

**UNIVERSITE DE NANTES**

---

**FACULTE DE MEDECINE**

---

**Année 2006**

**N°18**

**Thèse**

pour le

**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE**

Qualification en Médecine Générale

par

**Stéphane van Hille**

Né le 12 septembre 1969 à Saint Nazaire (Loire-Atlantique)

---

Présentée et soutenue publiquement le 23 mai 2006

---

**QUALITÉ SANITAIRE DE L'HABITAT**

---

Président du jury : Monsieur le Professeur Pierre Lombrail

Directeur de thèse : Madame le Docteur Claire Ségala

## **TABLE DES MATIÈRES**

<b>INTRODUCTION</b>	4
<b>PREMIÈRE PARTIE : Les pollutions liées à l'habitat et leurs répercussions sur la santé humaine</b>	6
<b>I/ Introduction</b>	7
<b>II/ Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur</b>	8
<b>III/ Les principaux polluants présents dans le bâtiment et leurs effets sanitaires</b>	8
A/ Les Composés organiques volatiles (COV)	8
B/ Les biocontaminants	12
C/ Les fibres	13
D/ Description des syndromes cliniques liés à la pollution intérieure	15
<b>IV/ Hiérarchisation des polluants</b>	18
A/ Ebauche par l'OQAI d'une liste de polluants	18
B/ Caractérisation du risque sanitaire associé aux polluants	18
C/ Travaux de hiérarchisation réalisés à l'étranger	21
D/ Hiérarchisation des polluants élaborée par l'OQAI	22
<b>V/ L'exemple du formaldéhyde</b>	23
A/ Définition composition moléculaire	23
B/ Propriétés	23
C/ Présence dans les produits de construction	23
D/ Méthode de mesure	24
E/ Valeur toxicologique de référence (VTR)	24
F/ Exemple de pollution de l'air intérieur par le formaldéhyde	25
G/ Effets sur la santé du formaldéhyde	25
H/ Réglementations	31
<b>DEUXIÈME PARTIE : Politiques menées pour la prévention des risques sanitaires dans le domaine de l'habitat</b>	33
<b>I/ Politiques publiques</b>	34
A/ Le Plan National Santé Environnement (PNSE)	34

B/ Réglementation pour l'Enregistrement, l'Evaluation et l'Autorisation des Substances chimiques :REACH	38
C/ Discussion sur le PNSE et REACH	38
<b>II/ Stratégies en santé et environnement dans le bâtiment au travers des expériences françaises, allemandes et anglaises</b>	41
A/ La Haute qualité environnementale (HQE)	41
B/ La Baubiologie	44
C/ Building Research Establishment (BRE)	46
D/ Discussion sur la HQE, la Baubiologie et le BRE	47
<b>III/ Informations sur les matériaux</b>	49
A/ La fiche de déclaration environnementale et sanitaire	49
B/ Les Labels	50
C/ Discussion	51
<b>TROISIÈME PARTIE : Prévenir les risques sanitaires dans l'habitat</b>	53
<b>I/ Améliorer les caractéristiques sanitaires de l'habitat</b>	54
A/ Le choix des matériaux	54
B/ La ventilation de la maison	58
<b>II/ Choix économiques</b>	59
<b>III/ Un autre idée de la qualité de l'habitat</b>	60
A/ Les choix de vie	60
B/ Choix d'implantation	61
C/ Architecture et urbanisme	61
D/ Du rêve à la réalité	62
<b>CONCLUSION</b>	64
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	66
<b>ANNEXES</b>	72

## INTRODUCTION

Majoritairement rurale au début du vingtième siècle, la population française est devenue citadine, ainsi le temps passé à l'intérieur des bâtiments dépasse 80% du temps et plus encore pour les populations fragiles que sont les enfants et les personnes âgées. Avec le lieu de travail, la maison est notre principal environnement. Dans la pensée collective, la maison est le refuge, le lieu du repos. Serait-elle devenu au contraire un danger pour ses occupants ? Certains considèrent que l'extraordinaire dissémination des substances chimiques au cours de l'histoire industrielle s'est déroulée sans véritable prise en compte des effets sanitaires induits. Or dans nos espaces intérieurs se mêlent une multitude de polluants, dont la plupart créés par l'homme, et pour lesquels on ne connaît pas encore très bien les effets à court terme et surtout aux longs cours. On ne peut pas dissocier la préoccupation grandissante du public pour les questions environnementales du problème de la qualité de l'air intérieur de nos maisons. En 2004, le Professeur Belpomme, cancérologue président de l'ARTAC (Association Française de Recherche Thérapeutique anti-cancéreuse) avait lancé un appel avec d'autres personnalités du monde scientifique ou politique pour qu'on ne néglige pas l'environnement dans la lutte contre le cancer et les maladies en général : « On soigne les malades atteints de cancer, et non l'environnement qui est lui-même malade » [1]. Dans ce travail, nous présenterons en premier lieu les liens existant entre pollution et santé, grâce aux études déjà réalisées sur des bases scientifiques. Nous prendrons l'exemple du formaldéhyde pour illustrer ce lien plus en détail. Puis nous parlerons des différentes politiques, réglementations ou mesures prises en France et dans d'autres pays pour prévenir ou résoudre

les risques sanitaires dans l'habitat. Nous verrons que l'on peut améliorer aisément la qualité sanitaire des logements, mais que les précautions ou les remèdes se situent aussi à une autre échelle, si on considère que la notion de santé dans l'habitat s'inscrit dans un équilibre harmonieux entre l'homme et son milieu de vie.

## **PREMIERE PARTIE**

### **Les pollutions liées à l'habitat et leurs répercussions sur la santé humaine**

## **I/ Introduction**

L'environnement atmosphérique intérieur est un univers dynamique comportant un grand nombre de polluants chimiques gazeux ou particulaires, d'allergènes et de bio contaminants. L'analyse de l'air est rendue difficile par la multiplicité des sources de substances variant dans le temps et l'espace. Les émissions peuvent être continues, discontinues, irrégulières et influencées par la pollution en provenance de l'extérieur. Cependant en raison de la présence de sources intérieures, les teneurs moyennes dans les logements pour divers polluants peuvent excéder les concentrations extérieures [2]. Ces sources intérieures sont imputables aux matériaux de construction et aux activités humaines (utilisation d'appareils de combustion, de produits ménagers, bricolage, tabagisme). Interfèrent les conditions de température, d'humidité, de ventilation, ainsi que des risques de contamination par des micro-organismes. Jusqu'à ces dernières années, peu de recherches avaient été menées dans l'habitat pour mesurer les polluants, les données rapportées dans la littérature n'avaient pas forcément de bases scientifiques rigoureuses, des agents de toutes natures étaient décrits et jugés responsables de multiples maux et maladies sans enquêtes épidémiologiques fiables. On peut citer ainsi sans hiérarchie :

- La qualité physico-chimique des matériaux
- Les contaminations bactériologiques ou mycologiques
- Les odeurs
- Le renouvellement de l'air
- La régulation de l'hygrométrie
- La température
- L'ionisation de l'air, la création de champs électrostatiques et électromagnétiques

- La modification du Cosmo tellurisme du lieu
- La radioactivité de l'air ou des matériaux
- L'amortissement des bruits intérieurs ou extérieurs
- La régulation de la lumière.

Certains voudront même citer l'histoire du lieu ou de ses occupants...

## **II/ Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur**

Afin de mieux cerner les risques sanitaires à l'intérieur des logements, suite à une convention signée entre les ministères du logement, de la santé, de l'environnement, l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) et le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), le gouvernement français a décidé de créer en 2001 un Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI). L'OQAI avec les moyens techniques et scientifiques du CSTB cherche à déterminer les polluants de l'air intérieur et à étudier leurs effets afin de les hiérarchiser en termes d'impacts sanitaires. En pratique l'OQAI a fait un état des études réalisées dans le monde, il organise également des campagnes de mesures destinées à collecter des données utiles pour identifier les situations à risques et proposer des solutions. Il doit contribuer à la mise en place de nouvelles réglementations visant l'amélioration de la qualité de l'air intérieur. En 2003 l'OQAI a initié une première campagne nationale de mesures dans 710 appartements et maisons, représentatifs des 24 millions de résidences principales en France, afin de collecter des informations sur leurs niveaux de pollutions et évaluer les facteurs de risque. Les premiers résultats sont attendus au printemps 2006 [3] [4].

## **III/ Les principaux polluants présents dans le bâtiment et leurs effets sanitaires**

Les premiers résultats de l'enquête menée par l'OQAI dans 710 logements en France devraient être connus prochainement, ils permettront de mieux connaître l'exposition des Français aux polluants de l'air intérieur. La démarche de hiérarchisation des substances réalisée à partir d'une enquête pilote permet de mettre en lumière un certain nombre d'agents. Voici quelques-uns de ces agents spécifiquement liés au bâtiment et leurs effets néfastes pour la santé [3][5].

### **A/ Les Composés organiques volatiles (COV)**

Les COV sont des substances organiques composées de carbone et d'hydrogène. Leur point commun est de s'évaporer et de devenir des gaz à la température ambiante des logements. Cette famille de composés est très hétérogène et compte des centaines d'espèces chimiques parmi lesquelles sont inclus le formaldéhyde, les éthers de glycol et les phtalate.

Hydrocarbures aromatiques	benzène, toluène, éthyl benzène, dichloro benzène, triméthylbenzène, xylène, styrène, naphtalène
Hydrocarbures aliphatiques (n-C6 à n-C16)	n-décane, n-undécane
Hydrocarbures alicycliques	terpène (alpha et beta pinène, limonène), essence de térébenthine
Hydrocarbures halogénés	trichloréthylène, tétrachloroéthylène, chloroforme, dichlorobenzène, chlorure de vinyle, dioxines
Alcools	propanolol, butanol
Ethers de glycol	éthylène glycol, méthylglycol, propylène glycol.
Cétones	acétone, cyclopentanone...
Acides	acide acétique, acide butyrique...
Esters	acétate d'éthyl et de vinyle
Aldéhydes	formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine, crotonaldéhyde, hexaldéhyde
Phtalates	diméthyl phtalate, dibutyl phtalate

**Tableau 1 : familles des composés organiques volatils**

Les sources des composés organiques volatils dans l'air intérieur sont nombreuses, on retrouve en grande partie la pollution issue de l'extérieur, celle venant des activités humaines ou des appareils de chauffage, mais une quantité importante vient des matériaux de construction, de décoration et de l'ameublement [6] [7] [8].

Source	Famille de COV	Principaux COV
--------	----------------	----------------

Colles	Alcanes HC aromatique HC halogénés Esters Alcools Cétones Aldéhydes Isocyanates Éthers de glycol	Nonane Toluène, Styrène, triméthylbenzène Trichloréthylène Acétate d'éthyle et de vinyle Propanol, isopropanol, butanol acétone Formaldéhyde, acétaldéhyde ethylglycol, méthylglycol
Cires	Alcanes HC aromatiques HC halogénés Esters Cétones Terpènes	Nonane, décane, undécane, diméthylcétane Toluène, xylène, éthylbenzène, éthyltoluène Trichloréthylène Acétate d'éthyle Acétone, méthylacétone Limonène, pinène
Bois agglomérés	Aldéhydes	Formaldéhyde
Isolants	Aldéhydes HC aromatiques Cétones	Formaldéhyde Styrène Acétone
Moquettes	HC aromatiques Aldéhydes Amines	Styrène Formaldéhyde 4-phénylcyclohexène Vinylcyclohexène, 2-éthylhexanol Siloxanes
Papiers peints	Aldéhydes	Formaldéhyde
Peinture phase solvant	HC aromatiques HC aliphatiques Alcools Cétones Esters	Toluène Xylène, benzène Éthanol, butanol Acétone Acétate d'éthyle
Peinture phase aqueuse	Alcools Éthers de glycol Aldéhydes Fongicides	Propanol, isopropanol, butanol, texanol Ethylglycol, méthylglycol Formaldéhyde
Textiles	Cétones Aldéhydes Esters	Acétone Formaldéhyde Acétate d'éthyle

**Tableau 2: Les Composés Organiques Volatiles dans les matériaux de construction et de décoration**

Les émissions des COV peuvent être de deux ordres : primaire ou secondaire.

- Les émissions primaires sont dues aux composants des matériaux, elles sont importantes immédiatement après la fabrication et diminuent fortement au cours des premières années.
- Les émissions secondaires sont dues à l'action sur le matériau de l'humidité, de la température, et des traitements chimiques d'entretien. Elles peuvent augmenter dans le temps et durer [9].

L'action des COV sur la santé est aussi variable que leurs natures chimiques et l'on ne connaît pas bien l'effet des mélanges, or les occupants d'un bâtiment sont exposés à un «cocktail» de molécules différentes. Le syndrome des bâtiments « malsains » (SBM) et le syndrome de sensibilité chimique multiple (SCM), que nous présenterons plus loin, sont communément associés à ces composés organiques.

Parmi les nombreuses substances incriminées, je prendrai l'exemple des phtalates et des éthers de glycol, le formaldéhyde sera étudié plus en détail au chapitre IV

### 1/ Les Phtalates

Le phtalate bis(2-éthylhexyl phtalate), appelé couramment DeHP est classé parmi les substances « hautement prioritaires », L'indice de hiérarchisation calculé par l'OQAI est de 15/20. On le trouve en grande quantité dans l'habitat. Les phtalates améliorent la flexibilité des matériaux à base de PVC, on les trouve donc dans les revêtements muraux, les revêtements de sol, les lamelles, les câbles, les tuyaux et profils. Cependant, le DeHP n'est pas lié chimiquement dans la matrice du PVC, et donc au cours du cycle de vie du produit, le DeHP s'en libère et diffuse dans l'environnement [10]. Le DeHP ne semble pas présenter de toxicité aiguë chez l'homme, le problème soulevé par cette substance se situe dans ses effets chroniques sur la reproduction. Une étude a montré des niveaux élevés et significatifs de phtalates, dont le DeHP dans 68% des échantillons de sérum sanguin de fillettes de moins de huit ans présentant un développement des seins prématurés. Les auteurs de cette étude suggèrent une activité perturbateur endocrinien sans qu'un lien direct soit établi [11]. Il ne faut pas négliger la pollution par les phtalates, néanmoins les risques sanitaires dans l'habitat semblent essentiellement liés à un contact direct (dermique ou mise en bouche) de produits associant phtalate et PVC. Le risque est donc plutôt lié à la persistance de cette substance dans la chaîne alimentaire du fait de sa bioaccumulation dans l'environnement. Les mesures de précaution prises par l'Union européenne concernent pour l'instant essentiellement les jouets pour enfants, mais des réflexions sont engagées pour envisager la substitution de cette molécule dans d'autres matériaux, en particulier le matériel médical (tubulures...) [12].

### 2/ Les éthers de glycol

Les éthers de glycol sont des solvants qui appartiennent à une famille de substances chimiques utilisées depuis des décennies en raison de leurs propriétés remarquables. Miscibles à la fois dans l'eau et les graisses, ils permettent ainsi de mélanger des substances non miscibles naturellement. Ils sont utilisés comme solvants, conservateur, agent de tension,

de coalescence, de telle sorte qu'ils sont présents dans une très large gamme de produits de consommation courante. On les retrouve ainsi dans les bâtiments : peintures, colles et vernis, résines, fluides hydrauliques, antigels, désodorisants, produits d'entretien. Les éthers de glycol sont classés dans la catégorie des substances « prioritaires » par L'OQAI avec un indice de hiérarchisation à 6/20 pour plusieurs d'entre eux. La toxicité aiguë est responsable de troubles digestifs (nausées, vomissements, douleur abdominale), rénaux (tubulopathie), neurologiques (dépression du système nerveux central) [13]. L'exposition chronique a des effets sur la reproduction. Un ensemble de résultats concordants est en faveur de l'existence d'un lien entre infertilité masculine (diminution de la concentration du sperme, difficulté à concevoir un enfant) et exposition aux éthers de glycol. Une étude regroupant quatorze entreprises de l'industrie des semi-conducteurs aux Etats-unis a rapporté des anomalies de la durée ou de la régularité des cycles menstruels ainsi qu'une diminution de la fertilité chez les femmes travaillant dans les secteurs les plus exposés aux éthers de glycol [14]. Actuellement neuf éthers de glycols sont classés « toxique pour la reproduction catégorie 2 » selon le classement de l'Union Européenne, c'est-à-dire que les effets ont été démontrés chez l'animal et sont probables chez l'homme. La réglementation européenne ainsi que la France a progressivement interdit ou limité depuis 1994 la vente de ceux qui présentent un risque pour la reproduction.

## **B/ Les biocontaminants**

On désigne par le terme biocontaminant, les contaminants biologiques de l'air intérieur. Cela comprend les moisissures, les bactéries et les divers allergènes d'origine biologique. Dans l'étude des effets sanitaires d'un bâtiment, ces polluants ont une place tout à fait primordiale du fait de leur association presque constante avec le problème de l'humidité. La quasi-totalité des polluants chimiques rencontrés dans l'air intérieur est issue de produits industriels, on pourrait les éviter en utilisant des produits naturels. Par contre, le taux d'humidité est conditionné autant par la production de vapeur d'eau inhérente à la présence humaine (la respiration, la cuisine, l'eau chaude, le séchage du linge) que par la conception du bâtiment (propriété des matériaux à laisser passer la vapeur d'eau vers l'extérieur ou à défaut, présence d'une ventilation efficace). Par ailleurs, l'humidité est un des principaux critères définissant l'habitat insalubre et la préoccupation de la population vis-à-vis de ce problème a été mis en évidence lors d'une enquête de l'INSEE en 2002 : l'humidité et les infiltrations d'eau sont signalé par 25% des ménages interrogés sur les défauts de leur logement. En zone tempérée, plusieurs centaines d'espèces de moisissures occupent en permanence notre

environnement direct. A l'intérieur, les spores de moisissures en suspension dans l'air, pénétrant par les ouvertures, sont à priori les mêmes que celles retrouvées à l'extérieur. Cependant certaines espèces trouvent dans l'habitat des substances propices à leur développement comme les plâtres, les papiers peints, les peintures, le mobilier... Toutes les espèces extérieures ne sont pas capables de coloniser l'intérieur. De plus l'environnement intérieur offre des spécificités qui font que les moisissures présentent un plus grand danger. D'une part, la croissance intérieure n'est pas saisonnière, l'exposition potentielle est donc continue au cours de l'année, d'autre part, la possibilité de se retrouver à proximité immédiate des matériaux colonisés augmente la probabilité d'être exposé à de fortes doses. Enfin, le confinement peut contribuer à l'accumulation de spores et de métabolites. Les moisissures se développent en abondance dans les endroits humides, mal ventilés, chauds et sombres [5]. Néanmoins le risque sanitaire est difficile à établir car les modes d'actions des biocontaminants sont encore peu connus et leur mesure dans l'habitat est difficile à réaliser en pratique. Parmi les sources d'allergènes respiratoires d'origine biologique liées au bâtiment, on retrouve entre autres des substances émises par les moisissures : les spores, responsables de rhinites, sinusites allergiques et asthme. Les moisissures produisent aussi d'autres substances dégagées dans l'atmosphère : les mycotoxines qui ont un effet toxique, les Glucanes et les MCOV (Composés Organique Volatiles) qui ont un effet irritatif. Une étude scandinave s'est intéressée à la relation entre santé respiratoire, moisissure et humidité, elle a mis en évidence des risques associés, mais les mécanismes sont encore mal connus. Le risque sanitaire engendré par les bactéries est celui associé aux endotoxines issues de leurs parois (Je ne détaillerai pas les problèmes spécifiquement liés à la climatisation comme la légionellose ou des manifestations allergiques dues aux actinomycètes). Le rôle que ces endotoxines pourraient potentiellement avoir dans la modulation de la sensibilisation aux allergènes et dans l'aggravation de l'asthme reste discuté. L'indice de hiérarchisation de l'OQAI est de 6/20. La problématique des biocontaminants a été intégrée à la campagne des 710 logements de l'OQAI, pas seulement par des mesures dont nous avons vu qu'elles n'étaient pas simples à réaliser, mais aussi par un questionnaire visant à améliorer nos connaissances sur le sujet.

