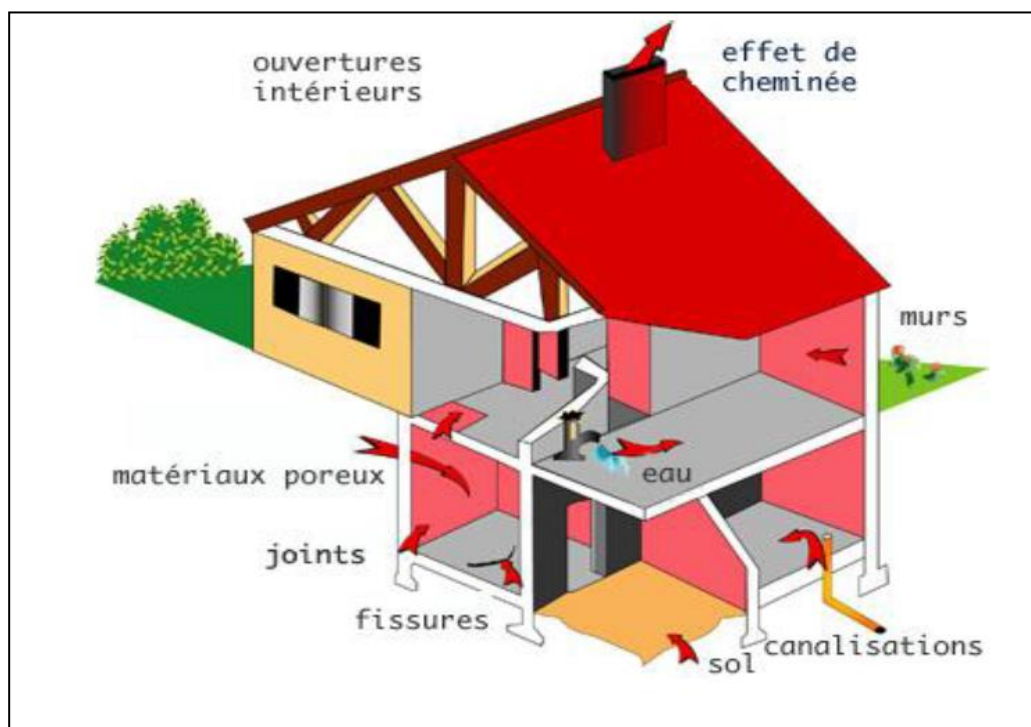
L'amiante est un contaminant inorganique qui comprend des minéraux siliceux fibreux dotés de propriétés physiques et chimiques uniques qui les distinguent des autres minéraux silicatés. Ces propriétés incluent les propriétés d'isolation thermique, électrique et acoustique; résistance chimique en milieu acide et alcalin; et haute résistance à la traction. Les matériaux contenant de l'amiante sont généralement utilisés pour la protection contre le feu dans les bâtiments, l'isolation thermique et acoustique et les matériaux de renforcement (Godish, 2001). L'exposition à des fibres d'amiante  $\geq 5\mu\text{m}$  augmente le risque pour l'homme, qui se produit généralement avec des poussières en suspension dans l'air et contaminées par de l'amiante. (Dalia WAGDI ; 2017).

### **3.1.4.2 Radon:**

Le radon existe sous forme de gaz dans la croûte terrestre. Il résulte de la désintégration naturelle de l'uranium radioactif, le radon étant l'un des produits de cette chaîne de désintégration. Le granit et le calcaire, extraits de la terre, produisent du radon suite à la décomposition. Par conséquent, la principale source de radon dans les bâtiments est le sol environnant par lequel le radon peut pénétrer dans le bâtiment par des fissures dans la sous-structure.(Ahmed Issam Mohammed Abd Elmadjed et all; 2003).

Les matériaux de construction extraits de substances minérales contiennent également des nucléides radioactifs et peuvent donc libérer du radon. Cela inclut le béton et le granit qui sont souvent utilisés dans les bâtiments. (Guide sur les mesures du radon dans les édifices publics ,2014) .

Les fissures dans les sols, les murs, les fondations, certains matériaux de construction, l'eau des puits contenant du radon sont les principales voies par lesquelles le radon peut pénétrer dans les bâtiments. Dans une étude récente en Pennsylvanie, les niveaux de radon dans certaines maisons ont été mesurés à l'intérieur et une augmentation notable a été observée en raison de nouvelles procédures de forage par extraction au gaz par fracturation. Ces activités ont accru la contamination des eaux usées par les nucléides du radon qui ont affecté les bâtiments environnants (Jean-Claude Dessauet all, 2006)



**Figure 18:** Les différentes zones d'infiltration du radon dans l'habitat  
*Source : Guide sur les mesures du radon dans les édifices publics, 2014)*

### 3.1.4.3 Plomb:

Le plomb est un élément naturel, il est utilisé dans la production de pigments dans les peintures. La poussière contaminée au plomb lors de l'inhalation est menaçante et ses effets dépendent de la dose à laquelle une personne est exposée. La gravité des risques peut varier d'un choc à une lésion cérébrale éventuelle. (Louise Schriver-Mazzouli, 2009)

L'interdiction d'utiliser des peintures à base de plomb est une étape possible dans la réduction de ces risques. Le plomb est une source d'inquiétude car il s'agit d'un contaminant de surface courant dans les espaces intérieurs et son contact avec la poussière de bâtiment contaminée par le plomb est l'une des principales causes des concentrations sanguines élevées chez les enfants de moins de six ans. (Khair-Eddine BENDADA ; Mohamed Walid BOULAKRADECHE, 2011)

### 3.1.4.4 Ammoniac

De l'ammoniac est ajouté à certains types de peintures à base d'eau (latex) et de revêtements afin de maintenir le pH souhaité. De faibles concentrations d'ammoniac peuvent provoquer une irritation des yeux et de la peau. Des concentrations plus élevées sont plus préoccupantes et, à long terme, une détresse respiratoire peut survenir. Les enfants sont plus vulnérables à ces symptômes que les adultes aux mêmes niveaux d'exposition. (Dalia WAGDI ; 2017)

### 3.2 Les réactivités dans l'air:

Comme l'atmosphère, les ambiances intérieures constituent des milieux réactifs qui tendent à faire passer les composés gazeux émis dans l'air à un état d'oxydation toujours plus avancé au fil du temps. Les hydrocarbures (alcane, alcènes, composés aromatiques) sont ainsi successivement transformés en aldéhydes ou en cétones, en acides carboxyliques, puis finalement en dioxyde de carbone et en vapeur d'eau. Ces transformations en chaîne mettent en jeu deux types de réactions chimiques :

➤ Des réactions photo lytiques au cours desquelles une molécule se décompose suite à l'absorption de rayonnement ultra-violet par les matériaux de construction (décomposition du dioxyde d'azote,  $\text{NO}_2$ , en monoxyde d'azote,  $\text{NO}$ , et en un atome d'oxygène par exemple :  $\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}$ ).

➤ Des réactions de combinaison, qui résultent pour leur part de la collision entre deux molécules, et de la recombinaison de leurs atomes constitutifs pour former d'autres espèces chimiques .Notamment l'oxydation de certains composés organiques volatils, en particulier l'oxydation via l'ozone, ou la création de très fines particules par la destruction des plus grosses.

(Marc ABADI et all, 2013)



*Figure 19: Réactions dans l'air  $\text{COV} + \text{O}_3$   
Source : Mélanie NICOLAS, 2007*

### 3.3 Les interactions entre les polluants:

La diffusion à travers la couche limite qui sépare l'ambiance de la surface solide était importante pour les particules, pour les polluants gazeux, trois phénomènes s'ajoutent à celle-ci : la diffusion dans le solide qui, si l'élément est poreux, revêt plusieurs formes, les phénomènes d'adsorption/désorption à la surface ou au sein même des matériaux (la sorption peut également prendre place aux frontières du réseau poreux) et éventuellement les réactions chimiques de surface si l'on considère que les polluants gazeux peuvent se transformer au contact du matériau. (Marc ABADI et all, 2013)

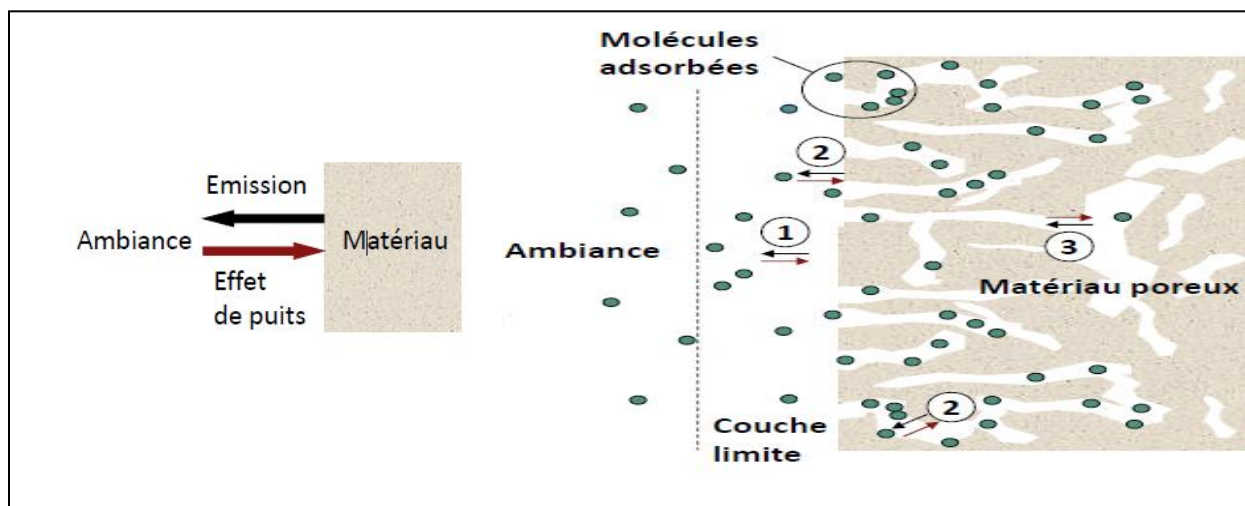


Figure 20: Diffusion dans les matériaux

Source : Anne-Lise TIFFONNET, 2018

1. Diffusion en couche limite.
2. Sorption (adsorption/désorption) à la surface du matériaux ou a l'interface gaz/solide des pores.
3. Diffusion dans les matériaux

### 3.4 Matériaux de construction et la santé :

La haute qualité environnementale (HQE) des bâtiments prend en compte dans ses quatorze cibles les questions posées pour ce qui concerne la santé liée au choix des matériaux, plus particulièrement avec les trois dernières, destinées à créer un environnement intérieur sain et confortable.

Le plan national de santé-environnement (PNSE 2), engagé en 2009, les objectifs suivants ont été définis :

- La réduction des rejets de polluants.

- L'amélioration de la qualité de l'air intérieur.
- La surveillance et la vigilance pour les populations à risque.
- L'adaptation de l'observation et de la veille sanitaire aux risques émergents.

(Christian LEMAITRE ; 2012).

➤ **Origines et risques sanitaires des principaux polluants de l'air intérieur :**

Polluants	Principales sources de pollution	Métiers concernés	Risques sanitaires
Composés organiques volatils (COV). dont formaldéhyde  Composés organiques semi-volatils (COSV)	- Produits de construction, de décoration et d'ameublement (panneaux de particules) Produits chimiques (produits nettoyants, peintures, vernis, colles...) Phénomène de combustion des appareils de chauffage (chaudières, cheminées...) - Tabagisme	- finition (peinture revêtements) - Menuiserie - plâtrerie isolation - Chauffage - Agencement	Variable selon les composés: effet irritant, maux de tête, nausées, effet cancérigène
Monoxyde de carbone (CO)	- Appareil de chauffage à combustion défectueux ou raccordé a un conduit de fumée non étanche ou non raccordé: cuisinière, chauffe-eau chauffage mobile d'appoint... - Une ventilation Insuffisante aggrave le problème en concentrant les polluants	- Chauffage - Ventilation	Maux de tête, nausées, vertiges pouvant aller vers un coma pouvant être mortel
Fibres, particules	- Air extérieur (trafic automobile. chantiers...) -Laines d'isolation - Travaux de ponçage, décapage... - Appareils de combustion	- plâtrerie - isolation -Finition (revêtements, peinture) - Chauffage	Problèmes respiratoires et cardio-vasculaires (plus la particule est fine et plus le risque est important)
Radon	Sous-sol granitique	- Ventilation - Maçonnerie	Cancer du poumon
Moisissures	Environnement humide (salles de bains...), mal ventilé. mal isolé, voire avec défaut d'étanchéité (présence de pont thermique)	-Plâtrerie-isolation - Ventilation	Problèmes respiratoires (asthme...) .allergies
Allergènes d'acariens	Revêtements de sol textiles (principalement dans les chambres)	ements de sol	Allergies

*Tableau 09 : Origines et risques sanitaires des principaux polluants de l'air intérieur.*

*Source : L'OQAI - Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur.*

## **Conclusion :**

A travers ce chapitre, nous avons montré que le problème de la qualité de l'air intérieur est lié principalement par les émissions des matériaux de construction tel que Les substances inorganiques ; les composants organiques volatils, les poussières, les moisissures, l'ammoniac, le plomb et le radon.

