

* * *

Diplôme d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

**« EVALUATION DES COUTS DE L'ASTHME ET DES BENEFICES RETIRES
D'UNE APPROCHE PREVENTIVE EN MATIERE DE POLLUTION INTERIEURE »**

Travail de Fin d'Etudes présenté par
VAN CAUTER SANDRA
en vue de l'obtention du grade académique de
Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

Année Académique : 2002-2003

Directeur : Prof. J. KUMMER

0. INTRODUCTION

0.1 PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS

Selon les données du IV^{ème} congrès de pneumologie de langue française, la prévalence de l'asthme aurait doublé ces quinze dernières années en France (4). D'après les statistiques publiées par le *Dr. Olivier Michel* suite à une étude épidémiologique menée en Belgique, 6 à 8 % de la population belge souffrirait de cette pathologie (3).

Celle-ci résulte d'une combinaison de facteurs internes et externes à l'organisme. Parmi les facteurs intrinsèques, on retrouve l'atopie¹ et d'autres mécanismes physiologiques encore mal connus. Parmi les agents extrinsèques figurent les bio-allergènes et les substances irritantes présentes dans l'environnement. (1) L'interaction de ces différents facteurs permettent difficilement de dissocier la part intrinsèque de la part extrinsèque de l'asthme. Ainsi, bien que les appellations asthme intrinsèque et asthme extrinsèque soient reconnues, nous parlerons plutôt d'asthme en général.

Plusieurs raisons expliquent cet accroissement de la prévalence de l'asthme:

- Contacts plus fréquents avec les allergènes et présence accrue de substances irritantes au sein de l'environnement intérieur:

Depuis la crise pétrolière des années 70, l'homme a cherché à confiner le plus possible les espaces intérieurs par soucis d'économies d'énergie. Cette isolation accrue a nécessité l'utilisation de nouveaux matériaux de construction renfermant des substances irritantes. De plus, le faible taux de renouvellement de l'air confine les polluants chimiques émis par les différents matériaux de construction et d'aménagement jà l'intérieur des locaux, et induit une augmentation de température propice à la prolifération de bio-allergènes.

La crise pétrolière et l'évolution des critères d'hygiène ont modifié les comportements de l'homme dans le milieu intérieur: aération réduite, confinement des espaces d'interface avec l'air extérieur, nettoyages fréquents, multiplication des douches et des bains,... Ces nouvelles habitudes de vie redéfinissent certains facteurs physiques de l'air ambiant: humidité relative accrue, température élevée. Cela favorise également la prolifération des bio-allergènes.

Les animaux domestiques, en augmentation depuis ces 20-30 dernières années, véhiculent également de nombreux allergènes. (4)

- Susceptibilité accrue:

Certaines habitudes de vie nées sous le signe de la modernité, parmi lesquelles on retiendra l'abandon progressif de l'allaitement maternel contribuant à la maturation du système immunitaire, le tabagisme croissant, l'aseptisation accrue des locaux, et réduction, dans notre bol alimentaire, des aliments protégeant notre organisme des processus oxydatifs (2), ont accru la susceptibilité de l'homme atopique (c-à-d prédisposé génétiquement) à développer un terrain allergique (1). D'après les données publiées au terme de deux études épidémiologiques

¹L'atopie est la prédisposition génétique d'un individu à développer une allergie.

internationales (ECRHS: European Community Respiratory Health Survey; ISAAC: International Study of Asthma and Allergies in Childhood), l'asthme, en Belgique, est associé à des symptômes des rhinoconjonctivite allergique dans 23% des cas (4). Selon le Dr.O.Michel, 25 % de la population belge serait génétiquement prédisposée à développer une ou plusieurs allergies au cours de sa vie (3). Ce potentiel allergique considérable promet encore un bel avenir aux pathologies allergiques telles la rhinoconjonctivite et l'asthme qui y est souvent associé, car aujourd'hui "seuls" 10 à 15% de la population en souffrent. De plus, les symptômes peuvent encore être amplifiés par des concentrations croissantes d'allergènes et de substances chimiques irritantes présentes dans notre environnement. (6)

L'asthme nécessite souvent des mesures thérapeutiques coûteuses et contraignantes: médicaments, consultations, hospitalisations. Des mesures préventives (aménagement de l'environnement domestique et traitement chimique des locaux) sont également proposées afin de limiter les contacts entre les patients et les allergènes ainsi que les substances irritantes. Chez les adolescents, l'asthme est la première cause d'absentéisme entraînant échecs et retards scolaires. Face à ces problèmes, les parents sont souvent désemparés: nuits perturbées, angoisses, courses sans fin chez le médecin, le kiné, abandon de la profession pour la maman, problèmes de couple, éclatement des familles,...Tout cela engendre de nombreux coûts directs et indirects (5).

L'objectif poursuivi au travers de ce travail consiste, tout d'abord, à réaliser une estimation approximative des coûts annuels direct (hospitalisations, traitements, visites médicales,...) et indirect (coûts sociaux: absentéisme, crises familiales,...) de l'asthme en Belgique. Ensuite, nous tenterons de proposer une méthode d'évaluation ainsi qu'une première estimation des bénéfices en termes de coût objectif (dépenses à charge du patient et de la société) et subjectif (gêne induite par les symptômes) d'une démarche préventive sur base des quelques données récoltées jusqu'à présent par deux infrastructures de conseil en environnement intérieur: le CRIPI (Cellule Régionale d'Intervention en Pollution Intérieure) et l'asbl Habitat et Santé dont le rôle consiste à effectuer des visites à domicile sous prescription médicale ou non, prélever des échantillons, mesurer les concentrations de polluants (biologiques ou chimiques) et promouvoir l'application de mesures préventives de réduction ou d'éviction adaptées au mode de vie des habitants. Ce mémoire s'inscrit donc dans l'optique d'une meilleure gestion des coûts de la maladie.

Avant d'aborder ce travail, il est important d'en préciser les limites: ces estimations ne constitueront que des évaluations très approximatives des coûts et des bénéfices car n'étant ni économiste, ni médecin, je n'ai pu réaliser ces calculs uniquement sur base des quelques données disponibles à l'heure actuelle et cela, dans les limites de mes compétences.

0.2 RESUME

Ce travail débutera tout d'abord par une brève présentation des mécanismes physiologiques responsables de la symptomatologie des affections respiratoires allergiques et de l'asthme en particulier.

Ensuite, il sera utile de s'intéresser aux coûts directs (médicaments, traitement complémentaire, consultations, hospitalisations, kinésithérapie respiratoire, désensibilisation, appareillage) et indirects (baisse de productivité, cessation de l'activité professionnelle,...) de l'asthme en Belgique. En effet, le patient et la société payent un lourd tribut à cette pathologie et, afin de pouvoir procéder ultérieurement à une première estimation approximative des bénéfices réalisés suite à l'application de mesures préventives, il convient tout d'abord de déterminer les grandes tendances en matière de coûts de cette pathologie.

Le troisième chapitre de ce mémoire tentera de mettre en évidence les liens polluants-symptômes au sein de l'habitat et des espaces clos. Ce chapitre s'intéressera principalement aux polluants biologiques et chimiques de l'air *intérieur* pour trois raisons: l'homme passe près de 85 % de son temps à l'intérieur; ensuite, depuis ces trente dernières années, les espaces intérieurs et notamment, l'habitat ont connu de nombreux changements (matériaux de construction, équipement,...) et l'homme y a modifié ses habitudes de vie; enfin, il y est plus facile d'appliquer des mesures préventives.

Le dernier chapitre s'attachera tout d'abord à décrire les étapes d'une procédure préventive et à en présenter les différents acteurs. Ensuite, nous procéderons à une première estimation des bénéfices d'une telle démarche sur base d'une méthode de calcul prédéfinie.

0.3 BIBLIOGRAPHIE

Sources écrites:

- 1) ALLEN,P. & KAPLAN, M.D (1985) *Allergy*, ed.Churchill Livingstone, New York
- 2) de BROUWER,Ch. (1998) *Médecine et problèmes d'environnement.Toxicologie industrielle et de l'environnement.Introduction à la médecine du travail. Introduction à la toxicologie*. Vol.1, PUB, Bruxelles.
- 3) MICHEL,O. *et al.* (1999) *Rapport: Dépistage de l'asthme en âge scolaire*.
- 4) FONDATION POUR LA PREVENTION DES ALLERGIES
[http:// www.oasis-allergie.org/oasis-spec.html](http://www.oasis-allergie.org/oasis-spec.html)
- 5) CASIMIR,G.; MARLIERE,G.; RONDEAU,G.; SPITAEELS,M.; TORMEN,S.; VAN ROKEGHEM, S. (1995) " Dossier: Le coût de l'asthme et de l'allergie en Belgique" in *OASIS*, n° 25, pp. 3-10)

Source orale:

- 6) Dr O. Michel, pneumo-allergologue (CHU St Pierre).

1. L'ASTHME ET LES AFFECTIONS RESPIRATOIRES ALLERGIQUES

Ce chapitre tentera d'éclairer le lecteur sur les mécanismes physiologiques responsables de la symptomatologie des affections respiratoires allergiques et de l'asthme en particulier.

Il est tout d'abord important de mentionner que la pathologie asthmatique se subdivise en deux sous-catégories: l'asthme extrinsèque, lié à des facteurs extérieurs (allergènes, substances irritantes) et l'asthme intrinsèque, inhérent à l'organisme. Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéresserons principalement aux mécanismes physiologiques induits par l'inhalation de substances externes à l'organisme car il est possible d'agir sur ces causes et de réduire les symptômes par le biais de mesures préventives. Bien sûr, dans la pratique, il est difficile de dissocier l'asthme intrinsèque de l'asthme extrinsèque car, l'asthme intrinsèque peut être amplifié par l'inhalation de substances externes à l'organisme.

1.1 MECANISMES PHYSIOLOGIQUES DES AFFECTIONS RESPIRATOIRES ALLERGIQUES ET DE L'ASTHME.

L'inhalation de pneumallergènes et/ou de substances chimiques irritantes présentes dans notre environnement intérieur peut générer ou intensifier les symptômes de l'asthme. En effet, ces substances engendrent l'obstruction des voies respiratoires par l'activation de deux mécanismes physiologiques que sont la broncho-constriction et l'inflammation (qui inclut oedème, hypersécrétion et activation de cellules neuronales). Ces mécanismes sont activés de manière différente selon que le patient est exposé à une source d'allergènes ou à une source de pollution chimique. Le passage qui suit tentera d'expliquer cette différence.(5)

1.1.1 Inhalation de pneumallergènes

L'allergène est une substance allergisante qui déclenche le processus allergique. Celui-ci est un processus évolutif que l'on peut décomposer en deux phases successives et distinctes: la sensibilisation et l'allergie proprement dite. Cette réaction se limite à la population génétiquement prédisposée que l'on définit comme *atopiques*.

1.1.1.1. Phase de sensibilisation

La phase de sensibilisation consiste en une série de réactions de type immunitaire qui amènent la personne non-allergique à développer une sensibilité vis-à-vis de certains allergènes.

Lorsqu'un individu non-allergique entre en contact avec un allergène, les réactions suivantes peuvent se produire (cas où l'allergène est inhalé):

a) Les allergènes inhalés sont phagocytés par les macrophages des muqueuses.

b) Les macrophages présentent les allergènes à des lymphocytes T possédant un récepteur adéquat et induisent la transformation de lymphocytes en plasmocytes. Les plasmocytes produisent des immunoglobulines E, IgE spécifiques aux allergènes inhalés. L'atopie est une prédisposition à fabriquer ces anticorps de type allergique vis-à-vis de protéines de l'environnement qui sont inoffensives pour la plupart des gens. Les antécédents héréditaires jouent un rôle important dans l'allergie et conditionnent l'apparition du terrain atopique. Cependant, le rôle de l'environnement est également décisif. (2)

c) Les IgE montrent une forte affinité pour les glycoprotéines de la membrane des cellules mastocytes et basophiles. Ces deux types de cellules se hérissent, dès lors d'anticorps, prêts à réagir lors d'un contact ultérieur avec les antigènes pour lesquels l'individu est maintenant sensibilisé. Mastocytes et basophiles se différencient par leur morphologie mais également par leur localisation au sein des tissus de l'organisme. Les mastocytes se trouvent en plus grande quantité à proximité des surfaces cutanées et des muqueuses. Ils seront donc les premiers à être impliqués dans le déclenchement des réactions allergiques; les basophiles quant à eux, se situent dans la circulation sanguine et peuvent migrer vers les différents tissus. (2)

La sensibilisation est un processus dont l'initiation dépend de caractéristiques génétiques propres à chaque individu ainsi que de la fréquence et de l'intensité du contact avec les allergènes. La gravité, l'étendue (locale ou systémique) et la fréquence (chronicité ou épisodes aigus) des symptômes allergiques dépendent de la quantité, de la persistance, de la distribution et de la capacité d'activation de l'antigène, de la réceptivité du système immunitaire de l'hôte et des facteurs qui régissent la fabrication, la libération, l'activité et le catabolisme (destruction) de ces médiateurs. (2)

1.1.1.2 Phase allergique

Après la phase de sensibilisation, qui peut prendre plusieurs mois, tout nouveau contact avec l'allergène pourra induire des symptômes caractéristiques d'un état allergique, à savoir: la rhinite (inflammation des voies respiratoires), l'asthme (contraction et gonflement des muqueuses, sécrétion importante de mucus conduisant à une altération de la capacité pulmonaire) et la conjonctivite.

Le mécanisme biochimique amenant l'apparition des symptômes allergiques commence par une association de l'allergène et de la partie libre des IgE présents sur la membrane des mastocytes. Cette liaison déclenche une cascade de réactions dont, notamment l'exocytose de granulocytes présents dans les mastocytes. Une quantité minimale d'allergènes est nécessaire pour qu'apparaisse une telle réaction. Cette dégranulation permet la libération de substances appelées "médiateurs de la réaction allergique" telle l'histamine et la prostaglandine (PGD2) ainsi que d'autres petites molécules telles l'héparine et des tryptases. L'histamine se lie à certains récepteurs cellulaires (appelés H1 et H2), occasionnant notamment la contraction

des muscles lisses des systèmes respiratoires et digestifs. Les symptômes de l'allergie peuvent alors apparaître. (2) (5)

Chez les patients souffrant d'asthme, on observe donc une contraction des muscles bronchiques déclenchée par des médiateurs mastocytaires (PG,H,..) sur les récepteurs cellulaires des tissus. Ces derniers déclenchent les mécanismes de broncho-constriction et activent les cellules responsables de la sécrétion de mucus. D'autres cellules sont activées et participent aux mécanismes IgE médiés, tels que les éosinophiles et les lymphocytes T. L'obstacle ainsi créé au passage de l'air à travers les voies aériennes empêche les échanges gazeux et provoque une sensation d'étouffement. Ainsi, la cavité pulmonaire se comprime, la cavité pleurale se dilate, induisant chez le patient une sensation d'oppression. En effet, suite à la compression de la cavité pulmonaire, le malade ressent le besoin d'inhaler plus fréquemment de l'air pour parvenir à l'équilibre. (5)

1.1.2 Inhalation de substances irritantes

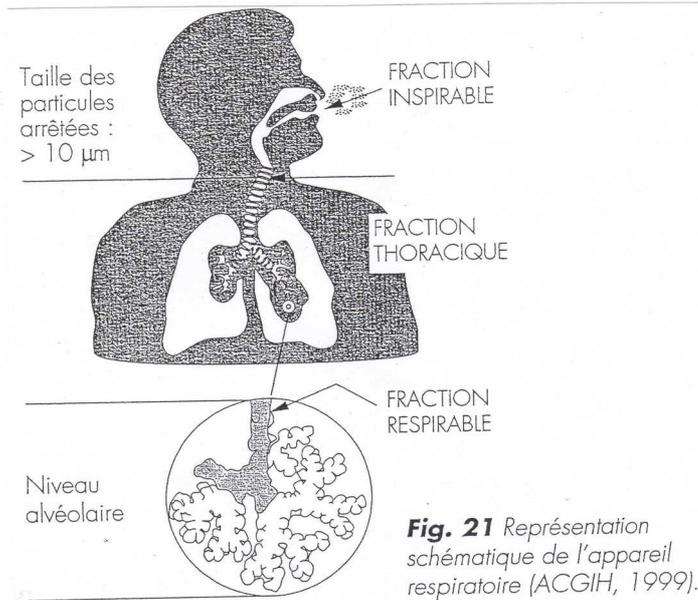
La sensibilité chimique ne peut être considérée comme une réaction immunitaire spécifique puisqu'elle n'implique pas de mécanismes de sensibilisation. Cependant, de par ses propriétés toxiques et irritantes et sa faculté à se fixer sur certaines molécules allergisantes, elle peut générer des mécanismes physiologiques en partie similaires à ceux observés lors d'une pathologie allergique: broncho-constriction et hypersécrétion causant l'effet obstructif. Ainsi, alors que la pollution biologique est reconnue comme un facteur allergisant réel, la pollution chimique, elle, est plutôt qualifiée de facteur irritant augmentant la susceptibilité de l'arbre bronchique. Certains polluants chimiques sont également qualifiés d'agresseurs rendant certaines molécules organiques plus allergisantes. (5)

Le processus inflammatoire déclenché par l'inhalation de ces substances est défini par les propriétés toxicologiques du xénobiotique contrairement aux allergènes dont l'allergénicité est déterminante. Ces contaminants chimiques, une fois inhalés, sollicitent l'activation de phospholipides bioactifs appelés leucotriènes C4, D4 et E4. Parmi leurs effets au niveau bronchique et systémique, on retiendra le bronchospasme, la sécrétion des muqueuses, la prolifération de tissus lisses et le recrutement de neutrophiles. Ces derniers libèrent des enzymes (ex. l'élastase) et des radicaux oxygénés très toxiques pour le tissu pulmonaire. (4) (5)

NOTE:

Un adulte inspire en moyenne 20 m³ d'air par jour. Ainsi, dans un logement dont l'air contient 360.000 spores/m³, il devrait respirer 7.200.000 spores en une journée. Heureusement, l'appareil respiratoire est conçu pour en refouler une large part à l'extérieur de l'organisme et d'en limiter ainsi les effets sur la santé. Le type et la gravité des symptômes dépendent de plusieurs facteurs, le premier étant le diamètre des particules. En effet, les particules de diamètre supérieur à 4 à 5 µm seront absorbées au niveau trachéo-broncho-bronchiolaire, tandis que celles de diamètre inférieur atteignent la surface alvéolaire. Les premières seront pour la plupart "exportées" à nouveau vers le naso-pharynx par l'épithélium cilié et expédiées à l'extérieur de l'organisme par la toux ou la mouchage. Pour accomplir ce transport de particules en dehors de l'organisme, celui-ci stimule l'activation des mécanismes de broncho-constriction et d'hypersécrétion au niveau d'absorption. Notons aussi que certains gaz toxiques (SO₂,NO_x,O₃) ainsi que la fumée de tabac peuvent altérer la fonction des muqueuses ciliaires prolongeant dès lors le contact avec les substances toxiques ou allergisantes. Les secondes pourront également être retransportées en partie vers l'extérieur de l'organisme. Cependant, le processus est plus lent au niveau des alvéoles car celles-ci ne contiennent pas de cellules ciliées. Les particules doivent, en effet, attendre que le fluide alvéolaire dans lequel elles baignent soit repris par la muqueuse ciliée. L'aérodynamisme et la solubilité constituent d'autres facteurs déterminant la zone d'absorption de ces contaminants: plus la particule est aérodynamique et moins elle est soluble, plus elle sera susceptible d'atteindre le système respiratoire distal. (3)

Représentation schématique de l'appareil respiratoire (1) :



Notons aussi que l'effort et le froid abaissent le seuil de réaction allergique et accroissent la sensibilité aux substances irritantes.

1.2 BIBLIOGRAPHIE

Sources écrites:

- 1) ACGIH *Bioaérosols: assessment and control*, American Conference of Governmental Industrial Hygienist, Cincinnati, 1999.
- 2) ALLEN, P & KAPLAN, M-D (1985) *Allergy*, ed. Churchill Livingstone, New York.
- 3) de BROUWER, Ch. (1998) *Médecine et problèmes d'environnement. Toxicologie industrielle et de l'environnement. Introduction à la médecine du travail. Introduction à la toxicologie*. Vol.1, PUB, Bruxelles.
- 4) SIBILLE, Y (1998) " Les antagonistes des leucotriènes" in *Louvain Med*, vol. 117, S380-S381.

Source orale:

- 4) Dr O. Michel, pneumo-allergologue (CHU St Pierre)

2. ESTIMATION DU COUT ANNUEL DE L'ASTHME EN BELGIQUE

L'asthme étant une pathologie fréquente à laquelle le patient et la société payent un lourd tribut, il serait utile d'évaluer les bénéfices résultant du développement et de l'application de méthodes préventives accessibles à tous. Pour ce faire, il convient de s'intéresser préalablement au coût annuel de l'asthme en Belgique pour le patient et pour la société. Ce chapitre tentera, dès lors, de présenter une estimation approximative de coût privé (à charge du patient) et du coût public (à charge de la société) de cette maladie. Les calculs seront réalisés sur base:

- des données publiées par la Fondation pour la Prévention des Allergies en 1995, au terme de l'enquête menée par le Dr Casimir (pneumologue pédiatre à l'Hôpital Universitaire des Enfants Reine Fabiola et membre du conseil scientifique de la Fondation pour la Prévention des Allergies).(3)
- du traitement moyen prescrit aux divers stades de la maladie (données collectées auprès du Dr Olivier Michel, pneumo-allergologue au CHU St Pierre) (12)

- du tout récent article publié en mai 2003 par *M.G. Cisternas et al.* dans la revue médicale *J Allergy Clin Immunology* au terme d'une étude approfondie sur les coûts annuels moyens directs et indirects de l'asthme imputés à la société américaine, menée en collaboration avec le MGC Data Services de Carlsbad, le Département de Médecine, l'Institut de Recherche Cardiovasculaire, l'Institut d'Hygiène et le Département de Biostatistiques et Epidémiologie de l'Université de Californie, San Francisco. Bien que la couverture sociale soit nettement moins avantageuse aux Etats-Unis qu'en Belgique et bien que certaines prestations médicales y soient sensiblement plus coûteuses, ce dernier article revêt, toutefois, un intérêt particulier car on y expose une vision assez détaillée de l'ensemble des coûts directs et surtout, indirects relatifs à chaque stade de la maladie qui, d'après les dires du Dr Olivier Michel, peuvent être en certains points comparables à la situation en Belgique. Certaines de ces données pourront donc être transposées dans nos estimations.(4)

Les coûts obtenus seront alors multipliés par la prévalence de la maladie en Belgique. D'après les résultats obtenus par le Dr Olivier Michel, la prévalence de l'asthme en Belgique atteint 6 à 8 pourcents de la population, autrement dit 6 à 800.000 personnes. Pour faciliter nos estimations, nous nous fonderons tout d'abord sur une prévalence maximale de 8% (800.000 personnes) (8). Nous utiliserons également d'autres statistiques émises par le Dr Olivier Michel concernant la prévalence attribuée à chaque stade de la maladie. Il serait également utile de se pencher sur le coût à venir de l'asthme puisqu'au terme de l'enquête menée auprès de 1881 enfants d'écoles Bruxelloises par le Dr. O. Michel, 6 à 7 % des 7-14 ans n'avaient pas été diagnostiqués (8).

Cette méthode d'estimation ne repose sur aucune technique d'évaluation économique déterminée. Ainsi, il est important de maintenir à l'esprit que les calculs et les chiffres obtenus tout au long de ce chapitre ne prétendent en aucun cas donner une idée précise et définitive du coût de la maladie. Ceux-ci tentent simplement de fournir une estimation grossière réalisée sur base de données existantes et de refléter les grandes tendances. Il convient donc d'apprécier ces estimations avec une certaine prudence.

Au terme de ces estimations, un tableau récapitulera les coûts annuels moyens (publics et privés) par patient pour chacune des catégories de coûts directs et indirects analysées (médicaments, traitement complémentaire, consultations, hospitalisations, kinésithérapie respiratoire, désensibilisation, appareillage, baisse de productivité) et ceci, à chaque stade de la maladie. Ensuite, sur base de ce même tableau, seront réalisés quatre autres tableaux présentant les coûts annuels directs et indirects de l'asthme à chaque stade de la maladie pour une prévalence totale de 600.000 et 800.000 individus atteints en Belgique et, pour une prévalence de 60.000 et 80.000 individus atteints en région bruxelloise².

2.1 INTRODUCTION

Dans notre pays, 6 à 8 % de la population souffrent de cette pathologie, autrement dit 6 à 800.000 personnes (8). L'asthme comporte quatre stades d'évolution définis en fonction de la sévérité des symptômes. Voici un tableau reprenant ces différents stades ainsi qu'un diagramme pyramidal indiquant la prévalence de l'asthme en Belgique ainsi que la proportion définie pour chaque stade de la maladie. Ces données sont déterminantes quant à l'évaluation des coûts et doivent impérativement être prises en compte dans les calculs.

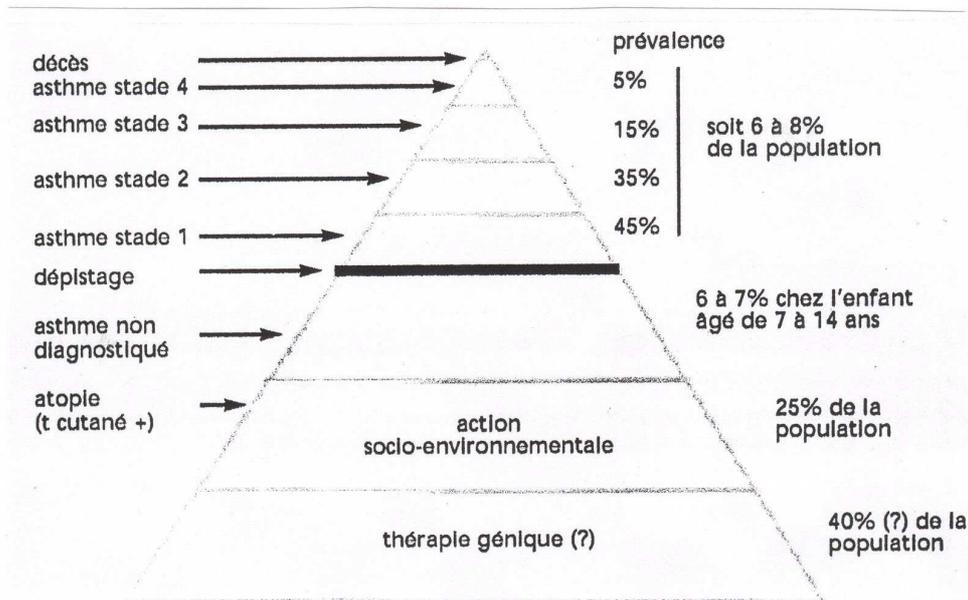
²La population bruxelloise représente environ 10% de la population totale.