### **C/ Les fibres**

Par définition une fibre est une particule dont la longueur est au moins trois fois plus grande que le diamètre. Elle peut être minérale ou organique, artificielle ou naturelle. Les fibres minérales englobent des substances fibreuses inorganiques produites à partir de verre, de roche ou d'argile. On leur donne le nom de « laine » et elles sont employées comme isolant

thermique et phonique. Les fibres minérales artificielles sont classées comme substance « prioritaire » par L'OQAI.

L'amiante aussi appelé asbeste est une fibre issue du broyage de roche de silicate, elle a été largement utilisée pour ses propriétés particulières de résistance aux hautes températures et au feu. Cette qualité exceptionnelle aura caché pendant plus d'un siècle sa dangerosité pour la santé. Autant que sa nature, c'est la taille de la fibre qui pose problème, les fibres sont d'autant plus dangereuses qu'elles sont longues et de faibles diamètres. Les fibres répondant à ces caractéristiques sont plus facilement inhalées, pénètrent profondément jusqu'aux alvéoles pulmonaires et y persistent longtemps. Elles sont ainsi responsables de pathologies pulmonaires à retardement. On connaît maintenant très bien les pathologies de l'amiante : fibroses pulmonaires et pleurales, cancers pleuraux et bronchiques. L'amiante est définitivement interdite en France depuis 1997. On pourrait considérer le problème comme révolu, mais, d'une part, les effets sanitaires sont retardés de parfois plusieurs dizaines d'années et d'autre part l'amiante a été si massivement utilisée dans la construction que les risques d'expositions existent toujours. En effet, l'amiante a été utilisé en flochage par projection, souvent dans les bâtiments à usage collectif, il demeure des risques sérieux de pollution du fait de la dégradation des matériaux. Également lors des travaux de rénovation dans l'habitat, la manipulation ou le sciage sans précaution de tuyaux ou plaques de fibrociment fait courir un risque de relargage d'amiante dans l'air intérieur.

La laine de verre et la laine de roche ne sont pas dénuées de risques sanitaires. L'exposition à ces isolants provoque des irritations cutanées, ORL (inflammation rhinopharyngées et trachéales) et ophtalmologiques surtout pour la laine de verre dont les fibres ont un diamètre relativement plus grand que celui de la laine de roche. Inversement les risques pulmonaires au long cours semblent plus préoccupants pour la laine de roche dont la taille des fibres se rapproche de celle de l'amiante. Une directive européenne de 1997 classe les fibres de laine d'isolation en catégorie 3 (Effet cancérigène possible mais insuffisamment évalué), Cependant cette directive prévoit que ce classement ne doit pas s'appliquer si la biopersistance des fibres est faible ou si leur diamètre est élevé. Depuis les industriels disent avoir fait évoluer leurs nouvelles laines minérales pour bénéficier de cette exonération de classification cancérigène. L'indice de hiérarchisation de l'OQAI est de 6/20.

Les Fibres naturelles sont souvent préconisées en remplacement des laines minérales dans l'isolation, par les partisans d'un habitat respectueux de la santé et de l'environnement. Il en existe différents types d'origines végétales (chanvre, cellulose, lin, bois, paille, coton) ou animales (laine de mouton, plume de canard). Il n'existe pas à ce jour d'études permettant

d'évaluer la toxicité de ces produits utilisés comme matériaux de construction. Cependant certaines études ont montré que l'exposition aux fibres organiques dans l'industrie du textile et du papier est associée à une fréquence plus importante d'affections pulmonaires obstructives. Ces affections n'ont pas été reliées à la forme fibreuse des particules, mais plutôt au mélange de poussière contenant des produits chimiques et des micro-organismes. Le risque de cancer du nez et des sinus semble accru dans l'industrie textile sans que l'agent causal soit connu. De plus les affections respiratoires aiguës (asthme) ou chroniques (alvéolite, emphysème) survenant après les expositions aux poussières organiques (chanvre, lin, coton) sont reconnues comme maladie professionnelles [9]. Néanmoins, ces substances n'ont pas été mesurées par l'OQAI lors de la campagne des 710 logements.

#### **D/ Description des syndromes cliniques liés à la pollution intérieure**

##### **1/ Syndrome des bâtiments malsains (SBM)**

Ce terme est apparu dans les années soixante-dix aux Etats-Unis, le « Sick-Building Syndromes »(SBS) désigne des affections liées au séjour dans un bâtiment alors que l'agent causal n'est pas identifié. Le SBS est caractérisé, selon l'OMS par un tableau clinique non stéréotypé pouvant être ressenti par des travailleurs dans des immeubles à usage de bureau. Ces bureaux ont en commun d'avoir des fenêtres qui ne peuvent être ouvertes et un système de ventilation mécanique associé le plus souvent à un système de climatisation [15]. La fréquence de symptômes liés au séjour dans un lieu de travail, recueillie par auto questionnaire, est très variable d'une étude à l'autre et les comparaisons entre études sont délicates, c'est la raison pour laquelle il existe un certain scepticisme quant à l'existence réelle d'un tel syndrome [9]. Dans les études, on relève jusqu'à 60% de sujets rapportant au moins un symptôme relié au travail et 10 à 25% des sujets présentent ces symptômes au moins une fois par semaine [16][17]. Ces études se heurtent à l'absence de symptômes ou de signes caractéristiques. Les symptômes sont en effet non spécifiques, pour pallier cette difficulté, des auteurs incluent des tests para cliniques : étude des sécrétions lacrymales, spirométrie, test de provocation bronchique non spécifiques, tests cutanés allergologiques...Les répercussions économiques du SBM, en termes d'absentéisme au travail ou de diminution de la productivité sont soulignées par les auteurs, mais les données concrètes font défaut. Parmi les facteurs de risques, certains tiennent à l'environnement, des perturbations variées de la qualité de l'air ont pu être mises en relation avec ce syndrome : présence de polluants comme les particules en suspension, les oxydes d'azote, l'ozone, les composés organiques volatils, les micro-organismes, le tabagisme passif. Les caractéristiques

physiques de l'air ont aussi été incriminées : hygrométrie, température, mouvements de l'air. On a d'ailleurs pu constater une amélioration des troubles en augmentant le taux de renouvellement de l'air ou après humidification de cet air. D'autres facteurs de risques tiennent à l'individu : il y a une prédominance de femmes, de personnes présentant un terrain atopique ou souffrant de stress au travail [18].

Irritation des muqueuses	Nez, lèvre, langue, gorge secs Obstruction nasale Écoulement nasal Eternuements Prurit oculaires Larmolement Gêne au port de lentilles de contact
Symptômes respiratoire	Toux Essoufflement Sifflement dans la poitrine
Symptômes neurologiques	Céphalées Asthénie Manque de concentration Diminution des capacités mnésiques Engourdissement Étourdissement
Symptômes cutanés	Eruptions Démangeaisons Sécheresse cutanée
Modifications sensorielles	goût inhabituel dans la bouche Sensation d'éblouissement.

**Tableau 3: Symptômes du syndrome des bâtiments malsains**

## 2/ Syndrome de sensibilité Chimique Multiple (SCM)

Le syndrome de Sensibilité Chimique Multiple est peu connu en France. Les patients atteints de SCM se plaignent de symptômes non spécifiques après inhalation d'une substance chimique jusqu'alors bien tolérée. Ce syndrome associe diverses manifestations de type allergique à des anomalies immunologiques (auto-anticorps) et parfois une intolérance totale vis-à-vis des Composés Organiques Volatiles. L'évolution est la plupart du temps favorable après éviction des substances en cause. Les symptômes sont décrits dans le tableau suivant :

Symptômes généraux	Céphalées, vertige, asthénie, hyperosmie, nausées, problèmes digestifs, irritation oculaire, trouble de la vue, allergie alimentaire, éruptions cutanées intolérance au bruit, à la caféine, à l'alcool, aux médicaments.
Symptômes neurologiques	Troubles de la mémoire, de la concentration, de l'humeur, irritabilité, angoisse, dépression, confusion mentale, difficulté de concentration
Symptômes respiratoires	Rhinites, irritation des muqueuses nasales, saignement de ces muqueuses, oppression thoracique, asthme, toux
Symptômes musculo-articulaires	Faiblesse musculaire, douleur articulaire

**Tableau 4: symptômes du syndrome de sensibilité chimique multiple**

Différentes hypothèses sont évoqués pour expliquer ces problèmes de santé apparaissant chez certaines personnes pour des concentrations de substances habituellement sans effet dans la population générale. Une hypothèse avancée serait une sensibilisation lors d'une exposition à une substance chimique à doses massive sur une période courte ou par expositions répétées à des doses faibles de plusieurs substances chimiques en mélange. Une fois la sensibilisation acquise, le malade réagit à des doses de plus en plus faibles de multiples produits chimiques. Une autre hypothèse serait l'existence d'une sensibilisation olfacto-limbique : il y aurait intrication entre la première hypothèse et une réponse plutôt d'ordre psychosomatique, action sur la mémoire, les émotions, l'agressivité et la passivité ainsi qu'une perturbation du système hormonal et neurovégétatif. Pour d'autre enfin, la SCM ne serait que le résultat d'un conditionnement de type pavlovien : des symptômes seraient induits en réponse à l'inhalation de substances odorantes. Peu d'études épidémiologiques ont été réalisées sur la sensibilité chimique multiple, certains spécialistes estiment qu'elle n'est qu'une manifestation extrême du syndrome des bâtiments malsains. Lors d'une étude épidémiologique américaine réalisée à Atlanta en 2003, 12,6% des personnes d'un échantillon de 1582 habitants déclaraient être hypersensibles à des produits chimiques courants. Par ailleurs 1,4% des personnes hyper sensibles avaient des problèmes affectifs avant leur sensibilisation contre 37,7% après, les auteurs de l'étude suggèrent par ces réponses que la sensibilité chimique multiple a une étiologie physiologique et non psychologique. Le cas de Georges Méar relaté dans son livre « Nos maisons nous empoisonnent » est le premier cas médiatisé en France de SCM lié aux produits de construction. Plusieurs substances ont été incriminées dans son cas, dont le formaldéhyde, trois ans après l'entrée dans la maison qu'il

s 'était fait construire celui-ci était trois fois plus élevé que les recommandations de l'OMS pour une exposition chronique [7][9][19].

## **IV/ Hiérarchisation des polluants**

### **A/ Ebauche par l'OQAI d'une liste de polluants**

Il était nécessaire dans le cadre de l'OQAI d'établir une hiérarchisation des agents dangereux car mesurer toutes les substances présentes dans les logements lors de l'enquête représentative à grande échelle était trop coûteux et difficilement réalisable. Les critères retenus pour le classement sont fondés sur des enjeux de santé publique, sans tenir compte à ce stade des coûts potentiels d'une campagne de mesure.

Une liste des paramètres à inclure dans la hiérarchisation a initialement été établie par l'OQAI en fonction des recommandations de groupes d'experts. Cette première liste a repris les polluants testés lors de la première campagne pilote en 2001. D'autres agents ont été ajoutés à la liste en fonction de l'évolution des connaissances, rapportée dans la littérature et des études similaires réalisées à l'étranger. Il se dégage de cette première liste, plusieurs familles de polluants parmi lesquels on peut citer : les composés organiques volatils, les aldéhydes, les biocides, le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone, le radon, les particules atmosphériques, l'amiante, le plomb, les fibres minérales artificielles, les acariens de chien et de chat, les champs électromagnétiques < 50 Hz, les bactéries et les moisissures [annexe 1].

### **B/ Caractérisation du risque sanitaire associé aux polluants**

Pour évaluer le risque sanitaire d'une substance l'OQAI s'est appuyé sur la méthode d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS), celle-ci comporte quatre étapes :

- 1- Sélection des polluants et identification des dangers
- 2- Caractérisation des relations dose-effets
- 3- Caractérisation des expositions
- 4- Caractérisation des risques

La sélection des polluants a été vue dans le paragraphe précédent, l'identification des dangers d'une substance est fondée sur la recherche systématique des connaissances toxicologiques liées aux conséquences d'une exposition par voie respiratoire de courte ou de longue durée. Une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) est définie par des instances internationales ou nationales sur la base d'une analyse systématique et exhaustive des connaissances animales et épidémiologiques. La VTR est spécifique d'un effet donné

(cancérogène, non-cancérogène), d'une voie d'exposition (respiratoire, orale, cutanée) et d'une durée d'exposition (aiguë, chronique). Dans le cadre des campagnes de mesures initiées par l'OQAI, seuls les effets sanitaires liés à une exposition par voie respiratoire sont étudiés. Cependant on peut avoir deux types de VTR : celle établie pour des effets sanitaires survenant à partir d'une dose seuil (effets non-cancérogène), et celle établie pour des effets sanitaires survenant sans seuil de dose (effets cancérogène). Dans le premier cas, la VTR est exprimée en masse de substance par mètre cube et représente pour une durée d'exposition donnée, la quantité maximale théorique d'un agent toxique pouvant être inhalé sans provoquer d'effet nuisible pour la santé. Dans le second cas l'approche est beaucoup plus complexe, la VTR représente la probabilité supplémentaire qu'a un individu exposé durant toute sa vie à une unité de dose d'une substance donnée de développer un cancer, par rapport à un sujet non exposé.

Il existe plusieurs bases de données permettant d'obtenir les données toxicologiques parmi lesquelles on trouve :

- Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) propose une classification des substances en fonction de la force de preuve de leur cancérogénicité, mais il ne propose pas de valeur toxicologique de référence.

- L'organisation mondiale de la santé (OMS) propose des valeurs toxicologiques de référence en fonction de temps d'exposition variables (30 minutes, 8 heures, 24 heures, 7 jours, 1 an), et pour une même substance, elle peut donner deux VTR, pour les effets cancérogènes et pour les effets non cancérogènes.

- L'agence américaine de protection de l'environnement (US-EPA) propose également des VTR pour les effets chroniques cancérogènes et non cancérogènes mais pas pour les expositions de courte durée.

- L'ATSDR (Agency for Substances and Disease Registry) propose des VTR uniquement pour les effets non cancérogènes et pour des durées d'expositions aiguës (<15 jours), subchronique ou intermédiaires (durée d'exposition comprise entre 15 et 365 jours) et chroniques (>1an).

Pour le classement des substances, l'OQAI a considéré les temps d'expositions inférieurs à 14 jours provoquant des effets sanitaires aiguës. Pour les effets sanitaires chroniques, l'OQAI a retenu les expositions les plus longues pour lesquelles on dispose de données [6].

Dans la méthode d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS), la troisième étape consiste à évaluer l'exposition des populations, or c'est justement le but du travail de

l'OQAI. Dans une première approche, l'OQAI a utilisé les données obtenues lors de la campagne pilote, ainsi que d'autres résultats d'études effectuées sur le territoire français et des données internationales.

La quatrième étape est l'évaluation quantitative des risques. Un indice de hiérarchisation (IH) est calculé à partir d'un indice de toxicité aiguë ( $I_A$ ), d'un indice de toxicité chronique ( $I_C$ ) et d'un indice de fréquence intérieure ( $I_F$ ) qui témoigne de la fréquence à laquelle les substances sont retrouvées dans le logement.

$$IH = I_A + I_C + I_F$$

Chaque indice correspond à un score de 0 à 5 pour  $I_A$  et  $I_F$ , et à un score de 0 à 10 pour  $I_C$  donnant plus de poids aux effets chroniques dans la hiérarchisation. L'indice de hiérarchisation varie donc de 0 à 20.

- L'indice de toxicité aiguë,  $I_A$ : On calcule le rapport  $C_{int} / VTR$  ( $C_{int}$  est la concentration mesurée à l'intérieur des logements). En fonction du résultat un score de 0 à 5 est attribué à  $I_A$

$I_A = C_{int} / VTR_{aiguë}$	Score
$I_A > 1$	5
$0,5 < I_A < 1$	4
$0,1 < I_A < 0,5$	3
$0,01 < I_A < 0,1$	2
$I_A$ non évalué	1
$I_A < 0,01$	0

**Tableau 4: Score attribué à  $I_A$**

- L'indice de toxicité chronique,  $I_C = I_K + I_{EPC}$  ( $I_K$  est l'indice de cancérogénicité et  $I_{EPC}$  représente les effets sanitaires potentiels chroniques)

- On retrouve dans le tableau suivant le score attribué à  $I_K$  en fonction des degrés de preuve définis par l'US-EPA et le CIRC.

	Score
Cancérogène pour l'homme	5
Cancérogène probable pour l'homme	4

Cancérogène possible pour l'homme	3
Inclassable	2
Non évalué	1
Non cancérogène pour l'homme	0

**Tableau 5 : Score attribué à  $I_K$**

- La valeur de  $I_{EPC}$  est calculée selon une méthode similaire à  $I_A$ .

$I_{EPC} = C_{Int} / VTR$	Score
$I_{EPC} > 1$	5
$0,5 < I_{EPC} < 1$	4
$0,1 < I_{EPC} < 0,5$	3
$0,01 < I_{EPC} < 0,1$	2
$I_{EPC}$ non évalué	1
$I_{EPC} < 0,01$	0

**Tableau 6: Score attribué à  $I_{EPC}$**

- L'indice de fréquence intérieure  $I_F$  : un score de 0 à 5 est attribué en fonction du pourcentage de mesurage > limite de quantification analytique.

$I_F = \text{Pourcentage de mesurages} > \text{Limite de Quantification Analytique}$	Score
$0,8 < I_F < 1$	5
$0,6 < I_F < 0,8$	4
$0,4 < I_F < 0,6$	3
$0,2 < I_F < 0,4$	2
$I_F < 0,2$ ou $I_F$ non évalué	1
$I_F = 0$	0

**Tableau 7: Score attribué à  $I_F$**

## C/ Travaux de hiérarchisation réalisés à l'étranger

### 1/ Aux Etats-unis

Les Américains par l'agence américaine de protection de l'environnement (US-EPA) ont mis au point la démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires. Dans ce contexte, ils attribuent des scores en fonction des effets toxiques aigus et chroniques. Ces scores ont été calculés selon le système :  $C_{Int} / VTR$ . L'OQAI a adopté cette méthode [6].

### 2/ En Grande-Bretagne

Les Anglais, au sein de l'Institut Britannique pour l'Environnement et la Santé (Intitute for Environnement and Health, IEH) ont adopté une méthode différente, celle-ci intègre outre les polluants intérieurs chimiques ou biologiques des facteurs physiques (bruit, température...) ou accidentels (chute, incendie...). Il ne s'agit pas d'une démarche quantitative d'évaluation des risques, le classement est établi à partir de trois paramètres : la sévérité des effets délétères définie sur jugement d'experts, le nombre de personnes touchées et la force de la preuve du danger [6].

#### D/ Hiérarchisation des polluants élaborée par l'OQAI

L'indice de hiérarchisation sanitaire (IH) calculé pour chaque substance a permis de définir quatre groupes :

- Le groupe des substances « hautement prioritaires » : IH supérieur ou égal à 15
- Le groupe des substances « très prioritaires » : IH compris entre 10 et 14
- Le groupe des substances « prioritaires » : IH compris entre 5 et 9
- Le groupe des substances « non prioritaires » : IH inférieur à 5

<b>7 substances « hautement prioritaires » (Groupe A) :</b> formaldéhyde, benzène, acétaldéhyde, particules, radon, ester de phtalate (DeHP) et dichlorvos
<b>12 substances « très prioritaires » (Groupe B) :</b> dioxyde d'azote, allergène de chien, d'acariens, toluène, trichloréthylène, plomb, tétrachloroéthylène, dieldrine, allergène de chat, aldrine et monoxyde de carbone, paraffines chlorées à chaîne courte.
<b>32 substances « prioritaires » (Groupe C)</b> parmi lesquelles des biocides, les champs électromagnétiques très basse fréquence, des composés organiques volatils, des éthers de glycol, endotoxines et fibres minérales artificielles, ester de phtalate (DEP,DnBP), organoétains (MBT, DBT, TBT, MOT, DOT), retardateurs de flamme bromés
<b>22 substances « inclassables » (Groupe D)</b> parmi lesquelles des biocides et des éthers de glycol, esters de phtalate (DMP,DPP), organoétains(TeBT, TCHT,TPT), alkyl phénol.

