



Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

www.em-consulte.com



SÉRIE « SUIVI POST-PROFESSIONNEL APRÈS EXPOSITION À L'AMIANTE »
Coordonnée par J.C. Dalphin

Quels sont les outils pour le suivi post-professionnel, leurs modalités de réalisation, leurs performances, leurs limites et leurs bénéfices/risques ? Radiographie et la tomодensitométrie thoracique[☆]

What are the tools for post-occupational follow-up, how should they be performed and what are their performance, limits and benefit/risk ratio? Chest X-Ray and CT scan

G. Ferretti^{a,b,c,d,*}

^a Université J-Fourrier, BP 53, 38041 Grenoble cedex 9, France

^b Domaine universitaire, 621, avenue Centrale, 38400 Saint-Martin-d'Hères, Gières, France

^c CRI Inserm/UJF U823, institut Albert-Bonnot, rond-point de la Chantourne, 38706 La Tronche cedex, France

^d Clinique universitaire de radiologie et imagerie médicale, CHU de Grenoble, BP 217, 38043 Grenoble cedex, France

Reçu le 17 janvier 2011 ; accepté le 17 février 2011

Disponible sur Internet le 26 mai 2011

MOTS CLÉS

Amiante ;
Radiographie thoracique ;
Tomodensitométrie ;
Asbestose ;
Plaque pleurale ;
Fibrose pleurale ;
Mésothéliome ;
Cancer bronchique

Résumé La radiographie thoracique et la tomодensitométrie (TDM) thoracique sont les deux techniques radiologiques utilisées pour le suivi post-professionnel des personnes exposées à l'amiante. Depuis la dernière conférence de consensus de 1999, les publications ont essentiellement portés sur la TDM haute résolution et la TDM haute résolution volumique (TDMHRV). Nous envisagerons successivement l'apport de la radiographie thoracique numérisée, les recommandations pour l'acquisition des TDMHRV pour assurer la qualité d'image tout en maîtrisant la dose délivrée, la nécessité de se référer à « l'atlas iconographique tomодensitométrie des pathologies bénignes de l'amiante » publié en 2007 pour l'interprétation. Les résultats

[☆] Nous remercions la Haute Autorité de santé de nous avoir autorisés à reproduire ce texte. Il est également consultable sur le site www.has-sante.fr rubrique *Toutes nos publications*.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : gferretti@chu-grenoble.fr

des études publiées concernant l'exploration radiographique ou TDM seront ensuite revus. Notons la grande variabilité inter-observateur pour la reconnaissance des plaques et de l'asbestose, imposant une formation adéquate pour les radiologues, et l'importance d'aboutir à la définition de critères standardisés quantifiés. La mauvaise concordance de lecture entre radiologues thoraciques et généralistes doit être prise en compte : la lecture des TDM dans le cadre de l'exposition post-professionnelle à l'amiante pourrait être confiée à des médecins radiologues spécialistes en pathologie thoracique ou ayant bénéficié d'une formation spécifique validante. Une double interprétation des TDM pourrait être proposée lors des demandes médicosociales. La TDM est plus sensible que la radiographie thoracique pour la détection des cancers bronchiques, mais est à l'origine d'un grand nombre de faux-positif (96 à 99%). Aucune donnée ne permet de montrer l'utilité du dépistage du mésothéliome par radiographie ou TDM. © 2011 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

KEYWORDS

Asbestos;
Chest radiography;
Computed
tomography;
Pleural plaque;
Pleural fibrosis;
Mesothelioma;
Bronchogenic
carcinoma

Summary Chest radiography and computed tomography (CT) are the two radiological techniques used for the follow-up of people exposed to asbestos. Since the last conference of consensus (1999), the scientific literature has primarily covered high-resolution CT and high-resolution volume CT (HR-VCT). We consider in turn the contribution of digital thoracic radiography, recommendations for the performance of HR-VCT to ensure the quality of examination while controlling the delivered radiation dose, and the need to refer to the "CT atlas of benign diseases related to asbestos exposure", published by a group of French experts in 2007, for interpretation. The results of the published studies concerning radiography or CT are then reviewed. We note the great interobserver variability in the recognition of pleural plaques and asbestosis, indicating the need for adequate training of radiologists, and the importance of defining standardized, quantified criteria for CT abnormalities. The very low agreement between thoracic and general radiologists must be taken into account. The reading of CT scans in cases of occupational exposure to asbestos should be entrusted to thoracic radiologists or to general radiologists having validated specific training. A double interpretation of CT could be considered in medicosocial requests. CT is more sensitive than chest radiography in the detection of bronchial carcinoma but generates a great number of false positive results (96 to 99%). No scientific data are available to assess the role of imaging by either CT or chest radiography in the early detection of mesothelioma.

© 2011 SPLF. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction générale

L'imagerie morphologique (radiographie thoracique, tomodensitométrie ou TDM) a pour but de visualiser in vivo les anomalies anatomiques liées à l'exposition à l'amiante. Cette visualisation est fonction des caractéristiques anatomopathologiques des lésions (essentiellement leur taille, leur composition et leur profusion) et des performances des systèmes d'imagerie [1]. Ainsi, la qualité des techniques radiologiques utilisées pour le suivi post-professionnel des sujets exposés à l'amiante doit être optimisée à chacun des stades ; choix de la technique, choix du matériel, paramètres de réalisation, de visualisation, mais également interprétation qui devra se baser sur des critères validés et si possible standardisés [2–6]. Les corrélations entre anatomie, radiologie, examen clinique, explorations fonctionnelles sont à la base des connaissances actuelles [7]. La morphologie du sujet et son âge sont également des critères à prendre en compte car ils sont susceptibles de mimer des lésions thoraciques minimales liées à l'amiante [8,9].

La radiographie thoracique a été la technique la plus employée pour la détection et la caractérisation des lésions thoraciques liées à l'amiante [10]. Le système de lecture développé par le BIT a permis une standardisation des interprétations. Cependant, la TDM est une technique plus

performante que la radiographie pour la détection et la caractérisation des anomalies thoraciques, en particulier par l'utilisation du mode TDM haute résolution [11–13].

La dernière conférence de consensus française pour l'élaboration d'une stratégie de surveillance médicale clinique des personnes exposées à l'amiante date de 1999 [14]. Depuis lors, la radiographie et la TDM ont bénéficié d'évolutions techniques et de traitement d'images importantes ; parallèlement, de nombreuses études cliniques ont été publiées améliorant les connaissances sur l'apport de l'imagerie pour la mise en évidence des pathologies thoraciques possiblement liées à l'exposition à l'amiante. Nous envisagerons les affections bénignes : plaques pleurales, fibrose pleurale diffuse, pleurésie bénigne, atélectasie par enroulement, fibrose pulmonaire (asbestose) et les pathologies tumorales malignes : mésothéliome et cancer bronchique. La sémiologie radiologique de ces différentes anomalies étant bien établie, nous ne décrivons que les modifications apportées depuis le rapport de 1999 [12].

Les objectifs de ce rapport sont de répondre à propos de la radiographie thoracique et de la tomodensitométrie thoracique, aux questions posées par le comité d'organisation :

- quels sont les outils pour le suivi post-professionnel ;
- leurs modalités de réalisation ;
- leurs performances ;

- leurs limites ;
- leurs bénéfices-risques.

Des questions complémentaires ont été ajoutées.

La TDM est l'examen de référence pour le dépistage des pathologies de l'amiante non malignes.

- Quel est le protocole technique d'acquisition (ou quels sont les protocoles) pouvant être recommandé selon les pathologies que l'on cherche à dépister? Ces protocoles différent-ils lors du suivi des pathologies de l'amiante? (en particulier, faut-il distinguer le cas où le bilan initial est normal et celui où des plaques pleurales ont été identifiées?) Quelle est l'irradiation associée à ces différents protocoles et en quoi celle-ci peut-elle conduire à moduler le suivi?
- Quelle est la reproductibilité inter-lecteur selon les pathologies? Quels sont les éléments susceptibles de faire varier de manière significative cette reproductibilité selon les pathologies? En cas de reproductibilité insuffisante, quelles sont les procédures pouvant diminuer l'incertitude? (Double lecture? accréditation des radiologues, définitions des critères diagnostiques pour les pathologies de l'amiante?)
- Quelles sont les modalités de la répétition des TDM en particulier dans une optique de dépistage et en cours de suivi s'il existe une pathologie de l'amiante? Existe-t-il des arguments pour modifier la périodicité antérieurement décrite en 1999? Pendant combien de temps faut-il maintenir le suivi?
- Quelle est la place de la radiographie pulmonaire aujourd'hui entre deux bilans TDM?
- Quelle est la conduite à tenir vis-à-vis de la découverte de nodules pulmonaires isolés non calcifiés?
- Quelles sont aujourd'hui les recommandations d'utilisation de la TDM pour le dépistage du cancer bronchique, en dehors de l'exposition à l'amiante

Stratégie de recherche bibliographique

Ce rapport repose sur une analyse de la littérature publiée depuis la conférence de consensus de 1999. La recherche bibliographique repose sur l'interrogation du moteur de recherche PubMed en combinant les mots clés suivant : *asbestosis, pleural plaques, pleural fibrosis, diffuse pleural thickening, round atelectasis, pleural effusion, mesothelioma, lung cancer, chest radiography, computed tomography*. Les ouvrages de référence récents en imagerie thoracique ont également été consultés [15–17]. Cette recherche a été croisée avec la liste des publications qui ont été analysées par le service de documentation de la HAS.