2.1.1 Stadification (6)

<u>Stades</u>	<u>Fréquence des crises d'asthme ou crises de gêne respiratoire</u>	<u>Fréquence des crises ou manifestations d'asthme nocturne</u>	<u>Catégories</u>
Stade 1	1,2 ou moins de 3 fois par mois	moins de 2 fois par mois	Asthme intermittent
Stade 2	1 à 6 fois par semaine	2 à 4 fois par mois	Asthme persistant léger
Stade 3	1 à 2 fois par jour	2 à 4 fois par semaine	Asthme persistant modéré
Stade 4	En permanence	Presque toutes les nuits	Asthme persistant sévère

2.1.2 Prévalence (8) :

2.1.2 Prévalence (8) :



Note: D'autres données publiées dans la revue *Belgisch Instituut voor Gezondheidseconomie briefing*, font état d'une prévalence de 31% pour le STADE 1, de 29% pour le STADE 2, de 31 % pour le STADE 3 et enfin, 9 % pour le STADE 4 (2). Cependant, pour faciliter la compréhension du lecteur, nous nous baserons, de manière arbitraire, sur les données du *Dr O. Michel*. Il serait toutefois intéressant de déterminer les raisons de telles différences car celles-ci pourraient fortement influencer sur les coûts de la maladie.

2.1.3 Descriptif des enquêtes

Comme expliqué précédemment, les calculs se baseront également sur les chiffres publiés lors de deux enquêtes distinctes, l'une réalisée en Belgique (1990), l'autre aux Etats-Unis (1998-1999).

1) La première, dirigée par le *Dr Casimir* en 1990, fut menée auprès de 406 individus (220 adultes et 186 enfants). Chacun de ces patients a rempli et renvoyé un questionnaire d'enquête transmis à leur mutuelle par la Fondation pour la Prévention des Allergies afin d'obtenir des informations concernant les dépenses annuelles relatives au traitement de l'asthme et des allergies (médicaments, consultations médicales, désensibilisation, kinésithérapie, appareillage, et hospitalisations), les dépenses relatives à la prévention (aménagement du logement, éviction des animaux et du tabac, régime alimentaire). Quelques coûts indirects ont également été soulignés (indemnités invalidité, allocations familiales majorées, échec scolaire, cours de remédiation,...) sans pour autant fournir de montant précis à ce sujet. L'objectif de cette enquête était donc de chiffrer le coût moyen annuel (direct) des allergies et notamment de l'asthme pour le patient, l'asthme étant la pathologie allergique la plus rencontrée au cours de cette enquête (72%). Cette étude revêt, néanmoins, un

éclairage particulier en raison du statut social de l'échantillonnage. Effectivement, afin de réunir le plus de participants possibles, la Fondation a envoyé des questionnaires d'enquête à l'ensemble des mutualités belges. La majorité des réponses émanaient des mutualités socialistes car ces dernières ont mené ces enquêtes à domicile ou lors d'une permanence sociale. C'est pour cette raison que le groupe d'adultes interrogés se composait d'une forte proportion d'invalides, chômeurs ou ménagères:

- 56 % des hommes interrogés et 24% des pères d'enfants allergiques disposaient de faibles revenus (chômeurs, invalides, pensionnés...)

- 58 % des femmes interrogées et 55% des mères d'enfants allergiques disposaient de peu (chômeuses, invalides, pensionnées...) ou pas de revenus (ménagères).

- 27 % des 186 enfants interrogés étaient issus de familles ne possédant qu'un seul revenu.

D'après la Fondation pour la Prévention des Allergies, l'objectif premier de cette étude était d'évaluer la charge financière que représente l'allergie, et notamment l'asthme, au sein des ménages. Cependant, ces données relatives au statut social des personnes interrogées ont également permis de mesurer l'impact financier de la maladie dans des catégories sociales à faible revenu. En effet, l'ensemble des coûts directs de la maladie suffit parfois à déstabiliser financièrement certaines familles, les menant aux portes de la précarité. De plus, les restrictions successives dans le remboursement des soins de santé ne favorisent en rien la situation.

La présence d'une proportion importante d'individus issus de ménages défavorisés reflétait aussi les conséquences professionnelles de l'asthme: 38% des individus interrogés avaient un statut d'invalides.

Il est également important de mentionner que parmi les adultes, 31 % bénéficiaient d'un taux de remboursement préférentiel (tarif VIPO) auprès de leur mutualité pour les frais de consultations médicales, les frais d'hospitalisation, les médicaments,... Parmi les enfants, 10 % jouissent également d'un tarif VIPO et 16 % répondent aux critères d'attribution d'allocations familiales majorées. (3)

2) La seconde enquête patronnée par plusieurs scientifiques (*M.G Cisternas, MA; P.D. Blanc, MD, MSPH; I.H. Yen, PhD, MPH; P.P. Katz PhD; G.E. MS, M.D. Eisner, MD, MPH; S. Shiboski, PhD; E.H. Yelin, PhD.*) de l'Université de Californie, San Francisco entre 1998 et 1999, fut réalisée auprès d'un groupe d'étude de 401 patients adultes issus de la clientèle d'un échantillon randomisé de pneumologues, d'allergo-immunologues, et de médecins de familles dans le nord de la Californie. Ce dernier comportait 50 % d'asthmatiques légers (STADE 1 et 2), 34% d'asthmatiques modéré (STADE 3) et enfin, 16 % d'asthmatiques sévères. Cette étude avait pour but d'établir une estimation la plus détaillée possible du coût moyen annuel (direct et indirect) par patient en fonction du stade de la maladie, afin d'apprécier la charge financière supportée par la société pour chacun des stades de la maladie. Les 401 patients âgés de 18 à 50 ans ont dès lors été interrogés au sujet des dépenses et des pertes financières liées à leur état asthmatique au cours des douze mois précédents l'enquête. Les coûts directs et indirects pris en compte lors de cette enquête sont:

A.1./ les dépenses relatives au traitement médical

- visites au service des urgences,
- consultations (auprès d'un médecin généraliste, d'un pneumologue, d'un allergologue ou d'un ostéopathe) et soins infirmiers.
- hospitalisations,
- médicaments (prescriptions de bronchodilatateurs, de corticoïdes inhalés, bêta-2-mimétiques; prescriptions de médicaments afin de soulager certains symptômes plus généraux tels la rhinite allergique, la conjonctivite,... incluant les spray nasaux, les spray nasaux antihistaminiques, les comprimés antihistaminiques, les antibiotiques, les mucolytiques, les gouttes oculaires, les anti-ulcéralants, les anti-fongiques; phytothérapie (tisanes, inhalations,...) et médications alternatives (homéopathies, remèdes de médecine chinoise, et cures de vitamines)
- procédures médicales externes (spirométrie, vaccinations dans le cadre d'un traitement de désensibilisation, tests standards d'allergies, vaccinations contre la grippe et la pneumonie)

Le coût unitaire de l'ensemble des services médicaux (consultations, hospitalisations) a été calculé de manière générale sur base des données publiées en 1996 et 1997 par le MEPS (Medical Expenditure Panel Survey). Ces coûts ont ensuite été gonflés sur base des augmentations successives de l'Index des Prix à la Consommation opérées entre 1996,1997 et 1998 afin d'atteindre des coûts unitaires équivalents pour 1998. D'autres données concernant les hospitalisations ont été collectées auprès d'institutions médicales afin de déterminer le coût journalier d'une hospitalisation.

Le coût unitaire des médicaments ont quant à eux été déterminés sur base du *1999 Red Book* renfermant le prix de gros moyen des médicaments. Le coût annuel des médicaments prescrits par patient a été calculé sur base des dosages, de la durée et de la fréquence d'utilisation décrite par celui-ci au cours de l'année précédent l'enquête. C'est pour cette raison que les patients ont été interrogés à ce sujet de manière approfondie. Si ces données concernant le dosage n'ont pu être fournies, les responsables de l'enquête ont appliqué le dosage standard recommandé. Les remèdes alternatifs utilisés également dans le cadre d'un traitement de l'asthme (vitamines, homéopathie,...) n'ont pu être évalué de manière systématique et se sont vu attribuer la valeur moyenne de 10\$ par mois.

Pour ce qui est des procédures médicales dites « externes », le coût unitaire d'une vaccination contre la grippe ou la pneumonie a été défini à partir des données figurant dans le *1999 Red Book*. Pour la spirométrie, les chiffres utilisés proviennent du National Allowable Average (moyenne nationale acceptable) défini à partir du *Physicians Fee and Coding Guide*. Afin d'évaluer le coût moyen d'une immunothérapie spécifique, les responsables de l'enquête se sont fondés sur les données du MEPS (1996-1997). Ce coût moyen a ensuite été transposé au cours du dollar de 1998³. Pour déterminer le coût des skin tests standards, ils se sont référés aux coûts facturés au sein d'un centre médical non-universitaire. (4)

A.2./ les dépenses non-médicales:

- coûts de transports liés au traitement (déplacements chez le médecin, le pharmacien,...)
- coût des mesures d'éviction des facteurs déclenchants présents à l'intérieur de l'habitat (aménagement,...)
- coût d'une aide ménagère demandée suite à un certain degré d'incapacité
- coût d'une aide requise pour certaines tâches ménagères

³Au mois de décembre 1998, un dollar valait 0,86 euro.

Afin d'estimer le montant annuel moyen de ces dépenses, les responsables de l'enquête ont interrogé les patients sur les dépenses consenties à ces différentes catégories de dépenses non-médicales. (4)

B/ Les coûts INDIRECTS

- Baisse de la productivité (cessation complète de l'activité professionnelle suite à une incapacité profonde liée à l'asthme, réduction des heures de travail, absentéisme professionnel: journées entières et heures non-prestées)
- Baisse de productivité autre (heures d'incapacité comptabilisées pour des personnes ne travaillant pas mais éprouvant certaines difficultés à accomplir les tâches ménagères et ne pouvant se permettre d'engager une aide ménagère.)

Les pertes salariales résultant de l'absentéisme professionnel (calculé en nombre de jours ou d'heures d'absence) liés à cette pathologie ont été calculées sur base du salaire horaire moyen relatif à l'activité professionnelle publié par le National Compensation Survey (1998). Pour les sujets ayant été contraints de cesser leur activité professionnelle en raison d'une incapacité profonde, les pertes salariales ont été évaluées sur base du salaire annuel moyen pour un travailleur à temps plein ou à temps partiel. La baisse de productivité a également été prise en compte pour les personnes ne travaillant pas mais ayant rapporté un certain nombre d'heures d'inactivité (impossibilité d'assurer certaines tâches ménagères quotidiennes) liée à une incapacité temporaire provoquée par l'asthme.

Cette baisse d'activité s'est vue attribuer un montant basé sur le salaire horaire moyen d'une aide ménagère, à condition que la personne n'ait pas encore rapporté de dépenses directes consenties à une aide ménagère. (4)

2.2 ESTIMATION DU COUT ANNUEL DIRECT DE L'ASTHME EN BELGIQUE

2.2.1 Médicaments

Sources (5),(6),(12),(15)

2.2.1.1 Arsenal thérapeutique existant

Le traitement médicamenteux vise à corriger le bronchospasme causé par l'hyper-réactivité bronchique des voies respiratoires aériennes et à soigner l'inflammation des bronches. Le traitement de cette maladie repose, dès lors, sur une double stratégie thérapeutique adaptée au traitement de la crise et au traitement de fond.

2.2.1.1.1 Traitement de la crise

Pour le traitement du bronchospasme, le médecin traitant prescrit l'usage de bronchodilatateurs, outils thérapeutiques d'action brève visant à lever l'obstruction bronchique soulageant ainsi le patient oppressé. Parmi les médicaments bronchodilatateurs, on distingue les bêta-2-mimétiques (ou bêta-2-stimulants) d'action rapide et la théophylline.

Les bêta-2-mimétiques d'action courte (4 à 6 heures) sont des médicaments d'action spasmolytique, contribuant à réduire le spasme. Ces médicaments sont plus couramment vendus sous forme d'aérosol-doseur bien qu'il existe d'autres conditionnements (inhalation,...).

La théophylline est un médicament d'action antagoniste à la bronchoconstriction chez l'asthmatique. Cette substance inhibe la libération d'autacoïdes (histamines,...) par les mastocytes. Elle pourrait également modifier la libération des neurotransmetteurs.

2.2.1.1.2 Traitement de fond

Le traitement de fond (ou d'entretien) se subdivise en deux catégories:

1) -Traitement préventif de la crise:

Les bêta-2-mimétiques d'action prolongée constituent la pierre angulaire du traitement préventif des crises. En effet, souvent prescrits en association avec les corticoïdes inhalés (traitement de l'inflammation) afin d'offrir le traitement le plus optimal possible, ceux-ci se caractérisent par leur action bronchodilatatrice prolongée.

D'autres médicaments utilisés dans le traitement prophylactique de l'asthme appartiennent à la catégorie des "stabilisateurs de membranes". Cette catégorie comprend les cromones et le kétotifène.

Le Cromoglycate de sodium inhibe la dégranulation du mastocyte muqueux dont il stabilise la membrane en bloquant la pénétration intracellulaire du calcium. Il intervient donc à la phase précoce de l'hypersensibilité immédiate, phase mastocytaire IgE-dépendante après stimulation antigénique. Ce médicament agit également sur la phase retardée de l'hypersensibilité. Ceci explique son rôle dans l'asthme d'origine allergique. Cet effet s'exerce à la condition que le Cromoglycate soit administrés avant le contact avec l'allergène. L'efficacité thérapeutique de cette substance semble indiquée dans le traitement de l'asthme intermittent ou léger persistant, particulièrement chez l'enfant ou le sujet jeune.

Le kétotifène a un mode d'action similaire à celui des cromones mais il se distingue de ces derniers par un puissant effet antihistaminique conjoint résultant d'une compétition prolongée avec les récepteurs de l'histamine. Ce produit possède aussi des propriétés antianaphylactique. Les résultats cliniques (baisse de la fréquence et de la sévérité des crises) sont sensibles après une période de quatre semaines.

2) -Traitement de l'inflammation:

Il existe deux types de substances anti-inflammatoires destinées à soigner l'inflammation des bronches chez les patients asthmatiques:

- = Les corticoïdes inhalés
- = Les anti-leucotriènes

Les corticoïdes inhalés tels le béclométhasone, le fluticasone, ou encore le budésonide occupent une place privilégiée dans le traitement de fond de l'asthme. Administrés quotidiennement, les corticoïdes permettent de contrôler la réaction inflammatoire qui touche la muqueuse bronchique. La voie inhalée permet de délivrer le principe actif médicamenteux sur le lieu même de l'inflammation tout en limitant les effets secondaires généraux.

Les anti-leucotriènes ont été mis sur le marché pharmaceutique vers la fin des années nonante. Les leucotriènes sont des médiateurs de l'inflammation présents dans l'organisme sous forme de phospholipides. Ces derniers déclenchent certaines réactions inflammatoires notamment au sein des voies respiratoires: bronchospasmes, sécrétions des muqueuses...Afin de bloquer l'action de ces substances inflammatoires retrouvées en abondance dans l'arbre bronchique des patients asthmatiques, les chercheurs se sont penchés sur l'étude et l'élaboration de substance antagonistes: les anti-leucotriènes. Ce type de médicament semble convenir au patient souffrant d'asthme persistant léger à modéré en tant qu'adjuvant de la corticothérapie. Ceci afin de diminuer la dose de corticostéroïdes prescrite.

NOTE: les asthmatiques sévères nécessitent également la prise de corticoïdes en comprimés pendant les périodes d'exacerbation aiguës.

3) - Traitement préventif et anti-inflammatoire:

Une nouvelle classe médicamenteuse très efficace est en train de révolutionner le marché des produits pour le traitement de l'asthme. Ces médicaments appelés "combinaisons fixes " allient l'effet bronchodilatateur

d'un bêta-2-mimétique et anti-inflammatoire d'un corticoïde inhalé en associant les deux types de substances en un seul produit.

2.2.1.1.3. Médicaments complémentaires

Les médicaments complémentaires sont prescrits uniquement pour soulager les symptômes allergiques résultant d'une sensibilisation aux allergènes de pollens, acariens, moisissures,... Parmi ces symptômes, on retrouve ceux de la rhinite allergique et de la conjonctivite auxquelles l'asthme est associé dans 23 % des cas selon les résultats des deux études épidémiologiques internationales (ISAAC et ECRHS) menées dans le but de préciser l'importance des maladies allergiques et de l'asthme dans les différents pays.

1) Les antihistaminiques

Les antihistaminiques sont administrés aux allergiques afin d'inhiber la réaction allergique en bloquant l'émission des médiateurs de l'allergie (histamines) responsables du déclenchement de symptômes tels que la rhinite allergique...

2) Les sprays nasaux ou gouttes nasales

Ceux-ci sont prescrits dans le but de soulager l'obstruction nasale symptomatique de l'allergie respiratoire.

3) Les gouttes oculaires

Les gouttes oculaires soulagent les symptômes de la conjonctivite associés aux symptômes de la rhinite allergique.

2.2.1.2 Coût des médicaments sur base du traitement moyen prescrit actuellement:

2.2.1.2.1 Le traitement moyen prescrit actuellement est constitué de:

STADE 1: broncho-dilatateur à raison de 1 à 2 bouffées par crise

STADE 2: corticoïdes inhalés à raison de 50µg 2 x par jour
broncho-dilatateur à raison de 1 à 2 bouffées d'un par crise

STADE 3: combinaisons fixes de corticoïdes inhalés/bêta-2-mimétiques
(2 x 2 bouffées par jour)
broncho-dilatateur à raison de 1 à 2 bouffées d'un par crise

Note: Pour les stades 2 et 3, la durée d'administration du traitement de fond varie en fonction de l'étiologie de l'asthme dont souffre le patient. Un patient souffrant d'asthme pollinique ne prendra ce traitement que pendant la période durant laquelle le ou les pollens auquel(s) il est allergique prolifère(nt).

STADE 4: traitement similaire aux stades 3 et un comprimé de corticoïdes pendant les périodes de crises aiguës. (12), (15)

Afin de simplifier notre évaluation, nous nous baserons sur les prix des VENTOLIN, PULMICORT TURBOHALER, SYMBICORT puisqu'ils se situent dans un ordre de prix similaire à leur(s) équivalent(s) (BEROTEC, SERETIDE, FLIXOTIDE, ZYRTEC, RHINATHIOL COLLYRE...). Nous estimerons également le coût annuel moyen du traitement complémentaire sur base des prix de TELFAST 120, FLIXONASE et LIVOSTIN COLLYRE.

2.2.1.2.2 Prix pratiqués en pharmacie: (15)

<u>Bronchodilatateur</u>	<u>Contenu et posologie</u>	<u>Coût et ticket modérateur</u> <u>(T.m.)</u>
VENTOLIN 100 (GlaxoSmithKline)	<i>salbutamol</i> 100µg/dose, 200 doses Pos.: -Traitement du bronchospasme: adulte et enfant > 12 ans: 1 à 2 bouffées par crise. -Prévention des bronchospasmes: <i>adulte et enfant > 12 ans: 2</i> bouffées jusqu'à 4 fois/j.	Cat.B Coût: 5,23 euros T.m.: 1,31 euros T.m.VIPO: 0,78 euros
<u>Corticoïdes inhalés</u>	<u>Contenu et posologie</u>	<u>Coût et ticket modérateur</u> <u>(T.m.)</u>
PULMICORT TURBOHALER Poudre pour inhalation (AstraZeneca)	<i>budésonide</i> 200µg/dose, 100 doses Pos.: <i>adultes: 200 à 400 µg 1 fois/j.</i> (turbohaler) <i>enfant > 4 ans: 200 à 400 µg</i> 1 fois/j. (Turbohaler)	Coût: 24,91 euros T.m.: 9,96 euros T.m. VIPO: 7,97 euros

<u>Combinaisons fixes</u>	<u>Contenu et posologie</u>	<u>Coût et ticket modérateur</u> <u>(T.m.)</u>
SYMBICORT TURBOHALER <i>Combinaison fixe de PULMICORT et OXIS</i> Poudre pour inhalation (AstraZeneca)	<i>budésonide 160 µg/dose;</i> <i>formotérol 4,5 µg/dose</i> 120 doses Pos.: <i>adultes et enfants > 12 ans: 1</i> à 2 inhalations 2 fois/j. à diminuer si possible à 1 inhalation/j. Ne pas administrer aux enfants de moins de 12 ans.	Cat.Bf (Tiers Payant Acceptable) Coût: 59,72 euros T.m.: 9,90 euros T.m. VIPO: 6,60 euros

<u>Corticoïdes en cachets</u>	<u>Contenu et posologie</u>	<u>Coût et ticket modérateur</u> <u>(T.m.)</u>
MEDROL	<i>cortisone</i> boîte de 20 fois 32mg Pos.: 8 mg par jour (1/4 de comprimé)	Coût: 32 euros remboursé dans son intégralité

Traitement complémentaire: a: antihistaminiques

TELFAS 120 comprimés (pelliculés) (Aventis)	<i>fexofénadine (HCl)</i> 20 fois 120 mg Pos.: Traitement symptomatique de la rhinite allergique saisonnière chez les adultes et les enfants > 12	Cat.Cs Coût:11,28 euros T.m.: 6,77 euros T.m. VIPO: 6,77 euros
---	---	---

ans.
1 comp./j.

b: sprays nasaux

FLIXONASE	150 doses	Coût: 18,32 euros T.m.: 4,58 euros T.m. VIPO: 4,58 euros
-----------	-----------	--

c: gouttes ophtalmiques

LIVOSTIN COLLYRE		Coût: 10,81euros T.m. : 10,81euros T.m. VIPO: 10,81 euros
------------------	--	---

2.2.1.2.3 Evaluation du coût annuel des médicaments:

Avant de proposer une estimation du coût annuel moyen des médicaments, il est important de connaître le pourcentage de patients bénéficiant du tarif préférentiel VIPO. Selon les données statistiques de l'Inami au 30/06/2002, 12 % de la population bénéficiait d'un statut VIPO (14). Si l'on reporte ce pourcentage à la population asthmatique estimée à 800.000 individus en Belgique, le nombre d'asthmatiques titulaires de ce type de statut, s'élèverait dès lors à 96.000 personnes. Les 88% restants (800.000 - 96.000 = 704.000) ne jouissent d'aucun statut préférentiel

Passons désormais au coût du traitement prescrit en fonction de chaque stade de la maladie:

Afin de faciliter nos estimations nous nous fonderons sur le nombre maximum de périodes d'exacerbations décrites pour chacun des stades de la pathologie

STADE 1

Les asthmatiques au STADE 1 représentent 45% de la prévalence totale de cette pathologie en Belgique autrement dit: $45/100 \times 800.000 = 360.000$ individus.(8)

Comme l'indique le tableau de stadification de la maladie, les épisodes de manifestation de l'asthme au STADE 1 se limitent à un maximum de trois par mois en journée et 1 fois par mois pendant la nuit. Sachant également que le STADE 1 ne requiert en général que l'utilisation d'un bronchodilatateur type VENTOLIN (200 bouffées) à raison de 1 à 2 inhalations par crise, le patient, ne nécessitant dès lors que 4 à 8 doses par mois, consomme moins de la moitié du dosage contenu dans un bronchodilatateur. Compte tenu de l'ensemble de ces données et du coût du médicament (1,31 euros = ticket modérateur → 5,23 - 1,31 = 3,92 euros supportés par la collectivité ; 0,78 euros = ticket modérateur VIPO → 5,23 - 0,78 = 4,45 euros supportés par la collectivité), le montant annuel moyen de ce type de traitement pour un patient s'élèverait à : (12)

$$1,31 / 2 = 0,65 \text{ euros/ an/ patient non-VIPO}$$

$$0,78 / 2 = 0,39 \text{ euros/ an/ patient VIPO}$$

$$3,92 / 2 = 1,96 \text{ euros/ an/ patient supporté par la collectivité pour le ticket modérateur normal.}$$

$$4,45 / 2 = 2,22 \text{ euros / an/ patient supporté par la collectivité pour le ticket modérateur VIPO}$$

Afin d'évaluer le coût annuel total de ce type de traitement pour l'ensemble des asthmatiques au STADE 1, il convient de multiplier ces coûts par la prévalence de l'asthme STADE 1 au sein de la population asthmatique totale. Il est également important de tenir compte de la proportion bénéficiant du statut VIPO.

$$0,65 \times (88.\% \times 360.000) = 205.920 / \text{an à charge des patients non-VIPO}$$

$$0,39 \times (12 \% \times 360.000) = 16.848 / \text{an à charge des patients VIPO}$$

$$1,96 \times (88 \% \times 360.000) = 620.928 / \text{an à charge de la collectivité pour le ticket modérateur normal}$$

$$2,22 \times (12 \% \times 360.000) = 95904 / \text{an à charge de la collectivité pour le ticket modérateur VIPO}$$

STADE 2

Les asthmatiques au STADE 2 représentent 35% de la prévalence totale de cette pathologie en Belgique autrement dit: $35/100 \times 800.000 = 280.000$ individus.(8)

Comme l'indique le tableau de stadification de la maladie, les épisodes de manifestation de l'asthme au STADE 2 se limitent à un maximum de six fois par semaine en journée et de 4 fois par mois pendant la nuit. Sachant également que le STADE 2 requiert, en général, l'utilisation d'un bronchodilatateur type VENTOLIN (200 bouffées) à raison de 1 à 2 inhalations pour le traitement du bronchospasme; le patient, nécessitant dès lors un maximum de près de 700 inhalations par an, consomme 3,5 bronchodilatateurs par an. Compte tenu de l'ensemble de ces données et du coût du médicament (1,31 euros = ticket modérateur → 5,23 - 1,31 = 3,92 euros supportés par la collectivité ; 0,78 euros = ticket modérateur VIPO → 5,23 - 0,78 = 4,45 euros supportés par la collectivité), on peut déterminer la part représentée par les bronchodilatateurs dans le coût total du traitement.