**Tableau 8: Hiérarchisation des polluants**

#### V/ L'exemple du formaldéhyde.

##### A/ Définition composition moléculaire

Le Formaldéhyde ou méthanal est un aldéhyde de masse  $M= 30,03 \text{ g.mol}^{-1}$ , et de formule chimique  $\text{HCHO}$ , son point de fusion est de  $-118^{\circ}\text{C}$  et le point d'ébullition est de  $-19^{\circ}\text{C}$  : le formaldéhyde est donc naturellement sous forme gazeuse dans l'habitat. Il est associé à la famille des Composés Organiques Volatils (COV). On le rencontre également sous forme de solution : le formol [20].

## **B/ Propriétés**

Le formaldéhyde est un gaz inflammable, incolore, très réactif. Dans les solutions aqueuses, le formaldéhyde est présent sous forme hydratée, et tend à se polymériser : dès lors qu'une solution contient 30% de formaldéhyde, la précipitation des polymères la rend turbide.

À l'extérieur, dans les conditions atmosphériques, le formaldéhyde est facilement photo oxydé en  $\text{CO}_2$  ; cette réaction est très rapide lorsqu'il existe des traces de polluants dans l'air. Ainsi, la demi-vie de ce composé, dans un environnement urbain et en présence de soleil, est courte (de l'ordre de 50 min, en plein jour avec absence de  $\text{NO}_2$  et de 35 min, en plein jour avec présence de  $\text{NO}_2$ ).

À très haute température ( $>150^{\circ}\text{C}$ ), le formaldéhyde se décompose en méthanol et monoxyde de carbone ; cette réaction, non catalysée, est très lente en dessous de  $300^{\circ}\text{C}$  [21][22][23].

## **C/ Présence dans les produits de construction.**

Le formaldéhyde est un composant naturel de la troposphère dont une grande partie provient de l'oxydation du méthane. La plus importante source humaine provient de la combustion incomplète des véhicules à moteur non munis de pots catalytiques. Mais le formaldéhyde est aussi une base peu coûteuse pour un nombre important de réactions chimiques pour constituer résines, colles et produits d'entretien désinfectant. Ainsi, il rentre dans la composition de produits aussi divers que des bois agglomérés, des papiers, des textiles....

Le relargage du formaldéhyde dans l'environnement intérieur est relié à un certain nombre de paramètres comme l'âge du matériau, la température ambiante, le taux de renouvellement de l'air et l'humidité relative.

Le formaldéhyde est émis dans l'air intérieur principalement par différents matériaux [3][7][8].

- Bois agglomérés
- Produits ligneux encollés, notamment les poutres de bois collées

- Mousse isolante urée formol
- Laine de verre et laine de roche
- Peintures à phase solvant, vitrificateurs, vernis pour plancher et lasures.
- Textiles, tissus d'ameublement, rideaux.
- Matériaux de revêtement de surface : moquettes et revêtements muraux
- Colles à base aqueuse pour textiles muraux.
- Autres matériaux de construction fait avec des colles contenant du formaldéhyde.
- Surfaces plastiques.

Le formaldéhyde augmente avec la pollution atmosphérique, mais en raison de sa biodégradation rapide, les concentrations extérieures sont plus souvent inférieures à celles qui sont rencontrées dans nos environnements intérieurs où de nombreuses sources sont responsables de taux de formaldéhyde élevés.

#### **D/ Méthode de mesure**

Sept aldéhydes ont été choisis pour être mesurés lors de la campagne de L'OQAI dans 710 logements français : Le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, le benzaldéhyde, l'hexaldéhyde, le valéraldéhyde, l'isovaléraldéhyde et l'isobutyraldéhyde. Le prélèvement est réalisé par échantillonnage diffusif sur une cartouche imprégnée de 2,4-dinitrophénylhydrazine. Les aldéhydes diffusent à travers la surface de contact et réagissent pour former les dinitrophénylhydrazones stables correspondantes. L'hydrazone est désorbée par l'acétonitrile et analysée par chromatographie en phase liquide à haute performance équipée d'un détecteur de lumière ultraviolette [4]. Les mesures sont effectuées en trois points : dans la chambre des parents, dans la cuisine et à l'extérieur.

#### **E/ Valeur toxicologique de référence (VTR)**

Les données toxicologiques proviennent de divers organismes reconnus pour la qualité de leurs études: l'OMS, l'US-EPA (Agence Américaine de Protection de l'Environnement) et l'ATSDR (Agency For Toxic Substances and Diseases Registry). La valeur toxicologique de référence est établie à partir d'une dose d'exposition entraînant la survenue d'un effet sanitaire. La VTR pour les expositions aiguës et chroniques est présenté dans les tableaux en annexe [annexes 2 et 3].

#### **F/ Exemple de pollution de l'air intérieur par le formaldéhyde**

Les composés émetteurs de formaldéhyde sont de trois types selon que le formaldéhyde est associé à l'urée, le phénol ou la résorcine.

- Les colles, mousses et résines de type urée-formol sont les plus émettrices de formaldéhyde, on les trouve dans les panneaux de particules utilisés en intérieur, dans les isolants (mousse urée-formol), les revêtements de sol, les moquettes, les matières plastiques, les planchers et les vernis. Beaucoup de cuisines sont aménagées avec des éléments en aggloméré, l'émission de formaldéhyde par ce matériau est amplifiée par l'humidité et la chaleur, si bien que sa concentration peut être trois à vingt fois supérieure à celle d'une autre pièce.

- Les composés de type phénol-formol ou résorcine-formol sont moins émetteurs de formaldéhyde, on les rencontre respectivement dans les colles des panneaux utilisés en extérieur et dans les bois lamellés-collés [7].

## **G/ Effets sur la santé du formaldéhyde**

### 1/ Études de cas

En 1975 et 1976, des nuisances et des mauvaises odeurs ont conduit étudiants et professeurs de plusieurs nouvelles écoles de Cologne, en Allemagne, à se plaindre. Des concentrations de formaldéhyde très élevées, soit  $1,2 \text{ mg/m}^3$  avaient été mesurées, fenêtres fermées. Elles étaient dues à des plafonds et des meubles en bois agglomérés dans des locaux mal ventilés.

Aux Pays bas, dans les années 1970, l'augmentation de l'utilisation des bois agglomérés comme matériau de construction a entraîné de nombreuses plaintes d'habitants attribuées au formaldéhyde.

Aux Etats-Unis, de nombreuses plaintes provenaient de possesseurs d'auto-caravane ou mobil home qui se trouvaient incommodés à l'intérieur de l'habitacle. Des concentrations de plus de  $0,12 \text{ mg/m}^3$  et parfois plus de  $1,2 \text{ mg/m}^3$  étaient mesurées. Elles étaient dues au revêtement intérieur et meubles en bois aggloméré, à l'isolation réalisée en mousse urée-formol et au liquide chimique désinfectant des toilettes contenant du formaldéhyde à 10% [8]. Georges Méar dans son livre « Nos maisons nous empoisonnent » a été l'un des premiers à rendre compte, dans les années 1990 en France, pour le grand public, des effets sur la santé des pollutions de notre environnement intérieur par les matériaux de construction. C'est un regard extérieur car rien ne le prédisposait ce pilote de ligne à s'intéresser à cette problématique. Il décrit comment lui et sa femme ont vu apparaître un certain nombre de symptômes d'inconfort dès leur entrée dans la nouvelle maison qu'ils s'étaient fait construire

à Brest : Nez bouché au réveil, irritation des yeux et du nez, maux de tête. « Nous avons l'impression de ne pas respirer librement ». D'autres signes sont apparus : sommeil altéré, fatigue chronique, difficulté de concentration, oppression thoracique, asthme. Il leur aura fallu dix-huit mois pour mettre en cause la maison, car l'idée que des matériaux de construction puissent émettre des substances toxiques n'était pas vraiment répandue dans la population, (cela ne l'est sans doute pas beaucoup plus aujourd'hui). Après de nombreuses recherches et expertises, il s'est rendu compte que les bois et agglomérés en grande quantité dans la maison avaient été traités par du lindane et du pentachlorophenol, deux pesticides dilués dans un solvant, le toluène. Ils sont aujourd'hui interdits dans la plupart des pays pour leur toxicité. Les analyses ont également retrouvé de fortes concentrations de formaldéhyde provenant entre autres des colles « urée-formol » utilisées : Trois ans et demi après l'emménagement, le taux de formaldéhyde mesuré dans l'air était de 0,199 mg/m<sup>3</sup> [7].

## 2/ Études expérimentales

### a/ Effet mutagène

Des effets mutagènes du formaldéhyde ont été démontrés chez des virus, des bactéries (*Escherichia Coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella typhimurium*), des champignons, les sauterelles et des cellules de mammifères [24]. Le formaldéhyde est très réactif, il peut se lier de manière covalente avec des protéines et l'ADN monocaténaire : il se forme des ponts ADN-protéine qui perturbent le fonctionnement de la cellule [25].

### b/ Effets toxiques

Du formaldéhyde a été administré dans l'eau potable de rats à des doses allant de 0 à 82 mg/kg/j durant deux ans. Les résultats ont montré une diminution du poids corporel moyen (baisse des consommations de nourriture et d'eau potable), un épaissement irrégulier des muqueuses gastriques, un changement histopathologique significatifs de l'appareil gastro-intestinal [24]. Les effets de l'exposition répétée à des vapeurs ou des aérosols de formaldéhyde ont été étudiés chez le rat, on a observé des effets toxiques sur l'arbre respiratoire. Des altérations fonctionnelles et des lésions locales ont été décelées, il s'agit d'une diminution de la clairance mucociliaire nasale, d'une dysplasie et d'une métaplasie squameuse de l'épithélium respiratoire, d'une hyperplasie des cellules caliciformes et d'une rhinite purulente ou séropurulente. Lorsque les concentrations sont plus élevées, les lésions sont plus sévères et s'étendent au-delà des fosses nasales [26].

### 3/ Études épidémiologiques

#### a/ effets à court terme

Une étude a été réalisée dans vingt-neuf bureaux du nord de la Suède. Ces bureaux ont été choisis car certaines personnes se plaignaient du « Sick Building Syndrome » (syndrome des bâtiments malsains). Les occupants ont rempli des questionnaires permettant d'obtenir une indication sur les gênes sanitaires ressenties ; des indications sur les locaux furent parallèlement relevées (taille et âge des meubles, habitudes des fumeurs, présence de matériel tel que : imprimantes, photocopieurs...) [27]. Cette étude a permis de montrer une relation entre un certain nombre de symptômes et une exposition au formaldéhyde. Une étude anglaise sur la qualité de l'air et la santé a dressé une correspondance entre dose d'exposition au formaldéhyde et les effets sur la santé. Les résultats sont présentés dans le tableau 9 [28].

Concentration en formaldéhyde en ppm (1ppm=1,25mg/m <sup>3</sup> )	Effets sur la santé
<0,05	Aucun
0,05-1,5	Effets neurophysiologiques
0,05-1	Seuil limite d'odeur
0,01-2	Irritation des yeux
0,1-25	Irritation des voies respiratoires supérieures
5-30	Irritation des voies respiratoires inférieures et effets pulmonaires
50-100	Œdème pulmonaire, inflammation, pneumonie
>100	Coma, mort

**Tableau 9: Effets cliniques en fonction de l'exposition au formaldéhyde**

Les différents symptômes potentiellement liés au formaldéhyde peuvent être classés comme suit :

#### a.1/ Symptômes sensoriels

Ce sont les plus précoces, le formaldéhyde a une odeur âcre suffocante détectable par la plupart des individus entre 0,06 et 0,22 mg.m<sup>-3</sup>. 10% d'une population entraînée détecte des niveaux de 0,03 mg.m<sup>-3</sup>.

#### a.2/ Symptômes ORL

Gorge sèche, irritation de la gorge, sensation d'étouffement, écoulement nasal, obstruction nasale, toux.

### a.3/ Symptômes ophtalmologiques

Yeux secs, prurit oculaire, conjonctivite, gêne avec les lentilles cornéennes.

Les seuils de sensibilité des terminaisons nerveuses expliquent que les symptômes les plus fréquents sont une irritation du nez puis des yeux et de la gorge. Pour la plupart des composés odorants inhalés, le nerf olfactif a un seuil plus bas que le nerf trijumeau et est stimulé le premier. L'odeur est perçue d'abord, puis lorsque la concentration de formaldéhyde augmente, on constate une irritation oculaire, nasale et pharyngée avec brûlure, toux, obstruction nasale.

### a.4/ Symptômes neurovégétatifs

Fatigue, maux de tête, douleurs abdominales, vertiges, anxiété, soif, diarrhée, vomissements, nausées.

### a.5/ Symptômes respiratoires

Même une exposition de courte durée peut produire des troubles respiratoires de type asthmatique.

### a.6/ Symptômes neuropsychiques

On observe des effets aigus et chroniques : Trouble de sommeil (sommolence ou insomnie), perte de concentration et de mémoire récente ou ancienne, dépression.

## b/ Effets à long terme

### b.1/ Formaldéhyde et cancer

Plusieurs études cas témoins ou de cohorte portant sur l'exposition au formaldéhyde et la survenue de cancers ont été réalisées. Les sièges de cancers qu'on soupçonne le plus d'être liés à l'exposition au formaldéhyde sont le cancer du rhinopharynx et le cancer du nez et des sinus. Cependant la rareté des cas observés limite la puissance des études épidémiologiques. Les résultats obtenus ne permettent pas dans un grand nombre de cas de conclure à la responsabilité du formaldéhyde dans l'apparition de cancers. Néanmoins, des études démontrent une telle corrélation : Une étude américaine multicentrique a comparé 231 hommes et femmes âgés de 18 à 74 ans qui étaient atteints d'un type quelconque de cancers du rhinopharynx à 244 témoins. Les cas et les témoins ont été classés par rapport à leur

exposition au formaldéhyde et à la poussière de bois par des hygiénistes du travail d'après leurs antécédents professionnels. Les auteurs ont conclu que l'exposition au formaldéhyde augmente le risque de cancer du rhinopharynx de façon significative et que cette augmentation n'est pas modifiée par l'exposition à la poussière de bois [29].

Une autre étude cas témoins a été réalisée aux Pays-bas à partir de 91 hommes ayant récemment reçu un diagnostic de tumeur épithéliale des fosses nasales ou des sinus nasaux et 195 témoins ne souffrant pas de ces affections. Les deux lots ont été évalués de façon indépendante à partir des descriptions d'emplois, par deux hygiénistes industriels (deux évaluations). Dans les deux cas, une association statistiquement significative a été établie entre l'exposition au formaldéhyde et un risque accru de cancer [30].

L'Académie Nationale des Sciences (N.A.S) reconnaît que le formaldéhyde crée des mutations de gène, des cassures sur les brins d'ADN, des échanges entre chromatides sœurs et des aberrations chromosomiques et que cette succession d'effets mutagènes est responsable de cancer.

Le CIRC (Centre Internationale de Recherche sur le Cancer) a classé le risque cancérigène du formaldéhyde comme une évidence limitée chez l'homme et une évidence suffisante chez l'animal. Il considère en effet que le formaldéhyde pourrait être cancérigène chez l'homme seulement en présence d'autres expositions environnementales, ainsi il a été classé dans le groupe 2A : « agent probablement cancérigène pour l'homme ».

## b.2/ Formaldéhyde et asthme

C'est sans doute le domaine le mieux documenté actuellement concernant les effets du formaldéhyde sur la santé. Beaucoup d'études démontrent une relation entre exposition au formaldéhyde et la survenue d'un asthme.

Dans une étude réalisée par le CHU de Strasbourg, les auteurs ont mesuré la concentration de formaldéhyde au domicile de 47 patients asthmatiques, et de 41 patients non-asthmatiques [31]. Les résultats montrent que la concentration de formaldéhyde est supérieure dans le premier groupe.

Une autre étude polonaise montre l'action du formaldéhyde comme facilitant la sensibilisation aux allergènes. Les auteurs de cette étude ont mis en évidence une augmentation de la perméabilité de l'épithélium des voies respiratoires exposé au formaldéhyde ainsi que la destruction des barrières immunologiques [28].

Une étude Australienne a pris en compte un nombre important de facteurs environnementaux liés à l'habitat, les concentrations intérieures en formaldéhyde et l'asthme

chez de jeunes enfants (de six mois à trois ans). Les enfants exposés à des teneurs en formaldéhyde  $\geq 0,60 \text{ mg/m}^3$  ont 39% de risque supplémentaire de développer un asthme par rapport à ceux qui sont exposés à des concentrations moindres. Ces concentrations domestiques élevées sont corrélées de manière significative à la présence d'un chauffage à gaz et à la pose récente d'une moquette. Comme l'étude du CHU de Strasbourg celle-ci montre que les enfants non asthmatiques étaient moins exposés au formaldéhyde (ainsi qu'au tabagisme passif). Elle montre également que la présence d'un chauffage au gaz et d'une nouvelle moquette augmente significativement l'exposition au formaldéhyde. Il faut noter que cette étude démontre qu'il existe des effets pour une exposition au formaldéhyde dès lors que les concentrations sont supérieures à  $0,06 \text{ mg/m}^3$  or l'OMS recommande jusqu'à ce jour de ne pas dépasser un seuil de  $0,1 \text{ mg/m}^3$ . Ces observations pourraient aider les politiques dans leurs choix pour définir plus finement les seuils réglementaires [33].

Une étude épidémiologique a cherché à mettre en évidence les effets de différents polluants intérieurs (composés organiques volatils, formaldéhyde, dioxyde d'azote, moisissures et fumée de tabac) sur les symptômes de type sifflement chez l'enfant. C'est une enquête avec « cas-témoins » réalisée chez des enfants de 9 à 11 ans en 1998. Elle est composée de 835 enfants ayant déjà présenté des symptômes de sifflement lors d'une enquête réalisée deux ans auparavant dans le cadre d'une recherche sur les liens entre pollution extérieure et sifflement, et 860 enfants de la même enquête, pris cette fois comme témoins, car n'ayant présenté aucun symptôme. Un recueil de salive pour mesurer la cotinine salivaire (corrélée au tabagisme passif) a été fait, ainsi que des test cutanés pour tester la sensibilisation de l'enfant à différents allergènes. Les auteurs de cette étude ont tenu compte de l'étendue des moisissures sur les murs, ils ont mesuré le dioxyde d'azote, les composés organiques et le formaldéhyde présents. Plusieurs analyses statistiques ont été effectuées permettant d'estimer les risques de sifflement liés à chaque exposition. Les résultats montrent que le risque de sifflement est lié significativement aux moisissures. L'analyse du seul groupe des enfants avec sifflement montre que formaldéhyde et moisissures sont liés avec une plus grande fréquence à des symptômes nocturnes. Cela montre que les enfants atopiques sont plus à risque de présenter des symptômes respiratoires en présence de formaldéhyde que les enfants non-atopiques. Aucune relation n'a été mise en évidence entre les symptômes étudiés et les autres polluant [34].

## **H/ Réglementations.**

Les réglementations lorsqu'elles existent découlent logiquement de la valeur toxique de référence, il doit y avoir des teneurs limites en fonction du temps d'exposition.

#### 1/ Au niveau de l'OMS (organisation mondiale de la santé)

Il ne s'agit pas d'une réglementation, car L'OMS n'a pas le pouvoir de réglementer dans les pays, mais elle préconise un maximum de  $0,1 \text{ mg.m}^{-3}$  sur 30 minutes et  $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$  pour une exposition chronique

#### 2/ En France.

Seule l'exposition au travail est réglementée, elle est assez peu contraignante. La valeur limite d'exposition (VLE) pour une exposition de courte durée est de  $1,23 \text{ mg.m}^{-3}$ . La valeur moyenne d'exposition (VME) pour l'exposition chronique est de  $0,61 \text{ mg.m}^{-3}$

Il existe une classification pour les panneaux de particules : C1 (émissions inférieures à  $0,124 \text{ mg. m}^{-3}$ ), C2 (émission comprise entre  $0,125$  et  $0,465 \text{ mg. m}^{-3}$ ) et C3 (émission supérieures à  $0,465 \text{ mg. m}^{-3}$ ). Seule l'isolation par mousse urée formol est réglementée par l'arrêté du 6 mai 1998, qui précise que les concentrations de formaldéhyde ne doivent pas augmenter de plus de  $0,25 \text{ mg. m}^{-3}$  dans une pièce où la mousse à été appliquée.

