

- Amiante
- Matériau de construction
- Analyse chimique
- Appareil à lecture directe

► Vincent Perret, Hygiéniste du travail certifié SSHT (société suisse d'hygiène du travail), Genève, Suisse

► Joël Gueniat, Laboratoire des toxiques de l'habitat, LabTox SA, Tavannes, Suisse

► Thierry Dutoit, Laboratoire des toxiques de l'habitat, LabTox SA, Institut de médecine sociale et préventive, Suisse

► Beat Stoll, Institut de médecine sociale et préventive, Université de Genève, Suisse

IDENTIFYING ASBESTOS PRESENCE IN CONSTRUCTION MATERIALS – PERFORMANCE ASSESSMENT OF AN NIR (PhazIR™) DIRECT READING ANALYZER

A new direct reading instrument, the PhazIR™ (POLYCHROMIX, USA) has been marketed for in-situ qualitative analysis of asbestos in construction materials. This new analyzer was assessed with respect to a standard method of analysis (MOLP), taken as a reference. A PhazIR™ analyzer was used to test 1103 samples of various types of material (17% containing asbestos), which had been previously analyzed using MOLP (MDHS 77). Samples were selected to be representative of those normally analyzed in the laboratory. Results for all selected samples indicated analyzer performance characteristics: sensitivity 0.706 (0.635 to 0.768), specificity 0.912 (0.891 to 0.929), positive predictive value (PPV) 0.619 (0.552 to 0.686), negative predictive value 0.939 (0.923 to 0.955). 51 samples could not be analyzed using the PhazIR™ instrument because of low reflectance. As things stand, the authors do not recommend material diagnosis based only on results obtained using the PhazIR™ analyzer. For most materials tested, the PhazIR™ appears significantly more reliable in detecting samples not containing any asbestos than samples containing asbestos. Use of the instrument as a means of pre-screening should therefore be subjected to even more cautious assessment, since any detection error (false negative) may lead directly to a health risk, if work is performed unprotected on site based on erroneous test results.

- Asbestos
- Construction material
- Chemical analysis
- Direct reading analyzer

IDENTIFICATION DE LA PRÉSENCE D'AMIANTE DANS LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Évaluation des performances d'un appareil à lecture directe NIR (PhazIR™)

Un appareil à lecture directe, PhazIR™ (Polychromix, USA), proposé pour l'analyse qualitative in situ de la présence d'amiante dans les matériaux de construction a été évalué en comparaison avec une méthode standard d'analyse (MOLP) prise comme référence.

1 103 échantillons de matériaux de diverses natures (17 % contenant de l'amiante) préalablement analysés en MOLP (MDHS 77) ont été testés à l'aide d'un PhazIR™. Les échantillons ont été choisis de manière à être représentatifs de ceux habituellement analysés par le laboratoire. L'ensemble des résultats obtenus donne : sensibilité 0,706 (0,635 – 0,768), spécificité 0,912 (0,891 – 0,929), valeur prédictive positive (VPP) 0,619 (0,552 – 0,686), valeur prédictive négative 0,939 (0,923 – 0,955). 51 échantillons n'ont pas pu être analysés par le PhazIR™ en raison d'une trop faible réflectance.

En l'état, la réalisation d'un diagnostic de matériaux sur la base exclusive des résultats obtenus par le PhazIR™ n'est pas conseillée par les auteurs. Sur la plupart des matériaux testés, le PhazIR™ se montre sensiblement plus fiable dans la détection des échantillons ne contenant pas d'amiante que dans la détection des matériaux positifs. Son utilisation comme moyen de dépistage préalable doit dès lors faire l'objet d'une évaluation d'autant plus précautionneuse que toute erreur de dépistage (faux négatif) peut directement conduire à un risque en matière de santé si des travaux sans protection adaptée sont effectués sur la base de résultats d'analyse erronés.