Celui-ci comprend aussi l'usage d'un corticoïde inhalé tel que PULMICORT TURBOHALER (100 doses) à une fréquence de 1 à 2 doses par jour, autrement dit près de 350 à 700 doses par an. Un patient consommerait dès lors 4 à 7 PULMICORT TURBOHALER par an (9,96 euros = ticket modérateur → $24,91 - 9,96 = 14,95$ euros à charge de la société; 7,97 euros = ticket modérateur VIPO → $24,91 - 7,97 = 16,94$ euros à charge de la collectivité) (12)

Les estimations qui suivent surestiment sans doute le coût annuel d'un traitement moyen destiné à un asthmatique au STADE 2 pour deux raisons: premièrement, ces calculs sont fondés sur la dose maximale prescrite et deuxièmement, dans bon nombre de cas l'asthme peut être d'origine allergique. Ces derniers ne suivront donc ce traitement que sur une durée limitée dépendant de la période de sensibilisation.

Coût annuel du traitement pour un patient:

VENTOLIN

$1,31 \times 3,5 = 4,6$ euros/ an/ patient non-VIPO

$0,78 \times 3,5 = 2,7$ euros/ an/ patient VIPO

$3,92 \times 3,5 = 13,72$ euros/an/ patient non-VIPO à charge de la société

$4,45 \times 3,5 = 15,5$ euros/ an/ patient VIPO à charge de la société

PULMICORT TURBOHALER

$9,96 \times 7 = 69,7$ euros/ an/ patient non-VIPO

$7,97 \times 7 = 55,8$ euros/ an/ patient VIPO

$14,95 \times 7 = 104,7$ euros/an/ patient non-VIPO à charge de la société

$16,94 \times 7 = 118,6$ euros/ an/ patient VIPO à charge de la société

Afin d'évaluer le coût annuel total de ce type de traitement pour l'ensemble des asthmatiques au STADE 2, il convient de multiplier ces coûts par la prévalence de l'asthme STADE 2 au sein de la population asthmatique totale. Il est également important de tenir compte de la proportion bénéficiant du statut VIPO

VENTOLIN

$4,6 \times (88 \% \times 280.000) = 1.133.440$ euros/ an à charge des patients non-VIPO

$2,7 \times (12 \% \times 280.000) = 90.720$ euros/ an à charge des patients VIPO

$13,72 \times (88 \% \times 280.000) = 3.380.608$ euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients non-VIPO

$15,5 \times (12 \% \times 280.000) = 520.800$ euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients VIPO

PULMICORT TURBOHALER

$69,7 \times (88 \% \times 280.000) = 17.174.080$ euros/ an à charge des patients non-VIPO

$55,8 \times (12 \% \times 280.000) = 1.874.880$ euros/ an à charge des patients VIPO

$104,7 \times (88 \% \times 280.000) = 25.798.080$ euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients non-VIPO

$118,6 \times (12 \% \times 280.000) = 3.984.960$ euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients VIPO

STADE 3

Les asthmatiques au STADE 3 représentent 15% de la prévalence totale de cette pathologie en Belgique autrement dit: $15/100 \times 800.000 = 120.000$ individus.(8)

Comme l'indique le tableau de stadification de la maladie, les périodes d'exacerbation au STADE 3 se limitent à un maximum de 2 fois par jour en journée et de 4 fois par semaine pendant la nuit. Sachant également que le STADE 3 requiert, en général, l'utilisation d'un bronchodilatateur type VENTOLIN (200 bouffées) à raison de 1 à 2 inhalations pour le traitement du bronchospasme; le patient, nécessitant dès lors un maximum de près de 500 à 1000 inhalations par an, consomme 3 à 5 bronchodilatateurs par an. Compte tenu de l'ensemble de ces données et du coût du médicament ($1,31$ euros = ticket modérateur $\rightarrow 5,23 - 1,31 = 3,92$ euros supportés par la collectivité ; $0,78$ euros = ticket modérateur VIPO $\rightarrow 5,23 - 0,78 = 4,45$ euros supportés par la collectivité), on peut déterminer la part représentée par les bronchodilatateurs dans le coût total du traitement. Celui-ci comprend aussi l'usage d'une combinaison fixe telle que SYMBICORT TURBOHALER (120 doses) à une fréquence de 1 inhalation 2 fois par jour, autrement dit près de 730 doses par an. Lors de manifestations plus aigües de la maladie, le patient devra augmenter la dose à 2 inhalations deux fois par jour. Mais, ce genre de données étant difficilement disponibles, nous considérerons donc qu'un patient consomme 6 à 8 SYMBICORT TURBOHALER par an ($9,90$ euros = ticket modérateur $\rightarrow 59,72 - 9,90 = 49,82$ euros à charge de la société; $6,60$ euros = ticket modérateur VIPO $\rightarrow 59,72 - 6,60 = 53,12$ euros à charge de la collectivité)(12)

Les estimations qui suivent surestiment sans doute le coût annuel d'un traitement moyen destiné à un asthmatique au STADE 3 pour la raison suivante: dans bon nombre de cas, l'asthme peut être d'origine allergique. Les patients allergiques ne suivront donc ce traitement que sur une durée limitée dépendant de la période de sensibilisation.

VENTOLIN

$1,31 \times 5 = 6,5$ euros/ an/ patient non-VIPO

$0,78 \times 5 = 3,9$ euros/ an/ patient VIPO

$3,92 \times 5 = 19,6$ euros/an/ patient non-VIPO à charge de la société

$4,45 \times 5 = 22,2$ euros/ an/ patient VIPO à charge de la société

SYMBICORT TURBOHALER

$9,90 \times 8 = 79,2$ euros/ an/ patient non-VIPO

$6,60 \times 8 = 52,8$ euros/ an/ patient VIPO

$49,82 \times 8 = 398,6$ euros/an/ patient non-VIPO à charge de la société

$53,12 \times 8 = 424,9$ euros/ an/ patient VIPO à charge de la société

Afin d'évaluer le coût annuel total de ce type de traitement pour l'ensemble des asthmatiques au STADE 3, il convient de multiplier ces coûts par la prévalence de l'asthme STADE 3 au sein de

la population asthmatique totale. Il est également important de tenir compte de la proportion bénéficiant du statut VIPO.

VENTOLIN

$6,5 \times (88 \% \times 120.000) = 686.400$ euros/ an à charge des patients non-VIPO

$3,9 \times (12\% \times 120.000) = 56.160$ euros/ an à charge des patients VIPO

$19,6 \times (88 \% \times 120.000) = 2.069.760$ euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients non-VIPO

$22,2 \times (12 \% \times 120.000) = 319.680$ euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients VIPO

SYMBICORT TURBOHALER

$79,2 \times (88.\% \times 120.000) = 8.363.520$ euros/ an à charge des patients non-VIPO

$52,8 \times (12 \% \times 120.000) = 760.320$ euros/ an à charge des patients VIPO

$398,6 \times (88 \% \times 120.000) = 42.092.160$ euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients non-VIPO

$424,9 \times (12 \% \times 120.000) = 6.118.560$ euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients VIPO

STADE 4

Les asthmatiques au STADE 4 ne représentent que 5% de la prévalence totale de cette pathologie en Belgique autrement dit: $5/100 \times 800.000 = 40.000$ individus.(8)

Comme l'indique le tableau de stadification de la maladie, un asthmatique au STADE 4 souffre de bronchospasmes en permanence. Le traitement prescrit au STADE 4 requiert, l'utilisation d'un bronchodilatateur type VENTOLIN (200 bouffées) à raison de 1 à 2 inhalations pour le traitement du bronchospasme. Un patient à ce stade de la maladie nécessiterait donc plus de 2000 inhalations par an et consommerait alors plus de 10 bronchodilatateurs par an. Compte tenu de l'ensemble de ces données et du coût du médicament ($1,31$ euros = ticket modérateur $\rightarrow 5,23 - 1,31 = 3,92$ euros supportés par la collectivité ; $0,78$ euros = ticket modérateur VIPO $\rightarrow 5,23 - 0,78 = 4,45$ euros supportés par la collectivité), on peut déterminer la part représentée par les bronchodilatateurs dans le coût total du traitement. Celui-ci comprend aussi l'usage d'une combinaison fixe telle que SYMBICORT TURBOHALER (120 doses) à une fréquence de 2 inhalations 2 fois par jour, autrement dit près de 1460 doses par an. Un patient consommerait dès lors environ 12 SYMBICORT TURBOHALER par an ($9,90$ euros = ticket modérateur $\rightarrow 59,72 - 9,90 = 49,82$ euros à charge de la société; $6,60$ euros = ticket modérateur VIPO $\rightarrow 59,72 - 6,60 = 53,12$ euros à charge de la collectivité). Ce traitement doit souvent s'accompagner de la prise de corticoïdes en comprimés (MEDROL, 20 comprimés) pendant les périodes de crises aiguës à raison d'un quart de comprimé par jour. Ces périodes peuvent se prolonger pendant plusieurs jours voire plusieurs semaines. Cela dépend bien sûr d'un patient à l'autre. Pour faciliter nos estimations, nous baserons nos calculs sur une consommation moyenne de 2 boîtes de MEDROL(gratuit pour les patients $\rightarrow 32$ euros = ticket modérateur VIPO ou non-VIPO) par an.(12) (15)

VENTOLIN

$1,31 \times 10 = 13,1$ euros/ an/ patient non-VIPO

0,78 x 10 = 7,8 euros/ an/ patient VIPO
3,92 x 10 = 39,2 euros/an/ patient non-VIPO à charge de la société
4,45 x 10 = 44,5 euros/ an/ patient VIPO à charge de la société

SYMBICORT TURBOHALER

9,90 x 12 = 118,8 euros/ an/ patient non-VIPO
6,60 x 12 = 79,2 euros/ an/ patient VIPO
49,82 x 12 = 597,8 euros/an/ patient non-VIPO à charge de la société
53,12 x 12 = 637,4 euros/ an/ patient VIPO à charge de la société

MEDROL

Gratuit.

Afin d'évaluer le coût annuel total de ce type de traitement pour l'ensemble des asthmatiques au STADE 4, il convient de multiplier ces coûts par la prévalence de l'asthme STADE 4 au sein de la population asthmatique totale. Il est également important de tenir compte de la proportion bénéficiant du statut VIPO.

VENTOLIN

13,1 x (88 % x 40.000) = 461.120 euros/ an à charge des patients non-VIPO
7,8 x (12 % x 40.000) = 37.440 euros/ an à charge des patients VIPO
39,2 x (88% x 40.000) = 1.379.840 euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients non-VIPO
44,5 x (12 % x 40.000) = 213.600 euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients VIPO

PULMICORT TURBOHALER

118,8 x (88 % x 40.000) = 4.181.760 euros/ an à charge des patients non-VIPO
79,2 x (12 % x 40.000) = 380.160 euros/ an à charge des patients VIPO
597,8 x (88 % x 40.000) = 21.042.560 euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients non-VIPO
637,4 x (12 % x 40.000) = 3.059.520 euros/ an à charge de la collectivité pour l'ensemble des patients VIPO

MEDROL

(32 x 2) x 40.000 = 2.560.000

Récapitulatif des coûts liés aux médicaments:

STADE 1:

coût privé: 222.728 euros
coût public: 716.832 euros
total: 939.560 euros

STADE 1:

coût annuel moyen par patient
939.560 / 360.000 = **2,6 euros**

STADE 2:

coût privé: 20.273.120 euros
coût public: 33.684.448 euros
total: 53.957.568 euros

STADE 2:

coût annuel moyen par patient
 $53.957.568 / 280.000 = 192,7$
euros.

STADE 3:

coût privé: 9.866.400 euros
coût public: 50.600.160 euros
total: 60.466.560 euros

STADE 3:

coût annuel moyen par patient
 $60.466.560 / 120.000 = 503,9$
euros.

STADE 4:

coût privé: 5.060.480 euros
coût public: 28.255.520 euros
total: 33.316.000

STADE 4:

coût annuel moyen par patient
 $33.316.000 / 40.000 = 832,9$
euros.

Coût annuel total des médicaments:

148.679.688 euros

Traitement complémentaire

Ce type de traitement s'applique aux patients souffrant d'asthme associé à une rhinoconjonctivite allergique. En effet, ce type de médication (antihistaminiques, spray nasal, gouttes ophtalmiques) est administré uniquement dans le but de soulager les symptômes de cette pathologie allergique. Ces médicaments n'ont donc aucun effet sur l'asthme. (12)

D'après les résultats de deux études épidémiologiques internationales (ISAAC et ECRHS), l'asthme serait associé à une rhinoconjonctivite allergique dans 23 % des cas. Il est cependant difficile d'évaluer le montant de ce traitement sans données précises fournies par les patients concernant la durée et la fréquence d'utilisation de ce type de médicaments car le type d'allergie est déterminant (ex. allergie au graminée: période de sensibilisation étendue sur 2 mois). (12)

On peut malgré tout s'essayer à une estimation du coût annuel moyen de ce type de traitement sur base d'une période d'allergie saisonnière moyenne de 3 mois tout en sachant que cette période peut être plus courte ou bien plus longue en fonction du ou des allergènes auquel le patient est sensibilisé.

Pour une période de trois mois, le patient nécessiterait en moyenne 5 boîtes d'antihistaminiques de 20 comprimés, 3 sprays nasaux et 3 flacons de gouttes ophtalmiques.

ZYRTEC

5 x 6,77 = 33,85 euros à charge du patient

5 x (11,28 - 6,77) = 5 x 4,51 = 22,55 euros par patient à charge de la société

FLIXONASE

3 x 4,58 = 13,74 euros à charge du patient

$3 \times (18,38 - 4,58) = 3 \times 13,8 = 41,4$ euros par patient à charge de la société

LIVOSTIN COLLYRE

$3 \times 10,81 = 32,43$ euros à charge du patient

Afin d'évaluer le coût annuel moyen (coût privé + coût public) de ce type de traitement pour l'ensemble des patients souffrant d'asthme allergique (23 % des 800.000 asthmatiques = 184.000 patients), il convient de multiplier ces coûts par cette prévalence:

coût privé annuel:

$(33,85 + 13,74 + 32,43) \times 184.000 = 14.723.680$ euros/an

coût public annuel:

$(22,55 + 41,4) \times 184.000 = 11.766.800$ euros/an

coût total:

$14.723.680 + 11.766.800 = 26.490.480$ euros/an

coût annuel moyen par patient:

$26.490.480 : 760.000 = 34,8$ euros/an

Note: Nous avons divisé le coût total par 760.000 patients et non 800.000 car le traitement complémentaire ne concerne que très rarement les patients au STADE 4.

Récapitulatif des coûts liés au traitement complémentaire:

coût privé annuel:

14.723.680 euros

coût public annuel:

11.766.800 euros

coût total:

26.490.480 euros

coût annuel moyen par patient:

34,8 euros

2.2.2 Appareillage

L'appareillage destiné au traitement de l'asthme est entièrement supporté par le patient. Cet appareillage comporte:

Aérosoliseur: (appareil servant à administrer les médicaments directement via le système respiratoire afin que celui-ci atteigne les voies respiratoires profondes où se situe l'inflammation)

Le coût de cet appareillage, utilisé principalement par les jeunes asthmatiques au STADE 2,3 et 4 , varie en fonction des caractéristiques et de l'efficacité de l'appareil. Le coût moyen d'un aérosoliseur s'élève à 75 euros (15). Il est cependant difficile de déterminer le poids réel du coût de cet appareillage car les patients peuvent également le louer en pharmacie pour 1 euro par jour pendant la durée nécessaire pour enrayer l'inflammation (type bronchiolite,...). D'après l'enquête du *Dr Casimir*, 62% des patients asthmatiques, aurait

utilisé un aérosoliseur (3). Afin de faciliter nos estimations et de donner malgré tout une idée de la proportion du coût total représentée par ce type d'appareillage, nous fonderons nos calculs sur le prix d'achat moyen d'un aérosoliseur, même si le résultat obtenu surestime certainement la proportion réelle.

Coût total: $75 \times [62 \% (280.000 + 120.000 + 40.000)] = 20.460.000$ euros

Chambre d'inhalation (appareil servant à protéger le patient des effets secondaires des puffs)

Prix VOLUMATIC : 12,35 euros

Serait utilisé, selon l'enquête du *Dr Casimir*, par 13 % des patients (13 % x 800.000), autrement dit 104.000 patients.(3)

Coût total: $12,35 \times 104.000 = 1.284.400$ euros

Débitmètre de pointe (appareil permettant au patient de contrôler son asthme et de repérer précocement une chute éventuelle du débit respiratoire)

Prix: 2,50 euros

Serait utilisé, selon l'enquête du *Dr Casimir*, par 4 % des patients (4 % x 800.000), autrement dit 32.000 patients.(3)

Coût total: $2,50 \times 32.000 = 80.000$ euros

Bien sûr, étant donné que l'appareillage est amorti sur plusieurs années. Les coûts obtenus à la suite de ces estimations doivent donc être répartis sur le nombre d'années d'utilisation ((10 ans en moyenne pour un aérosoliseur, 20-30 ans) . Autrement dit:

aérosoliseur: $20.460.000 : 10 = 2.046.000$ euros/an

chambre d'inhalation: $1.284.000 : 30 = 42.800$ euros/an

débitmètre de pointe : $80.000 : 30 = 2.667$ euros/an

Récapitulatif des coûts d'appareillage:

2.046.000 euros

42.800 euros

2.667 euros

Coût annuel total de l'appareillage:

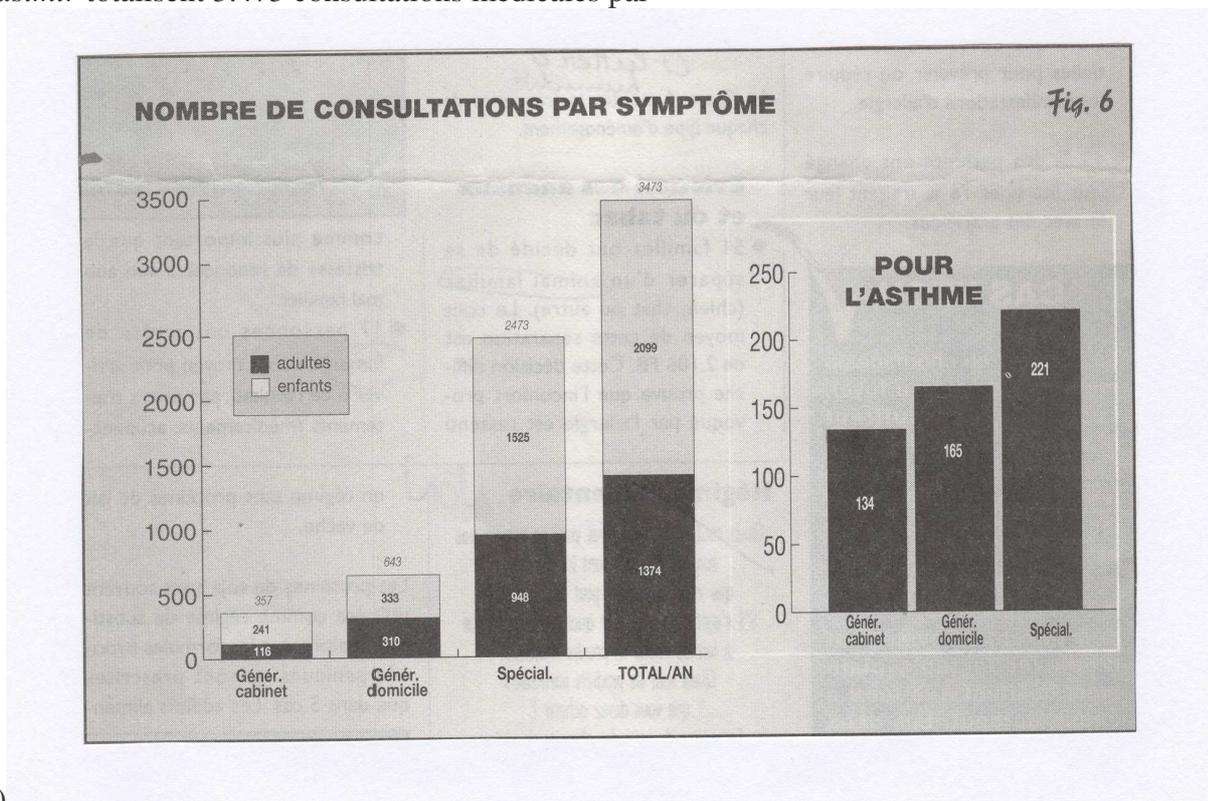
2.091.467 euros

Coût annuel moyen pour 1 patient:

$2.091.467 / 800.000 = \underline{\underline{2,6}}$ euros

2.2.3. Consultations

Les consultations médicales peuvent s'opérer au cabinet d'un médecin généraliste, à domicile par un médecin généraliste ou encore au cabinet d'un spécialiste. Les 406 personnes interrogées lors de l'enquête du *Dr Casimir* totalisent 3.473 consultations médicales par



an.(3)

Graphique:Nombre de consultations total et nombre de consultation pour l'asthme (3):

Coût annuel des consultations à charge du patient (= coût privé):

Le coût annuel des consultations enregistrées pour les 406 patients interrogés se monte à 1207,8 euros pour les visites au cabinet d'un généraliste dont 37,5 % ($134 / 357 \times 100 = 37,5 \%$) pour les asthmatiques, à 2055,2 euros pour les visites du généraliste à domicile dont 25,7 % ($165 / 643 \times 100 = 25,7 \%$) à charge des asthmatiques, et 10151,9 euros dont 9 % ($221 / 2473 \times 100 = 9 \%$) à charge des asthmatiques. Les dépenses de consultations médicales attribuées aux asthmatiques représentent 14 à 15 % du coût annuel total des consultations à charge des 406 patients. Ce coût s'élève à 13.414,9 euros. (3)

L' estimation des coûts de consultation supportés par les patient devrait être effectuée en fonction des différents stades de la maladie car un asthmatique modéré ou sévère doit consulter plus régulièrement qu'un asthmatique léger. Cependant, ces données n'étant pas disponibles, nous procéderons à une estimation moyenne des dépenses annuelles de consultations pour chaque patient et ensuite, pour l'ensemble des patients asthmatiques.

1) *Consultations au cabinet du généraliste:*

Coût annuel à charge d'un patient interrogé:
(37,5 % x 1207,8) : 294 = 1,5 euros

Coût annuel total à charge de la population asthmatique belge
1,5 x 800.000 = 1.200.000 euros/ an à charge de l'ensemble des patients asthmatique

2) *Consultations d'un généraliste à domicile:*

Coût annuel à charge d'un patient:
(25,7 % x 2055,2) : 294 = 1,8 euros

Coût annuel total à charge de la population asthmatique belge
1,8 x 800.000 = 1.440.000 euros/ an à charge de l'ensemble des patients asthmatique

3) *Consultations au cabinet d'un spécialiste*

Coût annuel à charge d'un patient:
(9 % x 10151,9) : 294 = 3,1 euros

Coût annuel total à charge de la population asthmatique belge
3,1 x 800.000 = 2.480.000 euros/ an à charge de l'ensemble des patients asthmatique

4) *Coût annuel total de l'ensemble des consultations*

Coût annuel total de l'ensemble des consultations à charge d'un patient:
1,5 + 1,8 + 3,1= 6,4 euros/an

Coût annuel total de l'ensemble des consultations à charge de de l'ensemble de la population asthmatique:
1.200.000 + 1.440.000 + 2.480.000 = 5.120.000 euros/an

Coût annuel des consultations à charge de la société (= coût public):

Selon l'enquête du *Dr Casimir*, les frais résultant des différentes consultations des 406 patients occasionnent un coût annuel à la collectivité de 5196,5 euros pour les consultations au cabinet d'un généraliste dont 37,5 % à charge des patients asthmatiques, de 6423,8 euros pour les consultations à domicile dont 25,6 % pour les asthmatiques, et enfin, de 34600,1 euros pour les consultations au cabinet d'un spécialiste dont 9 % pour les asthmatiques. Le coût annuel total des consultations à charge de la collectivité pour les 406 patients interrogés s'élève à 46.220,4 euros, dont une proportion de 14 à 15 % attribuée aux asthmatiques (3). Cette évaluation devrait également être effectuée en fonction du nombre de visites exigés par les différents stades de la maladie. Cependant, ces données n'étant pas disponibles, nous procéderons à une estimation annuelle moyenne des dépenses de consultations pour un patient et ensuite, pour l'ensemble des patients asthmatiques à charge de la collectivité:

1) *Consultations au cabinet du généraliste:*

Coût annuel à charge d'un patient interrogé:

$$(37,5 \% \times 5196,5) : 294 = 6,6 \text{ euros}$$

Coût annuel total à charge de la population asthmatique belge

$$6,6 \times 800.000 = 5.280.000 \text{ euros/ an à charge de l'ensemble des patients asthmatiques}$$

2) *Consultations d'un généraliste à domicile:*

Coût annuel à charge d'un patient:

$$(25,7 \% \times 6423,8) : 294 = 5,6 \text{ euros}$$

Coût annuel total à charge de la population asthmatique belge

$$5,6 \times 800.000 = 4.480.000 \text{ euros/ an à charge de l'ensemble des patients asthmatiques}$$

3) *Consultations au cabinet d'un spécialiste*

Coût à charge d'un patient:

$$(9 \% \times 36400,1) : 406 = 11,11 \text{ euros}$$

Coût moyen total à charge de la population asthmatique belge

$$11,1 \times 800.000 = 8.880.000 \text{ euros/ an à charge de l'ensemble des patients asthmatiques}$$

4) *Coût annuel total de l'ensemble des consultations*

Coût annuel total de l'ensemble des consultations à charge d'un patient:

$$6,6 + 5,6 + 11,1 = 23,3 \text{ euros/an}$$

Coût annuel total de l'ensemble des consultations à charge de l'ensemble de la population asthmatique:

$$5.280.000 + 4.480.000 + 8.880.000 = 18.640.000 \text{ euros/an}$$

**Le coût annuel total (coût privé + coût social) des consultations s'élèverait à :
5.120.000 + 18.640.000 = 23.760.000 euros par an**

D'après les données de l'étude californienne relatives au coût annuel des consultations à chaque stade de la maladie, on observe que les consultations pour les STADES 1 et 2 représentent 15 % du coût total des consultations pour l'ensemble des stades de la maladie ($[198 / (198 + 324 + 833)] \times 100 = 15 \%$); les consultations pour le STADE 3 représentent 24 % ($[234 / 1355] \times 100$); les consultations pour le STADE 4 représentent 61% ($[833 / 1355] \times 100$) (4). A partir de ces données, on peut estimer très grossièrement le coût annuel total des consultations à chaque stade de la maladie et le coût annuel moyen pour chaque patient à chaque stade de la maladie.