Depuis 2003 les industriels ont la possibilité d'évaluer les performances de leurs produits sur le plan environnemental et sanitaire selon la norme NF P 01010 : Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES). Ces tests permettent de rendre compte des émissions entre autres des Composés organiques volatils et du formaldéhyde, cependant cette évaluation n'est pas obligatoire et le nombre de matériaux ainsi référencés reste bien faible.

#### 3/ Aux Etats-Unis

L'ATSDR (Agency for Toxic Substance and Disease Registry) a établi les niveaux de concentration pouvant entraîner un risque sur la santé :  $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$  pour une exposition aiguë (1 à 14 jours) et  $0,01 \text{ mg/m}^3$  pour une exposition de plus de 365 jours

#### 4/ Au Canada

Les mousses urée-formol sont interdites.

#### 6/ En Allemagne

Les panneaux de particules doivent satisfaire des taux d'émission ne devant pas entraîner une concentration dans l'air intérieure supérieure à  $0,125 \text{ mg.m}^{-3}$ . Ainsi les panneaux de particules sont classés en trois catégories suivant leur émission en formaldéhyde: E1, E2 et E3. Les panneaux de qualité E1 sont les seuls qui n'entraînent pas de concentration de formaldéhyde supérieure à  $0,125 \text{ mg.m}^{-3}$ , les autres panneaux de classe E2 et E3 doivent être recouverts pour limiter leurs émissions.

## **DEUXIEME PARTIE**

**Politiques menées pour la prévention des risques sanitaires  
dans le domaine de l'habitat.**

## **I/ Politiques publiques**

### **A/ Le Plan National Santé Environnement (PNSE)**

#### 1/ Introduction

Le Plan National Santé Environnement a été adopté par le gouvernement en 2004. Il a été élaboré par une commission composée d'experts et établit un diagnostic de l'exposition des Français aux pollutions environnementales dans leur vie quotidienne. Ce rapport fait des recommandations sur des actions prioritaires. Sa particularité est que pour la première fois sont abordés conjointement environnements extérieurs et intérieurs. En effet pour maintenir une vision intégrée des risques pour la santé, la commission recommande de s'attacher à la prévention des risques sanitaires liés aux pollutions atmosphériques urbaines, aux nuisances à proximité de sites polluants, mais aussi à l'air intérieur des locaux.

#### 2/ Les objectifs du PNSE

La commission d'orientation décrit huit enjeux prioritaires, parmi lesquels six sont en lien avec la qualité environnementale et sanitaire des bâtiments.

1/ Prévenir les cancers en relation avec l'environnement.
---

Selon la commission 7 à 20% des cancers seraient imputables à des facteurs environnementaux. Les principaux facteurs environnementaux à traiter sont en particulier l'amiante et les radiations ionisantes (radon).

2/ Prévenir les maladies allergiques respiratoires en relation avec des expositions environnementales.
--

Ces pathologies seraient en augmentation constante, 10% des adolescents présentent un asthme chronique. Même si l'agent responsable en première ligne est le pollen, la qualité de l'air dans les bâtiments est accusée également.

### 3/ Prévenir les risques reprotoxiques liés aux expositions environnementales.

Depuis 50 ans, on constate une diminution de la qualité du sperme. 14% des couples ont consulté pour des difficultés à concevoir. Parmi les agents responsables, il y a en particulier les éthers de glycol souvent présent dans les colles et les peintures.

### 4/ Prévenir les risques neurotoxiques liés aux expositions environnementales.

Dans les anciens logements, on pensera au plomb (peintures, tuyauterie), mais il existe bien d'autres sources de pollutions présentes également dans les bâtiments les plus récents. Il faut traquer toutes sortes de substances : mercure, solvants organiques, produits chimiques.

### 5/ Prévenir les risques liés au bruit.

Le bruit, ou plutôt son absence est aussi un élément de la qualité sanitaire de l'habitat.

### 6/ Prévenir les risques liés aux expositions dans l'habitat.

Ce dernier enjeu concerne exclusivement le bâtiment, la commission demande la création d'un véritable dossier sanitaire de l'habitat et l'actualisation de ce document lors de chaque transaction immobilière. Elle préconise aussi de définir des références pour la qualité de l'air intérieur afin d'établir ensuite des recommandations et des normes pour les produits de construction et d'aménagement de l'habitat [35].

### 3/Actions préconisées par le PNSE

Sachant que la production de substances chimiques est passée de un million de tonnes en 1930 à 400 millions de tonnes aujourd'hui, la commission demande que soit menée une action de prévention et de maîtrise des risques liés aux substances chimiques. La philosophie du rapport repose essentiellement sur le renforcement des connaissances et de l'information, le plan dit en particulier : « Les principes des actions de préventions en matière de risques liés aux substances chimiques sont de renforcer la connaissance des dangers et l'évaluation des risques . Il faut développer une surveillance épidémiologique, et donner plus de place à l'expertise en santé environnement dans la résolution des problèmes. L'information doit être accessible, intelligible et fiable pour toute personne ayant à prendre des décisions concernant l'environnement et la santé ». Le PNSE revient plus en détail sur la protection des populations face aux pollutions à l'intérieur des bâtiments. Il rappelle le paradoxe entre l'augmentation des pollutions de l'air intérieur, dues à des matériaux de plus en plus

synthétiques et la tendance à limiter la ventilation par souci d'économiser l'énergie. Le plan souligne aussi le fait peu connu du grand public, la pollution de l'air intérieur est bien souvent égale voir supérieure à la pollution extérieure, parce que l'on rencontre à l'intérieur toutes les pollutions présentes à l'extérieur, mais en plus, les populations sont exposées aux pollutions engendrées par le bâtiment lui-même et les activités humaines. C'est ainsi la première fois en France qu'une structure officielle met au-devant de la scène des problèmes environnementaux et leurs conséquences sanitaires.

Parmi les 45 actions proposées, six concernent directement la pollution intérieure des bâtiments, il s'agit des actions 14 à 19.

Action 14 : Mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur et renforcer la réglementation.

Il s'agit de confier à l'observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) la mission d'évaluer l'exposition de la population aux polluants de l'air dans les environnements intérieurs (habitat individuel, écoles, lieux publics, bureaux) afin d'élaborer des indices de qualité de l'air et des mesures de prévention et de réduction des risques sanitaires.

Action 15 : Mettre en place un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des matériaux de construction.

Les auteurs du plan veulent promouvoir grâce à un étiquetage des produits de construction ayant de faibles niveaux d'émissions chimiques ainsi qu'une faible aptitude à la croissance de micro-organismes. C'est la Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) que nous verrons plus en détail. Cette étiquette doit permettre une bonne prise en compte des aspects sanitaires dans des démarches plus globales de type HQE (Haute Qualité Environnementale). Au moment de la rédaction du rapport en 2004, la commission prévoit que 50% des produits de construction mis sur le marché à l'horizon 2010 seront étiquetés.

Action 16 : Améliorer l'information des acquéreurs et des futurs locataires de biens immobiliers sur leurs principales caractéristiques techniques.

En plus de l'information sur l'amiante obligatoire depuis quelques années, le plan prévoit d'étendre les expertises au plomb, aux installations de gaz, au diagnostic énergétique pour la vente en 2006 et la location en 2008. L'obligation d'une expertise de l'exposition au radon est à l'étude.

Action 17 : Réduire l'exposition au radon dans les bâtiments à usage d'habitation et mieux évaluer le risque.

Le Radon, gaz radioactif d'origine naturelle, constitue, avec les expositions à finalité médicale, la première source d'exposition aux rayonnements ionisants de la population française. Il constitue le deuxième facteur de risque de cancer du poumon derrière le tabac. Dans les lieux recevant du public, des campagnes de mesures entre 1998 et 2003 ont montré que 12% des 1300 établissements contrôlés nécessitent des mesures (ventilation notamment) pour réduire les expositions sous le niveau réglementaire fixé à 400 Bq/m<sup>3</sup>. Le plan prévoit de réaliser des études pour mettre en place de nouvelles règles de construction pour réduire l'exposition au radon dans les habitations neuves situées dans les zones géographiques à fort potentiel radon. Le plan préconise de surveiller les populations exposées également à des doses inférieures à 400 Bq/m<sup>3</sup>, afin de mieux évaluer les risques sanitaires et d'orienter les politiques publiques.

Actions 18 : Limiter l'exposition de la population aux fibres minérales artificielles.

Les auteurs du rapport préconisent l'interdiction de mise sur le marché au niveau européen des fibres reconnues cancérigènes par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC).

Ils citent l'exemple de fibres céramiques réfractaires et des fibres de verre.

Action 19 : Protéger la santé des populations vivant en habitat insalubre.

L'insalubrité concerne près de 600000 logements, un certain nombre de critères sont pris en compte dans une grille pour la mesurer. On évalue ainsi l'humidité excessive, l'insuffisance de chauffage, le manque d'éclairage, les défauts de ventilation, le risque d'intoxication au monoxyde de carbone, la présence de toxique et de nuisibles.

## **B/ Réglementation pour l'Enregistrement, l'Evaluation et l'Autorisation des Substances Chimiques :REACH**

Le Parlement Européen a voté en novembre 2005 le règlement REACH sur les substances chimiques destiné à protéger la santé des consommateurs et l'environnement contre les risques liés à l'utilisation de milliers de produits chimiques. Le projet de législation initié en 2001 et présenté en octobre 2003 par la commission a pour but de renforcer les connaissances sur les effets éventuels des substances chimiques sur la santé et l'environnement, ainsi que de permettre une meilleure prévention des risques liés à leur production et leur utilisation éventuelle. Le système REACH permettra lorsqu'il sera opérationnel d'évaluer 30000 substances fabriquées ou importées dans l'Union Européenne pour des quantités dépassant une tonne par an. Il devrait aboutir à une meilleure connaissance des produits chimiques et combler certaines lacunes des recherches passés sur leur toxicité. Ce règlement s'appliquera dans les trois ans pour toute substance importée ou produite au-delà de 1000 tonnes par an, dans les six ans pour les quantités comprises entre 100 et 1000 tonnes et dans les onze ans pour les quantités dépassant une tonne. Il exigera aux producteurs ou aux importateurs de substances chimiques de tester et d'enregistrer celles-ci auprès d'une agence des produits chimiques, qui délivrera, ou non, des autorisations. Par contre, l'obligation pour les industriels de remplacer les produits dangereux par des produits de substitution n'a finalement pas été retenue par les ministres européens. La nouvelle réglementation entrera en vigueur au printemps 2007 et sera totalement opérationnelle en 2008 [36].

## **C/ Discussion sur le PNSE et REACH**

Concernant le PNSE, on peut rappeler que le plan résulte d'un engagement de la France, contracté en 1999, à produire une stratégie de santé environnementale, dont l'initiative et la coordination reviennent au bureau régional européen de l'organisation mondiale de la santé (OMS). De plus le PNSE est surtout une liste de recommandations sans plan d'action bien défini et il ne s'agit pas d'une stratégie de remise à plat des politiques industrielles, agricoles et sociales à l'aune d'impératifs sanitaires. Malgré une certaine médiatisation au moment de son annonce par le Premier ministre en 2004, le PNSE n'a pas provoqué une prise de conscience forte de la population et des décideurs sur les enjeux environnementaux et sanitaires. En rendant publique sa copie le 21 juin 2004, la France a pu, selon Greenpeace sauver les apparences, néanmoins l'organisation écologiste salue le travail

du comité d'experts français qui officialise pour la première fois en France, une reconnaissance des liens entre morbidité et dégradation de l'environnement. Elle déplore néanmoins que l'on attende les résultats d'études toxicologiques et épidémiologiques pour agir vraiment alors que les analyses effectuées sur l'homme permettent d'ores et déjà d'affirmer que nous accumulons un grand nombre de substances industrielles potentiellement toxiques dans notre organisme. Nathalie Kosciusko-Moriset, député français, rapporteur en 2004-2005 de la charte sur l'environnement cite une campagne de communication de Greenpeace et du WWF selon laquelle quatorze ministres européens de la santé et de l'environnement avaient accepté qu'on leur prélève un échantillon de sang à la recherche de 103 produits chimiques toxiques. Le ministre le moins contaminé présentait 33 substances et le plus touché 43, le représentant français Serge Lepeltier était dans la moyenne avec 37 substances retrouvées [37]. Le projet REACH initié par l'Europe devrait rassurer les écologistes, mais ceux-ci s'impatientent parce que l'on se retranche derrière le besoin de plus d'évaluation scientifique, on tourne le dos selon eux au principe de précaution. Derrière cette approche, il faut comprendre que la contamination subie du corps humain par des substances industrielles n'est pas considérée en soi comme préoccupante, il faut qu'elle produise des effets pour justifier l'action. Greenpeace par la voie de son représentant doute que l'on puisse mettre en évidence tous les effets attribuables à des milliers de substances [38].

Officiellement, la commission européenne dit que sur les 30000 molécules qui ont été mises en circulation depuis cinquante ans, 20% ont été évaluées, elle considère que ces 20% représentent 90% en volume. Corine Lepage, ancien ministre de l'environnement, avocate spécialisée en environnement estime quant à elle que 99% des produits chimiques commercialisés n'ont pas fait l'objet des tests nécessaires. Elle déplore que les pressions des industriels relayés par les autorités de la France, de l'Allemagne et de l'Angleterre aient largement « édulcoré » le projet REACH, en réduisant à 10000 au lieu de 30000 le nombre de substances concernées par la réglementation. De plus selon elle, l'autorisation peut être contournée pour des raisons socioéconomiques [39]. Greenpeace souligne en outre qu'un des objectifs initial de REACH était de s'assurer que les substances chimiques extrêmement préoccupantes soient abandonnées et remplacées par des alternatives appropriées et plus sûres, cela ne sera pas le cas. Et surtout un industriel n'aura qu'à démontrer la « maîtrise valable » de sa molécule, mais on ne sait pas très bien ce que signifie « maîtrise valable » pour des substances persistantes et bioaccumulables. La nature ne sait pas les dégrader ou pas assez vite, et leur affinité pour les tissus adipeux fait qu'elle contamineront inévitablement l'environnement jusqu'à atteindre notre corps tôt ou tard. La maîtrise valable repose sur la

notion de niveau acceptable de risque. Pour Greenpeace lorsqu'on dispose d'une alternative plus sûre à un coût raisonnable, on ne peut accepter un risque inutile.

De leur côté, les industriels de la chimie ont été très opposés à la réglementation REACH, ils ont usé de toute leur influence pour que le projet n'aboutisse pas. Utilisant de puissants moyens de communication et de pression, ils ont essayé et peut-être sont-ils parvenus à limiter les contraintes qui devaient selon eux provoquer une catastrophe économique [40]. Voici par exemple dans le tableau 10, l'argumentaire avancé sur une plaquette élaborée par le CEPE (groupement des industries de peinture, des encres d'imprimerie et des couleurs d'art) :

Le processus REACH implique une lourde bureaucratie, il est inutilement complexe.
Les coûts accrus induits entraîneront la disparition des produits chimiques à faible marge, réduisant la diversité des formulations et diminuant les performances.
La divulgation des compositions de produit signifie que la confidentialité de leur composition, le savoir faire et la propriété intellectuelle ne seront plus garantis.
Les producteurs de l'UE seront moins compétitifs à l'exportation, et devront faire face sur leur propre marché à une concurrence déloyale émanant d'importation ne répondant pas aux mêmes normes.

**Tableau 10: Arguments du CEPE contre REACH**

La Commission Européenne a lancé fin 2004 le programme Sport (Strategic Partnership on Reach Testing), ce programme a permis d'expérimenter la future législation avant sa mise en œuvre effective. Pour ce test, une sélection d'entreprises a simulé les étapes d'évaluation et d'enregistrement de huit substances ou groupes de produits. Pour la Commission Européenne, les coûts liés à la mise en œuvre de la directive Reach (telle qu'elle était proposée au départ) auraient été les suivants :

- Enregistrement : 0,3 milliards d'euro
- Analyse des 30000 substances produites en grande quantité : 2,1 milliards d'euros
- Coûts administratifs : 0,4 milliards d'euro

Il paraît important de comparer ces coûts au chiffre d'affaires annuel de l'industrie chimique qui est de 417 milliards d'euros. De plus la Commission estime qu'une baisse même modeste de 0,1% des maladies liées aux substances chimiques, aurait économisé quelque 50 milliards d'euros sur les trente prochaines années et aurait évité 4000 morts par an.

## **II/ Stratégies en santé et environnement dans le bâtiment au travers des expériences françaises, allemandes et anglaises**

## **A/ La Haute qualité environnementale (HQE)**

### 1/ Définition

En France, la démarche « Haute Qualité Environnementale » ou HQE est apparue au début des années 90. Elle a pour finalité, selon ses auteurs, la réduction de l'impact d'un bâtiment sur son environnement lors de sa construction et tout au long de son cycle de vie, en offrant aux usagers un confort d'utilisation accru et à l'exploitant une gestion économe de son bâtiment [41].

### 2/ La démarche « HQE»

Il s'agit d'une démarche volontaire, qui s'exprime notamment par la mise en place de management environnemental lié au projet. C'est la mise en place et le suivi de ce management qui va qualifier le projet de HQE. La démarche HQE est censée résider dans une concertation en amont de tous les acteurs du projet. La démarche française répond à quatre enjeux essentiels : l'éco-construction, l'éco-gestion, le confort des occupants et leur santé. Le bâtiment doit s'intégrer au mieux dans le voisinage ; le chantier se dérouler avec un minimum de nuisances et de déchets ; les coûts d'exploitation être minimisés en matière de consommation d'eau, d'énergie ; le confort acoustique, thermique, visuel ou olfactif être assuré ; la qualité de l'air, de l'eau, optimisée. Au total, quatorze exigences qui se déclinent par indicateurs, le professionnel choisissant en fonction des objectifs privilégiés. « L'intérêt souligne Olivier Piron, promoteur de la HQE à la direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction (DGUHC) du ministère de l'Équipement, c'est d'imposer une méthode rigoureuse, une réflexion au moment de l'investissement, en amont de la réalisation, et d'anticiper les dépenses d'exploitation. Les cibles ne sont guère plus ambitieuses que la réglementation souligne Pierre Rami ingénieur-conseil, mais les immeubles de bureaux, par exemple, montrent que faute d'un renouvellement d'air suffisant, les concentrations en gaz carbonique y sont beaucoup trop élevées, ce qui provoque maux de tête et arrêt maladie. La démarche HQE va s'intéresser à la qualité hygiénique de l'air, selon lui, au moment de la conception. À l'usage, le surcoût d'investissement est vite compensé par la diminution de l'absentéisme et un confort accru. Les exigences de la HQE sont décrites en quatorze cibles, celles qui concernent directement la santé sont les trois dernières.

Domaine D1 : Cibles de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur
Famille F1 : Cibles d'éco-construction Famille F1 : Cibles d'éco-construction
1- Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat
2- Choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction
3- Chantier à faibles nuisances
Famille F2 : cibles d'éco-gestion
4- Gestion de l'énergie
5- Gestion de l'eau
6- Gestion des déchets d'activité
7- Gestion de l'entretien et de la maintenance
Domaine D2 : Cibles de création d'un environnement intérieur satisfaisant
Famille F3 : cibles de confort
8- Confort hygrothermique
9- Confort acoustique
10- Confort visuel
11- Confort olfactif
Famille F4 : Cibles de santé
12- Qualité sanitaire des espaces
13- Qualité sanitaire de l'air
14- Qualité sanitaire de l'eau

**Tableau 11: Les quatorze cibles de la démarche HQE**

Cible 12 : Qualités sanitaires des espaces.
12.1- Limiter les nuisances issues de l'espace intérieur et des surfaces.
Choix de revêtements des espaces intérieurs non rétenteurs de polluants
12.2 - Créer de bonnes conditions d'hygiène spécifique.
Dans les espaces dédiés à la cuisine/restauration, soins corporels, culture physique, lavage/séchage du linge.
Dans les toilettes.
Dans les espaces accueillant des animaux.
Dans les autres locaux à pollution ou risque sanitaire spécifique.