Radiographie thoracique

Modalités de réalisation

La radiographie thoracique reste la technique radiologique la plus utilisée pour détecter les maladies thoraciques liées à l'amiante [10] et la seule recommandée par les textes en France. Depuis les années 2000, la radiographie numérique soit par plaques phosphore [18,19], soit

par détection directe, remplace progressivement dans notre pays, les installations basées sur l'utilisation d'un couple film-écran. Les avantages de cette technologie sont bien connus : grande dynamique, réponse linéaire, disposition instantanée du cliché, utilisation de ces données numériques pour visualisation sur des consoles permettant un traitement post-acquisition du signal ainsi qu'un stockage informatique des données sur PACS. Ces installations numériques permettent de réduire la dose distribuée aux sujets car les clichés ne sont qu'exceptionnellement de mauvaise qualité nécessitant une nouvelle exposition et que la qualité intrinsèque des détecteurs permet de réduire la dose pour obtenir le même résultat qu'un couple film-écran. L'avantage du stockage informatique offre la possibilité de comparer des images prises à des temps différents et donc de détecter des anomalies de plus petite taille. La radiographie en double énergie est une amélioration technique permettant d'obtenir au prix d'une irradiation modérément supérieure à celle d'une radiographie conventionnelle deux types d'images : une image « tissus mous », permettant une meilleure évaluation du parenchyme pulmonaire ; une image « osseuse » pouvant améliorer la visualisation de calcification pleurale [20]. Bien que cette technique soit connue depuis longtemps, elle n'a pas fait l'objet de publication spécifique concernant des séries de sujets exposés à l'amiante. L'apparition de ces clichés digitalisés a été prise en compte par le BIT dans sa révision de la classification des radiographies pour les pneumoconioses publiées en 2003.

Résultats

Plaques pleurales

Les plaques pleurales sont la manifestation la plus fréquente des maladies liées à l'amiante [10]. La sémiologie des plaques pleurales n'a pas évolué depuis 1999 [12]. Cependant, la classification BIT 2000 introduit une notion quantitative puisqu'une épaisseur de 3 mm est nécessaire pour pouvoir parler de plaque en présence d'un épaississement pleural. L'épaisseur des plaques est alors classée en A (3–5 mm) ; B (5–10 mm) ; C (> 10 mm). Différentes études ont confirmé le manque de sensibilité de la radiographie par rapport à l'autopsie ou au scanner haut résolution ou conventionnel. Celle-ci se situe entre 50 et 80 % [10]. De même, la spécificité de la radiographie thoracique est insuffisante en particulier en raison des faux positifs liés à l'accumulation de graisse extrapleurale mimant des plaques pleurales non calcifiées. Lee et al. [21] confirment que l'interprétation des radiographies thoraciques dans le cadre du dépistage des plaques pleurales est influencée par la morphologie du sujet, l'obésité (index IMC > 30 kg/m²) est liée à un épaississement pleural sur les radiographies thoraciques de moins de 1 cm couvrant 20 à 25 % de la paroi thoracique latérale. De telles images doivent faire réaliser un scanner pour assurer le diagnostic différentiel. La TDM est donc systématiquement requise en présence d'épaississements pleuraux-pariétaux non calcifiés afin de différencier des plaques d'amas graisseux. La variabilité inter-observateurs étant importante lors de la lecture des radiographies de dépistage, le BIT [2] recommande qu'au moins deux lecteurs lisent les clichés thoraciques employés dans des études épidémiologiques.

Épaississement pleural diffus

L'épaississement pleural diffus ou épaississement de la plèvre viscérale est une fibrose symphysante des deux feuillets pleuraux qui a vu sa définition modifiée par la classification du BIT 2000 [2] puisque l'épaississement pleural doit s'accompagner d'un comblement du cul-de-sac pleural costo-diaphragmatique homolatéral. Cette définition est plus appropriée que les critères dimensionnels antérieurement proposés [22]. Sa fréquence est beaucoup plus rare que celle des plaques pleurales retrouvées chez 7 % d'une cohorte d'ouvriers retraités exposés à l'amiante alors que les plaques pleurales sont vues dans 27 % des cas [23]. Le caractère non spécifiquement lié à l'amiante de ces épaississements pleuraux diffus est reconnu (séquelle d'hémithorax, pleurésie purulente ou inflammatoire, tuberculose) [10].

Asbestose

La classification du BIT reste la classification la plus utilisée pour les études épidémiologiques. Le seuil de profusion 1/0 est habituellement admis comme seuil pathologique à partir duquel un syndrome interstitiel est décrit. La variabilité d'interprétation inter-observateurs reste importante entre le seuil 0/1 et 1/0. Le manque de sensibilité de la radiographie thoracique est confirmé, par rapport à l'examen anatomopathologique et à l'examen TDM-HR [10]. L'ATS confirme qu'une radiographie thoracique montrant un syndrome interstitiel net chez un sujet ayant une exposition significative à l'amiante, constitue un argument suffisant pour le diagnostic d'asbestose sans avoir besoin d'autres examens radiologiques [10]. Cependant, la présentation radiologique de l'asbestose se modifie en raison de la moindre exposition des personnels : les scores BIT sont actuellement moins élevés, la latence est augmentée, les sujets plus âgés [24,25]. Dans cette étude de 3383 travailleurs exposés à l'amiante [25], la majorité des sujets (79 %) avait un score BIT inférieur à 1/1. La latence de l'apparition d'infiltration pulmonaire était de $40,5 \pm 10,3$ années à comparer aux $45,8 \pm 9,5$ années pour des sujets avec un score BIT supérieur. Les sujets avec un score BIT élevé étaient également plus âgés et fumaient plus. Ross [26] souligne la faible valeur prédictive positive de la radiographie (< 50 %) et mentionne qu'elle est insuffisante à elle seule pour porter le diagnostic d'asbestose.

En somme, la radiographie thoracique est une technique disponible et de faible coût, ayant bénéficié d'évolutions technologiques importantes depuis 1999 qui ont amélioré ses qualités diagnostiques tout en réduisant l'irradiation. Aucune étude spécifique n'a été réalisée pour valider ces évolutions dans le cadre du dépistage des lésions liées à l'amiante. Cependant, la radiographie reste moins sensible que la TDM pour la détection des anomalies pleurales et parenchymateuses liées à l'amiante.

Tomodensitométrie

Modalités de réalisation

Les recommandations antérieures [14] étaient, en fonction de l'état de l'art de la technologie en 1999, de

combinaison de deux types d'acquisition TDM : TDM spiralee centimétrique en décubitus pour rechercher les anomalies pleurales bénignes et les tumeurs ; TDMHR en procubitus (coupes de 1 mm espacées de 10 à 30 mm) sur un volume d'intérêt comprenant l'ensemble du thorax ou plus restreint compris entre la carène et les culs-de-sac pleuraux postéro-inférieurs pour explorer le parenchyme pulmonaire tout en s'affranchissant des phénomènes de gravito-dépendance pouvant mimer une fibrose pulmonaire débutante [12]. L'acquisition en coupes de 10 mm avait pour principale limite le volume partiel, avec pour risque de méconnaître des images pleurales ou parenchymateuses de petites tailles. Le mode TDMHR n'explore au mieux que 10 % (1 mm/10 mm) ou 3 % (1 mm/30 mm) du thorax, avec pour risque d'ignorer des pathologies situées entre les coupes (nodules, cancer bronchique, petites plaques).

La dose d'irradiation liée à la TDM est un paramètre largement débattu. Cette dose est plus importante que celle d'une radiographie thoracique, mais elle est très dépendante des paramètres d'exploration (hauteur d'exploration, kV, mA). La dose peut être réduite significativement sans perdre d'information comme l'ont montré Michel et al. [27] qui a comparé les explorations TDMHR dose normale (140 kV, 220 mAs) à des coupes TDMHR basse dose (120 kV, 60 mAs), soit une réduction de dose de 76 % dans une population de 41 sujets exposés à l'amiante. Une étude récente sur fantôme menée à l'hôpital Saint-Louis a montré que la dose efficace délivrée par une TDMHRV 120 kV, 60 mAs avec logiciel de réduction de dose activée délivrait une dose efficace d'environ 2 mSv, soit 67 à 83 % de l'irradiation naturelle annuelle en France (2,4 mSv). Cette dose est environ dix à 100 fois supérieure à celle d'une radiographie thoracique (0,02 à 0,2 mSv ou de trois à 30 jours d'irradiation naturelle en France) [28,29]. Le risque d'induire un cancer bronchique associé à l'acquisition d'un seul scanner thoracique chez une personne de plus de 50 ans a été évalué à moins de 0,06 % [30].