La concentration composants organiques volatils dans l'air intérieur varie avec le temps et l'espace et le matériau, leur à l'intérieur des locaux sont multiples et peuvent être classées en 3 catégories selon leur origine ; le transfert, les sources liées aux occupants et à leurs activités. Les matériaux de construction sont mis dans un étiquetage pour avoir les matériaux émissif et peu émissif.

Les effets de ces polluants sur la santé sont très variés, ils vont de la simple nuisance olfactive à des effets mutagènes et cancérigènes, toxiques, en passant par une diminution de la capacité respiratoire.



**Chapitre 04 :**  
**Analyse d'un cas d'étude.**

## Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons analyser l'étude scientifique objet d'une publication réalisée par Dalia Sherif WAGDI de l'école des sciences et d'ingénierie de l'université américaine du Caire intitulée « *Effet des matériaux de construction sur la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments résidentiels en Egypte :évaluation préalable à l'occupation* ».

Vu que les instruments de mesures sont indisponibles à notre niveau pour mesuré bien notre recherche, concernant l'étude de l'effet des matériaux de construction sur la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics en Algérie, nous avons jugé utile de prendre en considération les résultats obtenus par l'étude cité ci-dessus qui être réalisée au Caire en Egypte et cela pour les similitudes au niveau des matériaux de construction employées aussi bien en Egypte qu'en Algérie.

Cette étude est présentée pour contrôler les niveaux de qualité de l'air intérieur (QAI) dans les bâtiments résidentiels vacants au Caire. Le Caire est une ville située dans une région climatique subtropicale au climat désertique et aride. Elle a été réalisée durant les mois de janvier et février 2015 ; pendant laquelle la température extérieure variait de 8 à 25 ° C. L'humidité relative variait d'un minimum de 15,8% à un maximum de 68%.

Cette recherche est étudié l'impact des matériaux de construction sur la qualité de l'air intérieur dans les structures construites au Caire avec des produits synthétiques. Ceci sera fait pour comparer l'effet des matériaux suivants :matériaux de structure de mur, matériaux de finition des murs intérieurs et matériaux de finition de sol.

L'intérêt de cette enquête est qu'elle devrait encourager la mise en œuvre de matériaux plus sains, améliorant ainsi la qualité de l'air dans les environnements pollués et minimisant les risques pour la santé des occupants des immeubles résidentiels du Caire. Cette recherche vise à définir des normes et des directives de sélection des matériaux en développant un indice comparant la QAI dans les bâtiments résidentiels.

La surveillance sur site peut être réalisée de deux manières : instruments de lecture directe et analyses de laboratoire. Les deux méthodes sont intégrées dans cette étude pour la collecte de

données. Les instruments à lecture directe et les enregistreurs de données sont utilisés pour fournir des moyennes pondérées dans le temps pour les particules, le radon, la température, l'humidité et le dioxyde de carbone. L'analyse en laboratoire est également utilisée pour analyser les COVT, le formaldéhyde et l'ammoniac. Une étude pilote a été réalisée. Tout d'abord, pour valider l'approche expérimentale, identifier les problèmes éventuels liés à la procédure. Cette étude comprenait cinq chambres vacantes à cinq endroits différents. La deuxième partie de l'étude visait à tester l'effet des groupes de matériaux susmentionnés dans quatre salles situées dans le même bâtiment pendant la construction. Des fenêtres et des portes ont été installées dans tous les sites étudiés et les études ont commencé de 10 h à 18 h.

#### **4.1 Méthode et matériels :**

Le but de l'enquête est de quantifier les niveaux d'un groupe de polluants émis par les matériaux de finition utilisés et les pratiques de construction courantes. Les matériaux testés dans les études sur le terrain sont : (matériaux de construction ; matériau de finition) et aussi contrôler les niveaux de QAI dans les bâtiments résidentiels vacants au Caire .Pour atteindre ces objectifs; la chercheuse Dalia WAGDI a adopté une méthode expérimentale.

La surveillance sur site peut être réalisée de deux manières : instruments de lecture directe sont utilisés pour fournir des moyennes pondérées dans le temps pour les particules, le radon, la température, l'humidité et le dioxyde de carbone et l'analyses de laboratoire est également utilisée pour analyser les COVT, le formaldéhyde et l'ammoniac. Les deux méthodes sont intégrées dans cette étude pour la collecte de données.

La méthode de cette recherche est impliquée l'application de différentes compositions de matériaux dans quatre salles d'essai. L'expérience a pour objectif d'évaluer l'impact des matériaux utilisés lors de la construction et de la finition sur la QAI et d'identifier ceux qui réduisent ou éliminent les polluants nocifs.

Les paramètres de la QAI ont été contrôlés après chaque étape de l'application afin d'identifier la contribution de chaque composant au niveau de contaminants dans un seul espace.

Espace		Matériaux
Pièces 1	A	<b>Structure murale</b> : brique d'argile <b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique. <b>Finition intérieure murale</b> : / <b>Finition extérieure du mur</b> : /
	B	<b>Structure murale</b> : brique d'argile <b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique. <b>Finition intérieure murale</b> : Couche d'apprêt <b>Finition extérieure du mur</b> : Peinture.
	C	<b>Structure murale</b> : brique d'argile. <b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique. <b>Finition intérieure murale</b> : Couche de peinture. <b>Finition extérieure du mur</b> : Échantillon de peinture 1.
Pièces 2	A	<b>Structure murale</b> : brique d'argile <b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique <b>Finition intérieure murale</b> : / <b>Finition extérieure du mur</b> : Peinture
	B	<b>Structure murale</b> : brique d'argile <b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique <b>Finition intérieure murale</b> : Couche d'apprêt <b>Finition extérieure du mur</b> : Peinture
	C	<b>Structure murale</b> : brique d'argile <b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique <b>Finition intérieure murale</b> : 3 Couche de peinture <b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.
Pièces 3	A	<b>Structure murale</b> : brique d'argile <b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique +Plancher HDF <b>Finition intérieure murale</b> : - <b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.
	B	<b>Structure murale</b> : brique d'argile. <b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF. <b>Finition intérieure murale</b> : Couche d'apprêt. <b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.
	C	<b>Structure murale</b> : brique d'argile. <b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF. <b>Finition intérieure murale</b> : Échantillon de peinture 3.

		<b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.
	<b>D</b>	<b>Structure murale</b> : brique d'argile. <b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF. <b>Finition intérieure murale</b> :Fond d'écran. <b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.
Pièces 4	<b>A</b>	<b>Structure murale</b> : brique d'argile. <b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF. <b>Finition intérieure murale</b> : Échantillon de peinture 4. <b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.
	<b>B</b>	<b>Structure murale</b> : brique d'argile. <b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF. <b>Finition intérieure murale</b> : / <b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.
Autre	Porte en bois et cadres de fenêtre en aluminium.	

*Tableau 10 : les matériaux utilisé dans chaque pièce.*

*Source : Dalia WAGDI ,2015.*

#### 4.1.1 Les particules (PM10, 2,5) :

Ont été mesurées à l'aide de la Met One, modèle 831. À chaque emplacement, le dispositif a été utilisé de manière continue pendant huit heures et les données ont été récupérées à la fin de chaque étude.



*Figure21: Met One Instruments, modèle-831 Particle Counter*

*Source : <https://www.megadepot.com>*

La plage de concentration mesurée par cet appareil est comprise entre 0 et 1 000  $\mu\text{g} / \text{m}^3$  avec une résolution de 0,1  $\mu\text{g} / \text{m}^3$ , une précision de  $\pm 10\%$  et un débit de 2,83 litres / minute.

Les particules contrôlées dans cet intervalle sont des particules grossières (10 microns ou moins) et des particules fines (2,5 microns de diamètre), appelées respectivement PM10 et PM2,5.

#### 4.1.2 Le gaz radon :

A été surveillé au moyen du moniteur de radon Corentium Digital. L'appareil prélève de l'air intérieur dans une chambre de diffusion passive et utilise la spectrométrie alpha pour calculer le niveau de radon.



*Figure 22 : Corentium Digital - moniteur de radon  
Source : <https://www.amazon.com>*

La détection est effectuée à l'aide de photodiodes au silicium pour compter et mesurer l'énergie des particules alpha résultant de la chaîne de désintégration du gaz radon. L'instrument a été étalonné pour servir d'instruments de référence dans des laboratoires accrédités.

La précision de l'appareil augmente avec la durée d'utilisation (une semaine à un mois). Pour tester le dispositif, les lectures ont été enregistrées à des intervalles de deux heures pendant une semaine.

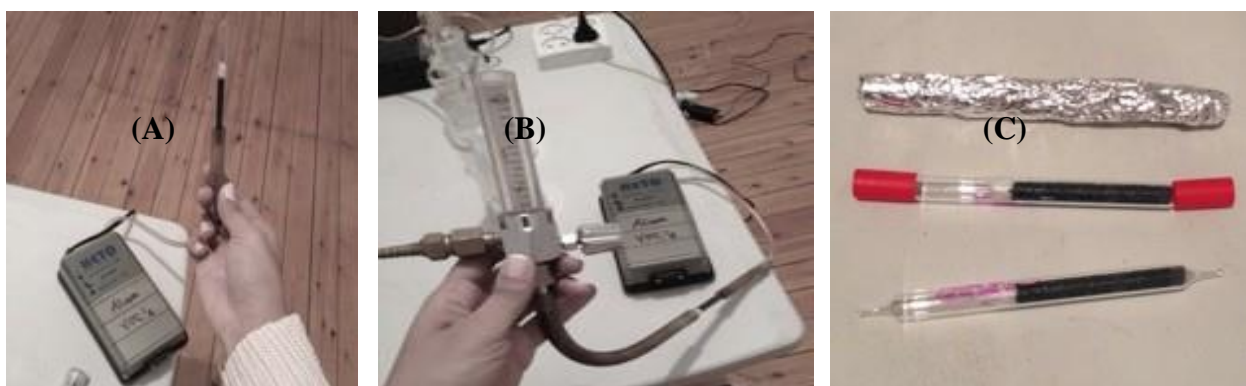
### 4.1.3 Composés organiques volatils, formaldéhyde et ammoniac :

Pour mesurer le COV et formaldéhyde et ammoniac, la chercheuse a proposé l'analyse chimique.

Des adsorbants à base de carbone (absorbants de charbon de bois) ont été utilisés pour déterminer les niveaux de COV. Les tubes de collecte contenaient 150 mg de charbon de coco subdivisé en deux parties de 100 mg et 50 mg. La partie avant (100 mg) a été utilisée pour collecter les COV, tandis que la section de réserve de 50 mg a été utilisée pour déterminer s'il y a eu rupture de solvant.

Cette méthode nécessite de prélever un échantillon d'air (échantillonnage actif) à travers une pompe, les bords du tube ont été brisés et connectés à la pompe à air comme illustré à la figure 19(A). Le débit d'air est mesuré et enregistré, puis la pompe doit aspirer de l'air pendant 8 heures dans le tube (B). Les tubes sont ensuite fermés, enveloppés dans du papier aluminium et réfrigérés (C).