**Tableau 12 : détails de la cible douze**

Cible 13 : Qualités sanitaires de l'air.
13.1 – Maîtriser les sources de pollution.
Gérer les risques de pollution par les produits de construction en connaissant les caractéristiques d'émission de substance dangereuse pour un certain nombre de produits (au sens de la directive européenne sur les produits de construction : COV, particules viables et non viables, substances radioactives).
Revêtements intérieurs
Isolation thermique et acoustique
Menuiserie intérieure
Cloisons

Produits de maçonnerie
Colles
Adhésifs
Solvants
Produits d'étanchéité
Gérer les risques de polluants par les équipements
De combustion : installation peu émettrice de NO et CO, présence de système de contrôle.
De ventilation et de climatisation : filtres, humidificateurs, conduits de distribution.
Eau chaude sanitaire : systèmes de lutte contre la légionellose.
Activités polluantes spécifiques : traitement de l'air.
Gérer les risques de pollution par les activités au sein du bâtiment.
Choix de matériaux ne nécessitent pas de produits d'entretien nocifs
Gestion des risques de santé dus aux travaux d'adaptation du bâtiment.
Gérer les risques de pollution par le milieu environnemental.
Radon : type de technique envisagée.
Entrée d'air neuf pollué : techniques de dépollution envisagée.
Entrée d'allergènes : technique utilisée pour la limiter.
13.2- Limiter les effets des polluants de l'air sur la santé.
Ventilation efficace par des débits calculés, des bouches bien placées.
Traitement de l'air ambiant adapté aux activités.

**Tableau 13: détails de la cible treize**

Cible 14: Qualités sanitaires de l'eau.
14.1- Assurer le maintien de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans les réseaux internes du bâtiment.
Dans la réseau d'eau froide.
Calorifugeage.
Dans le réseau d'eau chaude.
Choix des matériaux non corrodables si choc chloré prévu.
Dans les réseaux d'eau froide et chaude.
Dispositifs anti-retour.
Dispositifs de prévention des risques bactériologiques.
Production : Température de 60°C.
Réseaux de distribution : températures maintenues à 50°C.
Réseaux non surdimensionnés.
Dans le cas d'utilisation d'eau ne provenant pas d'un réseau de distribution d'eau potable.
Dis connexion physique des réseaux.
14.2- Contrôler l'accès aux réseaux de distribution collective d'eau.
Identification/signalétique des doubles réseaux.
Protection du système d'accès au réseau d'eau non potable.
14.3- Maîtriser la qualité de l'eau ne provenant pas d'un réseau de distribution d'eau potable.
Identification des risques dus à l'origine de l'eau non potable.
Mise en place de dispositif de traitement de l'eau non potable en fonction de l'usage pressenti.

**Tableau 14: Détails de la cible quatorze**

### 3/ Applications dans le secteur de l'habitat individuel

Concrètement l'association HQE a lancé avec le concours d'un organisme de certification, l'AFNOR, des certifications pour le bâtiment tertiaire et la maison individuelle. L'AFNOR s'appuie sur un réseau d'organismes certificateurs mandatés tout en conservant l'approbation des référentiels de certification. La convention signée avec l'association HQE autorise l'AFNOR à délivrer la marque « démarche HQE » avec la marque « NF ». Le CSTB

est mandaté comme organisme certificateur pour délivrer la marque « NF bâtiment tertiaire démarche HQE ». Pour la maison individuelle plusieurs marques voient le jour : « NF maison individuelle démarche HQE », «NF logement démarche HQE», ces marques sont créées également par des organismes mandaté par l'AFNOR : Cequami<sup>R</sup> et Qualitel<sup>R</sup>. Cependant ces certifications ne visent pas forcément des préoccupations sanitaires. Qualitel mène son engagement essentiellement dans le domaine environnemental, la certification « Habitat et environnement » lancée en 2003 et comptant 115 réalisations, vise sept cibles dont six sont à satisfaire et trois obligatoires : management environnemental, réduction de consommation d'énergie, geste vert. Quatre cibles ne sont pas obligatoires : chantier propre, matériaux, eau, confort et santé.

## **B/ La Baubiologie**

La Baubiologie a été fondée en Allemagne au début des années 1970 par un groupe formé d'Hubert Palm, médecin, Karl-Ernst Lotz, ingénieur bois, Anton Schneider et Alfred Hornig, spécialiste du rapport entre la biologie et l'électricité. La Baubiologie se présente aujourd'hui comme un Institut de formation privé (l'IBN) présent en Allemagne, en Angleterre, aux Etats-Unis, de même que dans certains pays scandinaves. Les promoteurs de la Baubiologie définissent leur approche comme l'étude des impacts de l'environnement des bâtiments sur la santé des habitants, ou la science des relations entre la vie et son environnement. La finalité de ces recherches est de construire des «espaces sains». La Baubiologie énonce vingt-cinq principes énoncés dans le tableau 15 [42].

1. La géobiologie est un moyen de connaître le site de construction
2. Les habitations doivent être éloignées des zones industrielles et des routes importantes
3. Les logements doivent être distincts les uns des autres au milieu d'espaces verts

4. L'habitation est un espace personnalisé répondant aux particularités de ses habitants
5. Les matériaux de construction du bâtiment doivent être d'origine naturelle
6. Les matériaux utilisés permettront la « respiration » de la maison
7. Les matériaux utilisés permettront une régulation de l'humidité.
8. Les matériaux utilisés permettront une filtration et une neutralisation des polluants
9. Un équilibre sera trouvé entre stockage de chaleur et isolation thermique
10. Un équilibre sera trouvé entre la température des différentes surfaces et celle de l'air
11. Le chauffage devra être radiant et sa source sera l'énergie solaire
12. La conception préviendra la présence d'humidité et favorisera son assèchement
13. Le bâtiment ne produira pas d'odeurs particulières, les fumées seront extraites
14. La lumière, l'éclairage et les couleurs seront principalement d'origine naturelle
15. La conception évitera la conduction des bruits et infrasons à travers les matériaux
16. Les matériaux n'auront pas ou peu d'émissions radioactives
17. Le champ électrique naturel ne sera pas modifié, l'ionisation naturelle sera préservée.
18. Le champ magnétique naturel ne sera pas modifié
19. Les champs électromagnétiques induits par le bâtiment seront minimisés
20. Les altérations des radiations cosmiques et terrestres seront évitées
21. Les espaces et les objets seront conçus ergonomiquement
22. La conception se basera sur des proportions harmonieuses
23. La construction et les matériaux utilisés n'impliqueront pas l'emploi d'une technologie à forte consommation énergétique
24. La construction et les matériaux utilisés n'altéreront pas les ressources non renouvelables
25. Les processus de production, de construction et d'usage du bâtiment n'entraîneront pas d'effets secondaires nuisibles sur la vie de la communauté et des individus.

**Tableau 15: Les vingt-cinq principes de la Baubiologie**

Tableau 15: Les vingt-cinq principes de la Baubiologie

Afin de satisfaire l'ensemble de ces principes, l'Institut a porté ses recherches et son enseignement sur la méthode à appliquer, il a défini huit étapes dans le processus de conception du bâtiment. Ces étapes sont représentées dans le tableau 16.

Étude du site : analyse de sol, des conditions géologiques, des conditions électriques, magnétiques, radioactives naturelles et artificielles en présence.
Détermination du parti architectural : orientations selon les apports solaires, la direction des vents, le microclimat et l'adaptation au programme.
Détermination des principes énergétiques : possibilités des apports solaires et des rendements envisagés, choix des modes de gestion des apports : passif, actif, masse thermique, stockage ; mode d'isolation thermique et choix des matériaux et isolants.
Détermination des principes et des modes de chauffage, de ventilation et de filtration de l'air
Conception des réseaux électriques : desserte selon le programme, mesure des interactions avec les champs électriques et électromagnétiques terrestres, solutions de contrôle et de maîtrise du réseau et de ses effets.

Choix des matériaux appropriés pour la structure et les finitions : adaptation au site, au programme, aux disponibilités locales et régionales.
Son, éclairage et couleurs : détermination des solutions acoustiques, qualités d'ambiances visuelles selon les effets recherchés, détermination des effets sur la santé.
Mobilier et finitions : choix de formes ergonomiques et de matériaux neutres, sans dégagements de gaz ou d'effets d'électricité statique.

**Tableau 16 : Etapes du processus de conception d'un bâtiment selon les règles de la Baubiologie**

## **C/ Building Research Establishment (BRE)**

### 1/ Présentation

En Angleterre : la méthode du Building Research Establishment (BRE), organisme public anglais, pendant du Centre Scientifique et technique du bâtiment (CSTB) en France, consiste à évaluer la qualité des bâtiments selon un certain nombre de critères donnés. Cette évaluation est faite sous un angle essentiellement environnemental, mais l'aspect sanitaire intervient également.

### 2/ Méthode

Développé par un groupe de chercheurs du BRE réuni au sein d'un comité de pilotage composé de membres de l'industrie de l'immobilier et de grandes associations, le BRE attribue sous forme de points, une valeur globale de compatibilité environnementale aux bâtiments. Les promoteurs et propriétaires de ces bâtiments s'appuient sur les valeurs données dans leurs démarches de promotion, de location ou de vente, ceci contribue ainsi à créer une valeur ajoutée. Considérant la nature différente des bâtiments selon leurs usages, cette méthode attribue des valeurs différentes selon qu'il s'agisse de bâtiments à usage de bureaux, de grandes surfaces commerciales, d'entrepôts ou de maisons d'habitation. Afin de stimuler l'intérêt et la participation des acteurs du bâtiment, un concours annuel est organisé mettant en valeur les meilleurs exemples conçus.

### 3/ Intérêt

L'intérêt pour cette approche qui connaît un important succès en Angleterre est qu'elle est non seulement perçue comme une manière de tendre vers un développement durable, mais aussi comme un argument contribuant au succès commercial des opérations immobilières.

### 4/ Thèmes

L'attribution des points aussi appelée crédits, est ventilée à travers les thèmes présentés dans le tableau 17.

Préoccupation planétaire et consommation des ressources : Evaluation de la quantité de pollution émise et effets de serre impliqués, de l'énergie non renouvelable exigée, la bonne gestion des ressources renouvelables impliquées dans la construction, proportion de produits et matériaux recyclés utilisés...
Préoccupation locale : Réutilisation de sites déjà construits, densification du bâti, construction sur site à faible valeur écologique, ou dans le cas inverse, les mesures de protection et de valorisation envisagées, la préservation de la ressource eau par des systèmes d'économie, de recyclage et de récupération de l'eau à travers son fonctionnement dans le bâtiment.
Préoccupations liées à la qualité des espaces intérieurs : le niveau de dégradabilité des matériaux d'isolation utilisés, l'absence de formaldéhyde, de fongicides et d'insecticides pour le bois, d'amiante et de peinture au plomb ; le niveau d'éclairage des pièces ; l'information laissée aux habitants sur les usages à opérer pour tirer un maximum de performances des systèmes en fonction dans leur maison.

**Tableau 17: Thèmes abordés par le BRE pour évaluer les bâtiments selon le système de points.**

Bien que ces critères notamment sanitaires puissent paraître restreints, la politique du BRE est de renforcer progressivement le système de notation en introduisant régulièrement de nouveaux critères [43].

#### **D/ Discussion sur la HQE, la Baubiologie et le BRE**

La HQE semble prendre en compte toutes les aspirations légitimes de ceux qui vont être les utilisateurs d'un bâtiment : économie de fonctionnement, respect de l'environnement, confort, qualité sanitaire... Et pourtant elle fait l'objet de vives critiques. De façon paradoxale, elles émanent de ceux qui se préoccupent depuis déjà longtemps de construction environnementale. Pour Maxime Tassin architecte grenoblois urbaniste et conseil en environnement, la HQE paraît relever du discours, il préfère un dispositif déjà opérationnel, le « green building tool » qui regroupe dix-neuf pays. Dans ce dispositif, l'évaluation environnementale du bâti se fait étape par étape à l'aide de listes de contrôle très détaillées [44]. Ce point de vue est partagé par Dominique Gauzin-Müller, architecte et journaliste, pour elle les quatorze cibles sont de « grandes portes ouvertes » dans lesquelles on peut mettre à peu près ce que l'on veut [45]. La juxtaposition de cibles pertinentes n'est pas forcément pertinente globalement, et il est très difficile de faire rentrer dans une équation des critères subjectifs et des critères objectifs, c'est pourtant ce que propose de faire la « HQE » en se préoccupant aussi bien des caractéristiques énergétiques que sanitaires voir olfactives d'un bâtiment. Cette approche très cérébrale est spécifique à la France, c'est ce qu'elle décrit comme une démarche « top down » : quelques intellectuels inventent au fond de leur bureau, un concept qui ressemble un peu à une « usine à gaz » et veulent l'appliquer sur le terrain. À l'opposé de cette approche, les pays scandinaves et l'Allemagne partent d'abord du terrain, ainsi la démarche « Baubiologie »

est qualifiée de conception « bottom up » : on fait un premier pas, on vérifie ce qui marche et ce qui ne marche pas sur le terrain avant de continuer. C'est une démarche empirique, mais elle permet de tirer l'ensemble de la profession vers le haut. Le système Anglais, Building Research Establishment (BRE) a lui l'avantage d'être facilement compris de tous, la notation permet une comparaison simple entre deux bâtiments et permet de faire évoluer facilement les performances sanitaires et environnementales. La HQE est une démarche d'élaboration de projets, elle ne propose pas d'outils pratiques, et c'est précisément selon ses promoteurs l'intérêt de la stratégie française, le projet intègre globalement l'environnement dès sa conception, il ne s'agit pas de le verdir en choisissant telle ou telle technique, tel ou tel matériau. C'est la performance de l'ouvrage qui compte [41]. L'architecte Claude Micmacher, spécialisé dans la construction environnementale et l'habitat sain, a suivi les travaux au démarrage de la HQE, mais il est aujourd'hui très critique. Avec la HQE, peu importent les moyens pourvu que les objectifs soient atteints [46]. Cela peut mener à des aberrations environnementales : un bâtiment va respecter les objectifs de qualité de l'air mais au prix de dispositifs de purification sophistiqués gros consommateurs d'électricité. On peut aussi mettre des dalles plastiques en respectant les critères HQE alors que ce matériau est indestructible sauf par le feu. Les dérives sont compréhensibles, Yvon Saint-Jours rédacteur en chef de la revue « La maison écologique » souligne que la HQE est portée par l'AIMCC (Association des Industries de Produits de Construction) dont les membres sont aussi de gros industriels du bâtiment fabricants de laine minérale ou de béton [47]. Il est pour lui louable que ces industriels aient des aspirations environnementales, mais on ne peut pas s'empêcher de croire qu'ils ont aussi des arrières pensées financières.

### **III/ Informations sur les matériaux**

#### **A/ La fiche de déclaration environnementale et sanitaire**

##### **1/ Origine**

Le Plan national santé environnement préconise la mise en place d'un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des matériaux de construction. Le but est à la fois d'informer les constructeurs et le grand public sur les risques sanitaires et environnementaux et d'orienter la construction vers l'emploi des meilleurs matériaux. Le PNSE prévoit que 50% des produits de construction seront évalués à l'horizon 2010. En fait cette fiche est justifiée depuis longtemps par la directive européenne 89/106/CEE dite

« produits de constructions », qui demande aux pays de l'union européenne d'ériger des ouvrages qui ne portent pas atteinte à la santé ou à l'environnement. Il existe déjà l'Avis Technique délivrée par le CSTB (Comité Scientifique et Technique du Bâtiment) pour tous les produits de construction, mais il s'agit uniquement d'une appréciation de l'aptitude à l'emploi, néanmoins obligatoire pour toute mise sur le marché.

## 2/ Élaboration de la FDES

En complément de l'Avis Technique, l'industriel voulant valoriser les qualités environnementales et sanitaires de son produit, peut fournir les éléments permettant l'élaboration de la déclaration environnementale du produit ou système innovant. Ces informations sont transmises au CESAT (le Comité Environnement-Santé de l'Avis Technique) qui évalue la conformité à la norme XP P 01-010 (norme de déclaration environnementale des produits de construction). Celui-ci examine également les caractéristiques sanitaires du produit pendant sa mise en œuvre et sa vie dans l'ouvrage, en se basant sur :

- Les fiches de donnée de sécurité (FDS).
- Les émissions chimiques (COV et formaldéhyde).
- Les émissions d'odeurs (optionnel).
- Les émissions radioactives naturelles.
- L'aptitude du produit à favoriser ou non la croissance de micro-organismes (champignons et bactéries).

La fiche de données de sécurité (FDS) existe depuis 1978. Créée pour les travailleurs, c'est un document essentiel pour la prévention du risque chimique, elle fournit des informations de bases relatives aux produits chimiques dangereux nécessaire pour assurer la protection des utilisateurs [48]. Elle fournit pour un produit chimique donné, un nombre important d'informations complémentaires concernant les dangers du produit pour la santé et l'environnement, ainsi que des indications sur les moyens de protection et les mesures à prendre en cas d'urgence [annexe 6]. La mise en place des FDES par les industriels se fait sur la base du volontariat, cependant le CSTB peut accompagner l'industriel dans leur réalisation, il peut réaliser les essais d'émission de COV et de formaldéhyde, les essais d'odeur, les essais d'aptitude à favoriser les croissances fongiques et bactériennes. Pour cela le CSTB a développé plusieurs laboratoires [49].

### 3/ Expression des résultats d'évaluation d'un matériau : tableau 18

Caractéristiques évaluées	Classification	Intitulé
Émissions chimiques	C+	Très faible émission
	C	Faible émission
	C-	Forte émission
Émissions radioactives naturelles	R+	Très faible émission
	R	Faible émission
	R-	Forte émission
Aptitude à favoriser la croissance fongique	F+	Produit fongistatique
	F	Produit neutre
	F- à F--	Produit vulnérable
Aptitude à favoriser la croissance bactérienne	B+	Produit bactériostatique
	B	Produit inerte
	B-	Produit vulnérable
Émissions d'odeurs	O+	Très faible intensité d'odeur
	O	Faible intensité d'odeur
	O-	Forte intensité d'odeur

**Tableau 18: Expression des résultats d'évaluation d'un matériau selon la FDES**

Les Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire ainsi obtenues alimentent une base de donnée consultable librement sur l'Internet, il s'agit de la base INIES [annexe 7].

#### **B/ Les Labels**

Il existe des labels environnementaux permettant de se repérer à l'achat, les plus répandus en France sont l'«Ecolabel européen» et le label «NF environnement». Malheureusement, très peu de matériaux sont labellisés en France, mises à part quelques peintures et des revêtements de sol plastiques. En Allemagne, le label «Ange Bleu» («Blauer Engel») existe depuis presque trente ans et reste un modèle du genre puisqu'il y avait en 2001 près de 3000 produits labellisés. Un jury composé de représentants aussi bien de l'état, des industriels et des associations environnementalistes définit des critères environnementaux et sanitaires, comme l'émission de composés organiques volatils. Le label est accordé pour une période de quatre ans. À l'issue de cette période, le jury révisé les critères pour une éventuelle sévérité plus grande ou inclut de nouveaux paramètres, les producteurs doivent de nouveau postuler pour afficher le label.

## **C/ Discussion**

SI on prend l'exemple de la FDES sur la brique MONOMUR<sup>R</sup> [annexe 7]. La fiche comporte vingt-neuf pages décrivant essentiellement les caractéristiques environnementales, Quatre pages sont consacrées aux aspects sanitaires. La partie « sanitaire » de la fiche est enfin complétée par une reprise des éléments concernant les impacts sur la santé mais vus sous l'angle des cibles de confort et de santé préconisé dans la démarche HQE. C'est assez logique puisque la HQE et les FDES sont soutenues par le CSTB et l'AIMCC (Association des Industries de Matériaux, Produits, Composants et Equipements pour la Construction). De fait ceux qui critiquaient la HQE portent également leurs critiques sur la FDES. De plus réaliser une étude, afin de compléter le dossier instruit par le CESAT n'est pas simple pour un petit producteur de matériaux, cela coûte cher, il faut du personnel formé à ce genre d'exercice. Ainsi un fabricant de laine de chanvre artisanal aura moins de chance de faire figurer son produit dans les fiches qu'un gros industriel pour un matériau ne présentant pas forcément autant de qualités environnementales ou sanitaires. Depuis trois ans que le CESAT instruit les dossiers des producteurs de matériaux, seules quelques dizaines de fiches ont été réalisées, c'est très loin de couvrir l'ensemble des composants d'un bâtiment ou même simplement de permettre la comparaison de certains produits entre eux. Enfin autant les données environnementales figurant dans les FDES sont bien cadrées par la norme, autant les données fournies sur le volet sanitaire sont insuffisantes. Néanmoins les rédacteurs du plan national santé environnement envisagent la possibilité pour les pouvoirs publics d'imposer aux fabricants ou distributeurs de produits suspectés d'émettre des quantités importantes de substances nocives, d'en évaluer les risques sanitaires. En outre ils préconisent dans les marchés publics l'utilisation préférentielle de matériaux et produits bénéficiant de l'étiquetage de leurs caractéristiques sanitaires et environnementales. Cette mesure aurait un impact considérable puisque les marchés publics représentent le quart en valeur dans la production de bâtiment, soit près de 25 milliards d'euro.