L'introduction dès les années 2000 du scanner multi-barrette (de quatre à 320 coupes acquises simultanément avec un temps de rotation de l'ordre de 0,5 secondes) a révolutionné l'imagerie thoracique [31]. En effet, de telles installations permettent d'acquérir l'ensemble du thorax durant une seule apnée inspiratoire dont la durée est actuellement de quelques secondes, de produire des coupes haute résolution (épaisseur inférieure ou égale à 1 mm) de l'ensemble du thorax dont la résolution est isotropique (TDM haute résolution volumique ou TDM HRV). Ces acquisitions permettent d'utiliser des traitements d'images secondaires [32] : reformations frontales et sagittales utiles pour l'exploration des diaphragmes et des plèvres ; images projectives de type *maximum intensity projection* (MIP) facilitant la recherche des nodules pulmonaires [33] ; utilisation de logiciel de recherche automatique de nodules [34]. Les performances de ces nouvelles machines permettent d'utiliser des basses doses d'irradiation (120 kV, 60–100 mAs) sans altérer les performances diagnostiques [35]. Ainsi, les discussions antérieures comparant les avantages et inconvénients de la TDM conventionnelle (coupes de 10 mm jointives) et de la TDM haute résolution (TDMHR) [12] sont caduques.

Dans les suites de la conférence de consensus de 1999, un groupe d'experts pluri-professionnels a été mis en place

à la demande du ministère du Travail afin de « décrire une méthode aussi standardisée que possible de réalisation et d'interprétation fiable des examens tomodensitométriques du thorax prescrits dans le cadre du dépistage ». Son rapport préconisait « l'élaboration d'un atlas iconographique de tomodensitométrie thoracique, illustrant la normalité, les pièges diagnostiques et les différentes pathologies asbestosiques ». Les recommandations concernant la tomodensitométrie thoracique ont fait l'objet d'un travail publié récemment dans le *Journal de Radiologie* [3] et la *Revue des Maladies Respiratoires* [4]. Ce travail est d'actualité et figure en annexe du présent document. En conséquence, nous reprendrons donc dans ses grandes lignes les critères techniques tels qu'ils ont été publiés en 2007.

Équipement

Un scanner volumique de 16 coupes ou plus est recommandé.

Préparation—conditions techniques

L'acquisition doit être effectuée en mode volumique, sujet en décubitus et au cours d'une apnée à l'issue d'une inspiration profonde, le sujet étant positionné les bras au-dessus de la tête. Les acquisitions en mode séquentiel ne sont plus recommandées, et les coupes en expiration ne sont pas requises. Aucune injection de produit de contraste n'est recommandée en première intention. Lorsque des anomalies parenchymateuses ou pleurales postéro-basales sont mises en évidence en décubitus, une acquisition spiralée focalisée en procubitus et inspiration forcée doit être réalisée au décours de la première acquisition en décubitus, à dose équivalente de celle réalisée en décubitus. Cela permet de s'affranchir des images parenchymateuses pulmonaires de gravito-dépendance et de nombreux épaissements pleuraux indéterminés.

Une modalité d'acquisition alternative permettant de s'affranchir systématiquement des images de gravito-dépendance dans les zones postérieures et basales des poumons (siège préférentiel des lésions d'asbestose) sans altérer la détection des anomalies pleurales ou parenchymateuses, est de réaliser le scanner en procubitus, au cours d'une apnée à l'issue d'une inspiration profonde, le sujet étant positionné les bras au-dessus de la tête [15,36].

Paramètres d'acquisition

Des paramètres d'acquisition économes quant aux doses de rayonnement délivrées sont recommandés. Ils ont les valeurs maximales suivantes : 120 à 140 kV selon la corpulence normale ou forte du sujet, avec une valeur de mAs équivalente au poids du sujet en kilogramme. L'épaisseur nominale ou épaisseur d'acquisition doit avoir une valeur maximale de 1,5 mm.

Reconstruction

L'analyse des parties molles doit être effectuée en fenêtre médiastinale avec un filtre de résolution en densité. L'analyse du parenchyme pulmonaire doit être effectuée en fenêtre pulmonaire avec un filtre de résolution spatiale. Les coupes doivent être d'épaisseur millimétrique ou sub-millimétrique, jointives ou au minimum échantillonnées tous les 10 mm. Un post-traitement en reconstruction

de type projection d'intensité maximum (MIP) d'une épaisseur d'environ 5 mm est recommandé pour la recherche de nodules, l'utilisation d'un système de détection automatique des nodules pulmonaires apparaissant une alternative pertinente dans ce cadre.

Compte rendu

La valeur du produit dose X longueur PDL qui doit se situer aux environs de 200 mGy × cm doit être reproduite sur le compte rendu, la norme Euratom d'un examen TDM du thorax standard étant de 500 mGy × cm.

Périodicité des scanners

Le bénéfice médical de la répétition des examens irradiants dans les populations exposées à l'amiante doit être évalué pour chaque affection (plaques, asbestose, cancer pulmonaire, mésothéliome) et mis en balance avec le risque lié à l'irradiation en fonction de la technique (radiographie versus TDM, technique de TDM) et de l'effet cumulatif des doses. La périodicité des TDM chez les sujets exposés reste une question peu abordée dans la littérature récente. Elle a été spécifiée dans les recommandations de la conférence de consensus 1999 [14], qui ont été renforcées par une étude récente concernant les plaques. La modélisation proposée à partir de l'expérience de dépistage conduit en Normandie permet de proposer une périodicité des scanners de cinq à 10 ans pour la recherche des plaques pleurales [37] compte tenu d'une augmentation de l'incidence annuelle des plaques passant de 0,8% dix ans après le début de l'exposition à 2,4% 30 ans après le début de l'exposition pour une exposition moyenne d'une fibre par millilitre. La réalisation de radiographies entre les TDM selon les préconisations 1999 n'a fait l'objet d'aucune étude de validation ; compte tenu de la mauvaise sensibilité de la radiographie, se pose la question de l'intérêt du maintien de ces radiographies.

Le protocole technique du scanner peut donc varier en fonction des objectifs cliniques poursuivis et devra tenir compte de l'irradiation distribuée : une acquisition exhaustive en coupes fines (TDMHRV) sera toujours plus irradiante qu'une acquisition TDMHR (1 mm/30 mm) ; seule la TDMHRV permettra d'explorer totalement tous les compartiments anatomiques du thorax. Le choix d'une technique ou d'une autre n'est pas éclairé par des études comparatives. Cependant, peut-on prendre le risque en 2010 de ne pas détecter un petit cancer bronchique situé entre deux coupes TDMHR ?

Résultats

Plaques pleurales

Les plaques pleurales constituent la manifestation la plus fréquente des anomalies thoraciques liées à l'inhalation des fibres d'amiante. Les plaques pleurales fibro-hyalines qui siègent au niveau de la plèvre pariétale sont des plages circonscrites bien limitées de tissu conjonctif riche en collagène et pauvre en cellules, recouvertes par une couche de cellules mésothéliales normales. Leur épaisseur est généralement de quelques millimètres et ne dépasse que rarement 1 cm [38]. Elles sont le plus souvent bilatérales et elles peuvent se calcifier. Elles sont très caractéristiques de l'exposition à l'amiante [10]. Les critères diagnostics TDM sont largement décrits dans l'atlas proposé en

annexe. Elles doivent être distinguées de différentes structures anatomiques normales (graisse sous-pleurale, muscles sous-costaux, muscles intercostaux, muscles respiratoires accessoires, veines costales, condensations pulmonaires focales résolutive en procutibus).

La sensibilité et la spécificité de la TDM sont supérieures à celles de la radiographie thoracique. Cette notion ancienne [12] est confirmée par plusieurs études récentes [39–42]. La prévalence des plaques sur les radiographies était de 33% (56/170) contre 66,5% (113/170) en TDMHR [43]. Ainsi, la TDMHR interprétée par un radiologue expert est considérée comme la technique gold standard pour évaluer de manière non invasive les anomalies pleurales bénignes [41]. La TDMHR basse dose en procutibus et décubitus a été utilisée pour préciser les possibles lésions pleurales chez 353 personnes exposées à la vermiculite (exposition professionnelle, 55; sujet contact d'un professionnel exposé, 99; exposition non professionnelle, 199) et dont la radiographie thoracique a été interprétée comme indéterminée [44]. Parmi les sujets, 98 (27,8%) avaient des anomalies pleurales (exposition professionnelle, 40%; sujet contact d'un professionnel exposé, 47,5%; exposition non professionnelle, 14,6%) montrant l'intérêt de la TDMHR dans cette population exposée avec une radiographie thoracique indéterminée.