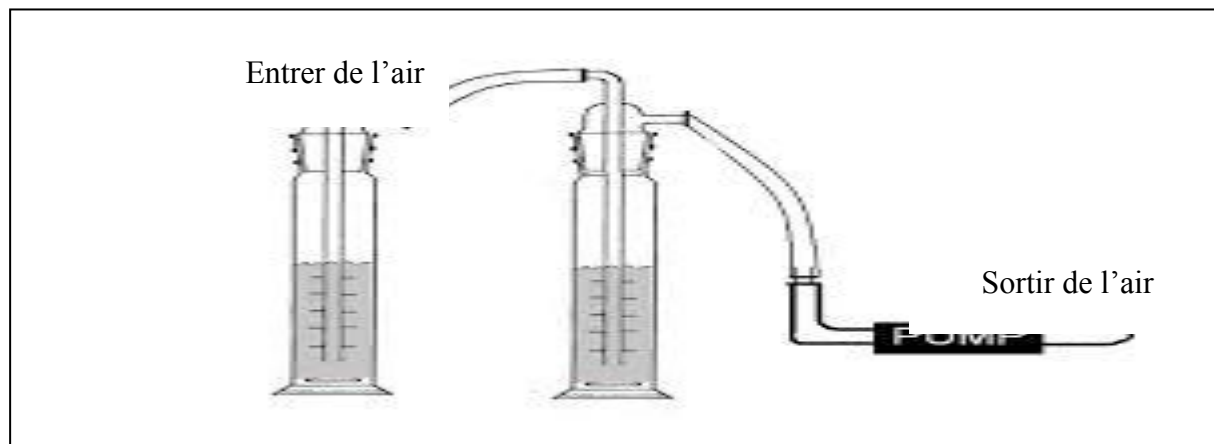
Enfin, l'adsorbant (charbon activé) présent dans le tube est extrait dans un tube à essai en verre contenant 2,00 ml de trichloréthylène. À l'aide d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) par chromatographe en phase gazeuse, les échantillons de COV ont été analysés pour identifier les composés présents dans l'échantillon recueilli.



**Figure 23 :** Procédures d'utilisation des tubes de charbon pour mesurer les COV

*Source : Dalia WAGDI, 2015*

Le HCHO a été recueilli dans une solution aqueuse à 0,05% de chlorhydrate d'hydrazone de 3-méthyl-2-benzothiazolone (MBTH), tandis que l'ammoniac a été recueilli dans une solution d'acide sulfurique à 0,005 M. Les solutions ont été placées dans des impacteurs en verre reliés à une pompe à air située à la sortie, aspirant de l'air dans les impacts.



*Figure24 : Des tubes de verre configurés pour mesurer HCHO et NH3*  
*Source : Dalia WAGDI ,2015*

#### 4.1.4 L'humidité relative et la température :

Ont été surveillées en continu depuis le début de l'expérience pendant les 8 heures. Deux enregistreurs de données ont été utilisés à cette fin pour la surveillance intérieure et extérieure simultanément afin d'analyser l'évolution des concentrations de contaminants à l'intérieur avec l'évolution de la température et de l'humidité (21).

À cette fin, l'enregistreur de données externe Temp / HR HOBO UX100-023 enregistre la température et l'humidité relative avec son capteur externe pour les mesures en extérieur est Extech RHT20: un enregistreur de données d'humidité et de température a été utilisé pour les mesures en intérieur.

La température et l'humidité affectent les niveaux de concentration d'autres paramètres tels que les COV, l'ammoniac et le formaldéhyde, qui seront observés et enregistrés dans cette étude. Le maintien de ces deux paramètres dans le confort humain est également nécessaire pour éviter la détresse.



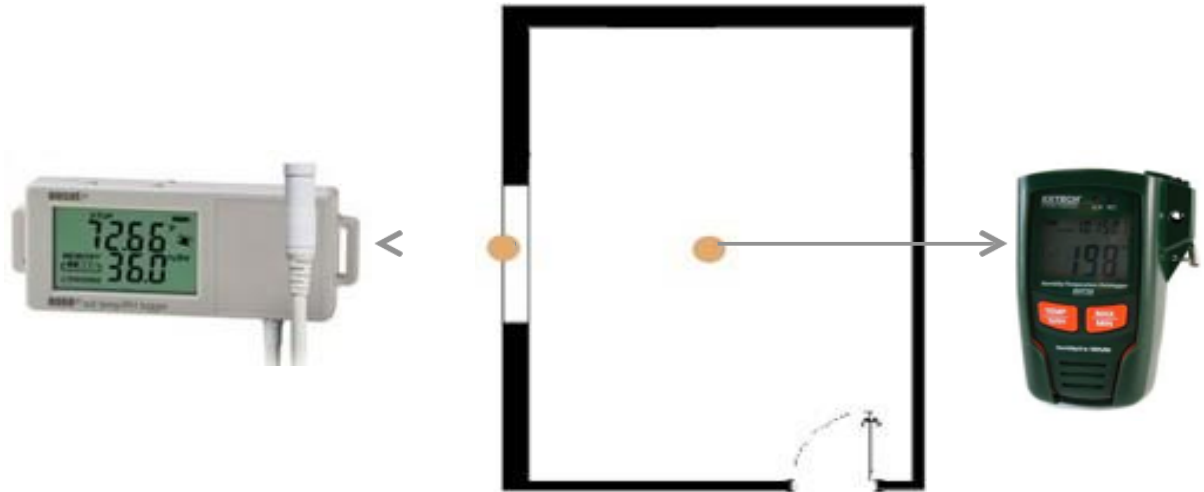


Figure25 : Configuration des enregistreurs de données de température et d'humidité relative.  
 Source : Dalia WAGDI ,2015

## 4.2 Résultats :

Contaminants	Condition d'évaluation		
	Score de référence	Source	Gamme non saine
<b>1. TVOCs</b> - Benzène - Toluène - Xylène	500	LEED	>500
<b>2. Formaldéhyde</b>	27	ASHRAE & LEED	>27
<b>3. Radon</b>	4	U.S. EPA	>4
<b>4. Ammoniac</b>	43	FiSIAQ	>43
<b>5. PM 2.5</b>	15	ASHRAE & LEED	>15
<b>6. PM 10</b>	50		>50
<b>7. Température</b>	-	-	-
<b>8. Humidité Relative</b>	-		-

Tableau 11 : Identification des repères pour le calcul du score de l'indice QAI.  
 Source: Dalia Wagdi, 2015

Location		Extérieur			Intérieur		
		Temp	RH	CO <sub>2</sub>	Temp	RH	CO <sub>2</sub>
		C °	%	ppm	C °	%	ppm
Pièce 1	A	17.5	43.1	427.3	14.1	56.8	443.0
	B	17.8	25.9	405.0	15.3	66.9	599.0
	C	17.8	49.0	452.5	16.7	80.6	431.5
Pièce 2	A	13.1	63.8	417.9	11.8	61.5	477.1
	B	16.0	61.1	426.2	14.5	77.4	463.6
	C	20.3	38.7	425.9	16.2	68.6	428.0
Pièce 3	A	19.1	39.2	437.3	15.5	68.6	478.0
	B	22.9	29.6	418.7	16.9	73.7	480.1
	C	18.44	40.11	436.90	19.9	49.2	455.3
	D	20.36	46.50	467.30	17.9	94.5	434.6
Pièce 4	A	19.57	34.56	435.20	17.8	48.1	451.9
	B	18.44	40.11	424.20	17.4	63.4	419.8

Tableau 12 : Température intérieure et extérieure, humidité et concentration de CO<sub>2</sub>.

Source: Dalia Wagdi, 2015

Location		PM 2.5	PM 10	Radon		NH <sub>3</sub>
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	pCi/L		ppb
Pièce 1	A	14.8	95.3	0.43	0.82	–
	B	12.4	49.8	0.68	2.29	54.56
	C	17.5	62.6	0.75	2.20	45.23
Pièce 2	A	14.5	160.9	0.54	1.12	40.2
	B	31.3	66.5	0.78	1.64	45.94
	C	28.9	44.3	0.69	1.29	52.34
Pièce 3	A	32.4	141.2	0.24	0.48	11.49
	B	29.0	79.5	0.18	0.6	21.54
	C	30.8	110.3	0.35	0.73	34.46
	D	50.0	65.2	0.29	0.41	45.94
Pièce 4	A	90.5	164	0	0	14.36
	B	18.4	138.5	0.08	0.22	22.94

Tableau 13 : Particules d'intérieur autres contaminants.

Source: Dalia Wagdi, 2015

Location		Composés organiques volatils				
		HCHO	Benzène	Toluène	Xylène	Total (BTX)
		ppb	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Pièce 1	A	20.00	–	–	–	–
	B	5.70	0	40.7	0.00	40.7
	C	34.2	2.46	16.13	32.26	50.85
Pièce 2	A	20.35	62.1	5.8	6.41	74.31
	B	99.33	259.47	18.96	27.85	306.28
	C	82.23	18.43	13.15	3.69	35.27
Pièce 3	A	19.44	139.64	9.84	15.83	165.31
	B	32.29	103.16	10.51	6.86	120.53
	C	43.15	305.8	24.72	15.07	345.59
	D	26.05	52.62	8.93	7.31	68.86
Pièce 4	A	13.84	168.42	6.75	6.22	181.39
	B	17.10	84.72	5.8	12.78	103.3

Tableau 14 : Composés organiques volatils d'intérieur (benzène, toluène et xylène)

Source: Dalia Wagdi, 2015

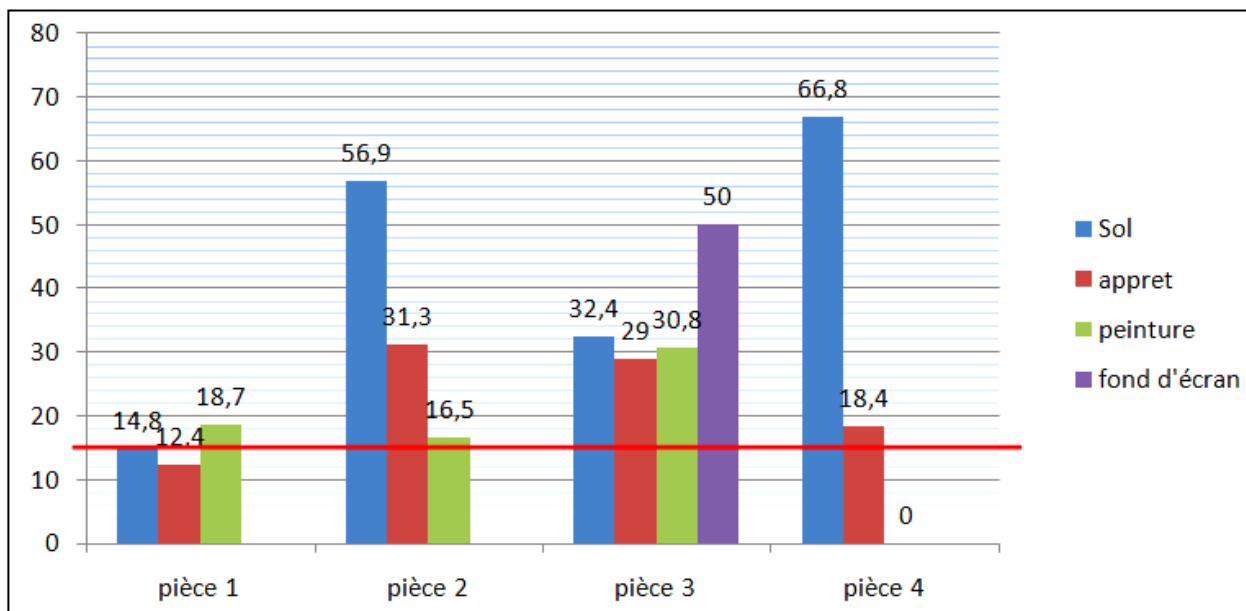
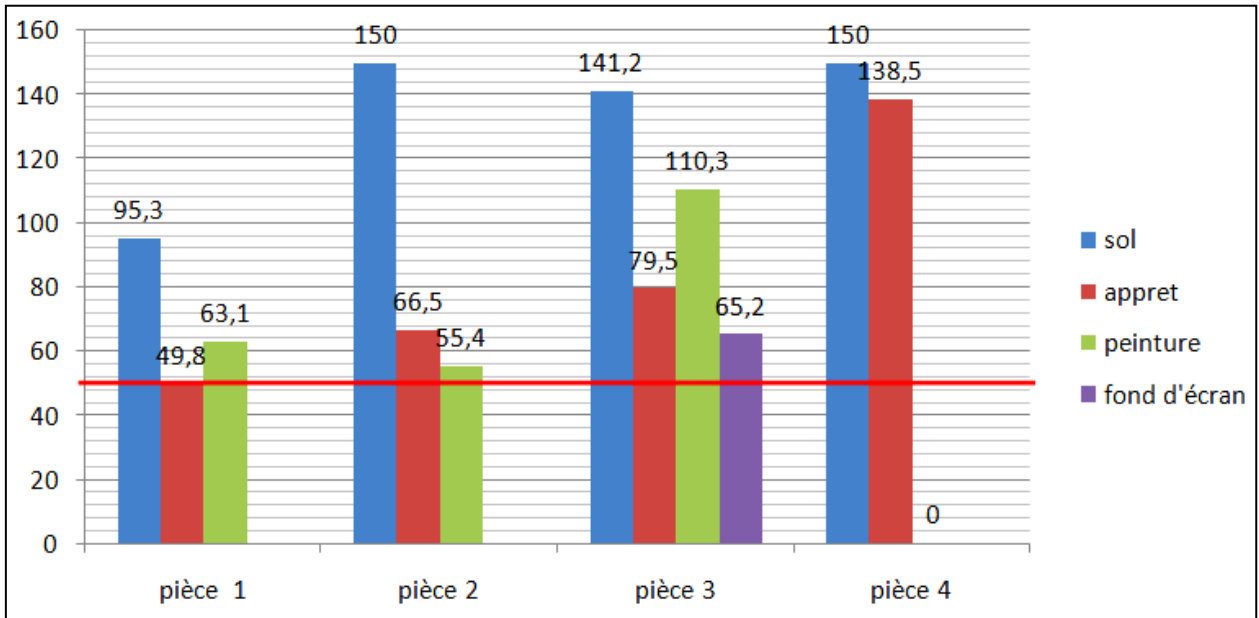
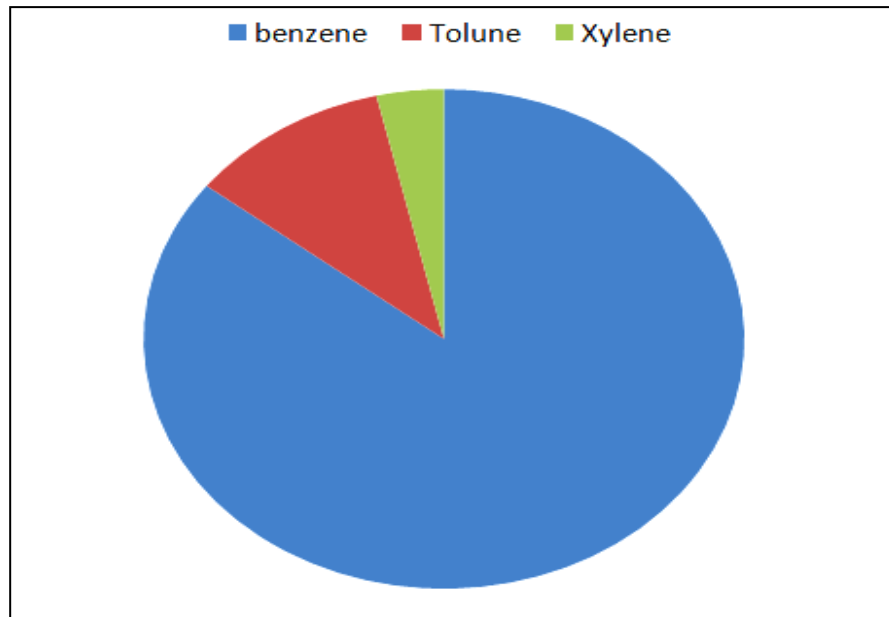