Le terme amiante désigne des minéraux à texture fibreuse et regroupe six différents silicates des groupes des serpentines et des amphiboles. Ces fibres présentent des propriétés exceptionnelles en raison de leur faible conductivité thermique et électrique, leur grande résistance à la traction et à la friction ou encore leur résistance aux attaques chimiques. Certaines de ces propriétés ont déjà été exploitées près de 4 000 ans avant notre ère dans des céramiques peignées [1]. On retrouve des traces d'utilisation

d'amiante à toutes les époques, jusqu'à nos jours. L'amiante a été exploitée industriellement pour de nombreuses applications et elle est encore largement utilisée dans certaines régions du monde.

La carcinogénéicité avérée de l'amiante [2] a engendré à partir des années 90 une interdiction progressive de son utilisation, importation et exportation dans les pays occidentaux et principalement en Europe.

La présence ubiquitaire de l'amiante dans les bâtiments construits avant l'interdiction représente un risque résiduel important d'exposition, principalement pour les travailleurs du second œuvre. La gestion des risques d'exposition pré-suppose que l'identification des dangers ait été préalablement réalisée. Dans le cas des travaux de maintenance, rénovation ou démolition de bâtiments, cette étape d'identification préalable se concrétise par un diagnostic de la présence d'amiante dans les matériaux concernés par les travaux.

La bonne réalisation de ces diagnostics, en temps et en qualité, est l'élément préalable et fondamental conditionnant toute l'efficacité de la chaîne de gestion des risques pour les travailleurs, mais aussi pour le public [3].

A l'heure actuelle, les diagnostics concernant la présence d'amiante dans des matériaux passent par des campagnes d'échantillonnage sur le terrain et des analyses en laboratoire par microscopie optique à lumière polarisée (MOLP) [4] ou microscopie électronique (MEB/MET) [5].

Depuis peu, un appareil à lecture directe est commercialisé à des fins de diagnostic amiante, le PhazIR™ Amiante (Polychromix, USA). Il utilise la spectrométrie d'infrarouge proche (NIR) et la comparaison avec des spectres de référence et propose une analyse qualitative de la présence d'amiante dans des matériaux de construction directement in situ. L'apparition d'une solution portable proposant un diagnostic rapide sur le terrain pourrait permettre la réalisation de diagnostics plus exhaustifs en multipliant à moindre de coûts le nombre d'analyses effectuées sur un site.

Un exemplaire de cet appareil a été testé sur des échantillons préalablement analysés par un laboratoire spécialisé selon une méthode de référence (MOLP selon la norme MDHS 77 [6]), afin d'évaluer si les performances de l'appareil atteignent le niveau de fiabilité des analyses en laboratoire.

MÉTHODOLOGIE

1 103 échantillons ont été sélectionnés aléatoirement (tirage sans remise) parmi une population composée des 4 000 échantillons les plus récemment reçus et analysés par le laboratoire afin d'être représentatifs de la distribution des échantillons habituellement reçus par le laboratoire et, par conséquent des échantillons prélevés sur le terrain par les diagnostiqueurs.

Les échantillons ont été analysés par le laboratoire durant une période couverte par l'accréditation ISO:CEI 17025 de ses activités analytiques. Les résultats sont donc considérés comme gold standard.

Les échantillons ont ensuite été classés selon leur nature dans les catégories suivantes : calorifuges, revêtements de sols, faux-plafonds, colles de carrelage, crépis, joints de fenêtre, isolations, plâtres, chapes, flocages, tresses, cartons, fibrociments, joints divers, divers bitumineux, autres faiblement agglomérés, autres fortement agglomérés.

Chaque échantillon a été testé à l'aide d'un appareil PhazIR™ Amiante muni de la version 5.4 du logiciel, en configuration standard sans modification des paramètres de réglage d'usine, à travers 2 sachets plastiques transparents le 26 mai 2009 dans les locaux de Fondis Electronic (représentation du PhazIR™ en France), à Guyancourt, France. Lorsque des échantillons présentaient un résultat divergent de celui du laboratoire, l'analyse a été répétée et le résultat majoritaire a été conservé.