STADE 1 et 2 : $23.760.000 \times 15\% = 3.564.000$ euros pour l'ensemble des patients aux STADES 1 et 2 (360.000 + 280.000 = 640.000 patients) $3.564.000 / 640.000 = 5,6$ euros par an par patient. Ce chiffre semble peu élevé mais cela peut être dû au fait que ces patients ne consultent pas chaque année pour leur asthme et se font prescrire leurs médicaments lors d'une consultation non-liée à l'asthme.

STADE 3 : $23.760.000 \times 24 \%$ = 5.702.400 000 euros pour l'ensemble des patients au STADE 3 (120.000 patients): $5.702.000 / 120.000 = 47,5$ euros par an par patient

STADE 4 : $23.760.000 \times 61\%$ = 14.493.600 euros pour l'ensemble des patients au STADE 4 (40.000 patients): $14.493.600 / 40.000 = 362,3$ euros

Récapitulatif des coûts liés aux consultations:

Coût privé: 5.120.000 euros
Coût social: 18.640.000 euros
Coût annuel total des consultations:
23.760.000 euros

Coût annuel moyen par patient:
STADE 1 et 2 : **5,6 euros**
STADE 3 : **47,5 euros**
STADE 4 : **362,3 euros**

2.2.4 Hospitalisations

Selon l'enquête du *Dr Casimir*, le coût annuel d'hospitalisation supporté par les 406 patients s'élèverait à 12994,9 euros. L'enquête révèle que sur les 406 patients interrogés, 22% avaient subi une

hospitalisation dont une très forte majorité d'asthmatiques (3). Dès lors, nous utiliserons un pourcentage arbitraire de 20 % afin de refléter un peu mieux le pourcentage d'hospitalisations répertoriés lors de l'enquête et pouvant être attribuées à l'asthme. Ce pourcentage est assez élevé en raison de la proportion élevée de personnes à faible revenu ayant répondu à l'enquête or l'on sait que la sévérité des symptômes est accrue au sein des familles défavorisées.

D'après les données du *Dr Olivier Michel*, les hospitalisations concernent en grande majorité les patients sévèrement atteints (STADE 4) or ceux-ci ne représentent que 5 % de la prévalence de la population asthmatique belge (12). Pour cette raison, nous calculerons d'abord le prix unitaire d'une hospitalisation sur base des données de l'enquête. Ensuite, nous multiplierons le chiffre obtenu par le pourcentage réel de malades au STADE 4.

Coût annuel supporté par le patient (= coût privé):

Pourcentage du montant total consacré aux asthmatiques:

$$20/22 \times 100 = 91 \rightarrow 91/100 \times 12994,9 = 11825,3 \text{ euros}$$

Nombre de patients asthmatiques interrogés ayant nécessité une ou plusieurs hospitalisations:

$$20/100 \times 294 = 58,8$$

Proportion d'asthmatiques au STADE 4 au sein de la population asthmatique totale:

$$5/100 \times 800.000 = 40.000$$

Coût annuel moyen de l'hospitalisation par patient

$$11825,3 / 58,8 = 201,1 \text{ euros/ patient /an}$$

$$\mathbf{40.000 \times 201,1 = 8.044.000 \text{ euros/ an pour l'ensemble des patients}}$$

Coût annuel supporté par la société (= coût public):

Selon l'enquête, le coût annuel d'hospitalisation supporté par la société pour les 406 patients interrogés s'élèverait à 195.526 euros. Or l'enquête révèle que sur ces 406 patients, 22% avaient subi une hospitalisation dont une très forte majorité d'asthmatiques (3). Dès lors, nous utiliserons arbitrairement un pourcentage arbitraire de 20 % afin de nous rapprocher au mieux de la réalité.

Pourcentage du montant total consacré aux asthmatiques:

$$20/22 \times 100 = 91 \rightarrow 91/100 \times 195.526 = 177.928,7 \text{ euros}$$

Nombre de patients asthmatiques interrogés ayant nécessité une ou plusieurs hospitalisations

$$20/100 \times 294 = 58,8$$

Proportion d'asthmatiques au STADE 4 au sein de la population asthmatique totale
 $5/100 \times 800.000 = 40.000$

Coût annuel moyen de l'hospitalisation par patient à charge de la société
 $177.928,7 / 58,8 = 3026$ euros/ patient /an

$3026 \times 40.000 = 121.040.000$ euros/ an à charge de la société pour l'ensemble des patients asthmatiques hospitalisés.

Récapitulatif des coûts d'hospitalisation:

Coût privé: 8.044.000

Coût social: 121.040.000

Coût annuel total des consultations:

129.084.000 euros

Coût annuel moyen pour 1 patient au STADE 4

$128.644.000 / 40.000 = \underline{\underline{3227,1}}$ euros

2.2.5 Désensibilisation

Selon l'enquête du *Dr Casimir*, 28 % des 406 patients suivaient une cure d'immunothérapie contre l'antigène responsable (désensibilisation). L'immunothérapie spécifique dans les affections respiratoires allergiques implique l'administration prophylactique d'extraits allergéniques spécifiques à des doses croissantes, dans le but de réduire la sensibilité spécifique à l'allergène ainsi que les symptômes qui en résultent (3).

Ces 28 % renferment une très large majorité d'asthmatiques. Et, si l'on s'en réfère aux résultats d'ISAAC et ECHRS, 23 % des cas d'asthme (STADE 1, STADE 2 et parfois STADE 3) seraient associés à des cas de rhinoconjonctivite allergique. C'est ce pourcentage que nous utiliserons dans nos calculs. Ainsi, une fois que nous aurons évalué le coût d'un traitement de désensibilisation sur base des données de l'enquête, nous multiplierons les données obtenues par la proportion totale d'asthmatiques d'origine allergiques en Belgique ($23\% \times [(45\% + 35\% + 15\%) \times 800.000] = 174.800$ patients).

Coût annuel supporté par les patients (= coût privé):

Au vu des résultats de l'enquête du *Dr Casimir*, le montant annuel des traitements de désensibilisation à charge des 406 patients atteint 6624,8 euros (3). Or, ce montant vaut pour 28 % des patients (3). Il convient donc d'abord d'évaluer le pourcentage de ce montant attribué aux asthmatiques.

Pourcentage du montant total consacré aux asthmatiques:

$$23/28 \times 100 = 82 \rightarrow 82/100 \times 6624,8 = 5432,3 \text{ euros}$$

Nombre d'asthmatiques de l'enquête ayant subi une désensibilisation:

$$23/100 \times 294 = 73,5$$

Proportion totale d'asthmatiques d'origine allergiques en Belgique:

$$23\% \times [(45\% + 35\% + 15\%) \times 800.000] = 174.800 \text{ patients}$$

Coût unitaire d'une cure de désensibilisation:

$$5432,3 / 73,5 = 73,9 \text{ euros/ patient en cure/an}$$

174.800 x 73,9 = 12.917.720 euros/ an pour l'ensemble des patients.

Coût annuel supporté par la société (= coût public):

Selon les chiffres avancés par l'enquête, le coût annuel des traitements de désensibilisation supporté par la société se monterait à 8871,4 euros.

Pourcentage du montant total consacré aux asthmatiques:

$$23/28 \times 100 = 82 \rightarrow 82/100 \times 8871,4 = 7274,5 \text{ euros}$$

Nombre d'asthmatiques de l'enquête ayant subi une désensibilisation:

$$23/100 \times 294 = 73,5$$

Proportion totale d'asthmatiques d'origine allergiques en Belgique:

$$23\% \times [(45\% + 35\% + 15\%) \times 800.000] = 174.800 \text{ patients}$$

Coût unitaire d'une cure de désensibilisation à charge de la collectivité:

$$7274,5 / 73,5 = 98,9 \text{ euros/ patient en cure/an}$$

174.800 x 98,9 = 17.287.720 euros/ an pour l'ensemble des patients.

Récapitulatif des coûts liés aux traitements de désensibilisation:

Coût privé: 12.917.720 euros

Coût social: 17.287.720 euros

Coût annuel total des consultations:

30.205.440 euros

Coût annuel moyen pour 1 patient:

$30.013.160 / 760.000 = \mathbf{37,7 \text{ euros}}$

Note: Nous avons divisé le montant total par 760.000 et non 800.000 car les traitements de désensibilisation ne concernent que très rarement les malades au STADE 4.

2.2.6 Kinésithérapie

Au regard des statistiques publiées dans l'enquête du *Dr Casimir*, 25% des patients asthmatiques interrogés suivraient en moyenne une à trois séances de kinésithérapie respiratoire en période de crises aiguës. Cette période peut parfois s'étendre sur plusieurs mois. Cependant, l'Inami a déjà réduit à plusieurs reprises le nombre de séances remboursées par pathologie, ce qui élève sensiblement le coût à charge des patients. Seuls les patients atteints d'une pathologie lourde répertoriée comme telle dans une liste établie par l'Inami, bénéficient d'un nombre illimité de séances remboursées or l'asthme n'en fait pas encore partie.(3)

Ce pourcentage d'asthmatiques nécessitant des séances de kinésithérapie respiratoire est assez élevé en raison, encore une fois, de la proportion élevée de personnes à faible revenu ayant répondu à l'enquête or l'on sait que la sévérité des symptômes est accrue au sein des familles défavorisées.

D'après les données du *Dr Olivier Michel*, seuls les patients sévèrement atteints (STADE 4) se voient prescrire des séances de kinésithérapie respiratoire or ceux-ci ne constituent que 5 % de la prévalence de la population asthmatique belge (12). C'est pourquoi, nous évaluerons d'abord les dépenses allouées à ce type de traitement par patient sur base des données de l'enquête. Ensuite, nous multiplierons le chiffre obtenu par le pourcentage réel de malades au STADE 4.

Coût annuel supporté par le patient (coût privé):

Selon les données de l'enquête du *Dr Casimir*, le coût annuel pour les 25% d'asthmatiques s'élèverait à 91.488,7 euros (3).

Nombre de patients asthmatiques interrogés ayant nécessité de la kinésithérapie respiratoire
 $25/100 \times 294 = 73,5$

Proportion d'asthmatiques au STADE 4 au sein de la population asthmatique totale
 $5/100 \times 800.000 = 40.000$

Coût annuel moyen de la kinésithérapie respiratoire

$91.488,7 / 73,5 = 1244,7$ euros/ patient nécessitant une kinésithérapie respiratoire/an

40.000 x 1244,7 = 49.788.000 euros/ an pour l'ensemble des patients nécessitant une kinésithérapie respiratoire.

Coût annuel supporté par la société (coût public):

Selon l'enquête du *Dr Casimir*, le coût annuel de la kinésithérapie respiratoire à charge de la société pour les 74 patients concernés se chiffrerait à 150.909,9 euros (3).

Nombre de patients asthmatiques interrogés ayant nécessité de la kinésithérapie respiratoire
 $25/100 \times 294 = 73,5$

Proportion d'asthmatiques au STADE 4 au sein de la population asthmatique totale
 $5/100 \times 800.000 = 40.000$

Coût annuel moyen de la kinésithérapie respiratoire à charge de la collectivité
 $150.909,9 / 73,5 = 2053,2$ euros/ patient nécessitant une kinésithérapie respiratoire/an

40.000 x 2053,2 = 82.128.000 euros/ an pour l'ensemble des patients nécessitant une kinésithérapie respiratoire.

Récapitulatif des coûts liés à la kinésithérapie respiratoire:

Coût privé: 49.788.000 euros

Coût social: 82.128.000 euros

Coût annuel total des consultations:

131.916.000 euros

Coût annuel moyen pour 1 patient au STADE 4

$131.916.000 / 40.000 = \underline{\underline{3297,9}}$ euros

2.2.7 Comparaison avec les chiffres avancés par l'étude californienne:

Tableaux des coûts moyens directs pour un patient publiés au terme de l'étude californienne (4):

TABLE II. Direct annual asthma-related costs by category of interviewed adults with asthma (n = 401) adjusted to 1998

dollars	Source of cost	% With any cost	Mean
	Medical treatment of asthma	99	2697
	Emergency department visits	15	184†
	Hospitalizations	7	463†
	Medications	98	1605
	Prescription bronchodilators and anti-inflammatory agents	94	962
	Other asthma-related prescription medications‡	87	581
	Over-the-counter and herbal remedies for asthma	62	61
	Ambulatory visits	75	342
	Physicians and osteopaths	74	310
	Nurse practitioners	1	1†
	Other practitioners§	4	31
	Outpatient medical procedures	75	104
	Nonmedical asthma costs	60	483
	Transportation for medical care	21	17
	Housekeeping assistance caused by disability	13	186
	Help with special household chores	8	119
	Household allergy control measures	51	161
	Total costs	99	3180

A la vue des ces chiffres ajustés au cours du dollar de 1998 (1 dollar = 0,86 euros), on constate directement que les dépenses médicales annuelles dépassent largement les estimations rapportées précédemment dans ce chapitre (2697 dollars = 2320 euros). Ceci peut en partie s'expliquer par trois raisons principales:

→ Tout d'abord, l'échantillon de cette étude comporte une large proportion d'asthmatiques aux STADES 3 (34%) et 4 (16 %) , soit près de deux à trois fois plus que les pourcentages sur lesquels se sont fondés les estimations qui précèdent. Or l'on sait que ce sont ces catégories de patients qui pèsent le plus lourd dans les dépenses consacrées au traitement médical. Prenons l'exemple des médicaments propres au traitement de l'asthme (bronchodilatateurs, bêta-2-mimétiques, corticoïdes,...962 dollars = 827,3 euros). Ce chiffre semble, en effet élevé, mais l'on sait d'après les données récoltées précédemment que le STADE 3 et 4 pèsent respectivement, 40 ($(60.466.560 / 148.679.688) \times 100 = 40 \%$) et 22 % ($(33.316.000 / 148.679.688) \times 100 = 22 \%$) dans les dépenses relatives à ce type de médicaments. Les dépenses relatives aux hospitalisations reflètent elles aussi la présence d'un pourcentage assez important de malades au STADE 4.

→ Ensuite, le coût moyen annuel de l'ensemble des médicaments (1602 dollars = 1377,7 euros) comporte une certaine proportion allouée à la consommation de médicaments associés au traitement de l'asthme tels les spray nasaux (stéroïdes), spray nasaux (Atrovent), spray nasaux antihistaminiques et autres spray nasaux vendus sans prescription médicale, comprimés antihistaminiques, antibiotiques, anti-ulcéralants,...(581 dollars = 499,6 euros). Ce montant renferme également une part allouée aux remèdes de type dits "alternatifs" tels les traitements homéopathiques, la phytothérapie (médecine chinoise), les tisanes,...61 dollars = 52,4 euros.

→ Enfin, la dernière raison concerne les différentes prestations médicales nécessaires au traitement de l'asthme (consultations médicales, visites aux urgences, hospitalisations, désensibilisation). Il faut savoir qu'aux Etats-Unis, le coût unitaire de ces services médicaux est nettement plus élevé qu'en Belgique. C'est en partie pour cette raison que le montant relatif à ces services publié dans ce tableau est sensiblement plus élevé que le montant figurant dans les estimations qui précèdent. De plus, ces dernières ne prennent pas en compte les visites aux urgences.

Le coût annuel moyen total (3180 dollars = 2734,8 euros) pour le traitement d'un patient rapporté dans ce tableau est également élevé car il inclut les dépenses dites "non-médicales" liées au traitement de l'asthme: coûts de transport, aides ménagères permanentes ou ponctuelles, aménagement de l'habitat dans le cadre de l'application de mesures préventives. Ces dépenses s'élèvent en moyenne à 483 dollars (= 415,4 euros). Ces coûts devraient également être pris en compte pour une estimation plus précise du coût de l'asthme en Belgique. C'est pourquoi, il serait intéressant d'obtenir ce genre de données dans une enquête future.

2.3 ESTIMATION DES COÛTS INDIRECTS DE L'ASTHME

A tous ces coûts directs s'additionnent de nombreux coûts indirects résultant de l'inconfort de vie associé à cette maladie.: absentéisme professionnel ou cessation de l'activité (dû à la maladie elle-même ou à la nécessité d'être présent auprès d'un enfant malade), absentéisme scolaire (durée moyenne d'absence pour des enfants asthmatiques entre 2 et 12 ans : 22 jours/trimestre)(3), retard scolaire, cours particuliers, frais de garde d'enfants, allocations familiales majorées, pertes d'emploi, indemnités d'invalidité,...Ces coûts reflètent l'impact socio-économique de l'asthme mais sont extrêmement difficiles à chiffrer. On sait cependant que, d'après l'étude du *Dr Casimir*, 38% des patients interrogés avaient un statut d'invalidité et que 16 % des enfants ont droit aux allocations familiales majorées (3). Si l'on se rapporte à la prévalence totale de la population asthmatique, la majorité de ces coûts concernent principalement les malades au STADE 4 (40.000 personnes) (12). Parmi ces coûts, on retrouve notamment les indemnités d'incapacité et allocations familiales majorées.

2.3.1 Indemnités d'incapacité

En Belgique, le montant des indemnités varie en fonction du nombre de jours d'absence professionnelle requis, de la situation familiale, et de la régularité du travail.

a) Indemnité d'incapacité primaire: On entend par incapacité primaire, une période d'incapacité de travail inférieure à 12 mois. Celle-ci est calculée sur base d'une rémunération plafonnée à 97,2844 euros et s'élève à 60% de ce montant pour les titulaires avec charge de famille et 40% pour les titulaires sans charge de famille. L'indemnité maximum étant respectivement de 58,37 et 53,51 euros par jour (14).

b) Indemnités d'invalidité: Si l'incapacité de travail se prolonge au-delà de 12 mois et est confirmée par le médecin-conseil, le titulaire bénéficiera d'indemnités d'invalidité (14).

Montant journalier maximum: 58,37 euros avec charge de famille
38,91 euros sans charge de famille (14)

Montant journalier minimum: travailleur régulier
36,50 euros avec charge de famille
29,14 euros sans charge de famille
26,13 euros pour un cohabitant ou isolé (14)

2.3.2 Allocations familiales majorées s'appliquant aux enfants avec un certain degré d'invalidité (66%):

Les montants de ces allocations varient en fonction du degré d'autonomie du patient, du nombre de points sur l'échelle médico-sociale et de sa date de naissance:

- Si l'enfant est né avant le 01/01/1996, le montant sera de 326,65; 357,56 ou 382,23 euros par mois en fonction de son degré d'autonomie.
- Si par contre, l'enfant est né après le 01/01/1996, le montant sera de 63,67; 159,18; 265,30; 371,42; 397,95 ou 424,48 euros par mois en fonction de son degré d'autonomie. (14)

Le coût indirect moyen impliqué par l'attribution d'indemnités d'invalidité et d'allocations familiales majorées pour les asthmatiques sévères est complexe à évaluer car de nombreux facteurs entrent en ligne de compte. Il serait intéressant de mener une enquête à ce sujet en incluant une majorité de facteurs dans le questionnaire d'enquête.

2.3.3 L'évaluation des coûts indirects publiée au terme de l'enquête californienne:

Tableaux des coûts indirects (4):

TABLE III. Indirect annual asthma-related costs of interviewed adults with asthma (n = 401) adjusted to 1998 dollars

Source of cost	% With any cost	Annual cost (US\$) for all subjects		
		Mean	SD	% Total*
Lost work productivity	18	1719	5535	99
Stopped working altogether because of asthma	5	1062	5078	61
Decrease hours because of asthma	1	66†	1222	4
Lost full work days because of asthma	11	486	1832	28
Lost part work days because of asthma	6	105	515	6
Lost other productivity‡	1	13†	176	1
Total	19	1731	5533	100

Self-assessed severity	Indirect costs*
Mild (n = 200)	\$582‡ (22)
Moderate (n = 137)	\$1488 (33)
Severe (n = 64)	\$5846 (46)
Total (n = 401)	\$1732 (35)

Cette estimation du coût indirect de la maladie se basant sur la baisse de productivité attribuée à chaque stade de la maladie et calculée en termes de pertes salariales constitue une source d'informations importante même si le salaire horaire moyen en Belgique est inférieur (75%). Ces valeurs pourraient dès lors être ajoutées à l'estimation du coût direct réalisée précédemment en y apportant la modification suivante:

STADE 1 et 2 : 75% x 582 \$ (503,5 euros) = **377 euros/ an/ patient**

STADE 3 : 75% x 1488 \$ (1287,3 euros) = **965,5 euros/ an/ patient**

STADE 4 : 75% x 5846 \$ (5057,7 euros) = **3793,2 euros/ an/ patient**

Note: Il existe d'autres coûts indirects qui ne sont pas pris en compte dans cette étude et qui sont simplement mentionnés dans l'étude du *Dr Casimir*. Il s'agit des coûts indirects liés à l'absentéisme scolaire, aux retards scolaires, au cours de remédiation, à la garde des enfants malades...Il serait donc intéressant de collecter des données plus précises à ce sujet lors d'une prochaine enquête afin d'obtenir une estimation plus complète des coûts indirects.

2.4 TABLEAUX RECAPITULATIF DES COUTS DE L'ASTHME EN BELGIQUE

2.4.1 Tableau 1: Estimations des coûts annuels moyens par patient (en euros)

Cout annuel moyen par patient	Medicaments	Traitement complémentaire	Consultations	Kinesithérapie respiratoire	Hospitalisations	Desensibilisation	Appareillage	TOTAL DES COUTS DIRECTS	Couts indirects	TOTAL
STADE 1	2,6	34,8	5,6			39,7	2,6	85,3		85,3
STADE 2	192,7	34,8	5,6			39,7	2,6	275,4	377	652,4
STADE 3	503,9	34,8	47,5			39,7	2,6	628,5	965,5	1594

STADE 4	832,9		362,3	3297,9	3227,1		2,6	7722,8	3793,2	11516
----------------	-------	--	-------	--------	--------	--	-----	--------	--------	-------

Note: Aucun montant ne figure dans la colonne des coûts indirects au STADE 1 car selon les données médicales, il semble peu probable qu'un asthme au STADE 1 entraîne une baisse de productivité professionnelle (12) (15).

2.4.2 Tableau 2: Estimations des coûts annuels pour une prévalence totale de 600.000 individus sur l'ensemble de la population belge (en euros)

Cout annuel total	Medicaments	Traitement complémentaire	Consultations	Kinesithérapie respiratoire	Hospitalisations	Desensibilisation	Appareillage	TOTAL DES COUTS DIRECTS	Couts indirects	TOTAL
STADE 1	702.000	9.396.000	1.512.000			10.719.000	702.000	23.031.000		23.031.000
STADE 2	40.467.000	7.308.000	1.176.000			8.337.000	546.000	57.834.000	79.170.000	137.004.000

STADE 3	45.351.000	3.132.000	4.275.000			3.573.000	234.000	56.565.000	86.895.000	143.460.000
STADE 4	24.987.000		10.869.000	98.937.000	96.813.000		78.000	231.684.000	113.796.000	345.480.000
	111.507.000	19.836.000	17.832.000	98.937.000	96.813.000	22.629.000	1.560.000	369.114.000	279.861.000	648.975.000

2.4.3 Tableau 3: Estimations des coûts annuels pour une prévalence totale de 800.000 individus sur l'ensemble de la population belge (en euros)

Cout annuel total	Medicaments	Traitement complémentaire	Consultations	Kinesithérapie respiratoire	Hospitalisations	Desensibilisation	Appareillage	TOTAL DES COUTS DIRECTS	Coûts indirects	TOTAL
STADE 1	936.000	12.528.000	2.016.000			14.292.000	936.000	30.708.000		30.708.000

STADE 2	53.956.000	9.744.000	1.568.000			11.116.000	728.000	77.112.000	105.560.000	182.672.000
STADE 3	60.468.000	4.176.000	5.700.000			4.764.000	312.000	75.420.000	115.860.000	191.280.000
STADE 4	33.316.000		14.492.000	131.916.000	129.084.000		104.000	308.912.000	151.728.000	460.640.000
	148.676.000	26.448.000	23.776.000	131.916.000	129.084.000	30.172.000	2.080.000	492.152.000	373.148.000	865.300.000

2.4.4 Tableau 4: Estimations des coûts annuels pour une prévalence totale de 60.000 individus sur l'ensemble de la population bruxelloise (en euros)

Cout annuel total	Médicaments	Traitement complémentaire	Consultations	Kinesithérapie respiratoire	Hospitalisations	Desensibilisation	Appareillage	TOTAL DES COUTS DIRECTS	Coûts indirects	TOTAL

STADE 1	70.200	939.600	151.200			1.071.900	70.200	2.303.100		2.303.100
STADE 2	4.046.700	730.800	117.600			833.700	54.600	5.783.400	7.917.000	13.700.400
STADE 3	4.535.100	313.200	427.500			357.300	23.400	5.656.500	8.689.500	14.346.000
STADE 4	2.498.700		1.086.900	9.893.700	9.681.300		7.800	23.168.400	11.379.600	34.548.000
	11.150.700	1.983.600	1.783.200	9.893.700	9.681.300	2.262.900	156.000	36.911.400	27.986.100	64.897.500

2.4.5 Tableau 5: Estimations des coûts annuels pour une prévalence totale de 80.000 individus sur l'ensemble de la population bruxelloise (en euros)

Cout annuel total	Medicaments	Traitement complémentaire	Consultations	Kinesithérapie respiratoire	Hospitalisations	Desensibilisation	Appareillage	TOTAL DES COUTS DIRECTS	Couts indirects	TOTAL
STADE 1	93.600	1.252.800	201.600			1.429.200	93.600	3.070.800		3.070.800
STADE 2	5.395.600	974.400	156.800			1.111.600	72.800	7.711.200	10.556.000	18.267.200
STADE 3	6.046.800	417.600	570.000			476.400	31.200	7.542.000	11.586.000	19.128.000
STADE 4	3.331.600		1.449.200	13.191.600	12.908.400		10.400	30.891.200	15.172.800	46.064.000
	14.867.600	2.644.800	2.377.600	13.191.600	12.908.400	3.017.200	208.000	49.215.200	37.314.800	86.530.000