Figure 26: Concentration de particules PM<sub>2.5</sub> lors de la construction.

Source: Dalia Wagdi, 2015



**Figure 27 :** Concentration de particules  $PM_{10}$  lors de la construction.  
*Source: Dalia Wagdi, 2015*



**Figure 28:** Les concentrations mesurées de benzène, de toluène et de xylène.  
*Source: Dalia Wagdi, 2015*

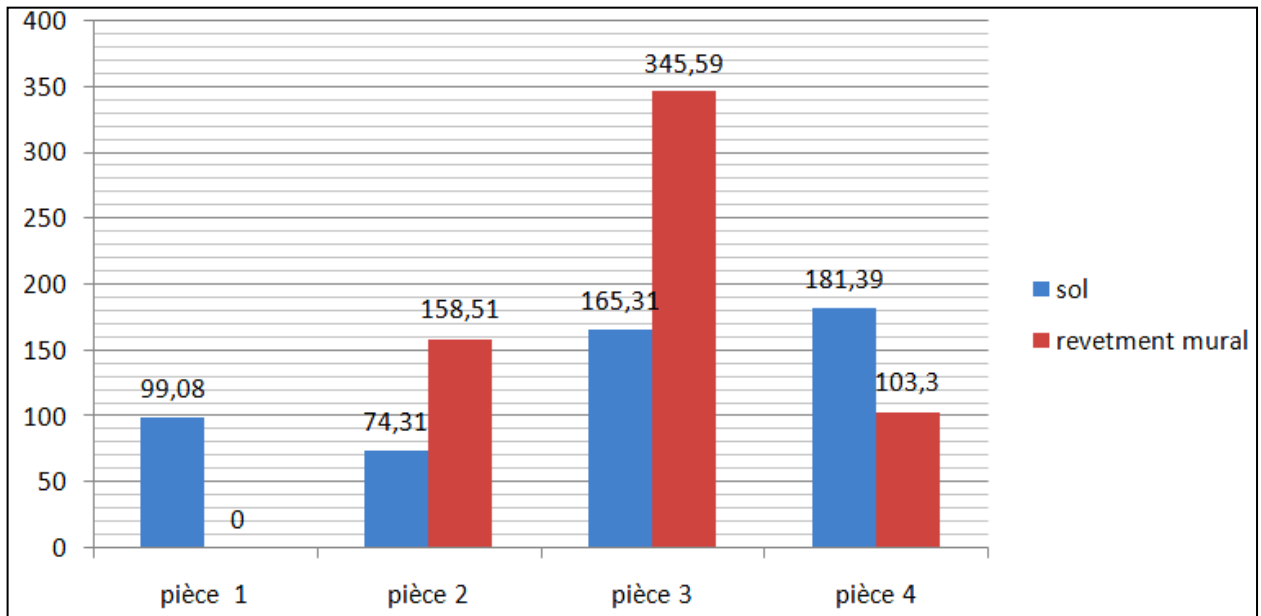


Figure 29: Concentration total des COV lors de la construction.

Source: Dalia Wagdi, 2015

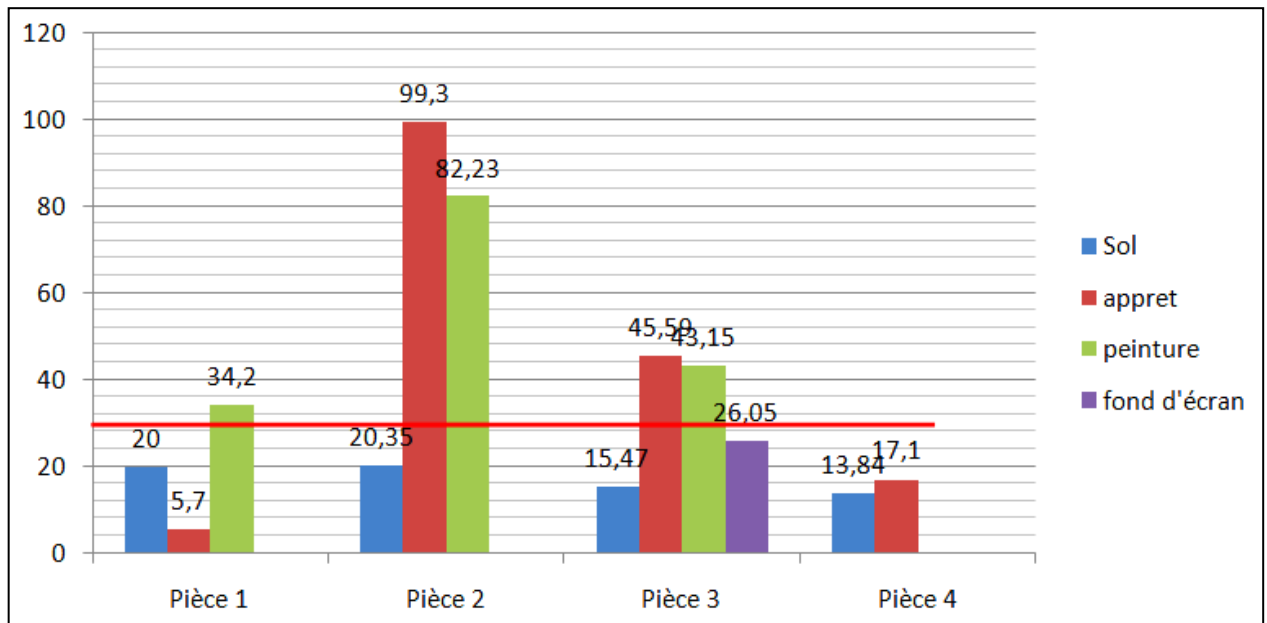
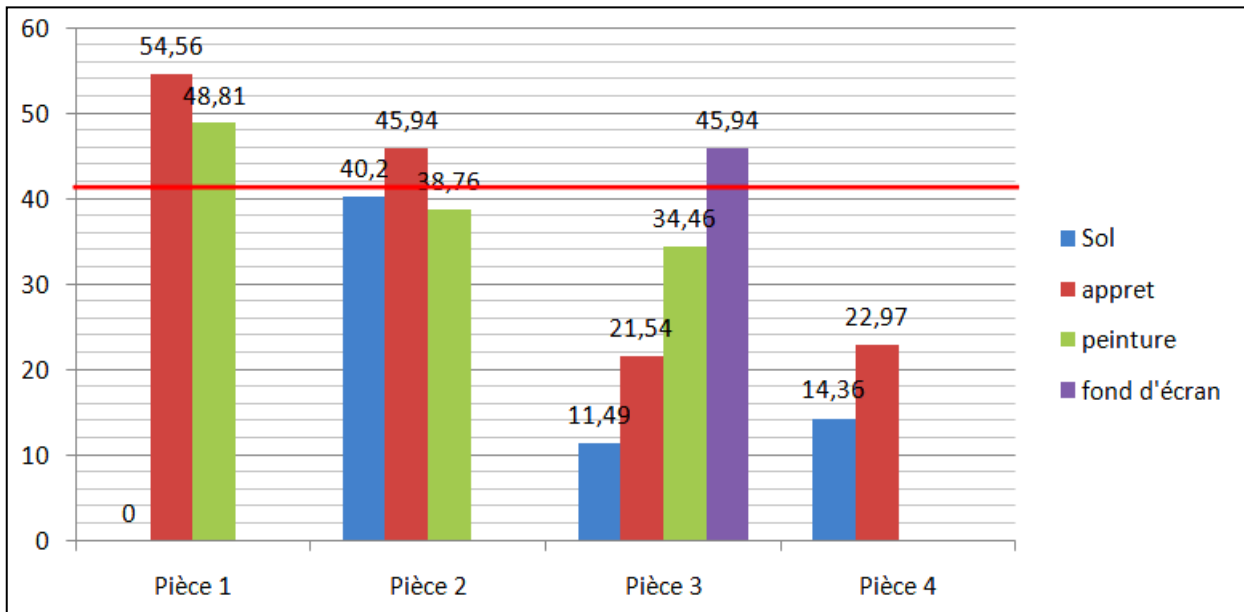
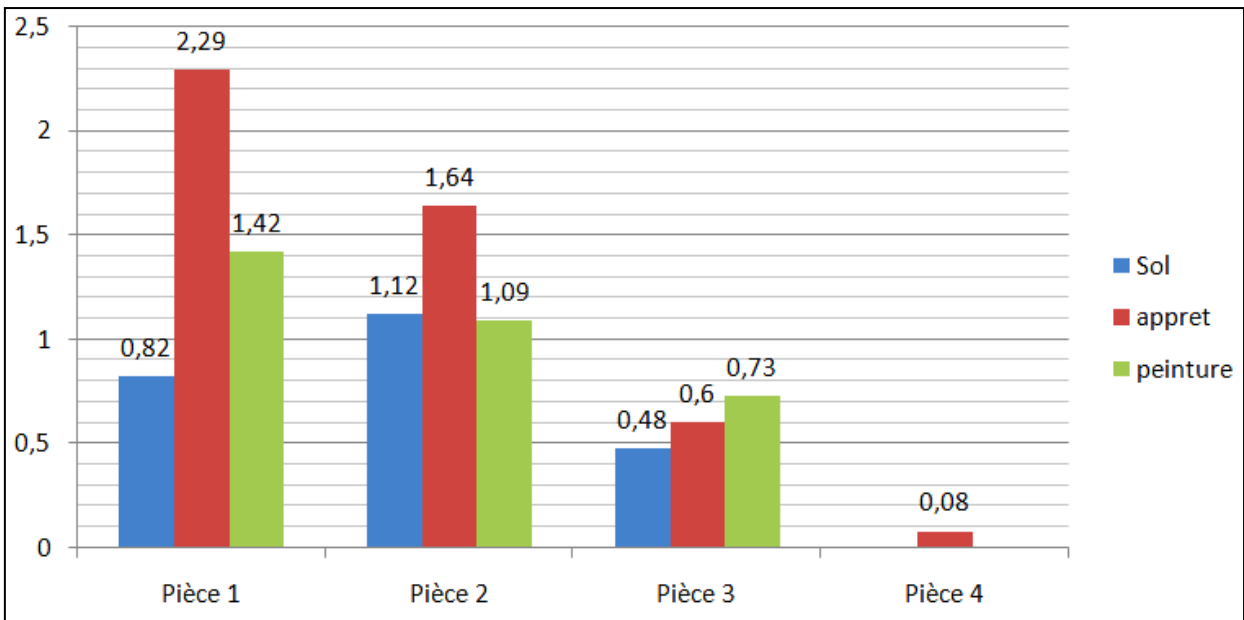


Figure 30 : Concentration de Formaldéhyde lors de la construction

Source: Dalia Wagdi, 2015



**Figure 31:** Concentration d'Ammoniac lors de la construction  
 Source: Dalia Wagdi, 2015



**Figure 32:** Concentration de Radon lors de la construction  
 Source: Dalia Wagdi, 2015

### **4.3 Discussion des résultats :**

#### **4.3.1 Concentration de particules lors de la construction :**

Les niveaux de particules enregistrés étaient plus élevés a, dépassant les valeurs de référence acceptables. La concentration de particules plus grosses est supérieure à celle de particules plus petites dans tous les espaces. Pour les PM 10, la concentration a diminué d'environ 25% avec l'application du premier revêtement mural. À la fin de l'étude, les PM 10 ont été réduites de 40 à 60% par rapport au niveau du début des expériences.