Le label a déjà fait ses preuves outre-Rhin, il a montré qu'il était le meilleur moyen connu en dehors de la réglementation obligatoire pour modifier un marché vers une meilleure qualité environnementale et sanitaire des produits. Un sondage a montré qu'environ 80% des Allemands connaissent le label Ange Bleu, près de 70% font correctement le lien entre le label et le concept de protection de l'environnement, et entre 50 et 60% d'entre eux affirment qu'ils font attention aux produits portant le label lors des achats [50]. De façon générale, les auteurs de cette étude considèrent que le label a contribué aux phénomènes suivants :

- Une considération accrue de la part des entreprises pour les produits moins polluants, lors de la définition de leur stratégie et pendant la phase de production.

- Une utilisation plus importante d'affirmations environnementales dans la publicité comme outil de marketing.

- Une prise en compte accrue de critères environnementaux lors des achats.

Une autre étude a montré que les produits émettant moins de composés organiques volatils ayant reçu un label ont vu globalement leurs parts de marché augmenter au cours des 20 dernières années (en 1997) [51]. D'après une étude effectuée par la Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement en 1995, quelques années après l'introduction du label « Ange Bleu » pour les chaudières à fioul et à gaz, les émissions de SO<sub>2</sub>, de CO et de NO<sub>x</sub> avaient diminué de plus de 30% et l'efficacité énergétique de ces appareils avait progressé de façon significative. De même les auteurs de l'étude estiment qu'après l'introduction du label pour les peintures et vernis à faible teneur en solvants, la quantité de solvants émis dans l'environnement a diminué de 40000 tonnes [52].

## **TROISIEME PARTIE**

### **Prévenir les risques sanitaires dans l'habitat**

Nous avons en mains tous les atouts pour avancer, les obstacles se situent dans les mentalités. Cette troisième partie nous fait découvrir ou redécouvrir un aperçu des techniques et des matériaux que nous pouvons utiliser pour concevoir un habitat sain, nous verrons également que le thème santé et habitat peut être abordé selon d'autres critères que ceux de la toxicologie.

## **I/ Améliorer les caractéristiques sanitaires de l'habitat**

### **A/ Le choix des matériaux**

La pollution engendrée par l'activité humaine est souvent plus importante que celle due au bâtiment. Il peut sembler accessoire de la combattre si les habitants fument, manient des produits dangereux ou aménagent l'espace avec du mobilier fortement émetteur de polluants. Cependant la montée en puissance des préoccupations du public pour vivre dans un environnement sain doit permettre de remettre en cause certaines pratiques, et trouver les meilleures solutions pour diminuer les risques sanitaires spécifiquement liés au bâtiment. Parmi ces moyens, beaucoup ont été oubliés pour des raisons culturelles ou économiques de courte vision. La majorité des agents incriminés sont des substances créées par l'homme, aussi il est raisonnable de se poser la question de l'utilité réelle d'employer certains matériaux issus de l'industrie si des matériaux naturels remplissent parfaitement la même fonction.

#### **1/ Le bloc béton ?**

À défaut de label performant en France, le seul moyen de choisir les matériaux est de se renseigner par soi-même, et le seul avis du professionnel du bâtiment n'est pas suffisant, on se heurte énormément à l'inertie des mentalités. Pour beaucoup de maçons, la maison traditionnelle est une maison en parpaings, on confond d'ailleurs le mot « traditionnel » avec « conventionnel ». Malgré ce problème sémantique, un problème de fond demeure car beaucoup de professionnels refusent de remettre en question la technique qu'ils utilisent depuis toujours et qu'ils maîtrisent sûrement très bien. Le bloc de béton est utilisé dans 80 à 90% des réalisations de maisons neuves en France. Cette technique n'est pas très ancienne, mais la mort d'un grand nombre d'artisans dans les tranchées au cours de la guerre de 1914-1918 a fait disparaître tout un savoir faire ancestral. Dès lors l'afflux de travailleurs venus de l'Europe de l'Est et d'Italie après la première guerre mondiale, puis de tout le bassin méditerranéen et du Sud de l'Europe après la seconde guerre mondiale a changé la donne. Pour faire face à l'effort de reconstruction, l'industrie a inventé un matériau standardisé, assez facile à mettre en œuvre et surtout très bon marché. Néanmoins si on considère les

propriétés intrinsèques du matériau, on se rend compte que le parpaing n'est pas le matériau idéal pour construire. Il a de bonnes qualités mécaniques en compression, et est à ce titre tout aussi performant que la pierre pour élever des murs, il n'est pas foncièrement mauvais sur le plan toxique lorsque l'on considère le matériau brut sans additifs de toutes sortes. Pour comprendre pourquoi le parpaing n'est pas un bon matériau, il faut penser le bâtiment dans son fonctionnement. Dans un bâtiment, les occupants dégagent en permanence de la vapeur d'eau (respiration, eau chaude, cuisine, appareils de chauffage) or le défaut majeur du béton, c'est d'être imperméable à l'eau. Une maison en parpaing est une maison qui ne « respire pas » ou précisément qui ne laisse pas la vapeur d'eau traverser les parois pour l'évacuer à l'extérieur. Certes ce défaut important est en partie corrigé par une aération manuelle ou par une ventilation mécanique contrôlée (VMC), mais cela au prix d'une perte d'énergie puisque l'on envoie vers l'extérieur, grâce à un ventilateur, de l'air préalablement chauffé. Malgré tout, les logements sont en moyenne trop humides et cela favorise la croissance fongique. De plus le parpaing n'est pas un bon isolant thermique, la technique la plus souvent utilisée en France est d'ajouter un isolant par l'intérieur, on ne profite pas alors d'une qualité du matériau qui est d'avoir une bonne capacité thermique, le mur porteur ne participe donc pas à la régulation thermique de la maison (chaude en hiver, fraîche en été). Cette technique est également créatrice de ponts thermiques au niveau des murs de refends ou des dalles, et engendre une humidité par condensation à ces endroits, favorisant aussi la croissance de moisissures. Sur un plan environnemental en fin de vie du bâtiment, le béton reste un déchet difficilement valorisable et est généralement entassé dans des décharges [53][54][55].

## 2/ La brique de terre cuite

L'alternative la plus proche du parpaing par sa technique de mise en œuvre est la brique, ou mieux la brique dite monomur<sup>R</sup> alvéolaire. Elle est à peu près identique au bloc de béton concernant les propriétés mécaniques, mais sa nature poreuse non hydrophile contrairement au béton, et sa conception en multiples alvéoles fait qu'elle est à la fois perméable à l'air, à la vapeur d'eau et possède la propriété d'être un bon isolant thermique tout en profitant d'une bonne capacité thermique. L'éventuel surcoût du matériau devient négligeable puisqu'il n'y a plus besoin de doubler les murs pour incorporer un isolant, le système permet en outre de minimiser les ponts thermiques responsables de points de condensation, réduisant ainsi le développement fongique. C'est par contre une technique

relativement plus complexe, les briques étant collées les unes sur les autres sans joint de mortier, la mise en œuvre de ce procédé nécessite une précision millimétrique et l'emploi de niveau laser. Néanmoins ce procédé assez proche de la maçonnerie traditionnelle peut être employé par des maçons avec une formation rapide. Enfin une fiche de déclaration environnementale et sanitaire a été réalisée pour ce matériau, celle-ci montre des propriétés remarquables notamment par l'absence d'émissions de polluants et de croissance fongique.

### 3/ Le bois

Parmi les autres matériaux, le bois arrive en bonne place et son utilisation pour la construction est en progression constante depuis quelques années. Ce matériau a l'avantage d'être un excellent isolant thermique, de bien réguler l'hygrométrie, et sur le plan environnemental d'être renouvelable pour peu que le bois soit issu de forêts bien gérées. Cependant le bois n'a pas une bonne inertie thermique, et l'utilisation de ce matériau permet plus difficilement de maîtriser les surchauffes estivales. Il faut se méfier des bois collés ou traités parfois sources de pollutions notamment par les composés organiques volatiles ou le formaldéhyde. Certains traitements à base de lindane ou pentachlorophenol extrêmement toxiques sont aujourd'hui interdits en France, mais ils ont été utilisés massivement dans les années soixante-dix et quatre-vingts. Peu de temps avant leur interdiction dans toute l'Union Européenne, la France avait même porté plainte contre l'Allemagne qui les avait déjà interdits, au motif que cette dernière entravait la libre circulation des produits ! [9][53][54][55].

### 4/ La terre crue

D'autres matériaux font leur réapparition, c'est le cas de toutes les techniques à base de terre crue, que se soit le pisé du Dauphiné, la brique crue dans le Sud-ouest, le torchis de Normandie, ou la bauge de Vendée. Cela paraît pour certain un peu rétrograde à l'heure de la haute technologie et pourtant ce matériau possède de nombreuses qualités pour satisfaire l'exigence d'un habitat sain, confortable et respectueux de l'environnement. Chose non négligeable, ce matériau est quasiment gratuit puisqu'il peut souvent être extrait sur l'emplacement de la construction. Bien sûr un mur de terre n'a pas les propriétés mécaniques des matériaux décrits plus haut, mais ce défaut est bien compensé par d'autres vertus. La terre est un matériau entièrement recyclable qui ne nécessite ni traitement chimique, ni cuisson, ni

transport. Elle est composée de gravier, sable et argile, qui lui confèrent des caractéristiques thermiques par une inertie importante. Elle est isolante lorsqu'elle est associée à des fibres naturelles, et possède des propriétés hygrométriques remarquables en régulant l'humidité à l'intérieur du bâti. Durant la période froide, l'argile absorbe la vapeur d'eau que nous générons à l'intérieur des habitations, tout se passe alors comme si la vapeur d'eau cédait sa chaleur au mur. La sensation de confort ressentie résulte d'une faible différence de température entre les murs et l'air intérieur. L'été, la terre agit comme un climatiseur naturel car l'humidité ainsi stockée dans les murs s'évapore. Elle est également un excellent isolant phonique grâce à sa forte densité et à une surface poreuse qui atténue la réverbération des sons, mais elle a en plus la propriété d'absorber les odeurs. Aujourd'hui pour faciliter la mise en œuvre de la terre comme matériau de construction, on a mis au point la brique de terre crue compressée (BTC). Par la simple pression de plusieurs tonnes exercées par un levier mécanique, on peut fabriquer les briques sur le lieu même du chantier, et les maçonner après séchage à l'air comme une brique ordinaire avec un mortier à la chaux [53][54][54][56].

## 5/ La paille

Enfin un nouveau procédé de construction fait son apparition : la botte de paille ! Comme matériau de construction, elle n'a jamais vraiment été utilisée, on ne peut donc pas parler de réhabilitation, chose amusante on retrouve pour elle aussi sa trace, dans cette utilisation, après la guerre de 1914-1918. Elle fut proposée en France par un ingénieur, comme technique peu coûteuse pour la reconstruction, mais les matériaux durs lui ont été préférés, il est probable que les « trois petits cochons » n'ont pas joué en sa faveur ! Elle est utilisée en remplissage d'une ossature bois et recouverte d'enduit à base de terre ou de chaux. Si elle est de plus en plus en vogue aujourd'hui, c'est pour ses qualités remarquables en tant qu'isolant thermique, phonique, et régulateur de l'hygrométrie. C'est aussi un produit dénué de produits chimiques, que l'on trouve partout à bas prix et dont l'impact environnemental est excellent [53][54][54][56].

## **B/ La ventilation de la maison**

Nous l'avons déjà vu, la qualité de l'air intérieur des logements est souvent mauvaise qu'à l'extérieur. Il est nécessaire de renouveler l'air et d'évacuer la vapeur d'eau. Autrefois la ventilation des logements se faisait naturellement par les fissures et interstices des ouvertures, la perméabilité des murs, mais nos maisons sont devenues étanches pour des raisons d'économie d'énergie et par l'utilisation de matériaux imperméables (fenêtres en

PVC, revêtements plastifiés, béton...). La vapeur d'eau en surpression relative à l'intérieur de la maison a de toute façon tendance à vouloir sortir. La présence de ponts thermiques ou de zone froide entre le mur et l'isolant, quand celui-ci est situé sur la face interne du mur, provoque une condensation et une humidité favorables au développement des moisissures. Dans certains bâtiments, on ne peut même plus ouvrir les fenêtres. Pour résoudre ces problèmes de renouvellement de l'air, la réglementation a imposé l'installation de ventilation mécanique contrôlée (VMC), le système consiste à extraire par une ventilation électrique, l'air des pièces le plus vicié par l'humidité, ou les odeurs (salles de bain, cuisine, WC) et de le rejeter à l'extérieur. On rétablit ainsi l'équilibre des pressions, et de simples grilles au-dessus des ouvertures permettent une entrée d'air passive assurant son renouvellement. Cependant ce procédé qui permet de pallier par une surenchère technique à un défaut de ventilation naturelle, entraîne outre la consommation électrique modérée de la ventilation, une perte d'énergie importante par le rejet de calories dans l'atmosphère en hiver, et une entrée d'air chaud en été. L'hiver, on augmente la consommation d'énergie en chauffant plus, et l'été pour faire face aux fortes chaleurs, on n'a pas trouvé mieux que d'ajouter des appareils de climatisation. Or la climatisation est vorace en énergie, et peut être nocive. En effet, pour fabriquer du froid les appareils de climatisation évacuent de la chaleur, et celle-ci associée à l'humidité produite par le rafraîchissement de l'air, peut si les filtres ne sont pas entretenus, entraîner le développement à la fois de moisissures et de bactéries dont la *legionella* responsable de la légionellose.

Le cercle vicieux ainsi décrit pourrait se transformer en cercle vertueux, si dès la conception d'un bâtiment, on étudiait l'impact des choix architecturaux et des matériaux. Une exposition solaire adéquate, l'utilisation de matériaux respirant perméables à la vapeur d'eau, et une isolation extérieure, permettraient déjà de limiter les problèmes thermiques et d'humidité.

Lorsque cela ne suffit pas, des systèmes de ventilation peuvent combler les insuffisances, notamment dans un lieu public nécessitant un renouvellement de l'air important (trois volumes par heure selon la réglementation), mais il est possible en hiver d'utiliser une ventilation double flux (l'air entrant est réchauffé par l'air sortant grâce à un échangeur thermique). Il existe un autre système qui permet de réchauffer l'air entrant en hiver ou de le rafraîchir en été, quasiment sans incidence sanitaire néfaste et en utilisant une quantité très modeste d'énergie : c'est le « puits canadien » ou également appelé « puits provençal ». Le principe est très simple mais encore peu utilisé, la température à deux mètres de profondeur est à peu près stable toute l'année, le puits canadien est un système qui se sert de l'inertie

thermique du sol (c'est une forme de géothermie). En enfouissant une gaine d'aspiration d'air d'un diamètre suffisant, quelle que soit la température extérieure, au bout de la gaine elle avoisinera approximativement 12° dans nos régions. En hiver l'air froid extérieur, se réchauffant devient donc relativement plus sec. Il arrive dans la maison à 12° et l'énergie nécessaire pour atteindre 19° est très réduite. En été, lorsqu'il fait chaud et humide à l'extérieur, l'air chaud saturé en humidité condensera dans la gaine pour venir ensuite rafraîchir la maison (il faut prévoir une gaine déclinée et éliminer les condensats avant l'entrée d'air dans la maison). Le puit canadien associé à une ventilation double flux l'hiver est souvent utilisé par les architectes concevant des maisons « passives », c'est-à-dire autosuffisantes en énergie. [9][54][55][56].

## **II/ Choix économiques**

Un bâtiment a une durée de vie d'au moins 50 ans, il faudrait inclure le coût de la conception, de la réalisation et de son utilisation. On considère actuellement que le coût d'un bâtiment public se répartit de cette manière : 4 à 6 % pour la conception, 15 à 20 % pour la réalisation et 75 % pour son utilisation. Une augmentation de 10 % des coûts de conception et réalisation (surcoût généralement constaté pour un bâtiment prenant en compte les aspects sanitaires ou environnementaux) ne représente finalement qu'une augmentation modeste d'à peine 2% sur toute sa durée de vie. Il faudrait à cela comparer le coût pour le système de santé, et les dépenses supplémentaires générées (énergies, eau...) par un habitat de mauvaise qualité, autant du point de vue de la conception que des matériaux utilisés [57]. Mais généralement on favorise toujours les intérêts financiers à court terme, on ne considère pas les coûts externalisés, le coût de la pollution atmosphérique et des effets sanitaires. L'exemple des isolants en laine minérale est significatif, on discrédite des produits naturels comme le chanvre, la laine de mouton et le liège qui sont d'excellents isolants, parce que leur prix de vente est supérieur. Or la laine de verre ou de roche perd approximativement la moitié de son pouvoir isolant au bout de 10 ans seulement (humidité et affaissement), augmentant d'autant les coûts de chauffage. Elle ne régule pas l'hygrométrie contrairement aux produits naturels, la laine de mouton par exemple est capable d'absorber un tiers de son poids en eau sans perdre sa qualité d'isolant. Même si les fabricants disent avoir résolu le problème lié à la taille des fibres de laine de verre ou de roche pour qu'elles ne soient plus susceptibles d'atteindre l'alvéole pulmonaire en cas d'inhalation, des quantités énormes de laine continueront de poser problème, en fin de vie des bâtiments. De plus ce matériau demeure un déchet non recyclable qui va s'entasser dans les décharges. À l'inverse, le cas des anciennes

Halles de la Villette devrait frapper nos esprits, quand elles ont été détruites, le liège qui avait servi d'isolant depuis plus de cinquante ans a été revendu au prix du neuf !

### **III/ Une autre idée de la qualité de l'habitat**

Les matériaux ou techniques présentés ne nécessitent pas une technologie très avancée, et pourtant ils permettent de concevoir des bâtiments sains et offrant tous le confort de l'habitat d'aujourd'hui. Le syndrome des bâtiments malsains n'a jamais été décrit dans des bâtiments utilisant ces matériaux, au contraire il règne souvent une atmosphère de bien être qui dépasse toute analyse scientifique. Au-delà des matériaux, c'est probablement toute la vision de l'être qui est considérée différemment dans ces habitats. Se loger en bonne santé, c'est aussi vivre en bonne société et en harmonie avec la terre, le soleil et ses voisins. En dehors des aspects très toxicologiques, réfléchir à la qualité sanitaire de l'habitat doit aussi mener à s'intéresser à l'organisation sociale qu'elle implique et aux conséquences environnementales.

#### **A/ Les choix de vie**

On ne peut pas vivre dans une bulle protégée des pollutions atmosphériques. Cependant certains choix de vie sont déterminants avant même la réalisation de la maison, habiter en ville ou en périphérie d'une grande agglomération, c'est déjà accepter de s'exposer aux pollutions automobiles et spécifiquement urbaines. Mais habiter loin de la ville c'est éventuellement devenir dépendant de sa voiture et donc générer fatigue stress et pollution ! C'est aussi générer la dissémination du bâti dans les campagnes et tout ce que cela induit : pollution visuelle d'une disharmonie architecturale avec la nature, pollution sonore des tondeuses... Il ne suffit pas de vouloir construire un nid douillet « écologique » pour être respectueux de l'environnement, il faut intégrer le projet dans une démarche globale en réfléchissant à l'impact que l'on peut avoir sur ce qui nous entoure. Maxime Tassin architecte grenoblois très impliqué dans la construction écologique, se dit d'ailleurs bien gêné vis-à-vis de clients qui veulent construire leur maison dans la banlieue de Grenoble, car même en étant très attentif à l'intégration du bâtiment et à sa qualité environnementale et sanitaire, cela participe à l'étalement urbain. D'autant plus que selon lui à Grenoble, « l'étalement urbain c'est aussi la montée en altitude, et que l'hiver le beau terrain acheté l'été auparavant, devient si inaccessible, que le véhicule tout terrain à quatre roues motrices est indispensable ». Il

donne l'exemple extrême de deux anesthésistes s'étant équipés d'un engin à chenilles pour accéder au fort Vauban qu'ils avaient acheté sur les hauteurs ! [44].