Certains échantillons n'ont pas pu être analysés à cause de leur couleur sombre, leur réflectivité étant trop faible pour que l'appareil puisse l'analyser (affichage d'un code d'erreur par l'appareil et noté « non analysable » dans les tableaux ci-après).

La comparaison des résultats MOLP/PhazIR™ n'a porté que sur l'analyse qualitative de la présence ou la non-détection d'amiante dans les matériaux. La teneur en amiante ainsi que la nature de l'amiante n'ont pas fait l'objet de comparaison.

Dans le *Tableau 1* est présentée la typologie des échantillons utilisés pour la comparaison.

ANALYSE STATISTIQUE DES RÉSULTATS

Les résultats d'analyses récoltés du PhazIR™ sont confrontés aux analyses MOLP réalisées préalablement par le laboratoire et utilisées comme résultats de référence (gold standard).

Les données récoltées ont fait l'objet d'une évaluation basée sur l'approche des tableaux de contingences usuellement utilisés afin de déterminer les paramètres fondamentaux d'un test de diagnostic par rapport à un test de référence [7]. Le logiciel XLSTAT 2009 a été utilisé pour les évaluations statistiques.

Les caractéristiques évaluées sont de deux ordres : d'une part la sensibilité et la spécificité qui relèvent exclusivement du PhazIR™ lui-même et, d'autre part, les valeurs prédictives qui sont relatives à l'utilisation du PhazIR™ sur une population d'échantillons.

Dans le second cas, les qualités du test dépendent à la fois de ses caractéristiques intrinsèques (sensibilité et spécificité) et des caractéristiques de la population.

Le tableau de contingence utilisé est le suivant :

		Résultats PhazIR™	
		Amiante détecté	Amiante non détecté
Résultats MOLP (référence)	Amiante détecté	Vrai positif (VP)	Faux négatif (FN)
	Amiante non détecté	Faux positif (FP)	Vrai négatif (VN)

Les paramètres d'évaluation de la performance du test (PhazIR™) sont les suivants :

La sensibilité : proportion d'échantillons positifs effectivement détectés par le test. Autrement dit, la sensibilité permet de mesurer à quel point le PhazIR™ est performant lorsqu'il est utilisé sur des échantillons positifs. Le test est parfait pour les échantillons positifs lorsque la sensibilité vaut 1 (100 %) et équivalent au hasard lorsque la sensibilité vaut 0,5 (50 %). Si la sensibilité est inférieure à 0,5, le test est contre-performant pour les échantillons positifs (on a intérêt à inverser le résultat).

$$\text{sensibilité} = \frac{VP}{VP + FN}$$

TABLEAU I

Typologie des échantillons ayant été analysés par MOLP et servant à la comparaison des résultats du PhazIR™. Les échantillons sont présentés par type. Les cases en gris sombres représentent distribution de la proportion d'amiante (gris clair < 10 % de la population ; gris moyen < 50 % ; gris sombre < 100 %). Les proportions d'amiante ont été évaluées de manière semi-quantitative par comparaison avec des matériaux de référence aux teneurs d'amiante connues

Matériau	N	Amiante non décelé		Présence d'amiante		Distribution proportion d'amiante							
		N	(%)	N	(%)	< 1 %		1 - 30 %		30 - 80 %		80 - 100 %	
Calorifuges	122	112	92 %	10	8 %	50 %	5	50 %	5	0 %		0 %	
Revêtements de sol	265	232	88 %	33	12 %	64 %	21	24 %	8	6 %	2	6 %	2
Faux-plafonds	161	153	95 %	8	5 %	88 %	7	13 %	1	0 %		0 %	
Colles de carrelage	220	184	84 %	36	16 %	89 %	32	11 %	4	0 %		0 %	
Crépis	30	30	100 %	0	0 %	-	-	-	-	-	-	-	-
Mastics de fenêtre	37	24	65 %	13	35 %	77 %	10	23 %	3	0 %		0 %	
Isolations	72	68	94 %	4	6 %	25 %	1	50 %	2	25 %	1	0 %	
Plâtres	18	16	89 %	2	11 %	0 %		0 %		100 %	2	0 %	
Chapes	27	25	93 %	2	7 %	100 %	2	0 %		0 %		0 %	
Flocages	5	4	80 %	1	20 %	0 %		0 %		100 %	1	0 %	
Tresses	46	21	46 %	25	54 %	0 %		0 %		0 %		100 %	25
Cartons	21	0	0 %	21	100 %	0 %		5 %	1	76 %	16	19 %	4
Fibrociment	18	0	0 %	18	100 %	6 %	1	89 %	16	6 %	1	0 %	
Joints	17	7	41 %	10	59 %	10 %	1	10 %	1	80 %	8	0 %	
Bitumineux	29	28	97 %	1	3 %	0 %		100 %	1	0 %		0 %	
Divers friables	10	7	70 %	3	30 %	0 %		100 %	3	0 %		0 %	
Divers non-friables	5	5	100 %	0	0 %	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1 103	916		187									