Le niveau initial de particules en suspension n'était pas uniforme dans toutes les pièces. La variation peut se produire en raison de la libération de particules lors de l'installation des matériaux et en raison du mouvement pendant l'application des matériaux et le montage expérimental, les particules sont suspendues dans l'air.

Une tendance similaire a été observée dans les PM 10 avec les PM 2,5, où les valeurs initiales sont plus élevées dans toutes les pièces que les lectures finales. Les particules PM 10 ont une taille plus grande que les PM 10.

Une concentration plus élevée de PM 10 est mesurée dans tous les espaces par rapport aux PM 2,5. Dans les salles 1, 2 et 3, les concentrations de particules ont diminué plus significativement que dans la salle 4, où moins de revêtements ont été appliqués.

#### **4.3.2 Concentration de COV, de formaldéhyde et d'ammoniac pendant la construction :**

Aux endroits où des sols en céramique ont été appliqués (salle 2), les COVT mesurés étaient inférieurs aux salles 3 et 4 où le HDF était utilisé. L'application d'un revêtement mural a augmenté les niveaux de COV dans chaque pièce, à l'exception de la pièce 4. Dans la pièce 1, où une peinture à faible COV a été utilisée, la concentration la plus faible (99 µg / m<sup>3</sup>) a été enregistrée.

Lorsque des peintures économiques ont été utilisées, les concentrations de benzène, de toluène et de xylène dans chacun des espaces étaient de 158,51 et de 345,59 µg / m<sup>3</sup>. Bien que ces niveaux n'aient pas dépassé le seuil spécifié de 500 µg / m<sup>3</sup>, d'autres composés détectés dans

chaque échantillon indiquent que les niveaux de COV totaux peuvent dépasser les valeurs enregistrées de trois à quatre fois.

Des niveaux plus élevés de formaldéhyde ont été enregistrés après l'application de revêtements muraux, par rapport à l'application de revêtements de sol. En ce qui concerne le type de revêtement de sol utilisé, la concentration de formaldéhyde était plus élevée dans les pièces finies avec des carreaux de céramique que dans celles où le revêtement de sol en HDF était installé.

Les applications d'apprêt et de peinture ont montré des niveaux accrus de formaldéhyde dans toutes les pièces testées. Le même type d'apprêt a été appliqué dans toutes les salles, augmentant les niveaux enregistrés d'environ trois à quatre fois les niveaux d'origine.

Les échantillons de peinture 1, 2 et 3 (dans les salles 1, 2 et 3 respectivement) ont été appliqués après l'application de l'apprêt, ce qui a montré des concentrations de HCHO plus élevées que l'échantillon de peinture 4 (dans la chambre 4), qui est généralement utilisé sans apprêt, fournissant une finition de surface plus rugueuse. L'échantillon de peinture 2 de la salle 2 a contribué à la concentration maximale d'HCHO dans cette étude, dépassant le niveau d'exposition recommandé de 55,2 ppb.

La concentration d'ammoniac a dépassé la référence dans trois cas, avec l'application de l'échantillon de peinture 1, de l'apprêt et du papier peint. Les niveaux initiaux enregistrés étaient plus élevés dans les pièces avec carreaux de céramique que dans les pièces avec HDF (pièces 3 et 4).

L'augmentation des niveaux d'ammoniac est principalement due à l'application de revêtements, d'apprêts, de peintures et de papiers peints. Cependant, le choix de la peinture peut contribuer de manière significative à la réduction de la concentration mesurée.

Par exemple, l'échantillon de peinture 4 utilisé dans la pièce 4 présentait la plus faible concentration d'ammoniac parmi toutes les autres pièces. Cela peut également être lié à la quantité de différents matériaux qui ont été appliqués. Lorsque plus de matériaux ont été utilisés, la concentration mesurée de polluants augmente.



### **4.3.3 Concentration de radon pendant la construction :**

On montre que les lectures de radon n'ont dépassé les niveaux recommandés dans aucun des espaces surveillés. Cependant, la lecture finale dans chaque salle montre une augmentation par rapport à la lecture initiale enregistrée. En outre, l'application d'apprêt augmente à nouveau les niveaux de radon dans l'air enregistrés, bien que les valeurs diminuent après son application.

Les pièces 1 et 2 où le revêtement de sol était en céramique affichent des valeurs initiales supérieures à celles des salles 3 et 4 où le revêtement de sol était en HDF.

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons cernés toutes les parties nécessaires pour lancer une analyse d'une étude de Dalia WAGDI. A l'issue de la présente étude, nous pouvons conclure que les niveaux de concentration des particules de COV, de formaldéhyde et d'ammoniac lors de construction dépassent les valeurs de références acceptables comme observée au niveau des résultats obtenus suite à des mesures et de ces concentrations avec toutes les conséquences que cela induit sur la santé des futurs occupants.

Les résultats de cette étude ont mis en évidence des différences dans le niveau des émissions résultant des différents matériaux testés ce qui affirme l'impact des matériaux de construction sur la qualité de l'air intérieur.

L'utilisation des matériaux écologiques est plus saine serait stratifié de diminution de la concentration des particules polluantes est une préservation de la santé des usagers de ces édifices public



### Conclusion générale :

Comme il a été établi dans les différents chapitres, cette recherche a été consacrée pour l'étude des matériaux de construction et leur effet sur la qualité de l'air intérieur. Les travaux réalisés dans ce mémoire s'inscrivent dans l'intérêt principal de présenter les différents polluants de l'air intérieur ont l'origine à des matériaux de construction, et chercher les meilleurs matériaux de construction qui sont peu émissif, afin de cerner les meilleures solutions qui vise à une bonne qualité de l'air intérieur.

Dès l'entame de la présente recherche, nous avons présenté des généralités sur la qualité de l'air et les matériaux de construction, ce qui consiste à la compréhension de cette notion clé dans notre recherche, et par l'analyse des différentes informations, ainsi les contaminants dans l'air et les critères d'évaluation de la qualité de l'air intérieur.

Cependant, nous avons déterminé l'ensemble des polluants intérieurs, qui ont un impact sur la qualité de l'air intérieur (QAI), tel que le radon, les substances inorganique et les composants organiques volatils avec une concentration à l'intérieur des bâtiments plus élevée que l'extérieur, tous ses polluants ont des sources intérieur ; les matériaux de construction, ainsi que les matériaux de structure : la brique , le béton et les matériaux de protection : la peinture, le plâtre et le revêtement du sol.

A travers ce travail de fin d'étude, nous avons tentés d'apporter des remèdes à la conception des bâtiments par l'utilisation des matériaux de construction qui ont des influences positives sur la qualité de l'air intérieur, C'est-a-dire des matériaux moins émis et sains.

Vu que les instruments de mesures sont indisponibles à notre niveau pour bien traité notre sujet de recherche; Alors nous avons analysé la recherche du Dalia WAGDI intitulé «*Effect of building materials on indoor air quality in residential buildings in egypt: a pre occupancy assessment*». À travers la comparaison entre les résultats de l'approche expérimentale de la recherche et les repères pour le calcul du score de l'indice QAI, cette recherche montrée que les matériaux de construction ont un impact sur la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments à partir des émissions et des polluants intérieur (source matériaux de construction) : Le radon , les COVs et les particules fibres ; ces polluants se trouvent à des concentrations différentes dans l'intérieur des bâtiments public.

**Recommandation :**

De cela, et à travers toute cette recherche, nous avons pu dégager quelques recommandations pour assurer la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics en Algérie, dont :

- Surveiller la qualité de l'air intérieur (QAI) pour définir les modifications des taux d'émission et le temps nécessaire pour maintenir une qualité de l'air intérieur (QAI) souhaitable.
- Optimiser les taux de liant ainsi que les molécules utilisées pour être le moins émissif possible.
- Il est important de prendre en compte la sensibilité des matériaux à ces paramètres lors de leur positionnement dans un bâtiment puisque les sources des polluants lors du vieillissement des matériaux de construction au cours de leur vie en œuvre, la température et l'humidité peuvent entraîner des émissions de COV secondaires au cours de la vie en œuvre des matériaux de construction.
- Recherche de nouvelles options de matériaux capables de dégrader des contaminants nocifs et des matériaux dotés de propriétés hygroscopiques , pouvant maintenir l'humidité relative à des niveaux modérés.
- L'application de revêtements pour diminuer des niveaux des particules mesurés au cours des dernières phases de la construction.
- Utiliser les produits qui sont classés A+ ils ne contiennent aucun COV.
- Surveiller les matériaux contenant de l'amiante ;l'ammoniac et le radon.

Cette étude est comme une contribution générale dans le domaine de l'architecture des bâtiments et en particulier dans l'aspect de la qualité de l'air.

Et à la fin, nous espérons que les recherches futures dans ce contexte se continuèrent et se développèrent pour obtenir une bonne qualité du l'air intérieur.

## Références bibliographiques

- **ADEME.** « *Comparaison des émissions de COV dans l'air intérieur par les produits biosourcés utilisés dans le bâtiment* ». 2017. France, [En ligne] <http://www.ademe.fr>. Consulté le: 19/05/2019
- **Abadie MARC, Blondeau PATRICE, Nicolle JEROME,** «*Nicolle Mémento Santé Bâtiment - Qualité de l'air intérieur*», 2014, p14, p24, p31-32, [En ligne] <https://www.tel.archives-ouvertes.fr> consulté le : 03/07/2019.
- **Anne-Françoise GOURGUES, Jean-Marc HAUDIN,** «*Matériaux pour l'ingénieur*», paris,2006, p47.
- **Adrien DHALLUIN,** Mémoire de l'École Doctorale (SI-MMEA). LA ROCHELLE « *Étude de stratégies de ventilation pour améliorer la qualité environnementale intérieure et le confort des occupants au milieu scolaire.* 2012.France.302p. [En ligne], <https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/823905/filename/2012Dhalluin30143.pdf> Consulté le:. 20/11/2018.
- **B capilini, 1999,** *Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne*, CH-1015 Lausanne Switzeland.
- **CERTIVEA,** «Guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments – Bâtiments tertiaires», 2011. Révision millésime 2015.France- p562, [En ligne] <http://www.Certivea.fr> ,Consulté le: 26/12/2018.
- **Christian LEMAITRE ,** «*Les propriétés physico-chimiques des matériaux de construction*»,2012 p25, p83, p87.
- **Dalia WAGDI** « *Effect of building materials on indoor air quality in residential buildings in egypt: a pre occupancy assessment*». mémoire master, à l'université américaine du Caire promotion 2015 .
- **Essam Mohammed, Mohamed Ahmed, Mohamed Abdel Salam,** « *air*», 1edition, Khartoum, 2003, p 100.
- **Henri FAUDET ,** «*Mécanique des fluides et des solides appliquée à la chimie*» ,2011, p 236,p 249.