L'étude de la variabilité intra- et inter-observateurs de la lecture des TDM a fait l'objet de plusieurs études en raison de l'absence de gold standard anatomique qu'il soit chirurgical ou autopsique. De Raeve et al. [45] ont étudié cette reproductibilité chez trois lecteurs à partir d'un collectif de 100 personnes exposées à l'amiante dans le cadre de leur travail (≥ 10 ans) dans un bâtiment contaminé. La lecture consensuelle a retenu 18 personnes avec des lésions pleurales limitées (de quelques millimètres à 1 cm de longueur; unilatérales dans sept cas); huit (44%) identifiées par les trois lecteurs, cinq (28%) identifiées par deux lecteurs et quatre (22%) identifiées par un seul des lecteurs. L'agrément intra-observateur était bon ($\kappa = 0,68$) alors que l'agrément inter-observateurs était passable à modéré (κ 0,26; 0,45; 0,46) faisant conclure que lors des faibles expositions, les lésions pleurales sont minimales donnant lieu à une grande variabilité des interprétations et rendant la lecture en consensus par plusieurs experts plus fiable. Ces résultats sont confirmés par l'étude d'Ameille et al. [46] utilisant la TDM pour rechercher des anomalies pleurales et parenchymateuses dans une population de 269 hommes relativement jeunes (âge moyen $54 \pm 2,3$ ans) faiblement exposés (index d'exposition cumulée moyen estimé: $1,7 \pm 2,3$ fibres/ml-années). La relecture en consensus a révélé des plaques chez 26 (9,7%) personnes, unilatérales dans 65% des cas et inférieure ou égale à 2 mm dans 54% des cas. De ce fait, la concordance inter-observateurs (trois lecteurs) était passable (κ pondéré de 0,3; 0,23; 0,31). Ces résultats de concordance inter-observateurs passables plaident pour une définition précise de la plaque en TDM. La proposition du BIT [3] était de considérer un épaississement pleural comme une plaque lorsque son épaisseur dépasse 3 mm. Cependant, aucune valeur quantitative n'a été définie de manière consensuelle concernant la définition de la plaque en TDM.

Tiitola et al. [39] ont montré que l'agrément intra-observateur est supérieur à l'agrément inter-observateurs

pour l'évaluation TDM de différentes anomalies pleurales dans une population de 602 travailleurs exposés (601 avec plaques bilatérales et 85 avec asbestose) et de 49 cas contrôlés. Concernant l'épaisseur moyenne des plaques, l'épaisseur maximale, la présence de calcifications, l'extension, l'agrément inter-observateurs (κ pondéré) était de respectivement 0,60; 0,60; 0,81; 0,75 alors que l'agrément intra-observateurs était de 0,63; 0,72; 0,85; 0,54. Compte tenu de cette bonne reproductibilité, ces indicateurs sont fiables et peuvent être utilisés pour caractériser les plaques en TDM. Les auteurs soulignent la difficulté de différencier les plaques de faible épaisseur des volumes partiels avec les muscles intercostaux.

Plusieurs études ont étudié différentes techniques de quantification des plaques pleurales, visant à mettre des corrélations anatomo-fonctionnelles pour éclairer le rôle potentiel controversé des plaques sur la fonction respiratoire [40,43,47,48]. Meirelles et al. [49] ont testé une évaluation semi-quantitative chez 57 personnes présentant des plaques pleurales sans autres anomalies pleurales ou parenchymateuses. Le score est basé sur la combinaison de l'épaisseur maximale des plaques et de leur extension, y compris au niveau des plèvres diaphragmatiques. L'agrément entre les trois lecteurs pour estimer le score de plaque pleurale costale est bon (κ 0,61–0,79) et bon, voire excellent, pour les plaques diaphragmatiques (0,61 à 0,86). La surface des plaques pleurales a été mesurée par digitalisation des données chez 73 travailleurs exposés [40]. Ces auteurs ne trouvent aucune corrélation entre la surface des plaques pleurales, et l'exposition cumulée à l'amiante, le temps depuis la première exposition ou les paramètres de la fonction respiratoire.

Dans l'étude de Tiitola et al. [39], la durée de l'exposition à l'amiante est corrélée positivement avec le degré de calcifications pleurales, l'extension et l'épaisseur des plaques.

La TDM a été utilisée pour caractériser les effets d'expositions élevées mais intermittentes à l'amiante dans le cadre de travaux d'isolation de silos dans une population de 170 retraités ($65,2 \pm 0,6$ ans) [43]. La présence des plaques pleurales était liée à l'intensité ($p < 0,01$) et à la durée de l'exposition ($p < 0,05$).

Algranti et al. [48] ont montré que la période depuis la première exposition (ou latence) est un facteur prédictif de lésions pleurales bénignes plus significatif que la durée d'exposition.

Dans le but de sélectionner les sujets à haut risque devant bénéficier d'un programme de dépistage par TDM, Paris et al. [37] ont étudié sur une série française de 1011 personnes exposées à l'amiante exploré par TDM; 474 (46,9%) présentaient des plaques et 61 (6%) des anomalies interstitielles compatibles avec une asbestose. Le temps écoulé depuis la première exposition ($p < 0,0001$), l'exposition cumulée et moyenne ($p < 0,0001$) étaient indépendamment associés avec la prévalence des plaques pleurales et de l'asbestose et l'incidence des plaques. Ces deux éléments semblent être les plus importants à prendre en compte afin d'inclure les sujets exposés dans un programme de détection par TDM.

Ces données épidémiologiques sont confirmées par les résultats du programme de dépistage par TDMHR des lésions thoraciques en période post-professionnelle organisé en France entre 2003 et 2005 et incluant 5545 personnes [50].

Le résultat important de cette étude est l'absence de relation significative démontrée entre la durée de l'exposition et la présence de plaques ou d'asbestose [50].

Pairon et al. [51] ont rapporté les résultats préliminaires du programme expérimental multi-régional de surveillance post-professionnelle amiante des régions aquitaine, Normandie et Rhône-Alpes, dont les objectifs étaient d'améliorer les conditions de suivi médical des personnes ayant été exposées à l'amiante, tout en améliorant l'information de ces personnes et du corps médical et d'évaluer l'apport de la TDM thoracique dans le dépistage des lésions attribuables à l'amiante [51]. Les objectifs complémentaires de cette étude étaient de mesurer les doses d'irradiation délivrées par la TDM, d'évaluer les difficultés liées au classement des expositions et aux lectures des TDM. Cinq mille huit cent vingt-cinq TDM ont été relus par sept radiologues spécialisés en imagerie thoracique entre 2007 et 2009, selon une méthode de double-lecture indépendante, aveugle vis-à-vis de l'exposition à l'amiante, selon un guide d'interprétation avec un codage des anomalies et le remplissage d'un bordereau standardisé. Les résultats de cette étude ne seront pas présentés exhaustivement dans ce rapport. Nous ne reprendrons que les résultats principaux. Les plaques pleurales sont la pathologie liée à l'amiante la plus fréquemment identifiée, avec une relation dose-effet. 16 à 25% des sujets ont des plaques après relecture spécialisée, 18% des sujets classés avec plaque lors de la lecture initiale par le radiologue non spécialisé n'avaient pas de plaque lors de la relecture. A contrario, 33% des plaques retenues par deux experts n'étaient pas signalées lors de la lecture initiale par le radiologue non spécialisé. Ainsi, la concordance inter-lecteur concernant les plaques pleurales était modérée entre la lecture initiale et l'association de la lecture par deux experts (κ 0,58).

En somme, la TDM est la technique de référence plus sensible et spécifique que la radiographie pour la détection des plaques pleurales. La concordance entre radiologues spécialisés est meilleure pour les plaques bien définies chez des sujets dont l'exposition est forte et le temps écoulé depuis la première exposition important. Dans les populations peu exposées, situation qui va devenir de plus en plus fréquente en fonction de l'instauration de mesures réduisant l'exposition des travailleurs [24,25], la description des plaques en TDM donne lieu à une concordance inter-observateurs passable. La qualité de la TDM doit alors être irréprochable, cette qualité devant être évaluée avant interprétation [3]. Une exploration en mode TDMHRV telle que proposé [3] permet d'optimiser la lecture. La lecture des TDM dans le cadre de l'exposition post-professionnelle à l'amiante pourrait être confiée à des médecins radiologues spécialistes en pathologie thoracique ou ayant bénéficié d'une formation spécifique validée. Une double interprétation des TDM pourrait être proposée lors des demandes médico-sociales.