2.4 ESTIMATION DU COUT PRIVE SUBJECTIF

La plupart des évaluations négligent le coût de la gêne ressentie, du mal-être, de l'incapacité de pratiquer l'une ou l'autre activité de loisir,...Ce coût est désigné comme le coût privé subjectif (car il dépend de facteurs subjectifs propre à la personnalité de chacun). Il existe un instrument économique applicable à l'évaluation de ce type de coût: la méthode d'évaluation contingente par les coûts évités. Cet instrument économique repose sur la réalisation d'une enquête au cours de laquelle on cherche à apprécier le montant que chacun serait prêt à payer, défini comme le consentement à payer (CAP), pour la préservation ou la restauration d'un bien environnemental (public, par définition). La somme des consentements à payer permet alors d'estimer le bénéfice attribué au maintien ou à la restauration du bien-être et par conséquent, le coût du mal-être généré par une dégradation de ce bien environnemental. Cette méthode pourrait s'appliquer en matière de pollution intérieure car l'air intérieur comporte une composante extérieure importante (composante publique). Ainsi, il serait intéressant de définir le scénario d'une politique en matière d'environnement intérieur afin d'améliorer ou de restaurer la qualité de l'air ambiant et de lancer une enquête auprès d'un échantillon représentatif de la population asthmatique afin de définir le montant que chacun consentirait à déboursier pour retrouver un certain bien-être. (7), (11)

2.6 BIBLIOGRAPHIE

Sources écrites:

- 1) BEASLEY,R (2002) "The burden of asthma with specific reference to the United States" in *J. Allergy Clin. Immunol.*, n° 109, pp 5482-9
- 2) CAEKELBERGH, K.; LAMOTTE, M. & ANNEMANS L. (2002) "Epidemiologie en kost van astma en chronisch obstructieve longziekte in België" in *BIGE (Belgisch Instituut voor Gezondheidseconomie briefing)*
- 3) CASIMIR , G.; MARLIERE, G.; RONDEAU, G; SPITAEELS, M; TORMEN, S.; VAN ROKEGHEM, S. (1995) " Dossier: Le coût de l'asthme et de l'allergie en Belgique" in *OASIS*, n° 25, pp 3-10.
- 4) CISTERNAS, M.G *et al.* (2003) " A comprehensive study of the direct and indirect cost of adult asthma" in *J. Allergy. Clin. Immunol.*, n° 111: pp 1211-8.
- 5) CHU Pitié Salpêtrière - *Modificateurs du calibre bronchique et traitement de l'asthme.*
<http://www.chups.jussieu.fr/polys/pharmaco/pneumo.html>
- 6) DIOT,P (1998) " Actualité dans le traitement de l'asthme" in *Revue Med. Tours*, vol.32, n°4, pp 161-162.
- 7) LUCHINI, S (2002) " De la singularité de la méthode d'évaluation contingente" in *Economie et statistiques*, n°357-358, pp.141-151.
- 8) MICHEL, O *et al.* (1999) *Rapport: Dépistage de l'asthme chez l'enfant en âge scolaire*

Sources orales:

- 10) Professeur G. Casimir (Hôpital Universitaire des Enfants Reine Fabiola)
- 11) Professeur W. Hecq, spécialiste des aspects économiques de l'environnement (ULB)
- 12) Dr O. Michel, pneumo-allergologue (CHU St Pierre)
- 13) Dr Noppen, chef du service pneumologie (AZ-VUB, Jette)
- 14) Service *statistiques* et service *des indemnités et allocations familiales* de l'INAMI

3. ETIOLOGIE EXTRINSEQUE DE L'ASTHME

3.1 INTRODUCTION

L'étiologie de cette pathologie est assez complexe. Comme nous l'avons expliqué précédemment, l'asthme peut être d'origine intrinsèque et/ou extrinsèque. La part extrinsèque de l'asthme est conditionnée par la fréquence et l'intensité du contact avec les pneumallergènes et les substances irritantes contenus dans l'air ambiant. Pour ce dernier point, les caractéristiques de l'environnement intérieur et extérieur et le mode de vie des malades seront primordiaux. Les pages suivantes tenteront à la fois de mettre en évidence les liens polluants-symptômes et de démontrer de quelle manière les comportements humains et les habitudes de vie influent sur la présence de sources d'allergènes et de substances irritantes dans les espaces intérieurs. Ce chapitre s'attachera principalement aux polluants de l'air ambiant car c'est précisément à l'intérieur qu'il est possible d'agir dans le cadre d'une démarche préventive.

Au cours des dernières décennies, notre habitat et notre mode de vie ont sensiblement évolué. Le confinement accru des espaces intérieurs répondant à un souci d'économies d'énergie présent depuis la dernière crise pétrolière, l'utilisation abusive de matériaux d'isolation, la présence croissante de substances chimiques artificielles dans les matériaux de construction afin d'en améliorer les qualités techniques et d'en faciliter l'application, le surchauffage, le manque de ventilation, les règles d'hygiène accrues augmentant le taux d'humidité au sein de l'habitat (multiplication des douches, bains,...), le tabagisme croissant, la présence croissante d'animaux de compagnie, l'abandon progressif de l'allaitement maternel contribuant au développement du système immunitaire, prises fréquentes d'antibiotiques, ...sont autant de nouveaux paramètres influençant la présence, les interactions et l'impact sur la santé des différents facteurs chimiques, physiques et biologiques de l'air ambiant.

Les sources de polluants intérieurs peuvent se classer en deux catégories: la première renferme les sources de polluants associées aux éléments d'infrastructure des bâtiments ou encore aux éléments d'équipement de nos intérieurs, la seconde s'applique aux contaminants inhérents aux activités de l'homme (chauffage, cuisson, tabagisme, hygiène corporelle, nettoyage,bricolage,...) (9)

3.2 LA QUALITE DE L'AIR AMBIANT

La qualité de l'air ambiant dépend de trois variables (9) :

Les facteurs physiques de l'environnement intérieur: la température, l'hygrométrie, la vitesse de déplacement de l'air et son renouvellement (facteur de ventilation = échanges entre l'air intérieur et extérieur) . Ces facteurs jouent un rôle important en matière de concentration, de développement et d'évacuation des polluants.

La qualité de l'air extérieur: la ventilation assurant le renouvellement de l'air intérieur par un apport d'air extérieur crée une zone d'échange de contaminants car il n'existe aucune limite étanche entre air extérieur et air ambiant. De nombreux polluants pénètrent ainsi dans nos intérieurs. Nous étudierons tout d'abord les

effets d'une source de pollution biologique de l'environnement extérieur: les pollens. Ensuite, nous nous pencherons sur deux sources importantes de pollution chimique extérieure qui peuvent vicier l'air ambiant..

Les sources de pollution présentes dans l'environnement intérieur peuvent se subdiviser en deux catégories: les sources biologiques (les bactéries, les acariens, les moisissures, les blattes, les phanères animaux) et les sources chimiques provenant des matériaux de construction, d'aménagement et d'équipement. Les premières renferment un large réservoir de molécules allergisantes (pneumallergènes) ou irritantes (sécrétions de substances biochimiques, production de métabolites irritants,...) pour les voies respiratoires. Les secondes se caractérisent principalement par leur action irritante sur les bronches. Ces sources de pollution intérieure sont pour la plupart tributaires des différents facteurs physiques de l'environnement intérieur.

3.2.1 Les facteurs physiques de l'environnement intérieur

Les facteurs physiques de l'air ambiant interagissent en permanence: la température influe sur l'hygrométrie et sur la vitesse de circulation de l'air, et vice versa. Afin de satisfaire à la *notion de confort* déterminée après de nombreuses recherches sur l'évolution de la notion de bien-être, il convient de choisir des matériaux de construction capable de garantir une température ambiante de 18 à 24 °C, une humidité relative située entre 40 et 60 % ainsi qu'une vitesse de déplacement de l'air limitée à 0,15 mètres par seconde. L'homme peut également influencer sur la variabilité de ces facteurs physiques de part ses activités et ses comportements.(9)

3.2.1.1 La température

Par soucis d'économie d'énergie, l'homme a tenté, depuis la crise pétrolière des années 70, de réduire au maximum les déperditions calorifiques.

Pour y parvenir, il a petit à petit adopté de nouvelles habitudes de vie: aération moins fréquente, colmatage du seuil de la porte d'entrée,... Il a également eu recours à des matériaux de construction répondant à différents critères de qualité isolante, l'un d'entre eux étant le critère de résistance thermique R permettant d'évaluer la capacité du matériau à s'opposer au passage de la chaleur afin de la maintenir à l'intérieur. Cependant, il arrive que la résistance thermique ne soit pas homogène car certaines zones se composent parfois de divers matériaux (briques, béton, bois...) ayant une résistance thermique différente . Ainsi, des ponts thermiques (surface partielle d'une paroi où la résistance thermique plus faible entraîne une déperdition calorifique) peuvent se créer. Ces zones étant plus fraîches, le risque de condensation y est plus important et avec elle, le développement de moisissures. De plus, de fortes variations de températures génèrent des fissures dues à la dilatation, diminuant ainsi le pouvoir isolant de la matière et accélérant la vitesse de circulation de l'air dans l'habitat.(9)

3.2.1.2 L'hygrométrie

L'humidité présente dans l'air ambiant varie en fonction de l'étanchéité de la structure du bâtiment, de la température, de la fréquence d'aération, de l'occupation humaine (respiration, transpiration, hygiène accrue, activités domestiques telles que la cuisine,...) ou encore du volume de plantes vertes.(9)

On mesure l'humidité d'un environnement intérieur en déterminant le degré hygrométrique de l'air ambiant. Celui-ci indique le *taux d'humidité relative* de l'air ambiant. En effet, ce dernier n'étant pas toujours saturé d'humidité, il convient de distinguer *l'humidité absolue* (limite de saturation de l'air en humidité à une température donnée) de *l'humidité relative* (pourcentage d'humidité mesuré à une température donnée).(7)

Il est important de maintenir l'humidité relative d'un lieu entre 40 et 60 %. En effet, dans des conditions optimales d'humidité, les particules indésirables inhalées par notre organisme sont retenues et retransportées vers l'extérieur par les cils vibratiles qui tapissent nos muqueuses. Cependant, lorsque l'humidité relative atteint une valeur inférieure de 30 %, l'ensemble des muqueuses de l'appareil respiratoire se dessèchent et laissent pénétrer ces particules plus profondément dans l'arbre bronchique entraînant une inflammation (9) (11). Par contre, une humidité relative supérieure à 60 % favorise le développement de moisissures et d'acariens. Un accroissement d'humidité relative peut également favoriser l'émission de quelques substances chimiques telles le formaldéhyde.(30)

Certains comportements de l'homme au sein de son habitat (prise de douche plus fréquentes, fréquence de nettoyage à l'eau, type de cuisson des aliments...) concourent à accroître l'humidité relative du lieu.(30)

3.2.1.3 La vitesse de circulation et renouvellement de l'air

Afin de réduire le taux d'humidité relative de l'air ambiant et les concentrations en polluants, il est important de ventiler les espaces clos, ce que l'homme tend à éviter afin de limiter les déperditions thermiques. Ces périodes de ventilation sont d'autant plus importantes que les matériaux de construction utilisés depuis quelques années sont étanches à l'air et au vent emprisonnant l'air dans l'enchevêtrement de fibres qui caractérise leur structure. (9)

Il convient néanmoins de procéder à l'aération des différentes pièces de manière réfléchie en fonction des activités qui y sont réalisées, des concentrations en polluants de l'air extérieur, et de la température extérieure (en effet, en hiver, il faut également aérer mais il est déconseillé de le faire plus de 15 minutes afin d'éviter un refroidissement des murs risquant d'accroître le taux d'humidité relative),... (30)

3.2.2 Les sources biologiques de pollution intérieure

De nombreux organismes et microorganismes sont omniprésents dans notre environnement intérieur: bactéries, acariens, moisissures, blattes,... Ces organismes se sont adaptés à nos espaces clos où ils rencontrent désormais les conditions nutritives et hygrothermiques propices à leur développement (température élevée, humidité croissante, nombreux substrats nutritifs...).

Seuls les principaux organismes favorisant le déclenchement ou l'intensification des symptômes de l'asthme extrinsèque et de la rhinoconjonctivite allergique à laquelle il peut être associé, seront étudiés dans cette partie.

Il convient également de s'intéresser aux problèmes engendrés par la présence croissante d'animaux domestiques dans les habitats.

Certains organismes (figes, papyrus,...) et molécules végétales (pollens) représentent aussi une source importante d'allergènes pouvant se retrouver dans l'habitat.

3.2.2.1 Les bactéries

Les bactéries abondent dans notre environnement. Jusqu'à présent on a pu identifier près de 150.000 espèces. Ces microorganismes cellulaires prolifèrent rapidement par le biais de la mitose (simple division cellulaire). Ceux-ci peuvent se loger sur divers substrats nutritifs organiques et inorganiques. Cependant, la plupart sont saprophytes, autrement dit, ils tirent leur énergie de sources organiques. (2) (3)

Les bactéries sont réparties en deux grands groupes en fonction de leur réaction à la coloration Gram: les bactéries Gram positives et Gram négatives. Par la coloration Gram, les bactéries Gram positives prennent la couleur violette tandis que les bactéries Gram négatives virent au rouge. Cette différence résulte des caractéristiques cellulaires, morphologiques et biochimiques propres à chacune de ces deux catégories.(2)

La membrane des bactéries Gram négatives est constituée d'une mince couche de peptidoglycans confinée entre une paroi interne et une paroi externe. Cette dernière, fragilisée par la présence de porines, supporte mal la déshydratation. Cela limite, par conséquent les zones de prolifération. Néanmoins, étant donné l'accroissement d'humidité relative dans l'habitat résultant de certains comportements domestiques, facilite leur développement.(3)

Les bactéries Gram positives, quant à elles, se caractérisent par la présence d'une épaisse couche externe de peptidoglycans recouvrant leur membrane. Elles produisent également des spores. Ces propriétés leur confèrent une résistance accrue aux variations des conditions environnementales. Dans ce groupe, on trouve les bactéries thermophiles responsables de divers effets sur la santé et dont la croissance est stimulée par des températures élevées.(3)

La présence de bactéries dans l'environnement intérieur génère divers troubles de la santé. L'inhalation de certains fragments de leurs structures cellulaires et certains métabolites, libérés lors de la lyse cellulaire, potentialise les symptômes de l'asthme allergique. Ces molécules bioactives peuvent être qualifiées d'adjuvant à l'action des pneumallergènes (2) (3). Une fois répandues dans l'air celles-ci sont appelées composés organiques volatils microbiens (COVM)

- Les exotoxines:

Ces protéines sécrétées pendant la croissance et relâchées lors de la lyse cellulaire se comportent telles des molécules bioactives toxiques. Le type d'exotoxines produites est propre à chaque espèce. Ces toxines protéiques sont associées à des maladies infectieuses telles le botulisme ou encore le tétanos.

Aucun lien n'a été établi entre la présence d'exotoxines et l'aggravation des symptômes de l'asthme. (2) (3)

- Les endotoxines:

Les endotoxines sont des toxines lipopolysaccharidiques dispersées dans la membrane externe des bactéries Gram négatives. L'architecture commune à la majorité des lipopolysaccharides est constituée de trois régions: le glycolipide A (dimère de N-acétyl-glucosamines phosphorylées auquel sont attachés 5 à 7 acides gras saturés), le coeur commun aux espèces du même genre, et la chaîne O spécifique (chaîne de polymères d'oligosaccharides de 3 à 5 sucres parmi lesquels le galactose et le N-acétyl-glucosamine, dont l'articulation est spécifique à chaque espèce). Le lipide A représente la partie toxique de la molécule tandis que la chaîne O spécifique constitue l'extrémité hydrophile de celle-ci. (3)

Plusieurs études ont démontré une corrélation positive entre une exposition prolongée à une concentration élevée d'endotoxines contenue dans la poussière de maison et l'aggravation de l'asthme. L'inhalation de ces toxines amplifie la réponse inflammatoire locale et facilite l'action des allergènes. Les symptômes respiratoires rapportés sont les suivants: souffle court, obstruction et inflammation des poumons. Il apparaît également qu'une exposition prolongée à ces toxines lipidiques durant la petite enfance entrave la maturation du système immunitaire et augmente ainsi le risque d'allergies.(3)

- les peptidoglycans

Ces composants de la paroi cellulaire de bactéries, les peptidoglycans sont des chaînes d'hétéropolymères en échelle constitués de chaînes glucidiques (N-acétyl-glucosamine et N-acétyl-muramique) reliées entre elles par des ponts peptidiques. Ces molécules sont soupçonnées d'être un agent causal potentiel de l'inflammation pulmonaire associée à une exposition prolongée aux bactéries Gram positives.(2) (3) (28)

- les bêta-(1-3)-glucans

Les bêta-(1-3)-glucans sont des polymères du glucose logés dans la paroi cellulaire des bactéries. Les diverses formes de ces composants se différencient par leur solubilité dans l'eau, leur structure stéréochimique ou encore par le nombre de ramifications. Ces molécules sont suspectées d'être des agents irritants des voies respiratoires.(2) (3) (28)

3.2.2.2 Les moisissures

Le terme *moisissures* désigne tous les champignons microscopiques filamenteux. Ces derniers intéressent l'économie et l'environnement humain de façon bénéfique ou néfaste. Le règne des champignons renferme un nombre d'espèces très diversifiées incluant des formes macroscopiques ainsi que des structures microscopiques filamenteuses ou levuriformes. Le système de classification des champignons est assez complexe car les stades sexués et asexués des champignons cohabitent. Ainsi, tant qu'un champignon n'est

observé que sous sa forme asexuée, on le classera dans la subdivision des champignons imparfaits (Fungi Imperfecti) jusqu'à ce que l'on découvre sa forme sexuée. On les répertoriera alors dans d'autres subdivisions en fonction de leur taille, de leur mode de sporulation,...(*Chytrides*, *Zygomycètes*, *Ascomycètes*, *Basidiomycètes*).

Les champignons sont présents partout dans la nature. Ils peuvent être parasites strictes, symbiotiques ou saprophytes. Ces derniers jouent un rôle fondamental dans le recyclage et la décomposition de la matière organique. C'est essentiellement cette catégorie qui nous préoccupe en matière d'habitat et de santé.

Ces organismes se distinguent des plantes par l'absence de chloroplastes. Ils sont dits *hétérotrophes* puisqu'ils ne peuvent synthétiser la matière organique à partir du gaz carbonique de l'air. Ce sont des êtres eucaryotes uni- ou pluricellulaires *absorbotrophes*, ce qui signifie qu'ils se nourrissent par absorption de sources externes de carbone et de carbohydrates nécessaires à leur métabolisme. (5), (6)

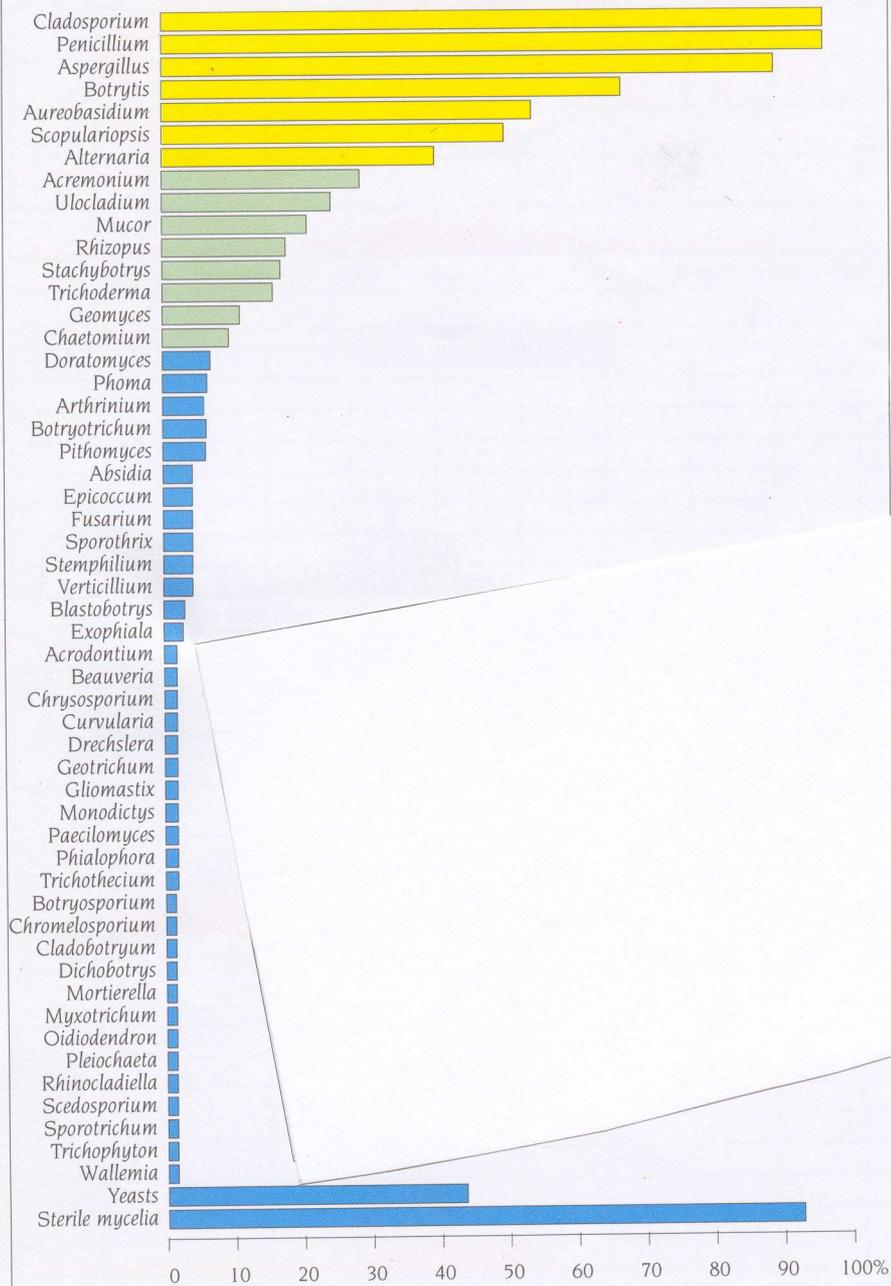
3.2.2.2.1 Mycoflore intérieure:

De nombreuses espèces fongiques ont déjà colonisé nos intérieurs. L'Institut Scientifique de la santé publique a analysé des échantillons prélevés entre 1981 et 2000 dans plus de 500 logements urbains et ruraux des patients allergiques et/ou asthmatiques répartis sur l'ensemble de la Belgique. Ces analyses ont révélé la présence de 150 espèces de champignons, parmi lesquelles *Cladosporium*, *Penicillium* et *Aspergillus*, qui ont été isolées dans près de 90 à 98% des logements testés. (5), (6), (20)

Les principales espèces rencontrées appartiennent aux genres: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Stachybotris*, *Penicillium*, *Phoma*, *Trichoderma*, *Ulocladium*, *Acremonium*, *Botrytis*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Chaetomium*,...

Graphique: distribution des principaux genres fongiques dans l'air de logements de patients atopiques (20):

Tableau II : Fréquence des moisissures (genres) de l'habitat.



3.2.2.2.2 Cycle de vie et de reproduction

Le développement normal d'une moisissure s'opère en deux phases: une phase végétative de croissance et de nutrition, et presque simultanément, une phase reproductive pendant laquelle s'effectue la production et la dissémination des spores. La germination des spores sont à l'origine de la forme végétative. (5)

L'appareil végétatif, qui assure la croissance et le développement est composé de filaments appelés *hyphes* assemblés en un réseau: *le mycélium*. Celui-ci est fixé sur un substrat qu'il détériore progressivement. La colonisation du substrat est donc réalisée par extension et ramification des hyphes. L'accroissement de celles-ci s'effectue par le sommet, ou apex, où s'effectue l'ensemble des réactions de synthèse et dégradation du métabolisme dit primaire, indispensable à la construction de la cellule du champignon. Les produits du métabolisme secondaire non indispensable au fonctionnement de la cellule, sont plutôt stockés en région subapicale. Les métabolites secondaires les plus connus sont les pigments, les antibiotiques, les mycotoxines,...(5) (28)

Après un certain temps de développement, les moisissures doivent se reproduire, puis se propager pour aller coloniser d'autres substrats. Elles se multiplient par de *spores*, minuscules particules vivantes (3-5 µm) d'origine sexuée ou asexuée. Ce sont des cellules isolées du milieu ambiant par une membrane protectrice qui peuvent se détacher et être emportées au moindre choc, frôlement ou courant d'air. Le mode de sporulation varie d'une espèce à l'autre. Les spores peuvent être groupées en chaînes ou en têtes ou solitaires. Celles-ci sont émises en très grand nombre: *Cladosporium* peut émettre plusieurs centaines de milliers de spores par gramme de poussière (poussières de matelas). Elles peuvent survivre très longtemps sous leur forme sporulée avant de sédimenter sur un nouveau substrat après dissémination. Une fois les conditions idéales de développement réunies, elles germent sur le nouveau substrat et donnent naissance à un nouveau réseau d'hyphes ou mycellium. De simples fragments de mycellium peuvent se régénérer et donner une nouvelle colonie. (5) (28)

3.2.2.2.3 Ecologie

Habitat

Les moisissures sont présentes dans tous les types d'environnement. Leur concentration dans l'environnement extérieur atteint son pic au mois de juillet et à la fin de l'année. Elles survivent au premier gel et se développent sur la végétation morte lors de la fonte du couvert neigeux. Dans le milieu intérieur, la prolifération fongique dépend des conditions hygrothermiques.