- **I. ANNESI-MAESANO, M. HULIN** «*Les composés organiques volatils : sensibiliser le public pour limiter les risques liés à la pollution de l'air intérieur*», 2012, p141, [En ligne] <https://www.edimark.fr/Front/frontpost/getfiles/19055.pdf>. Consulté le: 20/11/2018
- **Javier GARCIA ; Joelle COLOSIO ; Philippe JAMET**,« *Les indices de la qualité de l'air* », 2001, p 3, p6.
- **Jean DESMONS**, « *aide-mémoire génie climatique* » 3<sup>e</sup>édition, Dunod, paris, 2008.
- **Jean P. MERCIER, Gérald ZAMBELLI, Wilfried KURZ**, «*introduction à la science des matériaux* » 3<sup>e</sup>édition, 2002, p3, p4.
- **Karim ZENATA, 2008**, « *La pollution urbain dans la wilaya d'Oran* », Mémoire de magistère, Environnement et climatologie, Université d'Oran, 2008, p 56-57.
- **Khair-Eddine BENDADA, Mohamed Walid BOULAKRADECHE**, « *Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds* », mémoire fin d'étude- université des sciences et de la technologie houari boumediene promotion 2011, p20.
- **La Direction des Communications du Ministère de la Santé et des Services Sociaux**, « *Guide de qualité de l'air intérieur dans les établissements du réseau de la santé et des services sociaux* » (2e édition, 2011) Québec, 226p, [En ligne], <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2011/11-610-05W.pdf> Consulté le: 11/12/2018.
- **Louise Schriver, Mazzuoli**, « *La pollution de l'air intérieur* », 2008, P120-121-127.
- **Michel DUPEUX**, «*Science des matériaux*» 3<sup>e</sup>édition, Dunod, 2015, p59
- **Marion KEIRSBULK**, Mémoire de l'école national de la santé publique « *qualité et traitement de l'air intérieur en milieu hospitalier : quels risques physico-chimiques* », 2006, Rennes, 91p, [En ligne], <https://documentation.ehesp.fr/memoires/2006/igs/keirsbulck.pdf> Consulté le: 18/12/2018.
- **Mohammed YAKOUBI ; Walid MECHEKEF ; Yasser MAAMERI**, « *Optimisation de la qualité de l'air intérieur dans les équipements sanitaires* », mémoire fin d'étude- université de Jijel, option architecture et technologie, promotion 2018, P 9.

- **Nicolle JEROME**, «*Développement d'une méthodologie d'analyse de composés organiques volatils en traces pour la qualification de matériaux de construction*» thèse pour obtenir le grade de docteur, spécialité : chimie analytique et environnement, l'université de Pau et des pays de l'Adour ,2009 p33, p37, p44 [En ligne] <https://www.tel.archives-ouvertes.fr> consulté le : 05/06/2019.
- **Nizard FASSI 2016**, «*Bâtiment public et Établissement recevant du public ERP*», 2016 [En ligne], [https:// www.Rachatducredit.com](https://www.Rachatducredit.com) , Consulté le: 22/01/2019.
- **Paul DE HAUT**, «*Chauffage, isolation et ventilation écologique* » 2e édition, Eyrolles, 2011, p29.
- **Recknagel SPRENGER** «*génie climatique* », 2007, paris, p1003.
- **Roger CADIERGUES**. «*Mémo CAD nV00 a ventilation et qualité de l'air* ». (2012), France, 04p, [En ligne], [https://media.xpair.com/auxidev/nE20a\\_QA.pdf](https://media.xpair.com/auxidev/nE20a_QA.pdf) Consulté le:27/01/2019.
- **Salim HAINE** «*élaboration d'une stratégie de ventilation pour l'élimination efficace des bio aérosols dans une unité de bronchoscopie* ». Montréal, le 06 juin 2014 »112p, [En ligne], [http://espace.etsmtl.ca/1327/1/HAINE\\_Salim.pdf](http://espace.etsmtl.ca/1327/1/HAINE_Salim.pdf) Consulté le: 15/04/2019.
- **SOFIA**, «*Qualité de l'air au bloc opératoire et autres secteurs interventionnels* », 2016.France- 40p, [En ligne] [http://www.Sofia.fr/Qualité\\_de\\_l'air\\_au\\_bloc\\_opératoire\\_et\\_autres\\_secteurs\\_interventionnels.pdf](http://www.Sofia.fr/Qualité_de_l'air_au_bloc_opératoire_et_autres_secteurs_interventionnels.pdf), Consulté le: 08/03/2019.
- **SOFIA**, «*Traitement d'air*», 2015.France- 19p, [En ligne] [http://www.Sofia.fr/Traitement\\_d'air.pdf](http://www.Sofia.fr/Traitement_d'air.pdf) ,Consulté le: 15/04/2019 .
- **Thad GODISH**, «*Qualité de l'environnement intérieur*», 1<sup>e</sup>édition, 2001, p77-78.
- **Toufik BOUBEKEUR**. «*Les matériaux de construction* » cours Licence Génie CIVIL à centre universitaire de Tissemsilt, 2017, p7.
- **Weebly**. (2017). qualite-air-interieur. Weebly. [En ligne]. Disponible sur : <https://qualite-air-interieur-tpe.weebly.com/les-composeacutes-organiques-volatils-cov.html>. consulté le 05-04-2017.
- **Yves Bréchet et Andréas Mortensen** «*Les matériaux : du fondamental aux l'application de structure* », 3<sup>e</sup>édition, société française de chimie 250 rue Saint-Jacques, paris, 2002 p : 13.





# ANNEXES

Annexe n° 01 : devis quantitatif et qualitatif d'une école .

N°	Désignations des ouvrages	U	Quantité	PRIX UNITAIRE
<b>I : TERRASSEMENTS GENERAUX</b>				
I/1	Terrassement en grande masse dans un terrain tous nature			-
	a) déblai	<b>M3</b>	<b>512,316</b>	-
	b) déblai mis en remblai	<b>M3</b>	<b>418,980</b>	-
I/2	Fouilles en puits pour semelles dans tout terrain de toute nature	<b>M3</b>	<b>236,640</b>	-
I/3	Fouilles en tranchées pour longrine dans tout terrain de toute nature	<b>M3</b>	<b>35,994</b>	-
I/4	Remblai à exécuter au pourtour des fondations et pour les différents profils des plates formes	<b>M3</b>	<b>169,327</b>	-
I/5	Evacuation des terres excédentaires à la décharge publique , sans plus value de foisonnement.	<b>M3</b>	<b>579,620</b>	-
I/6	Plus value par tranche supplémentaire au delà de 5 kilomètre.	<b>M3</b>	<b>PM</b>	-
<b>II INFRASTRUCTURE</b>				
II/1	Béton de propreté dosé à 150 kg/M3 de CPA 325 pour semelles et longrines	<b>M3</b>	<b>19,720</b>	-
II/2	Béton de rattrapage dosé à 250 kg/M3 de CPA 325 sous semelles et longrines	<b>M3</b>	<b>128,490</b>	-
II/3	Béton armé dosé à 350 Kg/M3 de CPA 325 pour :			-
	a) Semelles	<b>M3</b>	<b>37,359</b>	-
	b) Amorces poteaux	<b>M3</b>	<b>10,237</b>	-
	c) Longrines	<b>M3</b>	<b>69,360</b>	-
II/4	Hérissonnage en pierres sèches de 20 cm	<b>M2</b>	<b>971,02</b>	-
II/5	Réalisation de dalle flottante (plate forme) de 0,10m d'ép en Béton armé dosé à 350 Kg/M3	<b>M2</b>	<b>971,02</b>	-
II/6	F/Pose de joint en polystyrene ep=4 cm	<b>M2</b>	<b>122,74</b>	-
<b>SOUS TOTAL</b>				
<b>III ASSAINISSEMENT INTERIEUR</b>				
III/1	Confection de regard de chute et de jonction en béton armé dosé a 350 kg/M3 y compris toutes sujétions de bonne exécution pour les différentes dimensions:			-

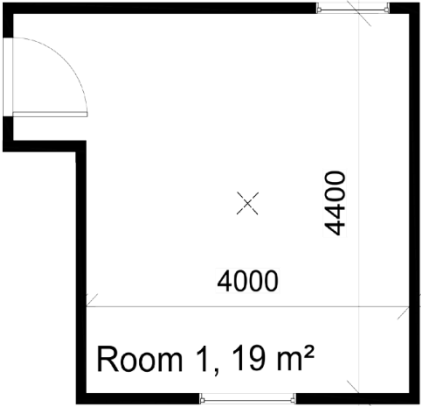
	a) 40/40/PV Avec tampon en béton armé	U	32	
	b) 80/80/PV Avec tampon béton armé	U	6	-
III/2	Confection de caniveau avaloir en béton armé dosé a 350 kg/M3 y compris toutes sujétions de bonne exécution pour les dimensions :			-
	a) 350/40/PV	U	2	-
	b) 400/40/PV	U	1	-
III/3	Fourniture et pose de conduites en pvc y compris toutes sujétions de bonne exécution			-
	Ø110	ML	193,5	-
	Ø140	ML	9,40	-
<b>IV : SUPERSTRUCTURE</b>				
IV/1	Béton armé dosé à 350 kg/M3 CPA325 pour			-
	a) poteaux	M3	68,432	-
	b) poutres, et chainages	M3	178,701	-
	c) Dalle pleine	M3	26,783	-
	d) coupole	M3	11,220	-
	e) linteaux et appuis de fenêtres	M3	11,800	-
	f) Escaliers	M3	6,879	-
	g) accrotères	ML	515,420	-
IV/2	Réalisation de Plancher en corps creux de 16+4	M2	1561,84	-
<b>V : MACONNERIE &amp; ENDUITS</b>				
V/1	Maçonnerie en briques creuses :			-
	a) Double parois Ep=30 cm	M2	1533,55	-
	b) Simple paroi Ep=10 cm	M2	1736,64	-
V/2	Enduit en mortier de ciment en deux couches :			-
	a) Extérieur sur mur	M2	1506,98	-
	b) Intérieur sur mur	M2	290,98	-
	c) sous plafond	M2	125,79	-
V/3	Enduit en plâtre			-
	a) sur mur	M2	3804,75	-
	b) sous plafond	M2	1706,53	-
V/4	Fourniture et pose claustras style local	M2	30,85	-
V/5	Revêtement en carreaux de granito 20x20cm ,	M2	1406,50	-
V/6	Revêtement en carreaux de granito anti derappant pour preau	M2	42,26	-
V/7	Revêtement de sol du hall en carreaux de marbre	M2	260,47	-
V/8	Revêtement en pierre pour patio et terrasse	M2	156,16	-
V/9	Revêtement de mur en carreaux de faience de 0,15x0,15 m vernisées	M2	439,51	-


V/10	Revêtement de mur du hall en carreaux de faïence (fresque) vernisées ,	M2	127,51	
V/11	Revêtement de mur en pierre locale	M2	547,38	-
V/12	Revêtement en granito coulé sur place pour escaliers de 0,03m d'ép	M2	28,60	-
V/13	F/P de Plinthe droite de 0,07m de hauteur en terre cuite vernisée ,	ML	1297,39	-
<b>VI : ETANCHEITE</b>				
VI/1	F/P de plaque d'isolation thermique en polystereene de 0,04m d'ep	M2	1137,56	-
VI/2	forme de pente en beton dosé à 250 kg/M3	M2	1137,56	-
VI/3	Etanchéité multicouche en 36S	M2	1137,56	-
VI/4	execution de pare vapeur en polyane	M2	1137,56	-
VI/5	protection en gravier roule ep 0,05m	M2	1137,56	-
VI/6	F/P de gargouilles en plomb laminées de 4mm d'ep	U	15	-
VI/7	F/Pose de crapaudine diamètre 110	U	15	-
VI/8	F/P Tuyauterie d'évacuation en PVC diam 110mm	ML	120	-
VI/9	Relevé en PAX-Alluminium sur acrotere	ML	515,42	-
VI/10	F/P de PAX-Alluminium sur la coupole	M2	85,5	-
<b>XII : MENUISERIE BOIS ET METALLIQUE</b>				
XII/1	F/P de porte en alluminium PE1=1.20x2.40 à deux ouvrant avec grille de ventilation , conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	2	-
XII/2	F/P de porte en alluminium PE2=1.40x2.20 à deux ouvrant avec grille de ventilation , conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	3	-
XII/3	F/P de porte en alluminium PE3=1.40x2.40 à deux ouvrant avec grille de ventilation , conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	1	-
XII/4	F/P de porte metallique PE4=1.00x2.40 à un ouvrant avec oculus en verre simple, conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	6	-
XII/5	F/P de portes fenetre PF1= 1.00x2.40 en bois rouge à deux vantaux conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	8	-
XII/6	F/P de portes fenetre PF2= 1.20x2.40 en bois rouge à deux vantaux conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	2	-