Asbestose

L'asbestose correspond à l'atteinte du parenchyme pulmonaire et sa définition est histologique : fibrose interstitielle associée à la présence de corps astérotiques intrapulmonaires ou de fibres d'asbeste. Les fibres d'asbeste se déposent initialement au niveau des bronchioles respira-

toires et des canaux alvéolaires ; au fur et à mesure que l'exposition se prolonge, les fibres s'accumulent dans les lobules sous-pleuraux. Les altérations se produisent donc autour des bronchioles au centre du lobule ; avec le temps, la fibrose s'étend à tous les alvéoles du lobule et au septum interlobulaire qui l'entoure. La plèvre viscérale est elle-même épaissie. Les lésions sont plus marquées au niveau des lobes inférieurs, en arrière et dans les régions sous-pleurales.

La description nécessite une acquisition favorisant la résolution spatiale (TDMHR), le mode basse dose étant validé [3]. La TDMHR est plus sensible que la radiographie pour démontrer la présence d'une fibrose pulmonaire mais la sensibilité n'atteint pas 100% [12]. Des tentatives de classification TDM ont été proposées [52,53] mais ne sont pas adoptées internationalement. Les critères diagnostiques de l'asbestose en TDM ont été parfaitement décrits dans l'atlas iconographique [3] de même qu'un effort de synthèse en trois conclusions possibles : asbestose absente, image interstitielle indéterminée, asbestose probable. L'identification de l'asbestose dans sa présentation initiale et le diagnostic différentiel ont fait l'objet de plusieurs travaux.

L'étude de Copley et al. [54] a essayé de retrouver des différences entre l'asbestose et la fibrose pulmonaire usuelle ou UIP. Cet auteur, en utilisant la TDMHR a montré que la présentation de l'asbestose était très proche de celle de l'UIP mais très différente de celle de la pneumopathie interstitielle non spécifique (NSIP). Le travail d'Akira et al. [55] a cependant mis en évidence qu'il était possible de séparer l'asbestose de la fibrose pulmonaire idiopathique pour les maladies peu évoluées. En effet, la fibrose de l'asbestose est située au centre du lobule alors que la fibrose de l'UIP est plus diffuse entraînant des bronchiolectasies. Ainsi, l'association d'opacités nodulaires sous-pleurales de ligne sous-pleurale et de bandes parenchymateuses a été retrouvée chez 35% des 80 sujets présentant une asbestose contre 1% des 80 sujets inclus présentant une UIP.

L'étude de Paris et al. [56] a étudié les critères associés à une fibrose pulmonaire visualisée par TDMHR chez les personnes retraitées exposées à l'amiante. Sur les 706 participants, 51 (7,2%) avaient des anomalies compatibles avec une asbestose. Parmi les sujets, 5% avec une radiographie montrant des petites opacités régulières inférieures à 1/0 avaient une asbestose en TDM. L'analyse multivariée a montré que trois facteurs étaient indépendamment associés avec une asbestose en TDM-HR : l'âge ; l'index d'exposition cumulée ; la présence de petites opacités irrégulières supérieure ou égale à 1/0 en radiographie. Ainsi, cette étude confirme que la TDM est capable de détecter des stades précoces d'asbestose chez des sujets ayant été exposés de manière importante et chez lesquels la radiographie est considérée comme normale. De plus, la TDMHR ne semble pas recommandée chez les sujets ayant une exposition faible (indice d'exposition cumulée < 25 fibres/mL × années), en particulier s'ils n'ont pas d'autre manifestation thoracique liée à l'amiante.

Silva [57] dans une étude comprenant 52 sujets exposés dans le passé et présentant des anomalies compatibles avec une asbestose, a étudié par TDMHR l'évolution des lésions entre trois et cinq ans après le scanner initial ainsi que trois scores de quantification des lésions [52,58,59]. Cette étude confirme que les signes TDM initiaux sont les opacités

centrolobulaires punctiformes ou branchées et les opacités linéaires. Le nid d'abeille et les bronchectasies de traction ou bronchiolectasies sont vues initialement dans 10% des cas puis dans 33% des cas au contrôle ($p=0,01$), alors que l'extension des lésions était visible dans 81% des sujets sur les coupes axiales appariées. Les scores proposés étaient moins performants que l'évaluation qualitative pratiquée par des experts.

Les résultats préliminaires du programme expérimental multi-régional de surveillance post-professionnelle amiante [51] concernent également l'asbestose. Son diagnostic est rare dans cette série (asbestose probable pour deux lecteurs: 0,3%); elle est observée pour des expositions cumulées élevées. Elle est largement surestimée lors de la lecture initiale par le radiologue non spécialiste (7% de syndrome interstitiel), alors que la concordance inter-lecteur entre deux radiologues spécialisés et le radiologue initial est mauvaise ($kappa: 0,2$).

Cette mauvaise concordance inter-observateurs souligne une fois encore l'importance de mettre au point un contre-rendu standardisé de l'examen TDM thoracique, reposant sur un atlas des anomalies telles que proposées par Beigelman [3]. Cette mauvaise concordance incite également à proposer une formation spécifique et la lecture par un radiologue spécialiste des examens TDM lors des demandes médicosociales (double-lecture systématique).

Concernant les pathologies bénignes, la conférence de consensus 2009 de l'American College Of Chest Physician [60] utilisant la méthode Delfi (méthode itérative afin d'obtenir un consensus dans un groupe d'experts internationaux à partir de la littérature publiée les dernières dix années) rapporte les éléments suivants concernant l'imagerie :

- l'acceptation consensuelle des points suivants :
 - une radiographie montrant une profusion supérieure ou égale à 1/1 de petites opacités régulières ou un scanner HR en procubitus montrant une fibrose interstitielle des bases sont de valeur pour détecter une asbestose,
 - une radiographie thoracique montrant une profusion entre 1/0 de petites opacités irrégulières est un bon outil de dépistage de l'asbestose, mais manque de spécificité,
 - un scanner haut résolution doit être réalisé pour améliorer la spécificité des radiographies montrant ces anomalies,
 - comparé à la radiographie thoracique, le scanner haute résolution est une technique plus sensible pour détecter les anomalies liées à l'exposition à l'amiante au niveau de la plèvre et du parenchyme pulmonaire ;
- l'absence de consensus des experts concernant les points suivants :
 - le scanner thoracique est la meilleure technique de dépistage dans les populations à risque de maladies liées à l'amiante ;
- des points pour lesquels les experts sont consensuellement en désaccord :
 - la radiographie thoracique est une technique sensible pour diagnostiquer les maladies interstitielles liées à l'exposition à l'amiante,
 - la radiographie thoracique est une méthode sensible pour mesurer les anomalies pleurales attribuables à l'exposition à l'amiante,

- les travailleurs présentant des anomalies pleurales liées à l'amiante sont à fort risque de cancer bronchique en comparaison des travailleurs présentant la même exposition mais sans anomalie pleurale.

Cancer bronchique

De nombreux travaux [61–64] ont été consacrés depuis 1999 à la détection du cancer bronchique par TDM volumique chez des sujets asymptomatiques en population standard ou ayant un fort risque de cancer bronchique en raison d'une exposition au tabac. La relation entre l'asbestose et la survenue d'un cancer bronchique a été l'objet de nombreuses polémiques [65]. Les données récentes tendent à montrer que l'asbestose n'est pas une étape obligatoire du processus de cancérogenèse pulmonaire alors que l'asbestose majore le risque de cancer bronchique par rapport à la simple exposition à l'amiante [66,67].

La faisabilité de cette recherche de cancer par TDM a été rapportée par plusieurs études.

Le scanner monobarrette en coupe de 10 mm était utilisé dans l'étude de Tiitola [68] dans une population de 602 travailleurs exposés, âgés de 38 à 81 ans, 97 étant fumeurs. Cette étude réalisée en coupes épaisses a permis de détecter 111 nodules non calcifiés supérieurs à 5 mm de diamètre parmi lesquels cinq étaient des cancers pulmonaires (faux-positifs 106/111 nodules; 95,5%). Trois de ces cancers étaient potentiellement opérables de stade I et II alors qu'un seul sujet a finalement été opéré. Cette expérience montre l'excellente sensibilité du scanner de dépistage (100%) chez une population exposée à l'amiante présentant des pathologies pulmonaires et pleurales.

L'étude de Vierikko et al. [69] a inclus 633 travailleurs exposés par radiographie et scanner haut résolution et 180 d'entre eux par scanner spiralé. Quatorze pour cent (86 personnes) avaient des nodules non calcifiés dont cinq étaient des cancers, deux étant de stade IA et opérés). Parmi les participants, 0,8% avaient un cancer, ce qui est inférieur au chiffre généralement produit compris entre 0,46 et 2,7% dans des populations de tabagiques [61–64]. Cela peut être dû à la faible exposition au tabac de ces travailleurs (18,8 paquets/année contre 45 paquets/année dans les quatre études préalablement citées). Cette étude montre par ailleurs, la détection d'anomalie incidente chez 44% des participants dont 7,3% ont nécessité des prises en charge particulière. Le scanner thoracique spiralé est donc faisable dans cette population présentant des anomalies pleuro-parenchymateuses. La faisabilité du scanner a été également rapportée par Miniti et al. [70] à propos de 1512 sujets asymptomatiques exposés à l'amiante explorés par scanner basse dose du thorax dans sept centres. 590 nodules non calcifiés étaient identifiés parmi lesquels 11 ont été vérifiés histologiquement et cinq se sont révélés être des cancers.