## **B/ Choix d'implantation**

Une étape indispensable encore avant de construire est de bien choisir son terrain. L'environnement sonore ou visuel aura une grande importance. Des possibilités d'orientation de la maison, dépendront son ensoleillement, et d'un point de vue sanitaire on connaît l'importance de la luminosité sur le psychisme, mais l'exposition de la maison au rayonnement solaire aura aussi une influence importante contre l'humidité et les besoins de chauffage. Le relief peut avoir aussi de l'importance, il n'est pas facile de trouver les paramètres scientifiques qui font que l'on se sent moins oppressé si la maison est orientée face à la descente et au soleil, que l'inverse. C'est en tout cas un élément pris en considération dans les règles du Feng-Shui, un art de vivre issu de l'ancienne cosmogonie chinoise qui prétend trouver une meilleure harmonie de l'individu avec son environnement.

## **C/ Architecture et urbanisme**

Les règlements d'urbanisme imposent souvent la présence d'un garage, or même en stationnement, une automobile émet une multitude de composés organiques volatils qui diffusent dans toute la maison. La place accordée à la voiture n'est-elle pas démesurée ? Dans la plupart des lotissements, la surface occupée par les routes tendrait presque à égaler celle des terrains. Le rêve des gens est-il d'avoir un pavillon bien parallèle à la rue avec son avancée goudronnée dans un lotissement sans âme ? Déjà en 1919, Le Corbusier disait : « Le problème de notre époque est le problème de la maison ». Quatre-vingt-cinq ans plus tard c'est pire, souvent critiqué parce qu'ils concevait des immeubles que l'on pourrait trop vite confondre avec toutes les « barres » de l'après guerre, Le Corbusier attachait une grande importance non seulement à l'intégration du bâtiment dans l'environnement, mais aussi à l'homme. Ses réalisations gardaient à l'extérieur une grande surface végétale non imperméabilisée par du bitume ou du minéral, et intégraient à l'intérieur des commerces, des crèches, parfois même des écoles. Sommes nous capable de mesurer la solitude et l'individualisme engendré par le « le rêve » de la maison particulière à la périphérie des villes ? Celle-ci, loin du centre ville mais pas plus proche de la campagne est reléguée dans une zone « dortoir ». Le Crédoc (centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie) s'inquiète de nos attentes : « Le résultat des enquêtes menées sur l'habitat

souhaité par les français est d'une tristesse absolue. Ce qui nous fait vraiment rêver ? Des vérandas et des meubles à roulettes... »[58].

### **D/ Du rêve à la réalité**

Celui qui se révolte contre le malheur passe soit pour un rabat-joie, soit pour un utopiste, alors montrons que des gens, des villages, des villes affirment déjà la volonté de repenser l'habitat autour des aspirations réelles de l'homme. Jean Christophe Benis maire de Bazauges sous Hédé un petit village de Bretagne, parle de remettre l'architecte au centre des projets de lotissements et non le géomètre, il précise que le maire a beaucoup de pouvoir et peut souvent garder la maîtrise d'œuvre, afin de développer un éco-urbanisme [59]. Dans le cas de sa commune, une réflexion globale a permis de concevoir un lotissement dont les routes sont presque moitié moins larges qu'à l'ordinaire, le piéton y est prioritaire, les parkings sont regroupés. Les parcelles sont construites par leurs acquéreurs, ceux-ci gardent une grande liberté quant aux choix architecturaux, mais tous ont été associés dès la conception du lotissement, et le maître d'ouvrage a pu imposer facilement certaines contraintes environnementales ou sanitaires, comme l'interdiction d'utiliser du PVC, obligation de récupérer l'eau de pluie et d'installer des chauffe-eau solaires. Toutes choses qui prises individuellement n'auraient qu'une incidence environnementale, mais qui dans l'ensemble redonnent un sens, recréent le lien avec la terre, l'eau, nos semblables. Cela contribue à la responsabilisation de chacun, au dialogue, à la convivialité, cela remet en évidence l'interdépendance des êtres. Ce lien ne se mesure pas, mais qui pourrait nier qu'il joue un rôle majeur sur la santé psychique et physique des habitants ?

Ce nouvel urbanisme qui prend compte des véritables besoins de l'homme se développe aussi dans des villes, Fribourg en Allemagne est un exemple dont nous pouvons nous inspirer. Déjà très engagée depuis une vingtaine d'années pour le respect de l'environnement, la ville a profité du départ des militaires français dans les années quatre-vingt-dix pour « reconquérir » tout un quartier autrefois occupé par une caserne militaire. Le quartier Vauban est devenu un exemple d'habitat où l'humain retrouve sa place au cœur de la ville. Les voitures ne pénètrent pas son cœur, les parkings sont à l'entrée du quartier. Les automobiles n'ont pas été interdites par les autorités, mais ce sont les habitants qui ont convenu ensemble de minimiser leur emprise. Riesselfeld est un autre quartier de la ville s'étendant sur 75 hectares, la majeure partie des constructions sont réalisées dans une démarche d'écoconstruction. Ici il n'y a pas de trottoirs, car comme à Vauban la rue appartient d'abord aux piétons, les automobiles ne sont ici que tolérées et leur vitesse limitée

à 5 Km/h entre les immeubles. D'ailleurs les enfants ne s'y trompent pas, ils s'approprient la totalité des lieux et décorent parfois les allées bitumées à la craie. Chaque arbre porte un nom, celui de la personne qui est chargé de l'arroser et de s'en occuper, les employés communaux tondent la pelouse de façon à laisser les fleurs sauvages pousser ! Ils vont même jusqu'à faire des dessins dans l'herbe avec la tondeuse pour que les enfants puissent jouer dans ces labyrinthes éphémères [60]. Il émane de ces quartiers une atmosphère paisible et détendue.

## CONCLUSION

L'étude systématique des risques sanitaires liés à l'habitat en France a pris une autre dimension avec la création de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, l'enquête sur 710 logements, dont les premiers résultats seront connus prochainement, permettra de mieux quantifier ces risques en mesurant l'exposition exacte de la population à différents polluants. Sur cette base, les décideurs pourront appuyer leurs actions pour développer une réelle politique de prévention ciblée et agir efficacement sur les risques existants. L'effort des industriels et des architectes pour prendre en compte les caractéristiques sanitaires des matériaux et des bâtiments doit se poursuivre. Le chantier est déjà ouvert, il faut cependant espérer que la majorité des matériaux fassent rapidement l'objet d'étude pour enrichir la base de donnée des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire. Il faut aussi que la réflexion sur la Haute Qualité Environnementale s'ouvre aux expérimentations de terrain et résiste aux lobbies industriels qui freinent le développement des matériaux naturels. La population a un rôle primordial à jouer en orientant ses choix, pour peu qu'on la guide par des moyens compréhensibles de tous à l'instar des labels utilisés avec succès en Europe du Nord. Mais gardons une vision globale critique, la qualité sanitaire d'un bâtiment ne se limite pas aux propriétés de la matière, c'est tout l'environnement humain et naturel qui concourt au bien être des habitants, d'ailleurs Hippocrate définissait déjà il y 2500 ans la santé dans le traité « Des airs, des eaux et des lieux », comme l'« expression de l'harmonie au sein de l'environnement ».

## **BIBLIOGRAPHIE**

1- BERPOMME D.

*Ces maladies créées par l'homme*

Édition Albin Michel 2004

2- SQUINAZI F.

*État des connaissances en matière de pollution atmosphérique à l'intérieur des locaux en France*

Conseil Supérieur de l'Hygiène Publique de France (CSHPF). Rapport, 1995

3- OBSERVATOIRE DE LA QUALITÉ DE L' AIR INTÉRIEUR

*Descriptif des substances ou paramètres mesurés dans la campagne 710 logements.*

OQAI rapport exécutif juillet 2003.

4- OBSERVATOIRE DE LA QUALITÉ DE L' AIR INTÉRIEUR

*Phase pré-opérationnelle de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur : campagne pilote*

OQAI rapport final février 2002.

5- HOST S., LEFRANC A., CAMARD J.F., CHARDON B., GRÉMY I.

*Pollution de l'air intérieur : état des connaissances concernant les effets sanitaires et faisabilité d'une étude épidémiologique en Île-de-France.*

Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France

6- MOSQUERON L., NEDELLEC V

*Hiérarchisation sanitaire des paramètres mesurés dans le bâtiment par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur.*

Rapport final OQAI Novembre 2002 et Juillet 2004

7- MEAR G.

*Nos maisons nous empoisonnent.*

Édition Terre Vivante

8-DEOUX S. DEOUX P.

*L'écologie c'est la santé*

Édition Frison-Roche

9- DEOUX S. DEOUX P.

*Guide de l'habitat sain*

Édition Medieco

10- INSPECTION NATIONALE SUÉDOISE DES PRODUITS CHIMIQUES (KEMI).

*Stratégie pour la réduction des risques du DHEP*

Étude commandée par l'Union Européenne, 2003.

11- COLON I. et coll,

*Identification of phtalate esters in serum of young Puerto Rican girls with premature breast development.*

Environmental Health Perspectives, 2000, 108(9), pp. 895-900.

12- RUZICKOVA K, COBBING M, ROSSI M, BELAZZI T.

*Preventing harm from phtalates, avoiding PVC in hospitals. Pragues : Health Care Without Harm. 2004*

13- JACOBSEN D., OSTBY N., BREDESEN J.E.

*Studies on ethylene glycol poisoning.*

Acta Med. Scand., 1982, 212, pp. 11-15.

14- HALLOCK MF, HAMMOND SK, HINES CJ, WOSKIE SR, SCHENKER MB.

*Patterns of chemical use and exposure control in the Semiconductor Health Study.(SHS)*

American journal of industrial medicine 1995 Dec;28(6):681-97.

15- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ

*Indoor air pollutants : exposure and health effets.*

Euro reports and studies No 78 : report on a Who meeting, 1983.

16- MENZIES D, BOURBEAU J.

*Building-related illnesses.*

N Engl J Med 1997 ;337 : 1524-1531

17- JAAKKOLA JJ, MIETTINEN P.

*Ventilation rate in office building and sick- building syndrome.*

Occup Environ Med 1995 ; 52 :709-714.

18- REIDLICH CA, SPARER J, CULLEN MR.

*Sick-building syndrome.*

Lancet 1997 ;349 :1013-1016

19- WADDICK C., MARTEIL J., MARGOLIN L.B.,IMNSELE A.

*Environ Health Perspect III 1490-1497*

University of Georgia

20- INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité)

Le Formaldéhyde, fiche toxicologique

Site Internet de l'INRS

21- FALIU J., GLANDIER S., LISSALDE A.M.

*Le Formaldéhyde dans les environnements intérieurs*

Atelier santé-environnement ENSP Rennes 2002

22- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ

*Formaldéhyde, Environmental Health criteria.*

Geneva 1989.

23- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ

*Formaldéhyde Health and Safety Guide.*

Geneva 1991.

24- US-EPA (agence américaine pour la protection de l'environnement)

*Chronic toxicity data by health scientists from several Program Offices of Research and Development. Formaldéhyde*

CASRN 50-00-0, 1991.

25- NATARAJAN A.T. et coll.

*Evaluation of the mutagenicity of formaldehyde in mammalian cytogenetic assays in vivo and in vitro.*

Mut. Res., 1983, 122, pp.355-360.

26- CHANG J.C.F., BARROW C.S.

*Sensory irritation tolerance and cross tolerance in F-344 rats exposed to chlorine or formaldehyde gas.*

Toxicol. Appl. Pharmacol., 1984, 76, pp.319-327.

27- SUNDELL J. et al.

*Volatile organic compounds in ventilating air in buildings and their relationship with the prevalence of occupant symptoms.*

Indoor Air 1993, Danemark ; 3 : 82-93

28- JONES A.P.

*Indoor air quality and health.*

Atmospheric environment 1999, UK : 33 :4535-4564.

29- VAUGHAN, T.L., STEWART, P.A., TESCHKE, K., LYNCH, C.F., SWANSON, G.M., LYON, J.L., ET BERWICK, M.

*Occupational exposure to formaldehyde and wood dust and nasopharyngeal carcinoma.*

Occup. Environ. Med. 57: 376–384. 2000

30- HAYES, R.B., RAATGEVER, J.W., DE BRUYN, A., ET GÉRIN, M.

*Cancer of the nasal cavity and paranasal sinuses, and formaldehyde exposure.*

Int. J. Cancer 37: 487–492. 1986

31- DE BLAY F. et al.

*Asthme, allergie et polluants de l'habitat (à l'exception du tabac).*

Éditions scientifiques et médicales 2000 ; 40 :193-215.

32- GORSKI P. et al.

*Does indoor formaldehyde exposure contribute to respiratory allergy development, Healthy Building*

Pologne.

33- RUMCHEV K.B., SPICKETT J.T., BULSARA M.K., PHILIPS M.R., STICK S.M.

*Domestic exposure to formaldehyde significantly increases the risk of asthma in young children*

European Respiratory Journal, 20(2)2002, 403-408.

Article traduit et analysé par Florence Lieuter-Colas, Hôpital Lyautey- Strasbourg - bulletin de veille scientifique RSEIN (Recherche Santé Environnement Interieur).

34- VENN A.J., COOPER M., ANTONIAK M., LAUGHLIN C., BRITTON J., LEWIS S.A.

*Effects of volatile organic compounds, damp and other environmental exposure in the home on wheezing illness in children*

Thorax, 58 (2003), 955-960

Article analysé par Claire Ségala, SEPIA-santé. bulletin de veille scientifique RSEIN (Recherche Santé Environnement Interieur).

35- MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DE LA PROTECTION SOCIALE ; MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ; MINISTÈRE DE L'EMPLOI, DU TRAVAIL ET DE LA COHÉSION SOCIALE ; MINISTÈRE DÉLÉGUÉ À LA RECHERCHE.

*Plan National Santé Environnement 2004-2008*

Rapport accessible sur les sites Internet des Ministères chargés de la Santé, de l'Environnement et du Travail.

36- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

*Projet de règlement européen concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques (REACH)*

Bruxelles, octobre 2003, document accessible sur le site Internet du CNRS

37- KOSCIUSKO-MORISSET N.

*Commentaires à propos de la Charte sur l'Environnement*

Interrogée par Blanc E. pour Le Figaro du 19 février 2005

38- VICAIRE Y.

*Analyse du Plan National Santé Environnement*

la revue l'écologiste N°13-vol.5 N°2 Juillet –Août –Septembre 2004.

Vigitox (dossier de Greenpeace sur REACH)

Site Internet : [www.greenpeace.fr/vigitox](http://www.greenpeace.fr/vigitox)

39- LEPAGE C.

*Santé et Environnement, l'abécédaire*

Éditions Laffont, 2005

40- CONSEIL EUROPÉEN DE INDUSTRIES DES PEINTURES, DES ENCRE  
D'IMPRIMERIE ET DES COULEURS D'ART (CEPE)

*Imaginez un monde sans couleur. L'impact de REACH sur l'industrie des peintures, des encres d'imprimerie et des couleurs d'art. Solutions proposées.*

Brochure, [cepe.org](http://cepe.org)

41- ASSOCIATION HQE

*La Haute Qualité Environnementale*

Site internet [assohqe.org](http://assohqe.org)

42- INTERNATIONAL INSTITUTE FOR BAU-BIOLOGIE AND ECOLOGY

*Introducing Bau Biologie, Making Better Choices For Healthy Environments At Home, At Work, At Play*

Clearwater, Florida, USA, 1990, 35 p traduit par Fabien Baker, Architecte DPLG

43- BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT

*Environnemental Standart, Homes for a greener world*

Ed. BRE, Garston, Watford, 1995

44- TASSIN M.

*Conférence sur le thème des matériaux écologiques*

Conférence bâtir Sain, décembre 2004 Musée des Sciences et de l'Industrie, Paris

45- GAUZIN-MÜLLER D.

*L'architecture écologique*

Interrogée par Ruth Stegassy dans l'émission « Terre à terre » sur France Culture le 14 janvier 2006

et

*Vingt-cinq maisons écologiques*

Édition du Moniteur

46-MICMACHER C.

*L'environnement en résidence surveillée*

Article paru dans la revue UFC Que choisir en avril 2003

47- SAINT JOURS Y.

*La maison écologique*

interrogée par Ruth Stegassy dans l'émission « Terre à terre » sur France Culture le 21 janvier 2006

et

*Fribourg, le quartier Vauban*

Revue La maison écologique n°10 septembre 2002

48- INRS (Institut National de Recherche sur la Sécurité Sanitaire)

*La fiche de donnée de sécurité*

Dossier médico-technique : documents pour le médecin du travail n°76 4<sup>e</sup> trimestre 1998.

49- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DE L'EQUIPEMENT DU TOURISME ET DE LA MER

*La note de l'Ingénierie publique au service du développement durable*

Paru dans La note de l'ingénierie publique.

50- NEITZEL, H

*20 Years of Experiences of the German Environmental Labeling Scheme : Blue Angel*

Federal Environmental Agency.1998

51- OCDE (Organisation de développement et de coopération économique)

*Eco-labelling : actual effects of selected programmes*

OCDE avril 1997, Paris

52- UNCTAD (United Nation on Trade and Development)

*Trade, Environment and Development Aspects of Establishing and Operating Eco-labelling Programmes.* 1995

Cité dans : *Eco-labelling : actual effects of selected programmes.* OECD 1997.

53- KUR F.

*L'habitat écologique, quels matériaux choisir ?*

Édition Terre vivante

54- SALOMON T. AUBERT C.

*Fraîcheur sans clim*

Édition Terre vivante

55- SALOMON T. BEDEL S.

*La Maison des (néga)watts*

Édition Terre vivante

56- DESOMBRE F.

*J'attends une maison*

Édition La pierre verte

57- RIGASSI V.

*Réflexions sur l'analyse de la valeur et du coût global de la construction écologique*  
Conférence bâtir Sain, décembre 2004 Musée des Sciences et de l'Industrie, Paris

58- BORIE P.

*La maison du futur*

Article paru dans le hors série « Futur » du magazine Technikart décembre 2004-janvier 2005

59- BENIS C.

*L'habitat écologique*

Interrogée par Ruth Stegassy dans l'émission « Terre à terre » sur France Culture janvier 2006

60- SAINT-JOURS Y., BARBEILLON J.