XII/7	F/P de portes pleines P1= 1.40x2.40 à panneaux en bois rouge à deux vantaux conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	10	-
XII/8	F/P de porte métallique P2=1.20x2.40 à deux ouvrants, conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	4	-
XII/8	F/P de porte métallique PM =1.20x2.40 à deux ouvrants, avec grille de ventilation conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	1	-
XII/9	F/P de portes isoplane P3= 1.00x2.20 à un seul vantail conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	6	-
XII/10	F/P de portes isoplane P4= 0.90x2.20 à un seul vantail conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	43	-
XII/11	F/P de portes pleines P5= 0.80x2.20 en bois rouge à un seul vantail conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	23	-
XII/12	F/P de porte isoplane pour placard PP= 1.20x2.20 à deux vantaux ouvrants conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	3	-
XII/13	F/P de fenêtre F1= 1.00x1.60 en bois rouge à deux vantaux avec verre simple de 4mm conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	40	-
XII/14	F/P de fenêtre F2= 1.00x1.50 en bois rouge à deux vantaux avec verre simple de 4mm conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	17	-
XII/15	F/P d'imposte IM1= 1.00x0.50 à soufflet avec verre armé de 4 mm conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	2	-
XII/16	F/P d'imposte IM2= 0.50x0.50 à soufflet avec verre armé de 4 mm conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie :	U	6	-
XII/17	F/P de baie vitrée BVII =1.50x1.80 en bois rouges à deux vantaux avec verre demi double de 4 mm conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	8	-


XII/18	F/P de baie vitrée BVI2 =2.00x1.80 en bois rouges à deux vantaux avec verre demi double de 4 mm conforme au modèle figurant sur le plan de la menuiserie	U	10	-
<b>SOUS TOTAL</b>				
<b>XIII PEINTURE</b>				
XIII/1	Peinture vinylique exécutée sur mur et plafond après préparation des support par brossage raclages des bavures de ciment et plâtres , rebouchages des trous , appliquée en trois couches. - première couche d'impression + ponçage. - deux couches de finition sur mur			-
	a) Peinture vinylique sur mur extérieur	<b>M2</b>	<b>1506,98</b>	-
	b) Peinture vinylique sur mur intérieur	<b>M2</b>	<b>3804,75</b>	-
	c) Peinture vinylique sous plafond	<b>M2</b>	<b>1706,53</b>	-
XIII/2	Peinture laquée exécutée sur mur et plafond des salles humides, appliquée en trois couches. - première couche d'impression + ponçage. - deux couches de finition			-
	a) Peinture laquée sur mur	<b>M2</b>	<b>290,98</b>	-
	b) Peinture laquée sous plafond	<b>M2</b>	<b>125,79</b>	-
XIII/3	Peinture à l'huile à base glycérophtalique exécutée sur menuiserie application en trois couches -01 couche d'impression avant la pose. -02 couches de finition.	<b>M2</b>	<b>761,12</b>	-
<b>SOUS TOTAL</b>				


## Annexe n° 02: la thèse de Dalia WAGDI.

Pièce 1	RDC	Plan
Surface Volume	19 m <sup>2</sup> 53.2 m <sup>3</sup>	
Matériaux	<p><b>Structure murale</b> : brique d'argile</p> <p><b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique.</p> <p><b>Finition intérieure murale</b> : Échantillon de peinture 1.</p> <p><b>Finition extérieure du mur</b> : Peinture.</p> <p><b>Autre</b> : Porte en bois et cadres de fenêtre en aluminium.</p>	
Acceptable	Non	
Paramètres		
1. Humidité relative		55.83 %
2. température		16.3 °C
3. Dioxyde de carbone		470.3 ppm
Les contaminants		Remarques
Les composés organiques volatils		69.89 µg/m <sup>3</sup>
4. Benzène		37.11 µg/m <sup>3</sup>
5. toluène		31.90 µg/m <sup>3</sup>
6. Xylène		4.81 µg/m <sup>3</sup>
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.		/
7. Formaldéhyde		24.85 ppb
8. Ammoniac		51.69 ppb
9. radon		1.51 pCi/L
particulière		
10. PM <sub>2.5</sub>		15.2 µg/m <sup>3</sup>
11. PM <sub>10</sub>		68.5 µg/m <sup>3</sup>


<b>Pièce 1A</b>	<b>RDC</b>	
<b>Surface</b>	19 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	53.2 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	<b>Structure murale</b> : brique d'argile <b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique. <b>Finition intérieure murale</b> : / <b>Finition extérieure du mur</b> : / <b>Autre</b> : Porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.	
<b>Acceptable</b>	Oui No	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative	56.8 %	
2. température	14.1 °C	
3. Dioxyde de carbone	443 ppm	
<b>Les contaminants</b>	<b>Remarques</b>	
Les composés organiques volatils	/	
4. Benzène	/	
5. toluène	/	
6. Xylène	/	
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.	/	
7. Formaldéhyde	20 ppb	
8. Ammoniac	/	
9. radon	0.82 pCi/L	
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>	14.8 µg/m <sup>3</sup>	
11. PM <sub>10</sub>	95.3 µg/m <sup>3</sup>	





<b>Pièce 1</b>	<b>RDC</b>	
<b>Surface</b>	19 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	53.2 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	<b>Structure murale</b> : brique d'argile <b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique. <b>Finition intérieure murale</b> : Couche d'apprêt <b>Finition extérieure du mur</b> : Peinture. <b>Autre</b> : Porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.	
<b>Acceptable</b>	Oui No	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative	66.9 %	
2. température	15.3 °C	
3. Dioxyde de carbone	599.0 ppm	
<b>Les contaminants</b>	<b>Remarques</b> : Erreur lors de l'analyse des COV	
Les composés organiques volatils	40.7 µg/m <sup>3</sup>	
4. Benzène	0 µg/m <sup>3</sup>	
5. toluène	40.7 µg/m <sup>3</sup>	
6. Xylène	0 µg/m <sup>3</sup>	
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.	/	
7. Formaldéhyde	20.35 ppb	
8. Ammoniac	54.56 ppb	
9. radon	2.29 pCi/L	
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>	12.4 µg/m <sup>3</sup>	
11. PM <sub>10</sub>	49.8 µg/m <sup>3</sup>	

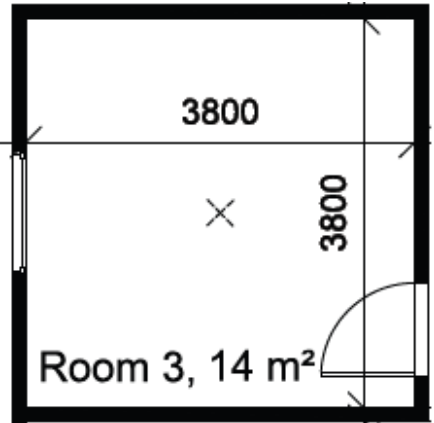
<b>Pièce 1C</b>	<b>RDC</b>	
<b>Surface</b>	19 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	53.2 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	<p><b>Structure murale</b> : brique d'argile.</p> <p><b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique.</p> <p><b>Finition intérieure murale</b> : Couche de peinture.</p> <p><b>Finition extérieure du mur</b> : Échantillon de peinture 1.</p> <p><b>Autre</b> : Porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.</p>	
<b>Acceptable</b>	Oui No	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative	43.8 %	
2. température	19.5 °C	
3. Dioxyde de carbone	369 ppm	
<b>Les contaminants</b>	<b>Remarques</b>	
Les composés organiques volatils	99.08 µg/m <sup>3</sup>	
4. Benzène	74.21 µg/m <sup>3</sup>	
5. toluène	15.26 µg/m <sup>3</sup>	
6. Xylène	9.61 µg/m <sup>3</sup>	
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.	/	
7. Formaldéhyde	34.2 ppb	
8. Ammoniac	48.81 ppb	
9. radon	1.42 pCi/L	
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>	18.4 µg/m <sup>3</sup>	
11. PM <sub>10</sub>	60.4 µg/m <sup>3</sup>	


<b>Pièce 2</b>	<b>RDC</b>	
<b>Surface</b>	22 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	53.2 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	<b>Structure murale</b> : brique d'argile. <b>Finition de plancher</b> : carreaux de céramique. <b>Finition intérieure murale</b> : Échantillon de peinture 2. <b>Finition extérieure du mur</b> : peinture. <b>Autre</b> : Porte en bois et cadres de fenêtre en aluminium.	
<b>Acceptable</b>	Oui No	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative	69.17 %	
2. température	14.17 °C	
3. Dioxyde de carbone	456.23 ppm	
<b>Les contaminants</b>	<b>Remarques</b>	
Les composés organiques volatils	38.58 µg/m <sup>3</sup>	
4. Benzène	74.21 µg/m <sup>3</sup>	
5. toluène	31.92 µg/m <sup>3</sup>	
6. Xylène	9.61 µg/m <sup>3</sup>	
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.	/	
7. Formaldéhyde	19.97 ppb	
8. Ammoniac	33.50 ppb	
9. radon	1.51 pCi/L	
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>	20.8 µg/m <sup>3</sup>	
11. PM <sub>10</sub>	94.2 µg/m <sup>3</sup>	

<b>Pièce 2A</b>	RDC	
<b>Surface</b>	22 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	61.6 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	Structure murale :brique d'argile Finition de plancher :carreaux de céramique Finition intérieure murale : / Finition extérieure du mur : Peinture Autre: porte en bois et cadres de fenêtre en aluminium.	
<b>indice</b>	-	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative		61.5
2. température		11.8°C
3. Dioxyde de carbone		477.1 ppm
Acceptable		NO
<b>Les contaminants</b>		
Les composés organiques volatils		94.31 µg/m
4. Benzène		62.10 µg/m <sup>3</sup>
5. toluène		5.80 µg/m <sup>3</sup>
6. Xylène		-
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.		6.41 µg/m <sup>3</sup>
7. Formaldéhyde		20.35 ppb
8. Ammoniac		40.2 ppb
9. radon		1.12 pCi/L
<b>particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>		14.5 µg/m <sup>3</sup>
11. PM <sub>10</sub>		160.9 µg/m <sup>3</sup>


<b>Pièce 2B</b>	RDC	
<b>Surface</b>	22 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	61.6 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	Structure murale : brique d'argile Finition de plancher : carreaux de céramique Finition intérieure murale : Couche d'apprêt Finition extérieure du mur : Peinture Autre: porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.	
<b>indice</b>	-	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative		77.4 %
2. température		14.5 °C
3. Dioxyde de carbone		463.6 ppm
Acceptable		No
<b>Les contaminants</b>		
Les composés organiques volatils		179.7 µg/m <sup>3</sup>
4. Benzène		154.39 µg/m <sup>3</sup>
5. toluène		10.54 µg/m <sup>3</sup>
6. Xylène		14.77 µg/m <sup>3</sup>
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.		-
7. Formaldéhyde		99.33 ppb
8. Ammoniac		45.94 ppb
9. radon		1.64 pCi/L
<b>particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>		31.3 µg/m <sup>3</sup>
11. PM <sub>10</sub>		66.5 µg/m <sup>3</sup>


<b>Pièce 2B</b>	RDC	
<b>Surface</b>	22 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	61.6 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	Structure murale : brique d'argile Finition de plancher : carreaux de céramique Finition intérieure murale : Couche de peinture Finition extérieure du mur : Échantillon de peinture 2. Autre: porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.	
<b>indice</b>	-	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative		68.6 %
2. température		16.2 °C
3. Dioxyde de carbone		428 ppm
Acceptable		No
<b>Les contaminants</b>		
Les composés organiques volatils		158.51 µg/m <sup>3</sup>
4. Benzène		141.59 µg/m <sup>3</sup>
5. toluène		6.86 µg/m <sup>3</sup>
6. Xylène		10.06 µg/m <sup>3</sup>
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.		-
7. Formaldéhyde		82.23 ppb
8. Ammoniac		38.67 ppb
9. radon		1.09 pCi/L
<b>particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>		16.5 µg/m <sup>3</sup>
11. PM <sub>10</sub>		55.4 µg/m <sup>3</sup>


<b>Pièce 2B</b>	RDC	
<b>Surface</b>	14 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	40.4 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	Structure murale : brique d'argile Finition de plancher : carreaux de céramique Finition intérieure murale : 3 Couche de peinture Finition extérieure du mur : peinture . Autre: porte en bois et cadres de fenêtre en aluminium.	
<b>indice</b>	○	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative		71.5 %
2. température		17.55 °C
3. Dioxyde de carbone		453.55 ppm
Acceptable		No
<b>Les contaminants</b>		
Les composés organiques volatils		175.07 µg/m <sup>3</sup>
4. Benzène		150.31 µg/m <sup>3</sup>
5. toluène		13.5 µg/m <sup>3</sup>
6. Xylène		11.27 µg/m <sup>3</sup>
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.		-
7. Formaldéhyde		32.57 ppb
8. Ammoniac		28.36 ppb
9. radon		0.56 pCi/L
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>		35.55 µg/m <sup>3</sup>
11. PM <sub>10</sub>		99.05 µg/m <sup>3</sup>