L'étude de Das [71] a inclus 187 personnes à haut risque de cancer du poumon en raison de la combinaison de plusieurs facteurs de risque incluant l'âge, l'exposition à l'amiante et des habitudes tabagiques. L'exploration est originale par sa réalisation à l'aide d'un scanner 16 barrettes, les basses doses d'irradiation (10/20 mAs efficace) et l'épaisseur de coupes de 1 mm. Cinq cent lésions nodulaires et masses ont été identifiées dont une masse

très suspecte de cancer et huit cancers pulmonaires prouvés histologiquement. Le dépistage chez ces sujets à fort risque de cancer a donc révélé une incidence de cancer de 4,28% (8/187 à la baseline). Il est important de noter que sur les neuf sujets présentant un cancer bronchique, sept avaient des plaques et aucun une asbestose. Cinq des huit cancers prouvés (62,5%) étaient détectés à un stade précoce alors que trois étaient à un stade dépassé pour la chirurgie. Ce rapport souligne l'importance de la sélection des sujets devant bénéficier d'un scanner sur l'importance de leur facteur de risque et sur l'importance de réaliser ces scanners en coupes fines.

Clin et al. [72] ont comparé dans une population de travailleurs exposés à l'amiante la sensibilité et la spécificité du scanner basse dose d'irradiation et de la radiographie thoracique dans un programme de dépistage du cancer bronchopulmonaire bi-annuelle. La population comportait 972 personnes et 1230 procédures ont été analysées. Vingt-quatre cancers ont été détectés dont 20 par TDM. Douze de ces 20 étaient invisibles sur la radiographie thoracique. La sensibilité du scanner est donc de 83% et celle de la radiographie de 33%. La spécificité de la radiographie était de 95% supérieure à celle du scanner (78%). Cette étude confirme que la spécificité du scanner chute lorsque l'on s'intéresse aux nodules mesurant moins de 5 mm de diamètre, ce seuil de 5 mm étant proposé pour définir les lésions suspectes de cancer. Cette étude montre également que seuls 12 des 20 cancers détectés étaient de stade I.

Fasola et al. [73] rapportent l'utilisation du scanner basse dose pour la détection du cancer bronchique et du mésothéliome dans une population à risques composée de 1045 personnes âgées de 40 à 75 ans. À la baseline, 834 nodules non calcifiés identifiés chez 44% des sujets contre 43 chez 4% des sujets en radiographie; les anomalies pleurales étaient identifiées chez 44% des sujets en radio et 70% en scanner. Neuf sujets avaient des cancers à non petites cellules, huit de stade I, un de stade II et un carcinoïde thymique a été également identifié alors qu'aucun mésothéliome n'était visualisé. Cette étude confirme la meilleure sensibilité du scanner pour détecter des nodules dans cette population ainsi que la capacité de découvrir des cancers de stade précoce pouvant bénéficier d'un traitement chirurgical efficace.

Roberts et al. [74] ont conduit une campagne de dépistage par TDM basse dose (50–60 mA, 120 kV, 1,25 mm) du cancer bronchique et du mésothéliome dans une population exposée de 516 sujets dont 76,6% étaient fumeurs. Des nodules étaient présents chez 71,9% des sujets; six étant des cancers. Deux mésothéliomes pleuraux et deux mésothéliomes péritonéaux étaient également découverts (taux de cancer détecté: 2,1%). Les mésothéliomes étaient tous de stade avancé.

En somme, l'ensemble de ces articles récents montre la faisabilité de la détection du cancer bronchique par TDM volumique basse dose d'irradiation dans cette population à risque et confirme la supériorité du scanner sur la radiographie thoracique pour détecter des nodules pulmonaires chez des sujets exposés à l'amiante et également la meilleure sensibilité de détection des cancers pulmonaires. Les résultats sont quelques peu discordants quant à la capacité de détecter des cancers pulmonaires de stade précoce. En l'absence de recommandations plus récentes, les recom-

mandations de la Fleischner Society [75] s'appliquent pour le suivi des nodules détectés en TDM chez les personnes exposées, considérées à haut risque. Ainsi, pour les nodules solides non calcifiés, le protocole est le suivant:

- nodule inférieur ou égal à 4 mm: contrôle à 12 mois, arrêté si absence de modification;
- nodule 4 à 6 mm: contrôle à 6–12 mois, puis 18–24 mois si aucun changement;
- nodule 6 à 8 mm: contrôle à 3–6 mois, puis 9–12, puis 24 mois si aucun changement;
- nodule supérieur à 8 mm: contrôle à trois, neuf, 24 mois; envisager une TEP, une biopsie percutanée ou une résection chirurgicale.

Des recommandations spécifiques doivent être publiées pour les nodules non solides persistant après un contrôle trois mois après de leur découverte.

Le taux de faux-positifs est comme dans les études en population générale à fort risque de cancer (tabagisme) très élevé. Cependant, ces études ne permettent pas de montrer un gain ou une absence de gain sur la mortalité spécifique par cancer. Seules des études randomisées sur de vastes populations permettront de répondre à cette question [76–80]. Ainsi, le dépistage du cancer bronchique dans les populations à risques ne peut actuellement se concevoir que dans le cadre d'études. Il est cependant important de souligner que la réalisation de scanner thoracique dans une population exposée à l'amiante doit s'accompagner d'une recherche attentive des nodules pulmonaires dont un faible pourcentage pourra s'avérer être des cancers pulmonaires. Enfin, les programmes de dépistages doivent intégrer le risque d'induire des cancers pulmonaires par la répétition des scanners. Il a pu être calculé dans le cas très particulier de la pratique d'un scanner par an de 50 à 75 ans chez des adultes fumeurs: il est évalué à 0,85% en plus du risque naturel de 17% (+5%) chez une femme et à 0,23% en plus du risque naturel de 15,8% (+1,5%) chez un homme [30]. Ce surcroît de risque de cancer bronchique induit par la répétition de scanners de dépistage annuel devrait être pondéré par une augmentation importante de la survie associée à la détection des cancers précoces, ce qui n'est pas démontré actuellement.

Aucune donnée ne permet de montrer l'utilité du dépistage par radiographie ou TDM du mésothéliome [10,74].

Synthèse

La radiographie thoracique et la tomodensitométrie (TDM) thoracique sont les deux techniques radiologiques utilisées pour le suivi post-professionnel des personnes exposées à l'amiante. Les efforts de recherche depuis la dernière conférence de consensus de 1999 concernent essentiellement la TDM haute résolution et la TDM haute résolution volumique (TDMHRV).

Radiographie thoracique

La radiographie thoracique numérisée a remplacé la radiographie avec film écran. Elle permet une réduction de la dose d'irradiation délivrée (estimée pour un cliché de face

à trois jours d'équivalent irradiation naturelle) ainsi que l'amélioration de la reproductibilité et de la qualité des examens, puis la lecture comparative sur écran. Ses performances n'ont pas été spécifiquement étudiées. Les critères du BIT ont été actualisés pour l'interprétation des radiographies thoraciques, incorporant une définition quantifiée (> 3 mm) pour définir une plaque pleurale. La définition de la fibrose pleurale diffuse impose un comblement du cul-de-sac pleural costo-diaphragmatique homolatéral.

Tomodensitométrie

La technique d'examen a considérablement évolué depuis 1999

L'acquisition TDM multibarrette en coupes inférieures ou égales à 1 mm est recommandée pour la détection des anomalies pleurales et pulmonaires car elle offre une exploration exhaustive. L'acquisition TDMHRV peut se faire en décubitus dorsal avec complément en procubitus en présence d'opacités parenchymateuses ou pleurales déclives ou bien en procubitus d'emblée. Le choix des constantes radiologiques adaptées à la morphologie du patient est indispensable afin de limiter la dose distribuée sans altérer la qualité des images (irradiation entre dix et 100 fois supérieure à celle d'une radiographie). Le contrôle de la qualité de l'examen tomodensitométrique est indispensable car il conditionne la qualité et la reproductibilité des interprétations.

Interprétation

Aucun consensus international n'a été publié concernant l'interprétation des anomalies liées à l'exposition à l'amiante découvertes par TDM thoracique. Une standardisation des critères techniques et de lecture est proposée dans « l'atlas iconographique tomodensitométrique des pathologies bénignes de l'amiante » publié en 2007 par un groupe d'experts français.