Ces champignons microscopiques se fixent sur des substrats organiques: stocks de nourriture, détritiques, squames, les poils semés par les animaux domestiques, les plantes, les tapisseries, cuirs, peintures, papiers-peints, colle cellulose, plaques de plâtre, et tous les autres substrats contenant de la cellulose ou d'autres matières organiques. Une fois lié au substrat, ils y accomplissent leur rôle de décomposition et de recyclage de la matière organique. Cette dégradation du support s'effectue par émission d'enzymes et d'acides. Ensuite le champignon en transforme les composants à l'extérieur de la cellule. La dégradation peut être infime ou considérable, selon l'adaptation spécifique du champignon, la durée (en général 48 heures) et les conditions (humidité, oxygène, température,...) de son développement.(5) (6) (28)

Alternaria: Les moisissures appartenant à ce genre se retrouvent principalement dans les bois, sur les plantes sénescents, les fruits et légumes, les produits laitiers (fromages, beurre et margarine), les textiles (le coton et la laine), les textiles d'ameublement, les sols, les peintures et adhésifs et les poussières de maisons (19) (20) (21) (26)

Aspergillus: *Aspergillus* est un contaminant banal de nombreux substrats tels que la paille, le fourrage, les céréales en stockage, les farines et les végétaux en cours de décomposition, les denrées alimentaires (arachides, fruits et légumes, oeufs, fromage, beurre et margarine, viandes et charcuteries) , le cuir, le liège, les cosmétiques, les matériaux cellulosiques humides, les matières plastiques, les textiles (le coton, la jute, la laine), les métaux (aluminium et acier), le papier, les peintures et adhésifs, les poussières de maison, les produits pétroliers et le tabac. (19) (20) (21) (26)

Cladosporium: Il vit en parasite sur les bois et les plantes (céréales en culture,...). Il se développe également sur les oeufs, les fromages, les viandes et les charcuteries, les matériaux cellulosiques humides, le papier, les peintures et adhésifs et les fibres de coton (souvent présents sur les zones de contact entre le matelas et les lattes du sommier). (19) (20) (21) (26)

Penicillium: Ces moisissures sont fréquentes sur les sols, les végétaux en décomposition, les céréales en silo, les arachides, les fruits et légumes, les oeufs, les fromages, le beurre et la margarine, les viandes et charcuteries, le cuir, le liège, les matériaux cellulosiques humides, la toile de jute, les matières plastiques, le papier, les peintures et adhésifs, les poussières de maison, les produits pétroliers, le verre...(19) (20) (21) (26)

Acremonium: Le genre *Acremonium* se développe particulièrement sur les graminées, certaines plantes herbacées, sur des déchets de toute nature. *Acremonium* colonise fréquemment les peintures et recouvrements muraux plastifiés dans des logements humides. (19) (20) (21) (26)

Aureobasidium: Les bois, les plantes, le cuir, les matières plastiques, les peintures et adhésifs, et le coton constituent les substrats de prédilection de cette moisissure. On les isole également dans les poussières de matelas et de moquette. (19) (20) (21) (26)

Botrytis: Ce genre abonde sur les plantes, les fruits et les légumes. (19)

Phoma: *Phoma* colonise rapidement les logements humides. Ce genre prolifère notamment sur les joints des châssis de fenêtre. Certaines espèces d'acariens mycophages s'en nourrissent.(19)

Stachybotrys: *Stachybotrys* se développe dans les espaces intérieurs très humides sur des substrats aussi divers que des débris végétaux, des matériaux de construction (plaques fibreuses) et les matériaux à base de cellulose. (19) (20) (21) (26)

Trichoderma: Trichoderma est un puissant champignon cellulolytiques proliférant dans le sol, sur les feuilles,... Dans l'habitat, on le retrouve sur les papiers et dans les poussières. (19)

Ulocladium: Ce genre s'observe sur des débris végétaux et sur du bois. A l'intérieur, il colonise le plâtre, le papier peint, et divers textiles d'aménagement. (19) (20)

Chaetomium: Chaetomium colonise les plantes herbacées et ligneuses. Dans l'habitat, il contamine les matériaux cellulosiques.(19) (20)

Mucor et *Rhizopus* sont présents dans les poussières de l'habitat.(19) (20)

La prolifération des moisissures est tributaire de la présence ou l'absence de certains facteurs environnementaux:

Humidité relative: Tout le monde sait que les moisissures apparaissent à la suite d'un accroissement accidentel de l'humidité. Lorsqu'un substrat est humide, on observe un échange entre l'environnement et le support jusqu'à atteindre un point d'équilibre. Les moisissures profitent de ce phénomène pour satisfaire leurs besoins en eau. La quantité d'eau échangée par le substrat avec l'environnement pour atteindre ce point d'équilibre est définie par la valeur aw (activité de l'eau). Cette valeur déterminera si tel ou tel champignon se développera aux dépens d'un substrat. L'aw nécessaire au développement d'un champignon est également dépendante de la température: un champignon tolérera généralement une aw plus faible dans une environnement ou la température est plus élevée.

L'humidité relative minimum nécessaire au développement de certaines moisissures peu nombreuses, dites *xérophiles*, est de 65 à 70% (*Aspergillus*). Plus l'humidité relative augmente (80 à 90 %), plus les conditions deviennent favorables à la germination d'autres moisissures beaucoup plus nombreuses. Ainsi, on peut mesurer l'évolution de l'humidité relative en fonction des espèces présentes. (24)

Température: La plupart des moisissures se développent entre 15 et 30°C. Cependant, il peut y avoir des particularités pour certaines espèces et c'est ainsi que l'on définit des températures *cardinales* qui sont les températures minimales, optimales et maximales de croissance (24) (26)

Oxygène: Les champignons sont des organismes *aérobies*. Cependant, certaines moisissures ont besoin de plus d'oxygène (*Mucor*) que d'autres et se développent sur des zones superficielles. Les moisissures nécessitant un taux d'oxygénation moins important prolifèrent en profondeur (*Stachybotris*)

Les conditions d'oxygénation peuvent aussi altérer certaines fonctions du métabolisme des moisissures. Ainsi, la production de mycotoxines (patuline et acide penicillique) baisse en condition de faible oxygénation.(24) (26)

PH: Les champignons sont peu sensibles au PH de l'environnement. Ils se développent entre 4,5 et 8 avec un optimum entre 5,5 et 7,5. Certaines espèces (*Aspergillus niger*) peuvent se développer jusqu'à 1,7 et 2. (24)

Alimentation:

Le régime alimentaire des moisissures se compose de divers éléments nutritifs de base. Les éléments nutritifs majeurs sont le carbone et l'azote présents sous forme de composés organiques ou d'ions minéraux. Certains produits (acides aminés,...) peuvent être absorbés sans transformation tandis que d'autres tels que la cellulose, les protéines, l'amidon,... nécessitent une transformation préalable à l'absorption. Pour effectuer cette transformation, le champignon est muni d'un équipement enzymatique adéquat (cellulases, ligninases pectinases,...) et souvent caractéristique de l'espèce. Certaines seront dotées d'enzymes capables de dégrader la cellulose, d'autres seront mieux adaptées à un support protéique, d'autres encore seront équipées pour la décomposition de la lignine contenue dans le bois. (5) (6) (20)

Rythme saisonnier:

Le rythme saisonnier d'*Alternaria tenuis* se caractérise par une prédominance estivale très nette. *Aspergillus* quant à lui est présent tout au long de l'année.

Calendrier fongique de l'air *Alternaria tenuis*

Ces rythmes saisonniers indiquent également la possibilité d'une contamination des espaces intérieurs par tel ou tel genre de moisissures en fonction des conditions hygrothermiques de l'habitat. Bien sûr, une fois qu'elles y ont pénétré, celles-ci peuvent y proliférer tout au long de l'année si elles y rencontrent des conditions hygrothermiques optimales à leur développement.

3.2.2.2.4 Les allergènes, les métabolites et les fragments cellulaires

La présence de moisissures n'occasionne aucun effet sur la santé de la plupart des personnes. Toutefois, il existe une association entre une exposition prolongée à des concentrations anormalement élevées de spores ou de métabolites de moisissures et l'apparition ainsi que l'amplification des symptômes respiratoires allergiques tels que la rhinite, l'asthme, sinusite, alvéolites allergique extrinsèque,...chez des patients atopiques. Néanmoins, la nature de la relation dose-réponse entre l'exposition aux moisissures et l'impact sur la santé n'est pas clairement établie. Aucun seuil d'exposition limite n'a pu être déterminé. (6) (19) (26)

L'intensité des symptômes varie en fonction des espèces présentes, de leur concentration, de la durée d'exposition, de leurs produits métaboliques, de leur structure cellulaire, de la concentration de spores et de la sensibilité individuelle. Outre les affections respiratoires allergiques, il existe d'autres symptômes provoqués par les moisissures: irritations des muqueuses, infections (cutanées ou sub-cutanées profondes).

Celles-ci libèrent de nombreuses spores dans l'air ambiant et synthétisent des protéines antigéniques. Une fois inhalées, ces molécules peuvent générer certaines pathologies allergiques dont la conjonctivite, la rhinite et la bronchite allergique menant à l'asthme chez les patients sensibilisés. De nombreux cas d'asthme ont été reconnus comme liés à *Alternaria* et *Aspergillus*. Ce mécanisme de pathogénéicité peut également entraîner une intensification de certains symptômes respiratoires non-allergiques. Plusieurs études menées dans de nombreux pays d'Europe afin de déterminer les symptômes liés à la présence de moisissures dans les habitats viennent corroborer ces affirmations. Selon une étude⁴ récente, il s'avère que l'inhalation de spores de *Stachybotrys* peut entraîner l'apparition de certains symptômes respiratoires (respiration sifflante, toux, oppression de la cage thoracique, dyspnée,...). Une exposition prolongée à ce type de moisissures peut également amplifier la gravité de certains symptômes chez les patients souffrant déjà de troubles bronchiques. Les moisissures les plus agressives produisent des spores sèches (xérospores) aisément dissociables et légères par opposition à d'autres qui libèrent des spores plus lourdes enrobées d'une paroi humide et qui restent collées entre elles par un mucus. Facilement dispersées, les spores sèches se retrouvent en grandes concentrations dans l'air et sont susceptibles d'être inhalées à tout moment. (6) (19) (26)

Ces microorganismes libèrent également des métabolites secondaires présents à l'intérieur des spores. Ces métabolites, appelés "mycotoxines", leur servent de défense contre d'autres microorganismes. Ces composés bioactifs se caractérisent par un poids moléculaire élevé. Les particules d'un diamètre inférieur à 4µm peuvent se loger dans le compartiment bronchoalvéolaire. Leurs effets sur la santé restent méconnus. Il semblerait, toutefois, qu'il existe une corrélation positive entre l'inhalation de ces mycotoxines et l'irritation des muqueuses. (3) (6) (19) (26)

Outre les mycotoxines, les moisissures sécrètent une série de composés organiques volatils (1-octène-3-ol, 2-octène-1-ol, 3-méthyle-1-butanol, 2-pentanol, 2-hexanol, 2-isopropyl,...) responsables de l'odeur de "moisi" associée à la prolifération fongique. Certaines de ces molécules peuvent constituer des agents irritants pour les muqueuses. Par exemple, *Aspergillus versicolor*, moisissure de l'habitat humide qui contamine les papiers peints, produit de la géosmine qui serait responsable d'irritations des muqueuses, du nez et de la gorge. (3) (6) (19) (26)

De plus, la paroi cellulaire des moisissures renferme un agent inflammatoire, appelé bêta-(1-3)-D-glucan qui irrite particulièrement les conjonctives, la gorge et les voies respiratoires supérieures. Le bêta-(1-3)-D-glucan active les cellules macrophages alvéolaires intensifiant l'hyperréactivité des tissus face à des molécules étrangères. Le rôle du bêta-(1-3)-D-glucan est encore à l'étude actuellement. (3) (26)

⁴Gray Environmental Inc

Actuellement, il n'existe pas de normes en matière de concentration fongique. Cependant, les scientifiques se basent sur quelques valeurs guides telle que l'échelle des 3 m2:

Surfaces contaminées	Evaluation	Risques
< 0,3 m2	Contamination faible	Risques faibles, mais pas exclus.
0,3 m2- 3m2	Contamination moyenne	Risques à évaluer en fonction des espèces présentes et du contexte environnemental.
>3m2	Contamination élevée	Risques élevés, quelles que soient les espèces présentes.

3.2.2.3 Les acariens

Les acariens sont des microorganismes qui se logent préférentiellement dans les matériaux textiles, notamment les matelas et les tapis. On peut également les retrouver dans des canapés, des jouets en peluche, des vêtements,...Ils sont présents dans les encoignures et dans les rainures des planchers où peut s'accumuler une fine poussière et où l'humidité relative à une température donnée peut être élevée. Leur concentration est souvent plus importante dans les chambres à coucher car la présence prolongée des habitants durant la nuit engendre une humidité relative qui favorise leur prolifération, et les squames et les sécrétions corporelles constituent leur alimentation. (27) (30)

3.2.2.3.1 L'acarofaune domestique

L'environnement domestique peut abriter une vingtaine d'espèces d'acariens dont les plus fréquentes appartiennent aux genres *Dermatophagoïdes*, *Euroglyphus*, *Tyrophagus*, *Glycyphagus*, *Acarus*, *Lepidoglyphus*, *Blomia*, *Carpoglyphus*, *Cosmochthonius*, *Aleuroglyphus* et *Tarsonemus*, souvent accompagnés d'acariens prédateurs appartenant au genre *Cheyletus*.(27)

Chacune de ces espèces occupe des biotopes bien particuliers au sein de l'habitation. Les acariens appartenant à l'ordre des *Astigmata* du genre *Dermatophagoïdes* et *Euroglyphus* sont localisés principalement dans la literie où ils se nourrissent en grande partie de squames. Les autres acariens dont le régime se compose de moisissures et/ou de débris alimentaires d'origine végétale ou animale (viandes séchées, grains, fruits), se développent préférentiellement dans les réserves de nourriture, sur les traces de moisissures et les tapis dans lesquels ces aliments peuvent facilement s'accumuler. En réalité, ces acariens saprophages proviennent de milieux extérieurs.(27)

Les principales espèces responsables de l'apparition des symptômes de l'asthme allergique sont les *Dermatophagoides pteronyssinus* et les *Dermatophagoides farinae*.(27)

D.pteronyssinus



D. farinae



3.2.2.3.2 Cycle de développement

La reproduction chez les acariens pyroglyphidae est de type sexué. Le cycle de développement de *D. farinae* et *D. pteronyssinus* se compose de l'oeuf et de cinq stases: la prélarve, la larve (hexapode), la protonymphe, la tritonymphe et l'adulte. Les stases immatures: larve, protonymphe et tritonymphe, ont chacune une phase active et une phase de repos dite "phase quiescente". C'est au cours de cette phase de repos que s'opère la mue. (2) (27)

Le cycle de vie de l'acarien s'accomplit en général sur une période de 23 à 30 jours. Cependant, la durée de développement chez *D. farinae* et *D. pteronyssinus* dépend des conditions d'humidité et de température, de la qualité nutritive du substrat ainsi que de la souche considérée.

Il existe, dès lors, une corrélation entre la durée de vie et de développement des acariens et le degré hygrométrique: leur développement est optimal dans des atmosphères où la température oscille entre 22 et 27°C et l'humidité relative se situe entre 60 et 80% (14). Pour mieux appréhender l'importance de l'hygrométrie pour les acariens, il est utile d'analyser le mécanisme de certaines glandes appelées "glandes supracoxales" qui jouent un rôle majeur dans la régulation hydrique de l'acarien. Ces glandes sécrètent un fluide hygroscopique riche en sels, notamment en chlorure de potassium et chlorure de sodium permettant

l'extraction d'eau provenant de l'air non saturé (par pression osmotique). Le fluide est ensuite réabsorbé afin d'hydrater l'organisme. Ce mécanisme permettrait à l'acarien de compenser les pertes en eau dues à la transpiration, à la ponte et aux sécrétions corporelles. Cet équilibre entre gain et perte d'eau est indispensable compte tenu de la pauvreté en eau liquide du milieu pulvicole. A 25°C, les valeurs les plus basses d'humidité relative, permettant cet équilibre, sont de 70% pour *D. farinae* et 73 % pour *D. pteronyssinus*. Ces valeurs correspondent l'équilibre critique d'activité (CEA). (27) (16)

Ces valeurs d'équilibre critique d'activité varient en fonction de la température. A haute température, les acariens requièrent une humidité relative de l'air plus élevée. Les acariens se reproduisent plus volontiers à une température de 25°C, ils peuvent également se développer et se multiplier à une température de 21°C si l'humidité relative est maintenue à 60%. (27)

D'après les données qui précèdent, tout porte à croire que ces acariens ne peuvent survivre dans une atmosphère sèche. Cependant, Wharton & Furumizo (1977) ont pu mettre en évidence la précipitation des sels du fluide hygroscopique lorsque l'acarien se trouve dans des conditions d'humidité inférieures au CEA. Cette précipitation entraîne la formation d'un bouchon au niveau des glandes supracoxales, réduisant ainsi les risques de pertes en eau. Un tel phénomène, réversible en cas de retour aux conditions du CEA, a été notamment observé chez *D. Farinae*. Ce processus favorise la résistance de l'acarien aux conditions de sécheresse.(27)

3.2.2.3.3 Ecologie de l'acarien

Répartition géographique

La distribution des espèces *D. farinae* et *D. pteronyssinus* reflète les différences de sensibilité hygrométrique de chacune de celles-ci. En effet, bien qu'il s'agisse d'espèces cosmopolites, *D. farinae* se retrouve en abondance dans les régions soumises à un climat de type continental tandis que *D. pteronyssinus* est plutôt associé au climat de type océanique. Ce-dernier est plus largement distribué que *D. farinae*. (2) (27)

Habitat

On suppose que les nids d'oiseaux ou de petits mammifères sont l'habitat d'origine des acariens Pyroglyphidae. Certaines espèces se seraient adaptées à l'environnement de l'homme, donnant naissance au groupe des acariens des poussières. *D. farinae*, en plus des habitations, peut être trouvé dans les silos à grains ainsi que dans les nids d'oiseaux et de mammifères. Il n'en est pas de même pour *D. pteronyssinus* dont l'habitat semble être strictement limité aux sites d'occupation de l'homme. (2) (27)

Dans les habitations *D. pteronyssinus* et *D. farinae* occupent de manière prédominante les milieux textiles. La structure du textile semble avoir une nette influence sur la dynamique des populations de *D. pteronyssinus*. Celui-ci préfère les textiles aérés qui, contrairement aux textiles plus denses, facilitent ses déplacements

Le mode de colonisation de l'habitat par *D. farinae* et *D. pteronyssinus* est encore mal connu. On sait, néanmoins, qu'il existe un système de communication chimique entre les acariens par le biais de phéromones. On appelle phéromone une substance qui, émise par un individu par le biais d'une sécrétion ou d'une excrétion du métabolisme (urine, fécès) entraîne une ou plusieurs réactions sur les individus d'une même

espèce. Différents types de phéromones ont été identifiés chez les acariens astigmatés: phéromones d'agrégation, de répulsion, ou d'accouplement. (27)

Il semblerait que les acariens se déplacent sur de longues distances, soit grâce à l'homme, vecteur régulier de ces microarthropodes, soit lors d'un déplacement de mobilier contaminé.

Alimentation

En milieu domestique, les squames représentent la composante principale du régime alimentaire de *D. farinae* et *D. pteronyssinus*. Ces déchets organiques abondent dans les habitats sachant que l'homme perd 0,7 à 1,4 g de peaux mortes par jours. (27) (30)

Ces microarthropodes se délectent également de certaines moisissures telles qu' *Aspergillus penicilloides* pour *D. pteronyssinus*. Ces micro-organismes permettent une digestion plus aisée des lipides contenus dans les squames et constituent un complément vitaminé.

Vu leur régime alimentaire, ces acariens se localiseront préférentiellement au niveau des matelas, couvertures, tapis, ... Toutefois, *D. farinae* est capable de se développer dans des farines alimentaires, avec le risque de provoquer des chocs anaphylactiques chez les consommateurs allergiques.

Cycle d'abondance saisonnière

L'humidité et la température sont les deux facteurs influençant la prolifération des acariens. Dans les régions à climat maritime tempéré, les populations atteignent leur effectif maximal à la fin de l'été et minimal à la fin de l'hiver.

Au cours de l'hiver, certaines protonymphes résistantes à ces conditions de faibles humidité survivent à l'état latent et assurent ainsi la reproduction de l'espèce une fois le printemps revenu.

3.2.2.3.4 Production d'allergènes

Dermatophagoïdes farinae et *D. pteronyssinus* produisent un nombre élevé mais encore mal défini d'allergènes. Ces substances ont été principalement localisées au niveau des matières fécales car celles-ci sont recouvertes d'une membrane péritrophique constituée de mucopolysaccharides riches en allergènes. L'un des allergènes majeurs de *D. pteronyssinus* connu sous le nom de *Der p 1* est contenu à 99% dans les déjections. On trouve également des allergènes à la surface du corps et à l'intérieur même de l'acarien. Il se pourrait qu'un autre allergène majeur connu sous le nom *Der p 2*, soit une sécrétion du système reproducteur des mâles *D. pteronyssinus*.

On a observé des similitudes partielles entre les allergènes de *D. farinae* et *D. pteronyssinus*.

3.2.2.4 Les blattes

Certaines espèces de blattes ont migré vers nos régions tempérées ces-dernières années et commencent à coloniser de nombreux logements, notamment dans les zones urbaines défavorisées. Il s'agit là d'un phénomène émergent qui prend de l'ampleur. Les scientifiques s'inquiètent du facteur de risque que représente cette nouvelle source d'allergènes dans l'habitat.(15)

3.2.2.4.1 Espèces principales

Nos habitations n'hébergent que quatre espèces des cinq mille connues: *Blattella germanica*, *Periplaneta americana*, *Blatta orientalis* et *Supella longipalpa*. Cette dernière a immigré sous nos latitudes il y a à peine un siècle. Ces espèces se sont adaptées au voisinage de l'homme et ont été disséminées dans le monde entier par les échanges commerciaux. (2) (15)

Blattella germanica, qui comme son nom ne l'indique pas vient d'Afrique de l'Ouest à l'instar de la plupart de ses congénères, est responsable de 90 % des infestations d'habitats dans nos régions.(15)

3.2.2.4.2 Cycle de vie

La femelle dépose ses oeufs peu avant l'éclosion. Chaque ponte peut contenir jusqu'à une trentaine d'oeufs. Ce chiffre varie énormément en fonction de la saison, la température, l'humidité et la population.

Dès l'éclosion de l'oothèque, on peut observer l'apparition de larves vermiformes. Elles muent aussitôt et se transforment en minuscules blattes sans ailes. Celles-ci entament alors une succession de mues, treize au total, avant de parvenir à sa forme adulte définitive. Les stades larvaires ressemblent à la forme adulte sans les ailes. Les fourreaux alaires se développent progressivement au cours de la croissance. Pendant toute la durée du stade larvaire, une minuscule glande située à l'arrière du cerveau, sécrète une hormone appelée hormone juvénile, qui lors de son parcours dans le sang stimule les cellules épidermiques. Ces cellules une fois activées produisent à chaque mue, une cuticule de type larvaire. Cette hormone disparaît au terme du stade larvaire. (15)

3.2.2.4.3 Ecologie

Habitat et Géographie

Les Blattes colonisent les zones humides: beaucoup d'espèces vivent dans les forêts, sous les feuilles et les pierres, et quelques-unes dans des grottes, constituant un élément non-négligeable de la faune cavernicole. Certaines, au contraire, se sont adaptées au climat désertique et vivent dans le sable. Les espèces qui nous occupent sont assez cosmopolites et infestent les habitations humaines (surtout dans les magasins de denrées et les cuisines).

La prolifération des Blattes est tributaires de différents paramètres environnementaux:

L'humidité relative: La Blatte doit fréquemment s'hydrater.

Obscurité: La Blatte possède un rythme d'activité nyctémérale. En effet, elle est inactive le jour et active la nuit. Le déclenchement de l'activité s'opère par la sécrétion d'une hormone par des cellules neurosécrétrices lorsqu'un certain niveau d'obscurité est atteint. Ces cellules constitue donc l'horloge biologique de l'animal. Le jour, elle privilégie les lieux obscurs. (15)

Alimentation

La régime alimentaire de la Blatte est extrêmement riche et diversifié. Cet arthropode se nourrit d'organismes aussi bien végétaux qu'animaux. Il se délecte d'à peu près tout ce qui est comestible et va même jusqu'à consommer les divers déchets alimentaires que nous laissons.(2) (15)

Les besoins nutritifs pour assurer le développement de ces arthropodes dépend d'une espèce à l'autre. Cependant, il existe une série d'éléments standards : protéines, sels, graisses, hydrates de carbone, eau et vitamines.(2) (15)

La nourriture de la Blatte est assez grossière. C'est pourquoi, elle est munie d'une gésier interne composé de nombreuses dents qui achèvent de broyer l'aliment et le rendent plus accessible à l'action des enzymes digestives. En effet, son système digestif est doté d'un équipement enzymatique très actif et d'une série de bactéries symbiotiques intracellulaires qui aident à la digestion de certains aliments. Par exemple, les bactéries du proctodeum, contribuent activement à la digestion de la cellulose et des autres polymères glucidiques.(15)

3.2.2.4.4 Les allergènes

Les scientifiques s'intéressent de plus en plus aux problèmes sanitaires résultant de la présence de *Blattella germanica* dans nos espaces intérieurs. Celles-ci constituerait une source importante d'allergènes.

Une étude, menée de novembre 92 à octobre 93 sur un groupe de 476 enfants issus de huit centres urbains différents aux Etats-Unis et ayant pour but de déterminer le rôle d'une exposition prolongée aux Blattes dans l'apparition des symptômes de l'asthme allergique, a révélé les statistiques suivantes:

- Sur l'ensemble des enfants testés, 36,8 % d'entre eux étaient allergiques aux allergènes des Blattes.(23)
- Sur l'ensemble des échantillons prélevés, 50,2 % renfermaient des concentrations élevées d'allergènes. (23)
- Après avoir étudié l'historique asthmatique de chaque enfant, on a constaté que les enfants allergiques aux Blattes et exposés à de fortes concentrations d'allergènes avaient une fréquence d'hospitalisation de 0,37 par an contre 0,11 pour les autres patients asthmatiques et une fréquence de visites médicales imprévues de 2,56 par an contre 1,43 pour les autres enfants.(23)
- De plus, il s'est avéré que ces enfants souffraient de râles respiratoires et de troubles du sommeil plus fréquemment que les autres enfants asthmatiques du groupe étudié. L'absentéisme

scolaire étaient sensiblement plus important chez les enfants allergiques aux Blattes et exposés à de fortes concentrations d'allergènes.(23)

Les principaux allergènes de *Blattella germanica* sont connus sous le nom de *Bla.g 1* et *Bla. g 2*. Une autre étude, menée à Strasbourg dans les zones urbaines défavorisées et ayant pour objectif de mesurer les concentrations d'allergènes présents dans les habitats, a révélé la présence de concentrations très élevées d'allergènes *Bla.g 1* et *Bla. g 2* dans la poussière des cuisines et des matelas, ainsi que dans les réserves alimentaires. (10)

Bla.g 1 et *Bla. g 2* proviennent en grande partie des matières fécales, celles-ci étant contenue dans une membrane péritrophique. D'autres allergènes ou substances irritantes pourraient être contenus dans le corps et les sécrétions de l'animal. (15)

3.2.2.5 Les animaux domestiques

Au cours de ces vingt à trente dernières années, les contacts de la population avec les animaux domestiques tels que les chats, les chiens, les rongeurs, et autres petits mammifères se sont accrus sensiblement.