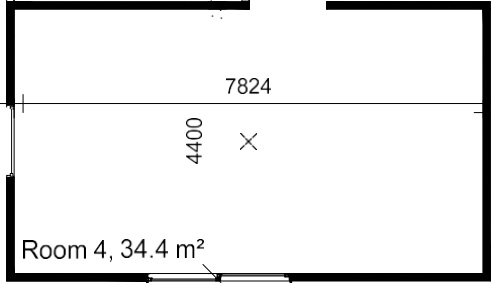
<b>Pièce 3A</b>	RDC	
<b>Surface</b>	14 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	40.4 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	Structure murale : brique d'argile Finition de plancher : carreaux de céramique +Plancher HDF Finition intérieure murale : - Finition extérieure du mur : peinture. Autre : porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.	
<b>Indice</b>	-	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative		68.6 %
2. température		15.5 °C
3. Dioxyde de carbone		478 ppm
Acceptable		No
<b>Les contaminants</b>		
Les composés organiques volatils		165.31 µg/m <sup>3</sup>
4. Benzène		139.64 µg/m <sup>3</sup>
5. toluène		9.84 µg/m <sup>3</sup>
6. Xylène		15.83 µg/m <sup>3</sup>
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.		-
7. Formaldéhyde		15.47 ppb
8. Ammoniac		11.49 ppb
9. radon		0.48 pCi/L
<b>particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>		32.4 µg/m <sup>3</sup>
11. PM <sub>10</sub>		141.2 µg/m <sup>3</sup>





<b>Pièce 3B</b>	<b>RDC</b>	
<b>Surface</b>	14 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	40.4 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	<p><b>Structure murale</b> : brique d'argile.</p> <p><b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF.</p> <p><b>Finition intérieure murale</b> : Couche d'apprêt.</p> <p><b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.</p> <p><b>Autre</b> : Porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.</p>	
<b>Acceptable</b>	Oui No	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative	73.7 %	
2. température	16.9 °C	
3. Dioxyde de carbone	480.1 ppm	
<b>Les contaminants</b>	<b>Remarques</b>	
Les composés organiques volatils	120.53 µg/m <sup>3</sup>	
4. Benzène	103.16 µg/m <sup>3</sup>	
5. toluène	10.51 µg/m <sup>3</sup>	
6. Xylène	6.86 µg/m <sup>3</sup>	
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.	/	
7. Formaldéhyde	32.29 ppb	
8. Ammoniac	21.54 ppb	
9. radon	0.60 pCi/L	
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>	29 µg/m <sup>3</sup>	
11. PM <sub>10</sub>	79.5 µg/m <sup>3</sup>	

<b>Pièce 3C</b>	<b>RDC</b>	
<b>Surface</b>	14 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	40.4 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	<p><b>Structure murale</b> : brique d'argile.</p> <p><b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF.</p> <p><b>Finition intérieure murale</b> : Échantillon de peinture 3.</p> <p><b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.</p> <p><b>Autre</b> : Porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.</p>	
<b>Acceptable</b>		Oui No
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative		49.2 %
2. température		19.9 °C
3. Dioxyde de carbone		455.3 ppm
<b>Les contaminants</b>	<b>Remarques</b>	
Les composés organiques volatils		345.59 µg/m <sup>3</sup>
4. Benzène		305.8 µg/m <sup>3</sup>
5. toluène		24.72 µg/m <sup>3</sup>
6. Xylène		15.07 µg/m <sup>3</sup>
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.		/
7. Formaldéhyde		43.15 ppb
8. Ammoniac		34.46 ppb
9. radon		0.73 pCi/L
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>		30.8 µg/m <sup>3</sup>
11. PM <sub>10</sub>		110.3 µg/m <sup>3</sup>

<b>Pièce 3D</b>	<b>RDC</b>	
<b>Surface</b>	14 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	40.4 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	<p><b>Structure murale</b> : brique d'argile.</p> <p><b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF.</p> <p><b>Finition intérieure murale</b> : Fond d'écran.</p> <p><b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.</p> <p><b>Autre</b> : Porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.</p>	
<b>Acceptable</b>	Oui No	
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative	94.5 %	
2. température	17.9 °C	
3. Dioxyde de carbone	434.6 ppm	
<b>Les contaminants</b>	<b>Remarques</b>	
Les composés organiques volatils	68.86 µg/m <sup>3</sup>	
4. Benzène	52.62 µg/m <sup>3</sup>	
5. toluène	8.93 µg/m <sup>3</sup>	
6. Xylène	7.31 µg/m <sup>3</sup>	
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.	/	
7. Formaldéhyde	26.05 ppb	
8. Ammoniac	45.94 ppb	
9. radon	0.41 pCi/L	
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>	50 µg/m <sup>3</sup>	
11. PM <sub>10</sub>	65.2 µg/m <sup>3</sup>	

<b>Pièce 4</b>	<b>RDC</b>	
<b>Surface</b>	14 m <sup>2</sup>	 <p>Room 4, 34.4 m<sup>2</sup></p>
<b>Volume</b>	40.4 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	<p><b>Structure murale</b> : brique d'argile.</p> <p><b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF.</p> <p><b>Finition intérieure murale</b> : Échantillon de peinture 4.</p> <p><b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.</p> <p><b>Autre</b> : Porte en bois et cadres de fenêtre en aluminium.</p>	
<b>Acceptable</b>		Oui No
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative		55.75 %
2. température		17.6 °C
3. Dioxyde de carbone		435.85 ppm
<b>Les contaminants</b>		<b>Remarques</b>
Les composés organiques volatils		142.34 µg/m <sup>3</sup>
4. Benzène		126.57 µg/m <sup>3</sup>
5. toluène		6.28 µg/m <sup>3</sup>
6. Xylène		9.5 µg/m <sup>3</sup> /
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.		/
7. Formaldéhyde		15.47 ppb
8. Ammoniac		18.65 ppb
9. radon		0.22 pCi/L
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>		54.45 µg/m <sup>3</sup>
11. PM <sub>10</sub>		201.25 µg/m <sup>3</sup>

<b>Pièce 4A</b>	<b>RDC</b>	
<b>Surface</b>	34.4 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	96.1 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	<p><b>Structure murale</b> : brique d'argile.</p> <p><b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF.</p> <p><b>Finition intérieure murale</b> : /</p> <p><b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.</p> <p><b>Autre</b> : Porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.</p>	
<b>Acceptable</b>		Oui No
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative		48.1 %
2. température		17.8 °C
3. Dioxyde de carbone		451.9 ppm
<b>Les contaminants</b>	<b>Remarques</b>	
Les composés organiques volatils		181.39 µg/m <sup>3</sup>
4. Benzène		168.42 µg/m <sup>3</sup>
5. toluène		6.75 µg/m <sup>3</sup>
6. Xylène		6.22 µg/m <sup>3</sup>
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.		/
7. Formaldéhyde		13.84 ppb
8. Ammoniac		14.36 ppb
9. radon		0 pCi/L
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>		90.5 µg/m <sup>3</sup>
11. PM <sub>10</sub>		164.0 µg/m <sup>3</sup>

<b>Pièce 4B</b>	<b>RDC</b>	
<b>Surface</b>	34.4 m <sup>2</sup>	
<b>Volume</b>	96.1 m <sup>3</sup>	
<b>Matériaux</b>	<p><b>Structure murale</b> : brique d'argile.</p> <p><b>Finition de plancher</b> : Carreaux de céramique + sol en HDF.</p> <p><b>Finition intérieure murale</b> : Échantillon de peinture 4.</p> <p><b>Finition extérieure du mur</b> : peinture.</p> <p><b>Autre</b> : Porte en bois etcadres de fenêtre en aluminium.</p>	
<b>Acceptable</b>		Oui No
<b>Paramètres</b>		
1. Humidité relative		63.4 %
2. température		17.4 °C
3. Dioxyde de carbone		419.8 ppm
<b>Les contaminants</b>	<b>Remarques</b>	
Les composés organiques volatils		103.3 µg/m <sup>3</sup>
4. Benzène		84.72 µg/m <sup>3</sup>
5. toluène		5.8 µg/m <sup>3</sup>
6. Xylène		12.78 µg/m <sup>3</sup>
Si d'autres substances volatiles sont présentes, spécifiez le type et la concentration.		/
7. Formaldéhyde		17.10 ppb
8. Ammoniac		22.94 ppb
9. radon		0.22 pCi/L
<b>Particulière</b>		
10. PM <sub>2.5</sub>		18.4 µg/m <sup>3</sup>
11. PM <sub>10</sub>		238.5 µg/m <sup>3</sup>

**ملخص:**

أظهرت العديد من الدراسات أن الهواء الداخلي غالباً ما يكون أكثر تلوثاً من الهواء الخارجي، وأن جودة الهواء الداخلي تتأثر بشكل رئيسي من الانبعاثات الصادرة من مواد البناء، و يتعلق ذلك بالمواد الكيميائية والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs) أو الجزيئات ، و لهذا التلوث آثار جانبية على صحة الإنسان لا يمكن إهمالها .  
قمنا بدراسة بحث بعنوان: "تأثير مواد البناء في تقييم جودة الهواء الداخلي ما قبل الإشغال"، وذلك لدراسة تأثير مواد البناء على جودة الهواء في الأماكن المغلقة وتحديد الحلول والتوصيات التي من شأنها ضمان أفضل اختيار لمواد البناء من أجل ضمان جودة الهواء في الأماكن المغلقة.  
الهدف من هذه الدراسة هو إثبات وجود تأثير لمواد البناء على جودة الهواء الداخلي للبنىات، وكذا تأثيرها على صحة المستخدمين، والبحث عن مواد بناء صحية ذات انبعاث منخفضة.  
النتائج المستخلصة من خلال دراستنا تؤكد أن لمواد البناء تأثير على نوعية وجودة الهواء الداخلي للمباني. مما يشكل تحدياً للمهندسين المعماريين من أجل اختيار مواد بيئية صحية ذات انبعاثات منخفضة لا تؤثر على صحة مستخدميها.

**كلمات مفتاحية:** الهواء الداخلي-الجودة - مواد البناء- المباني العمومية - المركبات العضوية المتطايرة.

## Résumé :

De nombreuses études ont montré que l'air intérieur est souvent plus pollué que l'extérieur, la qualité de l'air intérieur est impactée principalement par les émissions des matériaux de construction, s'agissant des substances chimiques, des composés organiques volatils (COV) ou particules et que cette pollution a des effets sanitaires non négligeables.

Notre recherche s'inscrit dans une perspective d'analyser et d'étudier un cas d'étude d'une recherche intitulé : « *Effect of building materials on indoor air quality in residential buildings in egypt: a pre occupancy assessment* », pour étudier l'effet des matériaux de construction sur la qualité de l'air intérieur et déterminer des solutions et des recommandations recherchées qui assurent le meilleur choix des matériaux de construction pour une bonne qualité de l'air intérieur.

Notre analyse est pour objectif de confirmer qu'il y a un impact des matériaux de construction sur la qualité de l'air intérieur et la santé des occupant et chercher les matériaux de construction émettant peu de polluants.

Les résultats de notre recherche confirment l'impact des matériaux de construction sur la qualité de l'air intérieur ainsi que sur la santé des occupants ce qui interpelle les architectes à s'orienter vers des matériaux écologiques peu émissifs préservent la santé humaine.

### Mots clés :

Air intérieur - Qualité - Matériaux de construction - Bâtiment public - COV.



## Summary:

Many studies have shown that indoor air is often more polluted than outside. Indoor air quality is affected mainly by emissions from building materials for instance chemicals, volatile organic compounds (VOCs) or particulates. According to these studies, polluted air has significant health effects.

Our research is carried out to analyze a case study of a research entitled: "*Effect of Building Materials in a Pre occupancy Assessment*", to study the impact of building materials on indoor air quality and identify solutions and recommendations that will ensure the best choice of building materials for good indoor air quality.

The objective of this analysis is to confirm that the materials of construction have an impact on the quality of indoor air and occupant's health, and search for materials that emit few pollutants.

The results of our research confirm the effect of building materials on indoor air quality and on occupant's health which challenges architects to move towards low-emitting ecological materials that protect human health.

**Keywords:** indoor air- quality- building materials -public building-volatile organic compounds (VOCs).