De nombreux travaux confirment que la radiographie thoracique est moins sensible et moins spécifique que la TDM pour le diagnostic de plaque pleurale. Cependant, la description par TDM des plaques pleurales chez les sujets peu exposés fait l'objet d'une grande variabilité inter-observateurs. De même, la concordance inter-observateurs entre spécialistes de l'imagerie thoracique et radiologues généralistes est mauvaise alors qu'elle est bonne à excellente entre spécialistes. La mise au point de critères standardisés quantifiés est donc souhaitable, comme cela a été proposé pour la lecture des radiographies par le BIT.

La TDM haute résolution est plus sensible et plus spécifique que la radiographie pour le dépistage de l'asbestose. La reconnaissance des signes précoces d'asbestose est l'objet d'une grande variabilité inter-observateurs nécessitant la mise au point de critères quantifiés.

Généralement, la mauvaise concordance de lecture entre radiologues spécialistes et généralistes doit être prise en compte : la lecture des TDM dans le cadre de l'exposition post-professionnelle à l'amiante pourrait être confiée à des médecins radiologues spécialistes en pathologie thoracique ou ayant bénéficié d'une formation spécifique validante.

Une double interprétation des TDM pourrait être proposée lors des demandes médicosociales. La périodicité de la TDM en post-professionnel et après 50 ans est effectuée selon les recommandations de la conférence de consensus de 1999 et selon l'importance de l'exposition.

La TDM est plus sensible que la radiographie thoracique pour la détection des cancers bronchiques, mais est à l'origine d'un grand nombre de faux-positif (96 à 99 %). L'effet sur la mortalité spécifique par cancer bronchique de la détection précoce des cancers bronchiques par TDM n'est pas connu. Dans l'attente des résultats des séries randomisées étudiant l'effet sur la mortalité spécifique du dépistage du cancer bronchique, la TDM n'est pas recommandée pour le dépistage du cancer bronchique dans cette population exposée. Aucune donnée ne permet de montrer l'utilité du dépistage du mésothéliome par radiographie ou TDM.

Déclaration d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

- [1] Roach HD, Davies GJ, Attanoos R, et al. Asbestos: when the dust settles an imaging review of asbestos-related disease. *Radiographics* 2002;22:S167–84.
- [2] International labour office. Guidelines for the use of ILO international classification of radiographs of pneumoconioses. Geneva, Switzerland: ILO; 2002.
- [3] Beigelman-Aubry C, Ferretti G, Mompoin D, et al. Atlas iconographique tomodensitométrique des pathologies bénignes de l'amiante. *J Radiol* 2007;88:845–62.
- [4] Beigelman-Aubry C, Ferretti G, Mompoin D, et al. Atlas iconographique tomodensitométrique des pathologies bénignes de l'amiante. *Rev Mal Respir* 2007;24:759–81.
- [5] Tossavainen A. International expert meeting on new advances in the radiology and screening of asbestos-related diseases. *Scand J Work Environ Health* 2000;26:449–54.
- [6] Suganuma N, Kusaka Y, Hering KG, et al. Selection of reference films based on reliability assessment of a classification of high-resolution computed tomography for pneumoconioses. *Int Arch Occup Environ Health* 2006;79:472–6.
- [7] Chong S, Lee KS, Chung MJ, et al. Pneumoconiosis: comparison of imaging and pathologic findings. *Radiographics* 2006;26:59–77.
- [8] Vehmas T, Kivisaari L, Huuskonen MS, et al. Scoring CT/HRCT findings among asbestos-exposed workers: effects of patient's age, body mass index and common laboratory test results. *Eur Radiol* 2005;15:213–9.
- [9] Copley SG, Wells AU, Hawtin KE, et al. Lung morphology in the elderly: comparative study of subjects over 75 years old versus those under 55 years old. *Radiology* 2009;25:566–80.
- [10] American Thoracic Society. Diagnosis and initial management of non-malignant diseases related to asbestos. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;170:691–715.
- [11] Gevenois PA, de M, Madani V, et al. Asbestosis, pleural plaques and diffuse pleural thickening: three distinct benign responses to asbestos exposure. *Eur Respir J* 1998;11:1021–7.
- [12] Laurent F, Tunon de LM. Exposition à l'amiante. La place de l'imagerie thoracique dans le dépistage et le suivi. *Rev Mal Respir* 1999;16:1193–202.

- [13] Akira M. Imaging of occupational and environmental lung diseases. *Clin Chest Med* 2008;29:117–31.
- [14] Société française de médecine du travail, Société de pneumologie de langue française, Société d'imagerie thoracique. Stratégie de surveillance médicale clinique des personnes exposées à l'amiante. Paris, France, 15 janvier 1999. *Rev Mal Respir* 1999;16:1356–362.
- [15] Silva CIS, Muller NL. Asbestos related disease. In: Muller NL, Silva CIS, editors. *Imaging of the chest*. Saunders; 2008.
- [16] Gevenois PA, De Vuyst P. Imaging of occupational and environmental disorders of the chest. Baert AL, Sartor K, editors. Berlin: Springer Verlag; 2006.
- [17] Grenier P. *Imagerie thoracique de l'adulte*. Paris: Flammarion; 2006. p. 550–3.
- [18] Laney AS, Petsonk EL, Wolfe AL, Attfield MD. Comparison of storage phosphor computed radiography with conventional film-screen radiography in the recognition of pneumoconiosis. *Eur Respir J* 2010;36:122–7.
- [19] Vujovic M, Kuzmanic II. The application of new technologies in diagnosing occupational asbestosis. *Arh Hig Rada Toksikol* 2003;54:245–52.
- [20] Whitman GJ, Niklason LT, Pandit M, et al. Dual-energy digital subtraction chest radiography: technical considerations. *Curr Probl Diagn Radiol* 2002;31:48–62.
- [21] Lee YC, Rynnion CK, Pang SC, et al. Increased body mass index is related to apparent circumscribed pleural thickening on plain chest radiographs. *Am J Ind Med* 2001;39:112–6.
- [22] Ameille J, Matrat M, Paris C, et al. Asbestos-related pleural diseases: dimensional criteria are not appropriate to differentiate diffuse pleural thickening from pleural plaques. *Am J Ind Med* 2004;45:289–96.
- [23] Koskinen K, Zitting A, Tossavainen A, et al. Radiographic abnormalities among Finnish construction, shipyard and asbestos industry workers. *Scand J Work Environ Health* 1998;24:109–17.
- [24] Dell DM, Bohnker BK, Muller JG, et al. Navy Asbestos Medical Surveillance Program 1990–1999: demographic features and trends in abnormal radiographic findings. *Mil Med* 2006;171:717–22.
- [25] Ohar J, Sterling DA, Bleecker E, et al. Changing patterns in asbestos-induced lung disease. *Chest* 2004;125:744–53.
- [26] Ross RM. The clinical diagnosis of asbestosis in this century requires more than a chest radiograph. *Chest* 2003;124:1120–8.
- [27] Michel JL, Catilina P, Laubignat JF, et al. Existe-t-il des critères permettant de sélectionner les sujets exposés à l'amiante qui relèvent d'une TDM thoracique de dépistage? *J Radiol* 1999;80:141–5.
- [28] Kubo T, Lin PJ, Stiller W, et al. Radiation dose reduction in chest CT: a review. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:335–43.
- [29] Mayo JR. Radiation dose issues in longitudinal studies involving computed tomography. *Proc Am Thorac Soc* 2008;5:934–9.
- [30] Brenner DJ. Radiation risks potentially associated with low-dose CT screening of adult smokers for lung cancer. *Radiology* 2004;231:440–5.
- [31] Boiselle PM, Lee KS, Ernst A. Multidetector CT of the central airways. *J Thorac Imaging* 2005;20:186–95.
- [32] Ferretti G, Bricault I, Coulomb M. Virtual tools for imaging the thorax. *Eur Resp J* 2001;18:1–12.
- [33] Jankowski A, Martinelli T, Timsit JF, et al. Pulmonary nodule detection on MDCT images: evaluation of diagnostic performance using thin axial images, maximum intensity projections, and computer-assisted detection. *Eur Radiol* 2007;17:3148–56.
- [34] Beigelman-Aubry C, Raffy P, Yang W, et al. Computer-aided detection of solid lung nodules on follow-up MDCT screening: evaluation of detection, tracking, and reading time. *AJR Am J Roentgenol* 2007;189:948–55.
- [35] Remy-Jardin M, Sobaszek A, Duhamel A, et al. Asbestos-related pleuropulmonary diseases: evaluation with low-dose four-detector row spiral CT. *Radiology* 2004;233:182–90.
- [36] Henderson DW, Jones ML, De KN, et al. The diagnosis and attribution of asbestos-related diseases in an Australian context: report of the Adelaide Workshop on Asbestos-Related Diseases, October 6–7, 2000. *Int J Occup Environ Health* 2004;10:40–6.
- [37] Paris C, Martin A, Letourneux M, et al. Modelling prevalence and incidence of fibrosis and pleural plaques in asbestos-exposed populations for screening and follow-up: a cross-sectional study. *Environ Health* 2008;7:30.
- [38] Letourneux M, Paris C, Pommier De SP, et al. Affections pleuropulmonaires bénignes liées à l'amiante. *Rev Mal Respir* 2007;24:1299–313.
- [39] Tiitola M, Kivisaari L, Zitting A, et al. Computed tomography of asbestos-related pleural abnormalities. *Int Arch Occup Environ Health* 2002;75:224–8.
- [40] Van Cleemput J, De RH, Verschakelen JA, et al. Surface of localized pleural plaques quantitated by computed tomography scanning: no relation with cumulative asbestos exposure and no effect on lung function. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:705–10.
- [41] Lebedova J, Dlouha B, Rychla L, et al. Lung function impairment in relation to asbestos-induced pleural lesions with reference to the extent of the lesions and the initial parenchymal fibrosis. *Scand J Work Environ Health* 2003;29:388–95.
- [42] Kishimoto T, Morinaga K, Kira S. The prevalence of pleural plaques and/or pulmonary changes among construction workers in Okayama, Japan. *Am J Ind Med* 2000;37:291–5.
- [43] Soulat JM, Lauque D, Esquirol Y, et al. High-resolution computed tomography abnormalities in ex-insulators annually exposed to asbestos dust. *Am J Ind Med* 1999;36:593–601.
- [44] Muravov OI, Kaye WE, Lewin M, et al. The usefulness of computed tomography in detecting asbestos-related pleural abnormalities in people who had indeterminate chest radiographs: the Libby, MT, experience. *Int J Hyg Environ Health* 2005;208:87–99.
- [45] De Raeve H, Verschakelen JA, Gevenois PA, et al. Observer variation in computed tomography of pleural lesions in subjects exposed to indoor asbestos. *Eur Respir J* 2001;17:916–21.
- [46] Ameille J, Mattei N, Laurent F, et al. Computed tomography findings in urban transportation workers with low cumulative asbestos exposure. *Int J Tuberc Lung Dis* 2007;11:1352–7.
- [47] Copley SJ, Wells AU, Rubens MB, et al. Functional consequences of pleural disease evaluated with chest radiography and CT. *Radiology* 2001;220:237–43.
- [48] Algranti E, Mendonca EM, DeCapitani EM, et al. Non-malignant asbestos-related diseases in Brazilian asbestos-cement workers. *Am J Ind Med* 2001;40:240–54.
- [49] Meirelles GS, Kavakama JI, Jasinowodolinski D, et al. Pleural plaques in asbestos-exposed workers: reproducibility of a new high-resolution CT visual semi-quantitative measurement method. *J Thorac Imaging* 2006;21:8–13.
- [50] Paris C, Thierry S, Brochard P, et al. Pleural plaques and asbestosis: dose- and time-response relationships based on HRCT data. *Eur Respir J* 2009;34:72–9.
- [51] Paireon JC, Paris C, Badachi Y, et al. Journée française de radiologie, Paris 18 octobre 2009. *J Radiol* 2009;90:10.
- [52] Huuskonen O, Kivisaari L, Zitting A, et al. High-resolution computed tomography classification of lung fibrosis for patients with asbestos-related disease. *Scand J Work Environ Health* 2001;27:106–12.
- [53] Kusaka Y, Hering KG, Parker JE. *International classification of HRCT for occupational and environmental respiratory diseases*. Tokyo: Springer; 2005.
- [54] Copley SJ, Wells AU, Sivakumaran P, et al. Asbestosis and idiopathic pulmonary fibrosis: comparison of thin-section CT features. *Radiology* 2003;229:731–6.