Les animaux domestiques contribuent à l'accroissement de l'activité allergénique du milieu intérieur. Effectivement, ceux-ci libèrent de nombreuses protéines allergisantes contenues dans les émanations d'urines, dans les déjections, dans les sécrétions des glandes lacrymales, salivaires, et sébacées, dans les sécrétions de sérum. Ces molécules représentent une source importante de morbidité allergique respiratoire se traduisant notamment par de l'asthme et de la rhinite. Les animaux domestiques disséminent également leurs squames ou encore leurs poils dans l'environnement intérieur offrant ainsi aux acariens et aux moisissures un substrat nutritif organique propice à leur développement. Les vêtements et les chaussures sont d'excellents vecteurs de transport de ces poils et de ces résidus épidermiques. De plus, ces derniers renferment certaines protéines allergisantes. Parmi ces animaux domestiques, le chat constitue la source d'allergènes la plus redoutable.(2)

3.2.2.6 Les pollens

Les pollens sont des polluants extérieurs à la base. Ils se répandent dans l'environnement entre le mois de janvier et le mois de juillet et pénètrent également de manière passive dans les espaces clos (aération, fixation sur les vêtements et les chaussures, fixation dans les tapis,...).

Calendriers polliniques (exemple : pollens de bouleau 1 et pollens de graminées 2) (28):

En fonction de leur diamètre, les grains de pollens inhalés se logent dans les voies respiratoires supérieures (diamètre inférieur à 60 μ m) ou inférieures (diamètre inférieur à 4 μ m) où elles stimulent les macrophages alvéolaires responsables du déclenchement de la réaction allergique. Certains pollens sont extrêmement allergisants. (18)

Il existe une synergie entre pollens et polluants chimiques de l'air. En effet, il semblerait que certaines molécules chimiques (Nox, O₃, CO, COV, SO₂) émises par diverses sources de pollution peuvent se fixer sur les grains de pollen et modifier l'allergénicité de celui-ci en majorant le nombre d'allergènes renfermé dans chacun des grains et en facilitant leur libération dans l'air. Le néologisme *polluènes* a été créé pour qualifier ces pollens chargés en polluants. Des échantillons de pollens d'ivraie prélevés dans deux localités, l'une polluée par un fort taux d'ozone, l'autre moins polluée, ont révélé une concentration accrue d'allergènes (Lol p.5) dans les grains récoltés dans la zone polluée. De même, l'exposition in vitro de pollen de bouleau, de chêne, d'ormes, de fétuques à un mélange SO₂, NO₂, et CO a permis de démontrer une corrélation positive entre la présence de ces substances et l'augmentation du taux d'acides aminés contenus dans les grains. Ces acides aminés, lorsqu'ils pénètrent dans le système respiratoire, stimulent la libération d'histamines. Alors que certains polluants tels les composés organiques volatils accélèrent la libération des allergènes, d'autres comme le SO₂ semble la réduire. Au microscope, on observe aussi une fragilisation de la paroi externe du grain de pollen et, les fissures et les trous qui en résultent, facilitent la sortie des allergènes. De plus, de minuscules fragments organiques de l'enduit qui recouvre habituellement le grain de pollen et auxquels sont associés des polluants chimiques, peuvent dès lors se détacher et se disséminer dans l'air. (18)

La pollution chimique intervient donc, non seulement de manière directe comme facteur inducteur et potentialisateur de la réaction allergique, mais aussi de manière indirecte en augmentant l'allergénicité du pollen.

3.2.2.7 Les plantes vertes allergisantes

Parmi ces plantes vertes allergisantes, on retiendra le ficus et principalement le *ficus benjamila* comme source allergisante importante. En effet, celui-ci produit du latex qui se dessèche à la surface des feuilles et produit une poussière extrêmement volatile.

3.2.3 Les sources de pollution chimique de l'environnement intérieur

L'homme est également exposé à divers polluants chimiques présents en concentrations variables dans son habitat. Les contaminants chimiques du milieu intérieur sont de natures très diverses. Ainsi, ils peuvent être classifiés en fonction

a) de leur présentation physique:

gaz: Vapeur invisible, émanation

aérosol (ou brouillard): Gouttelettes de liquide en suspension dans l'air produites par la dispersion d'un liquide ou par la condensation d'un liquide vaporisé.

poussières: Particules de matière solide en suspension dans l'air qui sont produites mécaniquement.

fumées: Particules solides qui se dégagent dans l'air. (11)

b) ou de leur nature chimique:

composés organiques, composés inorganiques, pesticides, solvants, composés aromatiques, organochlorés, composés résultant d'une réaction de combustion (NxOx, CO,...) composés gazeux ou composés particulaires (fibres,...) (14)

Dans cette partie, nous limiterons à l'étude des sources intérieures de pollution chimique irritant l'appareil respiratoire.

3.2.3.1 La fumée de tabac

La fumée de tabac constitue la principale source de pollution chimique intérieure dans les logements occupés par des fumeurs.

La fumée de tabac contient un nombre important de substances irritantes et d'agents inhibiteurs du mouvement ciliaire (formaldéhyde, NxOx, hydrocarbures aromatiques, nitrosamine, nicotine,...) occasionnant divers troubles respiratoires: respiration sifflante, toux chronique, bronchite chronique, moindres résistance aux infections. L'inhalation de la fumée aggrave l'asthme et favorise la sensibilisation aux acariens.(14)

Le fumeur passif est exposé à une fumée de tabac doublement toxique. En effet, cette dernière renferme l'aérosol complexe inhalé, filtré par le poumon, et exhalé par le fumeur en plus de l'aérosol secondaire émis directement par la combustion de la cigarette.(14)

Il est donc fortement recommandé de ne pas fumer ou, d'interdire de fumer à l'intérieur ou encore, de prévoir à cet effet un local spécial avec ventilation particulière. (14)

3.2.3.2 Les composés organiques volatils (COV)

De nombreux composés entrent dans la catégorie des composés organiques volatils: hydrocarbures aromatiques, cétones, alcools, éthers, alcanes, aldéhydes,...Cependant, conventionnellement, l'aldéhyde (formaldéhyde) ne fait pas partie des COV. Ces composés, comme leur nom l'indique, ont la particularité de s'évaporer facilement à température ambiante et de se répandre sous forme de gaz. Celui-ci peut-être inhalé et entraîner l'irritation des bronches.

Trois catégories de COV nous intéressent : les gaz, les solvants et les pesticides. Parmi les COV présents dans l'environnement intérieur, nous n'aborderons que les principaux composés induisant une irritation des voies respiratoires et pouvant ainsi accentuer certaines pathologies telles que l'asthme , la rhinite,...: le formaldéhyde (gaz utilisé en solution) et le toluène (solvant), le pentachlorophénol et la perméthrine (pesticides).

3.2.3.2.1 Gaz utilisé en solution

Le *formaldéhyde* est un des gaz les plus couramment rencontrés dans nos intérieurs car son utilisation est largement répandue dans le domaine de la construction et des produits manufacturés. Il se présente sous la forme d'un gaz incolore et inflammable d'une odeur piquante et très pénétrante perceptible par la plupart de individus à une concentration située entre 0,06 et 0,22 mg/m³ (0,05 et 0,18 ppmv). Ce composé chimique connu sous différentes appellations (aldéhyde formique, méthanal, formol ou encore formaline) est constitué de carbone, d'oxygène et d'hydrogène. Formule chimique (HCHO ou CH₂O). Les termes *formol* et *formaline* sont des noms commerciaux destinés à distinguer le formaldéhyde pur des solutions de formaldéhyde (p.ex: 40% de formaldéhyde et 60 % d'eau) contenues dans de nombreux désinfectants, insecticides, fongicides et désodorisants. (4) (9) (14)

Le formaldéhyde est émis par divers matériaux présents dans nos intérieurs:

- Les panneaux agglomérés de bois ou de particules ainsi que les contre-plaqués largement utilisés comme matériaux de construction (plafonds,...) ou dans la fabrication de mobilier (étagères, de placards, meubles de salle de bains et de cuisine, sous-face de plancher, cloisons,...), renferment des résines et colles à base d'urée-formol ou de phénol-formol. Ces colles et résines se décomposent suite à l'usure des matériaux libérant ainsi des concentrations élevées de formaldéhyde dans l'air ambiant. L'élévation de la température et du taux d'humidité entraîne l'accroissement des concentrations. Actuellement, nos cuisines et nos salles de bain sont aménagées avec du mobilier en aggloméré et l'atmosphère chaude et humide qui y règne explique les concentrations élevées retrouvées dans ces pièces. (4) (9) (14)

Afin de répondre au souci d'économie d'énergie, différentes techniques d'isolation des matériaux de construction ont été mises au point. L'une d'entre elles consiste à injecter de la mousse isolante urée-formol dans les murs et cloisons. Ce type de mousse largement utilisée dans les années 60-70 fut à l'origine de nombreuses affections respiratoires. Suite à ce problème de santé publique, leur usage a été réduit et fait l'objet d'une interdiction dans plusieurs pays. (14) (22)

La laine de verre ou de roche contient des liants à base de formaldéhyde. (4) (14)

Certains cosmétiques ainsi que la plupart des peintures contiennent du formaldéhyde en solution. A ces peintures, sont fréquemment ajoutés des matières fongicides à base de formol. (14)

Les différentes colles utilisées en menuiserie, dans la fixation des papiers peints ou des moquettes renferment du formaldéhyde. (4) (14)

Le formaldéhyde sert à donner du corps au divers tissus d'ameublement utilisés pour la fabrication de tentures, de canapés,...(14)

Les désinfectants et aseptisants utilisés dans les hôpitaux libèrent du formaldéhyde. (4) (14)

Les fumées d'incinérateurs, les gaz d'échappement et la fumée de cigarettes contiennent des molécules de formaldéhyde formées lors de la pyrolyse (décomposition chimique sous l'action de la chaleur) de nombreuses matières organiques.

Très soluble, le formaldéhyde est piégé au niveau trachéo-broncho-bronchiolaire. Son inhalation provoque dès lors l'irritation des muqueuses des yeux, du nez, de la gorge. Une exposition chronique peut entraîner certaines pathologies telles la conjonctivite, rhinite, pharyngite, laryngite chronique, sinusite, toux chronique,...Le formaldéhyde est également responsable de l'irritation bronchique se traduisant par des crises d'asthme. Une étude suédoise de Norbäck et al (1995) a établi l'existence d'une corrélation positive entre la fréquence des épisodes d'asthme et de dyspnée aiguë et la concentration ambiante de formaldéhyde. Une autre étude, menée en 1999 dans le cadre du projet européen Sandrine 2, à partir des résultats de l'"Innenraumdiagnostik Institut" (Institute For Indoor Diagnostic, IFID) du Dr Lorenz à Düsseldorf, vient confirmer cette corrélation positive entre une exposition prolongée et certaines affections des voies respiratoires hautes et basses. Le formaldéhyde peut également déclencher ou intensifier les effets de l'allergie existante aux pollens ou autres allergènes. Après avoir été sensibilisé à cette substance, la personne y devient sensible à de très faibles concentrations. (14) (18) (22)

Les émissions de formaldéhyde ont fait l'objet de certaines réglementations. Dans les années 80, les Etats-Unis, le Canada, l'Allemagne et plusieurs pays Nordiques ont définis et mis en application certaines mesures de réduction et de réglementation des émissions de formaldéhyde provenant des mousses isolantes d'urée-formol et des bois agglomérés riches en résines d'urée-formol. La Communauté Européenne a établi la norme E1 qui limite l'utilisation du formaldéhyde selon le principe suivant: un mètre carré de contreplaqué, placé dans un compartiment d'un mètre cube, à la température de 23°C et à une humidité relative de 45%, subissant un taux de renouvellement d'air de deux fois par heure, ne peut pas augmenter la concentration ambiante de formaldéhyde de plus de 0,1ppm (0,12 mg/m³) (14). En 1995, l'Organisation Mondiale de la santé a déterminé les valeurs-guides suivantes: 100µg/m³ (80ppb) pour les personnes normales, 10µg/m³ (8ppb) pour les personnes sensibilisées. Il n'existe ni au Luxembourg, ni en Belgique, de normes concernant la concentration de formaldéhyde dans l'air ambiant. Les *Ambulances Vertes*, créées par le Dr Lorenz, en Allemagne ont fixé la valeur limite à 0,1ppm (0,12mg/m³) et la valeur idéale à ne pas dépasser à 0,025ppm (0,03mg/m³). Cependant, étant donné l'ubiquité du formaldéhyde, sa concentration excède souvent les 10 µg/m³ causant de nombreux désagréments aux personnes sensibilisées dans la vie au quotidien. De plus, le formaldéhyde étant émis par certains matériaux et pouvant être absorbé par d'autres, il est difficile de mesurer les émissions avec exactitude.(14)

3.2.3.2.2 Solvants

Les solvants se présentent à l'état liquide à température ambiante, mais ont tendance à se vaporiser relativement facilement. Ceux-ci sont émis par de nombreuses sources à l'intérieur de l'habitat: les peintures, les laques, les vernis, les colles et adhésifs pour tissus muraux et moquettes, les produits de nettoyages et d'entretien,...(14)

Parmi les solvants retrouvés dans l'air ambiant, le toluène (C₆H₅-CH₃) et le benzène (C₆H₆) sont également fréquemment rencontrés. Il s'agit de deux hydrocarbures aromatiques très nocifs largement utilisés dans l'industrie chimique (production de détergents, produits pharmaceutiques, fibres textiles,... Le toluène remplace néanmoins souvent le benzène dans divers produits afin d'éviter les effets cancérigènes de ce

dernier. Ce composant peut être allergisant entraînant des troubles irritatifs au niveau des voies respiratoires supérieures et des bronches. Les asthmatiques y sont particulièrement sensibles.(14)

Les concentrations de toluène dans les villes peuvent atteindre $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 ppb). L'OMS préconise une valeur guide de $260\mu\text{g}/\text{m}^3$ (70 ppb) en moyenne journalière. Toluène et xylène sont réglementairement classés comme nocifs.

3.2.3.2.3 Pesticides

Ces contaminants se répandent dans l'air ambiant de manière directe par pulvérisation ou émanations de produits à base de pesticides ou de manière indirecte par "importation" depuis l'environnement extérieur (contaminants transportés sur les chaussures, les vêtements, les poussières...). (9) (14)

Dans le passage qui suit, nous détaillerons deux substances pesticides impliquées dans l'irritation des muqueuses des voies respiratoires: *pentachlorophénol* et *perméthrine*.

Le Pentachlorophénol:

Formule: $\text{C}_6\text{Cl}_5\text{OH}$

Cette substance organochlorée est un fongicide qui entre dans la composition des produits de traitement des bois (bois de charpentes, plancher,...) et du cuir (canapés, fauteuils, chaises en cuir,...). On le retrouve également dans certaines peintures et colles de papier peint. (14)

Le PCP, lorsqu'il est inhalé atteint rapidement les muqueuses provoquant une inflammation des voies respiratoires, intensifiant ainsi les symptômes de l'asthme. Ce composé est d'autant plus dangereux qu'il reste présent dans l'air ambiant longtemps après son utilisation.(9) (14)

Dès lors, ce composé chimique a fait l'objet de réglementations sévères. L'Organisation Mondiale pour la Santé a défini $3\mu\text{g}$ comme étant la quantité maximum de PCP que l'homme peut inhaler sans effet notable sur sa santé. Les hygiénistes gouvernementaux des Etats-Unis, ont fixé la Valeur Limite Tolérable (autrement dit, la concentration moyenne pondérée par le temps de travail) à $0,5\text{ mg}/\text{m}^3$ (0,046 ppm) La directive 91/173/EEC interdit l'emploi de PCP et de ses composés en concentration égale ou supérieure à 0,1% en masse, sauf dans les substances ou les préparations destinées à être utilisées dans des installations industrielles. Tous les pays membres sont contraints de transposer cette directive dans la loi nationale. Dans le bois, le cuir et la poussière, la valeur limite en Allemagne est de 5mg de PCP par kg de matière. (14)

La Perméthrine

Formule chimique: C₂₁ H₂₀ Cl₂ O₃

Le perméthrine est une substance de synthèse appartenant au groupe des pyrèthres et pyrèthrinoïdes utilisés dans l'industrie textile pour le traitement de divers matériaux tels que les bois, les tapis et les moquettes. Il entre également dans la composition des plaquettes pour diffuseurs insecticides électriques (plaquettes insecticides et antimites) et des aérosols insecticides. Cette molécule chimique issue des laboratoires a permis de remplacer les pyrèthrines, substances nocives d'origine naturelle.(14)

La sensibilisation de l'organisme au perméthrine se traduit par des réactions de type allergique telles la rhinite, l'asthme, l'alvéolite allergique extrinsèque...(14)

La dose journalière acceptable fixée par la FAO/OMS s'élève à 0,05 mg/kg de poids corporel. Le Federal Health Office a proposé, en 1992, la valeur maximale tolérable dans la poussière de 1mg/kg. Les *Ambulances Vertes* se réfèrent également à cette valeur. (14)

Les résultats de l'étude, menée en 1999 dans le cadre du projet européen Sandrine 2, à partir des résultats de l'"Innenraumdiagnostik Institut" (Institute For Indoor Diagnostic, IFID) du Dr Lorenz à Düsseldorf, démontrent une corrélation positive entre une exposition prolongée à ces pesticides et certaines affections des voies respiratoires hautes et basses. (22)

3.2.3.3 Les oxydes d'azote

Les oxydes d'azote (N_xO_x) sont des gaz polluants oxydants émis lors de combustions à haute température. Le NO est un composé instable qui, à température ambiante, se lie à l'oxygène pour former du NO₂. Le monoxyde d'azote est donc présent en faible quantité dans l'air et la toxicité des oxydes d'azote résulte essentiellement de la formation de NO₂ (4 fois plus toxique que le NO).(14)

Le dioxyde d'azote est un gaz brunâtre, d'odeur piquante. Le seuil de perception olfactive se situe entre 200 et 400 mg/m³ (106 et 212 pm). Une augmentation insensible de la concentration de NO₂ crée rapidement une accoutumance telle que même une concentration de 50.000 mg/m³ n'est quasiment plus perceptible.(14)

A l'extérieur, le transport et l'industrie constituent les principales sources d'émission de N_xO_x. Dans l'environnement intérieur, les chauffe-eau, les cuisinières et les fours à gaz constituent d'importantes sources d'émissions de NO₂. En effet, des enquêtes et échantillonnages effectués au sein d'habitats ont permis d'affirmer que la présence de chauffe-eau et de cuisinière à gaz conduit à des émissions temporaires d'oxydes d'azote, principalement au moment de la préparation des repas. Dans les cuisines mal ventilées, équipées de chauffe-eau non raccordés, des teneurs élevées en NO et NO₂ ont été observées sur quelques minutes. La voiture enfermée dans un garage mal ventilé peut également représenter une source importante de NO₂ dans l'habitat. La fumée de tabac contient également du NO₂, mais en faible quantité. (4) (14)

Le dioxyde d'azote pénètre au niveau des alvéoles; les asthmatiques et les sujets atteints de bronchite chronique sont particulièrement sensibles à des concentrations peu élevées. De nombreuses études sur

l'exposition aiguë chez l'homme en conditions expérimentales ont permis d'établir une corrélation entre la présence de concentrations élevées de ce gaz et l'irritation des muqueuses des voies respiratoires, l'apparition de crises d'asthme dues à une hyper-réactivité bronchique, de la toux,...(14)

A ce jour, aucune norme concernant les concentrations d'oxydes d'azote dans les intérieurs n'a été définie. L'OMS a proposé en 1997 la valeur de 40 µg/m³ (0,02ppm) comme concentration maximale d'exposition annuelle (14). L'OMS a également proposé les normes de qualité suivantes:

0,22 ppm pendant une heure
0,11 ppm pendant 24 heures
0,05 ppm pour un an (11)

Afin de limiter ces désagréments, il est conseillé de ventiler fréquemment et d'utiliser une hotte aspirante correctement reliée au système d'évacuation des gaz.

3.2.3.4 Les fibres minérales artificielles

Les fibres minérales artificielles couvrent une large gamme de produits fibreux inorganiques (près de 70 variétés). Les principales variétés que l'on retrouve communément dans nos intérieurs sont les laines de verre, de roche et de laitier, les filaments continus de verre et les microfibrilles de verre. (9) (14)

Ces fibres entrent notamment dans la composition de matériaux d'isolation thermique et acoustique ou de certains revêtements manufacturés (à base de PVC). Les panneaux destinés à la mise en place de faux-plafonds en contiennent également. (9) (14)

Ces fibres minérales artificielles peuvent se disperser dans l'air ambiant par divers processus mécaniques (usure, frottement,...). Ces particules solides facilement inhalables génèrent divers effets sur la santé. Les fibres de diamètre supérieur à 4 ou 5 µm piégées dans les voies respiratoires supérieures occasionnent des rhinites, sinusites, pharyngites,...Les fibres de diamètre inférieur à 4 µm se logeant dans le compartiment broncho-alvéolaire stimulent le développement d'allergies respiratoires auxquelles l'asthme peut être associé. (9)

La pathogénie associée à la présence de ces fibres dans l'air ambiant est non seulement fonction du diamètre, de l'aérodynamisme, de la solubilité mais également de leur concentration en liants organiques (certaines résines phénoliques: phénol-urée-formaldéhyde ou phénol-formaldéhyde sont utilisées dans leur composition) ainsi que de leur faculté à transporter d'autres substances toxiques dans l'air. (14)

Dans le passage suivant, nous aborderons deux polluants extérieurs qui pénètrent de manière passive dans nos habitats et qui entraînent également des troubles respiratoires.

3.2.3.5 Le dioxyde de soufre

Ce gaz irritant est émis lors de la combustion de charbon ou de mazout-kérozène. Le dégagement de SO₂ s'effectue principalement à l'extérieur (cheminées,...). Les chauffages individuels fonctionnant avec ce type de combustible étant plus rare, le dioxyde de soufre ne constitue plus une source importante de pollution intérieure. Cependant, on peut néanmoins retrouver une certaine concentration de SO₂ dans l'habitat lorsque les points d'aération se situent à proximité d'une bouche d'aération d'un chauffe-eau, d'une chaudière,... Lors de pics de concentrations de SO₂ dans l'air, il est déconseillé d'aérer.(11) (30)

Le SO₂ serait plus broncho-constrictif parce qu'il agit à un niveau plus proximal car étant plus soluble il est rapidement dissout dans la muqueuse de l'arbre bronchique.(11)

Bronchoconstriction (seuil):

Sujet sain: 5 à 10 ppm

Asthmatique: 0,5 ppm

Asthmatique + effort: 0,1 ppm (11)

3.2.3.6 L'ozone

L'ozone (O₃) troposphérique est le polluant photo-oxydant par excellence. Il résulte d'un processus photo-chimique précis:

-le NO₂ émis en grande partie par le parc automobile (56% des émissions) et l'industrie (21 % des émissions) se dissocie en NO et O par l'action d'ultraviolets.

-l'O réagit alors avec l'O₂ de l'atmosphère pour former de l'O₃. (11)

La production d'ozone est donc tributaire de la concentration en NO₂ dans l'atmosphère et l'intensité du rayonnement UV. Des pics de concentration sont donc atteints en période estivale (smog d'été) (11). Or, c'est en cette période de l'année que nous avons tendance à ouvrir les fenêtres, à ventiler un maximum. Ainsi, l'ozone pénètre passivement dans nos intérieurs.

Les personnes allergiques sont très sensibles à l'ozone qui constitue un irritant puissant des muqueuses. De plus, ce polluant a tendance à se fixer sur les grains de pollens, potentialisant leur allergénicité. La dose seuil pour induire une réaction allergique s'élève à 0,2 ppm. Ce seuil est abaissé à 0,1 ppm en cas d'effort (11) (18).

NOTE:

L'ensemble de ces polluants se retrouvent en mélange dans nos intérieurs. Il est donc parfois difficile d'isoler la cause exacte des symptômes et de définir dans quelle mesure tel contaminant contribue plus qu'un autre à l'apparition ou l'aggravation de certaines pathologies allergiques.

L'action toxicologique des constituants d'un mélange se manifeste sous trois formes différentes (KUMMER,J.: *Pollution de l'air*,PUB):

action similaire simple: la toxicité d'un constituant du mélange n'influe aucunement celle d'un autre constituant. Cependant, leurs mécanismes d'action sont semblables.

action dissimilaire simple: la toxicité d'un constituant du mélange n'affecte pas celle d'un autre constituant dont le mode d'action est différent.

interaction: certains constituants du mélange peuvent interagir de deux façons différentes: la synergie (la toxicité d'un constituant potentialise la toxicité d'un autre constituant) ou l'antagonisme (la toxicité d'un constituant réduit ou annule celle d'un autre constituant).