*Fribourg un rêve éveillé*

La revue la maison écologique août septembre 2004

**Annexe 1**

**Agents sélectionnés par les responsables de l'OQAI en vue du travail de hiérarchisation.**

Type de polluant	Famille	Substances individualisées	Agent mesuré dans la campagne pilote OQAI ; mesures prévues dans campagne opérationnelle	Agent non mesuré dans la campagne pilote OQAI ; mesures dans campagne pilote en cours de réflexion	Agent non mesuré dans la campagne pilote OQAI ; mesures prévues dans campagne opérationnelle
Chimique	hydrocarbures aromatiques	1,2,4-triméthylbenzène	+		
		benzène	+		
		éthylbenzène	+		
		styrène	+		
		toluène	+		
		xylènes (o/m/p)	+		
	hydrocarbures aliphatiques	n-décane	+		
		n-undécane	+		
	terpènes	alpha-pinène	+		
		limonène	+		
	alcool	2-éthyl-1-hexanol	+		
	éthers de glycols	1-méthoxy-2-propanol (PGME)	+		
		2-butoxyéthanol (EGBE)	+		
		2-éthoxyéthanol (EGEE)	+		
		2-méthoxyéthanol (EGME)			+
2-méthoxyéthyleacétate (EGMEA)				+	
hydrocarbures halogénés	1,1,1-trichloroéthane	+			
	1,4-dichlorobenzène	+			
	tétrachloroéthylène	+			
	Trichloréthylène	+			
esters	2-éthoxyéthylacétate	+			
	butylacétate	+			
aldéhydes	acétaldéhyde	+			
	benzaldéhyde	+			
	formaldéhyde	+			
	hexaldéhyde	+			
	isobutyraldéhyde	+			
	isovaléraldéhyde	+			
	valéraldéhyde	+			
biocides	propoxur, carbaryl, isoproturon, diuron, coumafène, folpel, diflufenicanil, fenoxaprop-p-ethyl, trifluraline, alpha - HCH, lindane, heptachlore, alachlore, aldrine, metolachlore, chlorpyrifos, heptachlore époxyde A, heptachlore époxyde B, trans-chlordane, cis-chlordane, oxadiazon, endosulfan A, endosulfan B, dieldrine, 4,4'DDT, cis-permethrin, trans-permethrin, dichlorvos, diazinon, atrazine, terbutylazine, methyl-parathion, malathion, éthyl-parathion				+
autres	CO	+			
	NO <sub>2</sub>	+			
	radon				+
Particules et fibres		particules inertes (PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub> )			+
		amiante		+	
		fibres minérales artificielles			+
		plomb		+	
Biologiques	bactéries	bactéries (dénombrements)	+		
		endotoxines	+		
	moisissures	moisissures (dénombrements)	+		
		ergostérol			+
	allergènes d'animaux	acariens ( <i>Der p 1</i> , <i>Der f 1</i> )	+		
chat ( <i>Fel d 1</i> )		+			
chien ( <i>Can f 1</i> )		+			
Physique		champs électromagnétiques très basse fréquence (< 50 Hz)		+	

<sup>(a)</sup> Les biocides ont fait l'objet d'une campagne de mise au point des techniques analytiques de prélèvement et d'analyse dans 9 logements [Blanchard, 2001]. Cette étude spécifique sur les biocides n'est pas considérée comme partie intégrante de la campagne pilote OQAI réalisée sur 90 logements français.

**Annexe 2**  
**Valeurs Toxicologiques de Référence pour une exposition aiguë par inhalation pour les aldéhydes sélectionnés par l'OQAI.**

**Valeurs Toxicologiques de Référence (mg/m<sup>3</sup>) pour une exposition aiguë par inhalation pour les aldéhydes sélectionnés dans l'OQAI**

	CASRN*	ATSDR	Effet <sup>(1)</sup>	FI <sup>(2)</sup>	OMS	Effet <sup>(1)</sup>	FI <sup>(2)</sup>
acétaldéhyde	75-07-0	-			2 (sur 24 h)	Irritation yeux, tractus respiratoire (H)	20
benzaldéhyde	150-52-7	-			-		
formaldéhyde	50-00-0	0,05	Respiratoire (H)	9	0,1 (sur 30 minutes)	Respiratoire (H)	1
hexaldéhyde	66-25-1	-			-		
isobutyraldéhyde	78-84-2	-			-		
isovaléraldéhyde	590-86-3	-			-		
valéraldéhyde	110-62-3	-			-		

\* numéro d'enregistrement international

(1) : (H) = établi à partir d'études chez l'homme

(2) Facteur d'incertitude

(A) = établi à partir de données animales

*Hierarchisation sanitaire des paramètres mesurés dans les bâtiments par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur*

VNC-CSTB. GT Hierarchisation OQAI. Rapport final. Novembre 2002.

**Annexe 3**  
**Valeurs Toxicologiques de Référence pour une exposition chronique par inhalation pour les aldéhydes sélectionnés par l'OQAI.**

**Valeurs Toxicologiques de Référence pour une exposition chronique par inhalation pour les aldéhydes sélectionnés dans l'OQAI**

Classe cancérogène	VTR pour les effets cancérogènes ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>(1)</sup>			VTR pour les effets non cancérogènes ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )								
	US-EPA	Site <sup>(1)</sup>	OMS	US-EPA	Effet <sup>(1)</sup>	FT <sup>(2)</sup>	OMS	Effet <sup>(1)</sup>	FT <sup>(2)</sup>	ATSDR	Effet <sup>(1)</sup>	FT <sup>(2)</sup>
acétaldéhyde	2,2 10 <sup>-6</sup>	Voies respiratoires (A)	1,5 à 9 10 <sup>-7</sup>	9 10 <sup>-3</sup>	Dégénérescence épithéliale olfactif (A)	1000	5 10 <sup>-2</sup>	Respiratoire (A)	1000	-	-	-
benzaldéhyde	-	n.e*/n.e.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
formaldéhyde	1,3 10 <sup>-5</sup>	Nez (A)	-	-	-	-	-	-	-	0,01	Respiratoire et oculaire (H)	30
hexaldéhyde	-	n.e./n.e.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
isobutyraldéhyde	-	n.e./n.e.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
isovaléraldéhyde	-	n.e./n.e.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valéraldéhyde	-	n.e./n.e.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>(1)</sup> : (H) = établi à partir d'études chez l'homme

(A) = établi à partir de données animales

<sup>(2)</sup> Facteur d'incertitude

\* non évalué

VNC-CSTB, GT Hiérarchisation OQAI, Rapport final, Novembre 2002.

*Hiérarchisation sanitaire des paramètres mesurés dans les bâtiments par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur*

**Annexe 4  
Hiérarchisation des substances d'intérêt pour l'OQAI et niveau d'information disponible**

Substance	IH	GH <sup>(1)</sup>	Informations disponibles			
			VTR aiguë <sup>(2)</sup>	VTR chronique <sup>(2)</sup>	Exposition <sup>(3)</sup>	Fréquence <sup>(4)</sup>
Formaldéhyde	19	A	+	+	+	+++++
Benzène	17	A	+	+	+	+++++
Acétaldéhyde	16	A	+	+	+	+++++
Dichlorvos	16	A	+	+	+	++++
Particules (PM <sub>10</sub> )	16	A	+	+	-	+++++
Radon	16	A	0	+	-	+++++
<b>DeHP</b>	<b>15</b>	<b>A</b>	<b>0</b>	+	-	+++++
Allergènes de chien	13	B	+	+	+	++
NO <sub>2</sub>	13	B	+	+	-	+++++
Allergènes d'acariens	12	B	+	+	+	+++
Toluène	12	B	+	+	+	+++++
Trichloréthylène	12	B	+	+	+	+++
Dieldrine	11	B	0	+	+	+
Plomb	11	B	0	+	-	?
<b>SCCP</b>	<b>11</b>	<b>B</b>	<b>0</b>	+	-	+++++
Tétrachloroéthylène	11	B	+	+	+	+++++
Aldrine	10	B	+	+	+	+
Allergènes de chat	10	B	+	+	+	+
CO	10	B	+	0	+	+++++
<b>BBP</b>	<b>9</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	+	-	+++++
Heptachlore époxyde	9	C	0	+	+	+
<b>HexaBDE</b>	<b>9</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	-	+++++
Lindane	9	C	+	+	+	++++
<b>TétraBDE</b>	<b>9</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	-	+++++
Xylènes	9	C	+	+	+	+++++
1,2,4-triméthylbenzène	8	C	0	0	+	+++++
1,4-dichlorobenzène	8	C	+	+	+	+++
Alpha-HCH	8	C	0	+	+	+
Alpha-pinène	8	C	0	0	+	+++++
Amiante	8	C	0	+	?	?
<b>décaBDE</b>	<b>8</b>	<b>C</b>	+	+	-	+++++
<b>DiBP</b>	<b>8</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	-	+++++
<b>DOT</b>	<b>8</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	-	+++++
Ethylbenzène	8	C	0	+	+	+++++
<b>HBCD</b>	<b>8</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	-	+++++
<b>heptaBDE</b>	<b>8</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	-	+++++
Heptachlore	8	C	0	+	+	+
Hexaldéhyde	8	C	0	0	+	+++++
Isobutyraldéhyde	8	C	0	0	+	+++++
Isovaléraldéhyde	8	C	0	0	+	+++++
Limonène	8	C	0	0	+	+++++
<b>MBT</b>	<b>8</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	-	-	+++++
<b>MOT</b>	<b>8</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	-	-	+++++
n-décane	8	C	0	0	+	+++++
n-undécane	8	C	0	0	+	+++++
<b>TBT</b>	<b>8</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	+	-	+++++
<b>triBDE</b>	<b>8</b>	<b>C</b>	<b>0</b>	-	-	++++
Valéraldéhyde	8	C	0	0	+	+++++

--- Suite du tableau en page suivante ---

\* \* Les substances nouvellement hiérarchisées figurent en gras dans le tableau.

<sup>(1)</sup> Groupes de hiérarchisation : « A » = hautement prioritaires ; « B » = très prioritaires ; « C » = prioritaires ; « D » = non prioritaires ; « I » = inclassables

<sup>(2)</sup> Information sur les VTR : « + » = au moins une VTR est disponible ; « 0 » = pas de VTR disponible (dans les bases de données interrogées)

<sup>(3)</sup> Concentration d'exposition : « + » = connue et issue de la campagne pilote OQAI ; « - » = issue de la littérature (extrapolation) ; « ? » = inconnue

<sup>(4)</sup> Fréquence de détection : « +++++ » > 80 % ; « ++++ » de 60 à 80 % ; « +++ » de 40 à 60 % ; « ++ » de 20 à 40 % ; « + » < 20 % ; « 0 » = non détecté ; « ? » = inconnue

Rapport final 2005-7. Hiérarchisation

**Annexe 5**  
**Hiérarchisation des substances d'intérêt pour l'OQAI et niveau d'information disponible (suite)**

Substance individuelle	IH	GH <sup>(1)</sup>	Informations disponibles			
			VTR aiguë <sup>(2)</sup>	VTR chronique <sup>(2)</sup>	Exposition <sup>(3)</sup>	Fréquence <sup>(4)</sup>
Butylacétate	7	C	0	0	+	++++
<b>DBT</b>	7	C	0	+	-	+++++
<b>DEP</b>	7	C	+	+	-	+++++
<b>DnBP</b>	7	C	+	+	-	+++++
<b>pentaBDE</b>	7	C	+	+	-	+++++
1-méthoxy-2-propanol	6	C	0	+	+	++++
2-éthyl-1-hexanol	6	C	0	0	+	+++
Champs e.m	6	C	0	0	?	?
<b>DiNP</b>	6	C	0	0	-	+++
Endotoxines	6	C	+	+	+	+++++
FMA	6	C	0	+	?	?
Folpel	6	C	0	+	+	+
<b>TBBP-A</b>	6	C	0	0	-	+++
2-butoxyéthanol	5	C	+	+	+	+++
Benzaldéhyde	5	C	0	0	+	++
Diazinon	5	C	0	+	+	+
<b>DiDP</b>	5	C	0	0	-	++
Méthyl-parathion	5	C	0	+	+	+
Parathion	5	C	0	0	+	+
Propoxur	5	C	0	+	+	++
Styrène	5	C	+	+	+	++
Terbutylazine	5	C	0	0	+	++
4,4' DDT	4	D	+	+	+	0
<b>DMP</b>	4	D	0	0	-	0
1,1,1-trichloroéthane	3	D	+	+	+	+
<b>4OP</b>	3	D	0	0	-	0
<b>4TMBP</b>	3	D	0	0	-	0
Chlordane	3	D	+	+	+	0
Malathion	3	D	+	+	+	+
Metolachlore	3	D	0	+	+	0
<b>TeBT</b>	3	D	0	0	-	0
Trifluraline	3	D	0	+	+	0
Atrazine	2	D	+	+	+	0
Carbaryl	2	D	0	+	+	0
Permethrin	2	D	0	0	+	0
<b>TCHT</b>	2	D	0	+	-	0
<b>TPT</b>	2	D	0	+	-	0
Alachlore	1	D	0	+	+	0
Chlorpyrifos	1	D	+	+	+	0
Coumafène	1	D	0	+	+	0
Diflufénicanil	1	D	0	0	+	0
Diuron	1	D	0	+	+	0
Fenoxaprop-p-ethyl	1	D	0	0	+	0
Isoproturon	1	D	0	0	+	0
2-éthoxyéthylacétate	4	I	0	0	+	+
2-méthoxyéthanol	4	I	0	+	?	?
2-méthoxyéthyleacétate	4	I	0	0	?	?
<b>4NP</b>	4	I	0	0	-	+
<b>DPP</b>	4	I	0	0	-	+
Endosulfan	4	I	0	+	+	++
2-éthoxyéthanol	3	I	0	+	+	+
Oxadiazon	3	I	0	+	+	+

<sup>(1)</sup> Groupes de hiérarchisation : « A » = hautement prioritaires ; « B » = très prioritaires ; « C » = prioritaires ; « D » = non prioritaires ; « I » = inclassables

<sup>(2)</sup> Information sur les VTR : « + » = au moins une VTR est disponible ; « 0 » = pas de VTR disponible (dans les bases de données interrogées)

<sup>(3)</sup> Concentration d'exposition : « + » = connue et issue de la campagne pilote ; « - » = issue de la littérature ; « ? » = inconnue

<sup>(4)</sup> Fréquence de détection : « +++++ » > 80 % ; « ++++ » de 60 à 80 % ; « +++ » de 40 à 60 % ; « ++ » de 20 à 40 % ; « + » < 20 % ; « 0 » = non détecté ; « ? » = inconnue

Rapport final 2005-7. Hiérarchisation

**Annexe 6**  
**Plan type de la Fiche de Données Sécurité (FDS) selon la norme NF ISO 11014-1**

1/ Identification du produit chimique et de la personne physique ou morale responsable de sa mise sur le marché.
2/ Informations sur les composants (pour les préparations, la composition complète qui est souvent confidentielle n'est pas nécessairement indiquée, cependant, les substances dangereuses ne doivent pas en général être considérées comme confidentielles).
3/ Identification des dangers pour l'environnement et la santé par exemple : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les symptômes en cas d'inhalation, d'ingestion, de contact avec la peau et les yeux.</li> <li>- La bioaccumulation.</li> </ul>
4/ Description des premiers secours à porter en cas d'urgence.
5/ Mesure de lutte contre l'incendie, prévention des explosions et des incendies (les produits de combustion dangereux y sont indiqués, par exemple, le dégagement de gaz toxique)
6/ Mesure à prendre en cas de dispersion accidentelle.
7/ Précaution de stockage, d'emploi et de manipulation (nécessité d'une ventilation...).
8/ Procédure de contrôle de l'exposition des travailleurs et caractéristiques des équipements de protection individuelle (les valeurs limites d'exposition sont indiquées).
9/ Propriété physico-chimique nécessaire à la caractérisation du produit.
10/ Stabilité du produit
11/ Informations toxicologiques : effets dangereux du produit sur la santé en complément de ceux déjà fournis sous la rubrique 3. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Description précise, concise, complète et compréhensible des différents effets susceptibles d'être observés lorsque l'utilisateur entre en contact avec le produit. Les effets néfastes qu'ils soient issus de données d'expérimentation animal ou connus par l'expérience clinique sont au mieux décrits en fonction des différentes voies d'exposition. Ils concernent tant les effets aigus que chroniques, locaux ou systémiques.</li> </ul>
12/ Informations écotoxicologiques.
13/ Informations sur les possibilités d'élimination des déchets.
14/ Informations relatives au transport.
15/ Informations réglementaires (Les limitations ou interdiction d'emploi ainsi que les limitations de mise sur le marché en vigueur sont signalées à ce niveau).
16/ Autres informations (toute information complémentaire importante du point de vue de la santé et de la sécurité ou les actions de formation requises pour utiliser ce produit).

<p><b>Annexe 7</b>  <b>Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) de la brique MONOMUR<sup>R</sup></b></p>
---

a/ Caractéristiques sanitaires du produit.
a.1/Participation éventuelle du produit à la création de conditions sanitaires
- Le Monomur construit des murs sans humidité et sans moisissures. Il permet de réaliser des murs sans ponts thermiques. En l'absence de points froids, les murs ne sont pas le siège de condensation. De plus, le Monomur matériau minéral ne contient aucune substance nutritive permettant le développement des moisissures. Le Monomur Terre Cuite, et son mortier pour pose à joint mince sont considérés comme inertes (Classement F produit inerte vis-à-vis de la croissance fongique).
- Le Monomur participe à une bonne qualité de l'air intérieur. Il ne dégage aucun composé organique volatil (COV). Le Monomur ainsi que son mortier pour pose à joint mince obtient le classement A+ (Très faibles émissions chimiques) selon la norme ENV 13419-1. Grâce à sa performance thermique, il permet de construire des murs isolants sans avoir recours à un isolant supplémentaire.
- Le Monomur crée une bio climatisation. Grâce à son inertie, il agit comme un régulateur. En été, il limite la montée de la température à l'intérieur des constructions. Il évite donc l'utilisation d'équipements de climatisation.
- Le Monomur Terre Cuite obtient le classement R+ =Très faibles émissions radioactives.
a.2/ Les émissions polluantes inévitables auxquelles peuvent être exposés les manipulateurs
- Les manipulateurs peuvent être exposés à de la poussière lors de découpe sur les chantiers. Il est préconisé de faire des coupes avec des outils adaptés (scie crocodile ou sciage humide).
a.3/ Les possibilités de relargage de substances dangereuses pour la santé des manipulateurs et l'existence des moyens de gestion des risques correspondants pour leur santé ?
- Sans objet.
a.4/ Quelles sont les émissions polluantes inévitables auxquelles peuvent être exposés les usagers .
- Sans objet.
b/ Caractéristiques environnementales
b.1/ L'acidification atmosphérique
Certains composés émis dans l'atmosphère notamment le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ), les oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ) sont susceptibles d'être oxydés et de se transformer en acide sulfurique et acide nitrique qui sont ensuite lessivés par les précipitations et se retrouvent dans les eaux de ruissellement et de surface. Cette acidification conduit à des impacts importants sur la faune (mort de poisson) et la flore.
b.2/ Pollution de l'air
On évalue les impacts toxiques et écotoxiques des émissions dans l'air du produit. Ce sont surtout les métaux et les composés organiques qui contribuent à cet impact. Dans le cadre de la norme, l'indicateur est exprimé en m <sup>3</sup> d'air nécessaire à diluer les émissions du produit en se basant sur les valeurs limites de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement. Cet indicateur permet d'avoir une représentation simple (volume d'air) de l'impact potentiel du produit sur la qualité de l'air dans l'environnement.
b.3/ Pollution de l'eau
On évalue les impacts toxiques et écotoxiques des émissions dans l'eau et dans le sol du produit. Ce sont également les métaux et les composés organiques qui contribuent à cet impact. L'indicateur est exprimé en m <sup>3</sup> d'eau nécessaire à diluer les émissions du produit en se basant sur les valeurs limite de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement.
b.4/ Formation d'ozone photochimique
Alors que l'ozone est un gaz protecteur dans les hautes couches de l'atmosphère, c'est au contraire un gaz dangereux (irritant respiratoire) dans les basses couches de l'atmosphère où nous vivons et respirons. On évalue donc la contribution du matériau à l'émission dans l'air de composés susceptibles de participer à la formation d'ozone. L'ozone résulte de la transformation chimique de l'oxygène au contact d'oxyde et d'hydrocarbures, sous l'effet du rayonnement solaire et d'une température élevée. La molécule de référence pour cet indicateur est l'éthylène (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ), il s'exprime en Kg équivalent éthylène.

**NOM :** VAN HILLE

**PRÉNOM :** Stéphane

## **TITRE**

### **QUALITÉ SANITAIRE DE L'HABITAT**

---

## **RÉSUMÉ**

La pollution de l'air intérieur est une préoccupation de la population. L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur est chargé d'en évaluer les risques sanitaires. Après une phase de hiérarchisation des polluants, une campagne de mesure est en cours dans les logements français. Certaines substances, comme le formaldéhyde, sont d'ores et déjà désignées comme responsables de pathologies chez l'homme. Les pouvoirs publics et les professionnels du bâtiment voudraient, à travers le Plan National Santé Environnement et la Haute Qualité Environnementale, améliorer la qualité sanitaire de l'habitat. Leurs actions se traduisent également par l'élaboration d'une base de données sur les matériaux et la promotion de labels. Cependant, les matériaux naturels peu diffusés par les grands réseaux de distribution ne devraient pas être délaissés, car leurs caractéristiques sont souvent idéales pour créer un habitat sain.

---

## **MOTS-CLES**

- Pollution de l'air intérieur
- Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
- Formaldéhyde
- Haute Qualité Environnementale
- Matériaux sains