- [55] Akira M, Yamamoto S, Inoue Y, et al. High-resolution CT of asbestosis and idiopathic pulmonary fibrosis. *AJR Am J Roentgenol* 2003;181:163–9.
- [56] Paris C, Benichou J, Raffaelli C, et al. Factors associated with early-stage pulmonary fibrosis as determined by high-resolution computed tomography among persons occupationally exposed to asbestos. *Scand J Work Environ Health* 2004;30:206–14.
- [57] Silva CI, Muller NL, Neder JA, et al. Asbestos-related disease: progression of parenchymal abnormalities on high-resolution CT. *J Thorac Imaging* 2008;23:251–7.
- [58] Gamsu G, Aberle DR. CT findings in pulmonary asbestosis. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:486–7.
- [59] Sette A, Neder JA, Nery LE, et al. Thin-section CT abnormalities and pulmonary gas exchange impairment in workers exposed to asbestos. *Radiology* 2004;232:66–74.
- [60] Banks DE, Runhua S, McLarty J, et al. American College of Chest Physicians consensus statement on the respiratory health effects of asbestos. *Chest* 2009;135:1619–27.
- [61] Henschke CI, Naidich DP, Yankelevitz DF, et al. Early lung cancer action project: initial findings on repeat scanning. *Cancer* 2001;92:153–9.
- [62] Sobue T, Moriyama N, Kaneko M, et al. Screening for lung cancer with low-dose helical computed tomography: Anti-Lung Cancer Association project. *J Clin Oncol* 2002;20:911–20.
- [63] Swensen SJ, Jett JR, Hartman TE, et al. CT screening for lung cancer: five-year prospective experience. *Radiology* 2005;235:259–65.
- [64] Diederich S, Wormanns D, Semik M, et al. Screening for early lung cancer with low-dose spiral CT: prevalence in 817 asymptomatic smokers. *Radiology* 2002;222:773–81.
- [65] Ameille J, Brochard P, Letourneau M, et al. Asbestos-related cancer risk in the presence of asbestosis or pleural plaques. *Rev Mal Respir* 2009;26:413–21.
- [66] Oksa P, Klockars M, Karjalainen A, et al. Progression of asbestosis predicts lung cancer. *Chest* 1998;113:1517–21.
- [67] Reid A, De KN, Ambrosini GL, et al. The effect of asbestosis on lung cancer risk beyond the dose related effect of asbestos alone. *Occup Environ Med* 2005;62:885–9.
- [68] Tiitola M, Kivisaari L, Huuskonen MS, et al. Computed tomography screening for lung cancer in asbestos-exposed workers. *Lung Cancer* 2002;35:17–22.
- [69] Vierikko T, Jarvenpaa R, Autti T, et al. screening of asbestos-exposed workers: lung lesions and incidental findings. *Eur Respir J* 2007;29:78–84.
- [70] Minniti S, Valentini M, Pozzi MR. Low-dose helical chest CT in asbestos-exposed workers in the Veneto region: preliminary results. *Radiol Med* 2005;110:317–24.
- [71] Das M, Muhlenbruch G, Mahnken AH, et al. Asbestos Surveillance Program Aachen (ASPA): initial results from baseline screening for lung cancer in asbestos-exposed high-risk individuals using low-dose multidetector-row CT. *Eur Radiol* 2007;17:1193–9.
- [72] Clin B, Morlais F, Guittet L, et al. Performance of chest radiograph and CT scan for lung cancer screening in asbestos-exposed workers. *Occup Environ Med* 2009;66:529–34.
- [73] Fasola G, Belvedere O, Aita M, et al. Low-dose computed tomography screening for lung cancer and pleural mesothelioma in an asbestos-exposed population: baseline results of a prospective, non-randomized feasibility trial – an Alpe-adria Thoracic Oncology Multidisciplinary Group Study (ATOM 002). *Oncologist* 2007;12:1215–24.
- [74] Roberts HC, Patsios DA, Paul NS, et al. Screening for malignant pleural mesothelioma and lung cancer in individuals with a history of asbestos exposure. *J Thorac Oncol* 2009;4:620–8.
- [75] MacMahon H, Austin JH, Gamsu G, et al. Fleischner Society. Guidelines for management of small pulmonary nodules detected on CT scans: a statement from the Fleischner Society. *Radiology* 2005;237:395–400.
- [76] Blanchon T, Brechot JM, Grenier PA, et al. Baseline results of the Depiscan study: a French randomized pilot trial of lung cancer screening comparing low dose CT scan (LDCT) and chest X-ray (CXR). *Lung Cancer* 2007;58:50–8.
- [77] Infante M, Lutman FR, Cavuto S, et al. Lung cancer screening with spiral CT: baseline results of the randomized DANTE trial. *Lung Cancer* 2008;59:355–63.
- [78] Bach PB, Silvestri GA, Hanger M, et al. Screening for lung cancer: ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd edition). *Chest* 2007;132:695–775.
- [79] Humphrey LL, Teutsch S, Johnson M. Lung cancer screening with sputum cytologic examination, chest radiography, and computed tomography: an update for the US Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med* 2004;140:740–53.
- [80] Bach PB, Jett JR, Pastorino U, et al. Computed tomography screening and lung cancer outcomes. *JAMA* 2007;297:953–61.