L'exemple de l'interaction des pollens et de certains polluants chimiques (NxOx, le SO2,...)constitue un bel exemple de synergie

3.3 BIBLIOGRAPHIE

Sources écrites:

- 1) ACGIH *Bioaerosols: Assessment and Control*, American conference of Government Industrial Hygienists, Cincinnati 1999.
- 2) ALLEN,P. & KAPLAN, M-D (1985) *Allergy*,ed. Churchill Livingstone, New York.
- 3) ASTM (1990) *Biological contaminants in indoor environments* ,Morey, Feely, Otten ed., Philadelphia
- 4) BAUP, J-M & BRIART, G *Habitat habitable? Enquête à domicile et polluants intérieurs les plus fréquents*. Centre Universitaire de Médecine Générale, UCL.
- 5) BEGHIN, H (2002) *Les aéro-contaminants: nature, effets et devenir*.
- 6) CHASSEUR, C & NOLARD, N. (2003) " Les champignons de l'habitat. Introduction à la mycologie, risques pour la santé, expertises" in *Centre Scientifique et Technique de la Construction Magazine*, pp3-16.
- 7) COLOMBET,R (1985) *L'humidité des bâtiments anciens: causes et effets, diagnostic, remèdes*, Moniteur.
- 8) COMMISSION DE L'ENVIRONNEMENT DU PARLEMENT DE LA REGION BRUXELLES-CAPITALE, *Bruxelles Santé-Forum Santé Environnement*.
- 9) CRAPIZ, M (2002) *Les matériaux de construction et pollution intérieure: que choisir?* PUB, BRUXELLES.
- 10) DE BLAY,F *et al.* (1997) " Dust and airborne exposure to allergens derived from cockroach *Blattella germanica* in low-cost public housing in Strasbourg" in *J. Allergy Clin. Immunol.*,n°99, pp.107-112.
- 11) de BROUWER, Ch. (1998) *Médecine et problèmes d'environnement.Toxicologie industrielle et de l'environnement.Introduction à la médecine du travail. Introduction à la toxicologie*.Vol.1, PUB, Bruxelles.
- 12) HUSMAN,T (1996) " Health effects of Indoor-air Microorganisms" in *Scandinavian Journal of Environmental Health*, vol.22, pp5-13.
- 13) INSTITUT SCIENTIFIQUE DE SANTE PUBLIQUE
<http://www.indoorpol.com>
- 14) KUSKE,M & NICOLAS,J. *Les pollutions de l'air à l'intérieur des bâtiments. Diagnostic. Incidences sur la santé*.FUL (Fondation Universitaire Luxembourgeoise), Province du Luxembourg, Département prévention-santé. <http://www.province.luxembourg.be/pdf/pollutionair.pdf>
- 15) LA BLATTE
<http://www.ifrance.com/lablatte/introduction.html>
- 16) LES ACARIENS
<http://www.ful.ac.be/hotes/sandrine/conference/colloque/LLN/aclnhalloy.html>

- 17) LICARDI, G *et al.* (1996) " Clinical significance of allergic sensitization to cockroaches in patients with mite related-respiratory allergy" in *J.Invest.Allergol. Clin Immunol*, vol.6, n°5, pp 283-287.
- 18) MOHAMED LAAIDI,K (2002) "Synergie entre pollens et polluants chimiques de l'air: les risques croisés" in *Environnement, Risques & Santé*, vol.1, n°1, pp 42-9.
- 19) NOLARD, N. & BEGHIN,H. (2003) " Moisissures" in *Traité d'allergologie*,chap.34, Médecine-Sciences, éd.Flammarion, Paris.
- 20) NOLARD,N. (1997) " Moisissures et allergies respiratoires" in *Expressions*, n°5, pp 7-9.
- 21) NOLARD,N. (1999) " Indoor Moulds: a Public Health Problem inBelgium: Overview of 15 years' experience" in *Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health effects, Assessment and Control*, Eckardt Johanning ed., Eastern New York, Occupational and Environnemental Center, Albany.
- 22) PROJET SANDRINE 2 *Etude menée dans le cadre du projet Sandrine 2, à partir des résultat de « l'Innerraumdiagnostik Instituut » (Institute for Indoor Diagnostic,IFID) du Dr Lorenz à Dusseldorf.*
- 23) ROSENSTREICH, D.L *et al.* (1997) " The role of cockroach allergen in causing morbidity among inner-city children" in *The New England Journal of Medicine*, n°336, pp 1356-1362.
- 24) SAMSON, R-A. ; HOEKSTRA, E-S; FRISVAD, J-C; FILTENBORG, O. (2000) *Introduction to food and airborne fungi*. Sixth Edition, CBS, Utrecht.
- 25) SANTE CANADA
<http://www.hc-sc.gv.ca>
- 26) St GERMAIN & SUMMERBELL,R. (1996) *Champignons filamenteux d'intérêt médical: caractéristiques et identification*, Star Publishing Company, Belmont, Californie.
- 27) VAN ASSELT, L (1999) *Etude de la communication chimique et du comportement chez les acariens des poussières, Dermatophagoïdes pteronyssinus et D.farinae*.Faculté des Sciences Agronomiques, Universtité Catholique de Louvain.

Sources orales:

- 28) *Mr Beghin,H*, Mycologie (Institut de Santé Publique)
 29) *Mr Chasseur,C*, Mycologie (Institut de Santé Publique)
 30) *Mr Van Asselt*, acarologue (asbl Habitat & Santé)

4. PERTINENCE D'UNE DEMARCHE PREVENTIVE

Les données du chapitre précédent renforcent la pertinence d'une action préventive au sein de l'habitat et des espaces clos ayant une fonction publique: écoles, bureaux,... Ce type d'approche préventive, destinée à réduire ou supprimer les sources de polluants responsables de l'apparition ou de l'amplification de certains symptômes respiratoires tels que l'asthme et la rhinoconjonctivite allergique à laquelle il peut être associé, doit comporter deux démarches différentes: une démarche d'information et une démarche de remédiation sur le terrain.

Ce chapitre tentera de présenter ces deux types d'approches préventives et d'en estimer les approximativement les bénéfices en termes de réduction des coûts de la maladie afin de renforcer (ou non) la pertinence de telles démarches dans le cadre d'une politique de gestion des polluants intérieurs et des symptômes qui peuvent en résulter. Ces estimations ne constitueront que de premières estimations approximatives car celles se fonderont sur les maigres données disponibles à l'heure actuelle.

4.1 LA DEMARCHE D'INFORMATION

Cette démarche vise à sensibiliser et informer le public au problème de l'asthme et des allergies respiratoires liées à la présence de polluants dans l'habitat et les espaces clos. Une campagne d'information doit également fournir au public les conseils pratiques (habitudes de vie à proscrire ou à adopter, conseils simples d'éradication de certaines sources de polluants,...) afin d'éviter ou, en tout cas, de limiter l'apparition et l'évolution croissante de certaines sources de polluants pouvant entraîner ces symptômes respiratoires.

Quelques exemples de conseils pratiques:

- Dépoussiérer avec un chiffon légèrement humide.
- Eviter le surchauffage des pièces
- Maintenir une humidité relative entre 40 et 60 % et une température entre 18 et 20°C
- Ventilation réfléchie de l'habitat
- Changer régulièrement la literie
- Sécher les surfaces humides (après la douche, le bain, la vaisselle,...)
- Eviter les douches prolongées
- Limiter le temps d'ébullition des aliments à l'air libre
- Modifications des habitudes tabagiques (ne pas fumer ou fumer à l'extérieur)
- Allaitement maternel conseillé pour la maturation du système immunitaire
- Limiter l'utilisation de produits détergents (nettoyer 1 à 2 fois par semaine avec une quantité modérée de produit
- Ne pas utiliser d'insecticides (sous forme d'aérosols ou de diffuseurs électriques) et préférer des méthodes alternatives plus classiques: moustiquaires,...

....

La diffusion de cette information peut se faire de différentes manières. La FARES (Fondation pour les affections respiratoires et pour l'éducation à la santé) transmet ce genre d'informations par le biais de conférences à la demande de certains groupes (travailleurs O.N.E, aides familiales,..), de communiqués de presse, de visites à domicile, de dépliants explicatifs déposés auprès des mutualités ou des médecins généralistes, d'une permanence téléphonique localisée dans les bureaux de la Fondation pour la Prévention des Allergies, ... Ces différents moyens de diffusion de l'information ont pour but de toucher le plus large public possible. Afin de réaliser ces différentes campagnes d'informations, la FARES reçoit des subsides de la communauté française. (6)

Jusqu'à présent, aucune étude précise n'a été menée afin d'évaluer les bénéfices en termes cliniques et donc, en termes de coûts de telles campagnes d'informations. Bien que cette tâche soit extrêmement complexe, elle pourrait se révéler intéressante pour déterminer les budgets futurs alloués à ce genre de démarche.

4.2 LA DEMARCHE DE REMEDIATION

En Septembre 2000, une cellule d'intervention en pollution intérieure a été mise sur pied afin de répondre à la problématique de la pollution intérieure et de ses effets sur la santé. Ce projet pilote baptisé CRIPI (Cellule Régionale d'Intervention en Pollution Intérieure) ou Ambulance Verte fonctionne en partenariat avec l'ISP (Institut de Santé Publique) et la FARES (Fondation pour les affections respiratoires et l'éducation à la santé). En effet, le CRIPI, a pour but de prévenir, réduire ou supprimer les sources de polluants dans l'habitat responsables des symptômes ressentis par le patient en élaborant et en appliquant diverses mesures de remédiation (4)

Cette démarche de remédiation comporte trois phases: tout d'abord, une phase d'enquête relative à l'état clinique des patients ainsi qu'à l'état sanitaire de leur logement; ensuite, la phase de remédiation proprement dite; enfin, une seconde phase d'enquête destinée à évaluer l'impact clinique des mesures préventives appliquées dans le cadre de la phase de remédiation.

4.2.1 Première phase d'enquête:

Cette première étape consiste en une visite au domicile du patient renseigné par un médecin généraliste, un pneumologue ou un allergologue. Une équipe constituée d'analystes et d'une infirmière sociale effectue cette visite. Lors de celle-ci, on questionne le patient sur son état de santé; ensuite, on procède à un état des lieux (inventaire des sources potentielles à l'intérieur de l'habitat: revêtement, mobilier, activités, animaux, plantes, spécificité du mode de vie de l'habitant...); enfin,, on prélève des échantillons chimiques et biologiques qui seront analysés en laboratoire afin de déterminer les concentrations et d'identifier les sources de polluants responsables des symptômes ressentis par le patient. Le prélèvement et l'analyse de ces échantillons nécessitent un équipement spécifique et du personnel très qualifié, ce qui implique un coût assez important (frais salariaux, dépenses d'équipement). A ce coût, il faut également ajouter les frais de déplacement (essence, véhicule, assurance, entretien, taxes,..), de bureautique (ordinateur et imprimante pour rédiger les rapports de visites, papeterie,...), de téléphone,... Pour pallier ces coûts de fonctionnement, le CRIPI et l'asbl Habitat et Santé reçoivent des subsides. (4)

4.2.2 La phase de remédiation:

Les mesures de remédiations sont déterminées en fonction du budget et du mode de vie des patients. L'application de telles mesures se révèle assez complexe car elle dépend de 3 facteurs importants: pertinence (cibler la source du problème)-acceptabilité-faisabilité.

Voici une liste des principales mesures de remédiation (2):

LES ACARIENS

Maintenir un taux d'humidité entre 40 et 50% et une température entre 18 et 20°C

Aérer tous les jours, quelle que soit la température extérieure et vérifier que toutes les grilles d'aération soient dégagées et nettoyées régulièrement.

Utiliser un matelas en latex naturel ainsi qu'une housse qui enferme le matelas de manière hermétique sans fuite au niveau des coutures (matières conseillées: polyester, polyamide, polyuréthane-coton, polyester-coton).

Préférer une literie (draps, oreillers, édredon, couvre-lit, couverture) lavable à 60°C.

Changer régulièrement les draps.

Eviter les rideaux, les tapis (préférer du vinyl ou du parquet traité au vernis étanche), les peluches (pour nettoyer celles-ci, il faut tout d'abord les placer dans un sac plastique, mettre celui-ci au congélateur pendant 24 à 48 heures, le sortir et aspirer les peluches).

Remplacer l'ameublement (fauteuils en tissus,...).

Eviter les recouvrements muraux avec aspérités.

Dépoussiérer avec un chiffon humide.

LES MOISSURES

Maintenir un taux d'humidité entre 40 et 60% et une température entre 18 et 20°C

Eradiquer les moisissures avec de l'eau de Javel diluée dans 2 à 4 mesures d'eau, ne pas oublier de porter des gants pour effectuer cette opération et ventiler la pièce, laisser agir pendant 15 minutes et puis rincer.

Aérer tous les jours, quelle que soit la température extérieure et vérifier que toutes les grilles d'aération soient dégagées et nettoyées régulièrement.

Eviter de prolonger la durée des douches et bains.

Essuyer les zones humides après avoir pris une douche, un bain, après la vaisselle,...

Assécher et nettoyer dans les 24 heures toute zone ayant subi un dégât d'eau et remplacer les matériaux et tapis endommagés.

Limiter le temps d'ébullition des aliments à l'air libre.

FORMALDEHYDE

Aérer afin maintenir une température et un taux d'humidité pas trop élevés (entre 40 et 60 %)

Éliminer les matériaux de construction et d'aménagement ainsi que les tissus d'ameublement comportant du formaldéhyde

Éviter les peintures, colles, cosmétiques à base de formaldéhyde
ne pas fumer,

Colmater au vernis les encoches des meubles neufs en aggloméré

Ne pas surcharger la pièce de meubles et préférer ceux en bois naturel si possible, sinon opter pour du mobilier en aggloméré à faible taux d'émission de formaldéhyde- (il est conseillé de se renseigner auprès du fabricant afin d'obtenir ce type d'informations)

SOLVANTS

Supprimer si possible les sources émettrices: vernis peinture,...et préférer les vernis et peintures en phase aqueuse

Limiter l'utilisation de produits détergents (nettoyer 1 à 2 fois par semaine avec une quantité modérée de produit)

Ne pas occuper trop rapidement les pièces rénovées

Bien aérer pendant et après les travaux de rénovation

Vérifier l'étanchéité des murs et du plafond du garage, s'il est incorporé à la maison

Ni boire, ni manger pendant l'utilisation

PESTICIDES

Méfiance vis-à-vis de la literie prétraitée et des acaricides

Ne pas utiliser d'insecticides (sous forme d'aérosols ou de diffuseurs électriques) et préférer des méthodes alternatives plus classiques: moustiquaire,...

Opter pour un traitement contre les vermines et les champignons du bois à l'aide de produits naturels sans insecticides ni fongicide, constitués de sels et d'aromates rendant le bois non-comestible.

Éviction des sources émettrices:cuir, moquette en laine, bois

Enlever ou traiter le plancher à l'aide de trois couches de vernis étanche ou le traiter à l'huile de ricin (5 euros/m²-produit anti-allergique sans charge électrostatique)

Éviter l'utilisation d'insecticide et d'herbicide dans le jardin et préférer des méthodes alternatives pour contrôler la prolifération des insectes et mauvaises herbes.

Nettoyage à l'eau savonnée

Bonne aération

Lors de l'achat demander un certificat de garantie d'absence de PCP

OXYDES D'AZOTE

Bonne aération

Utiliser une hotte et cuisinière correctement raccordées à la bouche d'évacuation des gaz.

FIBRES MINERALES ARTIFICIELLES

S'assurer que les matériaux d'isolation ne sont pas en contact avec l'air intérieur.

Préférer des matériaux d'isolation écologiques: le liège, le verre cellulaire, l'Isofloc, les panneaux Pan-terre

4.2.3 Seconde phase d'enquête

Cette seconde phase d'enquête consiste en un questionnaire envoyé au patient et au médecin l'ayant renseigné, afin d'évaluer l'efficacité des mesures de remédiation et des bénéfices en termes cliniques. D'après le compte rendu officiel de la conférence de presse du 22 octobre 2002 patronnée par le Ministère de l'environnement de la région Bruxelles-Capitale, l'évaluation des enquêtes CRIPI auprès des médecins demandeurs a révélé que, sur 180 enquêtes menées entre septembre 2000 et septembre 2002, 42% des patients montraient une amélioration nette de leur état de santé et 21 % , une amélioration légère (4). A partir de ces données, on peut tenter une estimation grossière des bénéfices d'une telle démarche en terme de coûts pour ce qui est de l'asthme. Cette estimation restera très approximative car certaines données importantes ne sont pas encore disponibles actuellement: données concernant le traitement avant et après l'intervention, l'âge des patients,...

D'après les données CRIPI, l'asthme allergique constitue l'une des pathologies pour lesquelles les médecins ont le plus souvent fait appel à la CRIPI. En effet, 21 % des 180 enquêtes concernaient un patient asthmatique allergique (4).

$$21 \% \times 180 = 36 \text{ patients}$$

Si l'on applique la prévalence de chacun des stades de la maladie publiée par le *Dr.O.Michel*(3) pour l'ensemble de la population asthmatique, on obtient:

$$\text{STADE 1: } 45\% \times 36 = 17 \text{ patients}$$

$$\text{STADE 2: } 35\% \times 36 = 13 \text{ patients}$$

$$\text{STADE 3: } 20\% \times 36 = 8 \text{ patients (Note: nous accordons les 20\% restants au STADE 3 car l'asthme allergique concerne plus rarement les asthmatiques au STADE 4)}$$

S'il on considère de manière assez arbitraire qu'une amélioration nette de l'état de santé signifie une réduction de 70% des coûts de traitements et une amélioration légère, une réduction de 30 %, on obtiendrait les bénéfices suivants:

STADE 1:

coût occasionné par les 17 patients:

$$17 \times 85,3 = 1450,1 \text{ euros}$$

coût occasionné par 42 % des 17 patients (7 patients)

$$(17 \times 42\%) \times 85,3 = 597,1 \text{ euros}$$

bénéfice retiré pour 42 % des 17 patients
 $70\% \times 597,1 = 418$ euros
coût occasionné par 21 % des 17 patients (4 patients)
 $(17 \times 21\%) \times 85,3 = 341,2$ euros
bénéfice retiré pour 21 % des 17 patients
 $30\% \times 341,2 = 102,3$ euros
bénéfice total: $418 + 102,3 = 520,4$ euros

STADE 2:

coût occasionné par les 13 patients:
 $13 \times 652,4 = 8481,2$ euros
coût occasionné par 42 % des 13 patients (5 patients)
 $(13 \times 42\%) \times 652,4 = 3262$ euros
bénéfice retiré pour 42 % des 13 patients
 $70\% \times 3262 = 2283,4$ euros
coût occasionné par 21 % des 13 patients (3 patients)
 $(13 \times 21\%) \times 652,4 = 1957,2$ euros
bénéfice retiré pour 21 % des 13 patients
 $30\% \times 1957,2 = 587,2$ euros
bénéfice total: $2283,4 + 587,2 = 2870,6$ euros

STADE 3:

coût occasionné par les 8 patients:
 $8 \times 1594 = 12752$ euros
coût occasionné par 42 % des 8 patients (3 patients)
 $(8 \times 42\%) \times 1594 = 4782$ euros
bénéfice retiré pour 42 % des 8 patients
 $70\% \times 4782 = 3347,4$ euros
coût occasionné par 21 % des 8 patients (2 patients)
 $(8 \times 21\%) \times 1594 = 3188$ euros
bénéfice retiré pour 21 % des 13 patients
 $30\% \times 3188 = 956,4$ euros
bénéfice total: $3347,4 + 956,4 = 4304$ euros

Estimation du bénéfice total:

$520,4 + 2870,6 + 4304 = 7695$ euros

Il est également important de prendre en compte la durée d'efficacité de telles mesures dans l'estimation du bénéfice. En effet, l'effet bénéfique de ces mesures de remédiation peut se prolonger sur plusieurs années. Cela dépend de l'âge du patient et du respect à long terme des conseils de remédiation. Ainsi,

- S'il on considère une efficacité de 10 ans, le bénéfice sera alors multiplié par 10:
 $7695 \times 10 = 76.950$ euros

- S'il on considère une efficacité de 15 ans, le bénéfice sera alors multiplié par 15:
 $7695 \times 15 = 115.425$ euros

- S'il on considère une efficacité de 20 ans, le bénéfice sera alors multiplié par 20:
7695 x 20 = 153.900 euros

- S'il on considère une efficacité de 30 ans, le bénéfice sera alors multiplié par 25:
7695 x 25 = 192.375 euros

Conclusion:

Ces estimations semblent plaider en faveur d'une telle démarche préventive car avec un budget annuel de 124.000 euros (budget de 248.000 euros pour les 180 enquêtes réalisées sur deux années), l'action de la CRIPI permettrait, si l'on s'en tient uniquement à ces estimations très grossières de réaliser une telle économie en matière de coût à la santé publique pour la seule pathologie de l'asthme allergique, or l'on sait que cette pathologie ne concerne que 21 % des patients ayant fait l'objet d'une enquête.

Ces résultats sont d'autant plus encourageants que seuls 53% des conseils de remédiation prodigués ont été suivis. Cela laisse penser que le pourcentage d'amélioration de l'état de santé aurait pu être plus élevé si ces conseils avaient été plus suivis. Il serait d'ailleurs intéressant de se demander pourquoi seuls 53% des conseils ont été suivis.

Ces estimations ont été effectuées sur base du diagramme pyramidal de la prévalence de l'asthme en Belgique à chaque stade de la maladie (afin de rester cohérent avec le reste du travail). Cependant d'autres données provenant d'une enquête menée en 2001 par *Verleden et al.*, *R. Vander Stichele*, auprès de 356 médecins belges comptabilisant 1376 patients asthmatiques, révèlent une prévalence de 31 % pour le STADE 1, 29% pour le STADE 2, 31 % pour le STADE 3 et 9 % pour le STADE 4 (1). Si l'on avait pris en compte ces pourcentages-ci, l'estimation du bénéfice aurait été plus élevée en raison du poids économique plus important des asthmatiques au STADE 3.

Cependant, il convient, malgré tout, de tempérer cet enthousiasme car, comme nous l'avons déjà fait remarquer, ces calculs très approximatifs se basent sur les maigres données disponibles actuellement. Or, pour obtenir une estimation plus précise, certaines données semblent indispensables: information au sujet de l'âge des patients, de la durée d'efficacité des mesures, du traitement suivi avant et après l'application des mesures, pourcentage d'asthme réellement lié à l'habitat, l'amélioration réelle pour chaque pathologie liée à la pollution dans l'habitat,...

De plus, les données CRIPI font état d'améliorations légères et d'améliorations nettes de l'état de santé d'un certain pourcentage de patients. Or il est difficile de déterminer de manière précise l'évolution réelle de l'état de santé (traitements) sur base de cette terminologie assez générale.

Enfin, les données CRIPI ne précisent pas la part du pourcentage d'amélioration attribué aux différentes pathologies liées à la pollution ambiante. En effet, il se peut que les pourcentages d'amélioration ne concernent que très peu les asthmatiques allergiques et s'appliquent plutôt aux malades souffrant de rhinite, de maux de tête....

4.2.4 Extension de la démarche préventive

A cette estimation du bénéfice de l'action de la CRIPI, il serait intéressant de rajouter une évaluation des bénéfices obtenus par les deux nouvelles branches du projet. Le projet s'est, en effet, étendu afin d'en accroître son efficacité:

-Premièrement, afin d'élargir le projet à un plus large public, le ministre de l'environnement a fait appel à un nouveau partenaire: l'association Habitat-Santé s'occupant de la prise en charge des demandes émanant directement d'un particulier sans avis médical préalable. Ce partenariat revêt un intérêt particulier car il permet aux bruxellois soupçonnant des cas de pollution intérieure sans pour autant déceler un problème de santé particulier, de bénéficier d'une première analyse et de conseils. Si un lien entre une pollution intérieure et un problème de santé est décelé, l'association pourra renvoyer le dossier à la CRIPI pour une analyse plus détaillée.

- Deuxièmement, afin d'informer les différents acteurs de la santé (médecins généralistes, hygiénistes, infirmières, assistants sociaux, le CPAS, ONE,...), plusieurs cycles de formation en matière de pollution intérieure et de ses effets possibles sur la santé destinés aux acteurs leur sont désormais proposés. Ces formations sont organisées depuis la fin de l'année 2002 en collaboration avec le Professeur *Jacques Kummer* de l'Ecole de Santé Publique de l'ULB. (4)

4.3 BIBLIOGRAPHIE

Sources écrites :

1) CAEKELBERGH, K.; LAMOTTE, M. & ANNEMANS L. (2002) "Epidemiologie en kost van astma en chronisch obstructieve longziekte in België" in *BIGE (Belgisch Instituut voor Gezondheidseconomie briefing)*

2) KUSKE,M & NICOLAS,J. *Les pollutions de l'air à l'intérieur des bâtiments. Diagnostic. Incidences sur la santé.*FUL (Fondation Universitaire Luxembourgeoise), Province du Luxembourg, Département prévention-santé. <http://www.province.luxembourg.be/pdf/pollutionair.pdf>

3) MICHEL, O *et al.* (1999) *Rapport: Dépistage de l'asthme chez l'enfant en âge scolaire*

4) REGION DE BRUXELLES CAPITALE, CABINET DU MINISTRE GOSUIN *Le service régional contre la pollution de l'air intérieur au service des Bruxellois*, Conférence de presse, PRCOM/221.2002/JFL, Bruxelles 2002.

Sources orales :

5) Mme S.Bladt (IBGE)

6) Mme S. Lambin (FARES)

5. CONCLUSION

La prévalence de cette maladie s'est fortement accrue ces dernières années pour diverses raisons. En effet, on assiste, depuis plusieurs années, à une évolution sensible des modes de vie augmentant les facteurs de risques; on observe, également, une paupérisation croissante des milieux à revenus modestes or, c'est justement au sein des familles les plus défavorisées que la prévalence des cas d'asthme sévère est la plus importante car celles-ci cumulent les facteurs de risques environnementaux et attendent souvent la nécessité d'une intervention médicale lourde avant d'agir faute de moyens suffisants. Or, c'est précisément cette intensification des symptômes qui pèse lourdement sur le budget de la sécurité sociale, incitant les gouvernements à réduire progressivement les remboursements des soins de santé, ce qui concourt à la précarisation des ménages à faibles revenus. Il semble donc urgent d'amorcer une réflexion approfondie sur les solutions à apporter pour enrayer ce cercle vicieux.

C'est pourquoi ce travail a tenté de mettre en évidence le poids économique de l'asthme en Belgique et proposer une estimation des bénéfices retirés d'une approche préventive en matière de pollution intérieure afin de promouvoir une meilleure gestion des coûts de la maladie. Les chiffres obtenus, bien qu'approximatifs, semblent désigner l'approche préventive comme la voie à suivre mais, la prudence reste de mise quant à l'appréciation de ces estimations étant donné les nombreuses limites de ce travail.

Il serait donc utile, dans un avenir proche, de développer un ou plusieurs projets d'études visant à rassembler les données manquantes à ce jour afin de poursuivre et approfondir ces évaluations. Ensuite, si les résultats futurs plaident en faveur d'une démarche préventive, il serait alors utile d'envisager une augmentation des subsides publics afin d'élargir son accessibilité à l'ensemble des couches de la population. Il serait également intéressant de considérer la création d'un fond public destiné à aider financièrement les

familles défavorisées afin de leur donner les moyens d'appliquer les mesures préventives. Ceci permettrait de renforcer l'efficacité des programmes d'action préventive.