La spécificité : proportion d'échantillons négatifs effectivement détectés par le test. Autrement dit, il s'agit de l'équivalent de la sensibilité pour les échantillons négatifs.

$$\text{spécificité} = \frac{VN}{VN + FP}$$

Valeur prédictive positive (VPP) : proportion de cas effectivement positifs détectés par le test dans la population d'échantillons.

$$VPP = \frac{VP}{VP + FP}$$

Valeur prédictive négative (VPN) : proportion de cas effectivement négatifs détectés par le test dans la population d'échantillons.

$$VPN = \frac{VN}{VN + FN}$$

Les valeurs prédictives (VPP et VPN) ont la particularité de dépendre de la prévalence (proportion d'échantillons positifs dans le collectif d'échantillons testés), une donnée indépendante de la qualité du test. Ci-dessous, les équations définissant VPP et VPN en fonction de la prévalence, de la sensibilité et de la spécificité [5].

$$VPP = \frac{\text{Sensibilité} \cdot \text{Prévalence}}{\text{Sensibilité} \cdot \text{Prévalence} + (1 - \text{Spécificité}) \cdot (1 - \text{Prévalence})}$$

$$VPN = \frac{\text{Sensibilité} \cdot (1 - \text{Prévalence})}{(1 - \text{Sensibilité}) \cdot \text{Prévalence} + \text{Spécificité} \cdot (1 - \text{Prévalence})}$$

Afin d'illustrer la différence entre ces différents paramètres, quelques situations sont présentées ci-après.

Les deux cas présentés *Figure 1* s'appliquent à une population de 24 échantillons, composée de 6 cas réellement positifs et de 18 cas réellement négatifs. Ces deux cas illustrent les effets d'un test de diagnostic ayant la même sensibilité : ils permettent de détecter 5 cas positifs sur 6. Pour une même sensibilité on voit que le test a) a une spécificité plus haute (aucun faux positif) alors que le test b) a une spécificité de l'ordre de 44 % (10 faux positifs sur 18 cas réellement négatifs).

Pour illustrer l'influence de la prévalence (taux d'échantillons positifs dans une population), deux situations avec sensibilité et spécificité identiques, mais avec des taux de prévalence différents, sont présentées *Figure 2*.

Dans le cas a) le test a permis de détecter 5 cas positifs sur 6 et a fait 2 faux positifs (sur 18 cas réellement négatifs). Dans le cas b) le nombre de cas réellement négatifs a été doublé. Le test permet toujours de détecter 5 cas positifs sur 6 mais fait 4 faux positifs (le double que dans le cas précédent). Dans le cas b) même si le taux de faux positif est proportionnellement identique au cas a), la VPP est toutefois diminuée (de 71 % à 56 % respectivement). Ceci s'explique par le fait que les prévalences des deux populations (taux de réellement positifs dans la population globale) est diminuée dans le cas b).

La VPP tend à diminuer avec la diminution de la prévalence, alors que la VPN tend à augmenter.

FIGURE 1

Cas a) et b), population d'échantillons identiques (6 positifs, 18 négatifs). La zone en bleu représente les échantillons trouvés positifs par la méthode testée

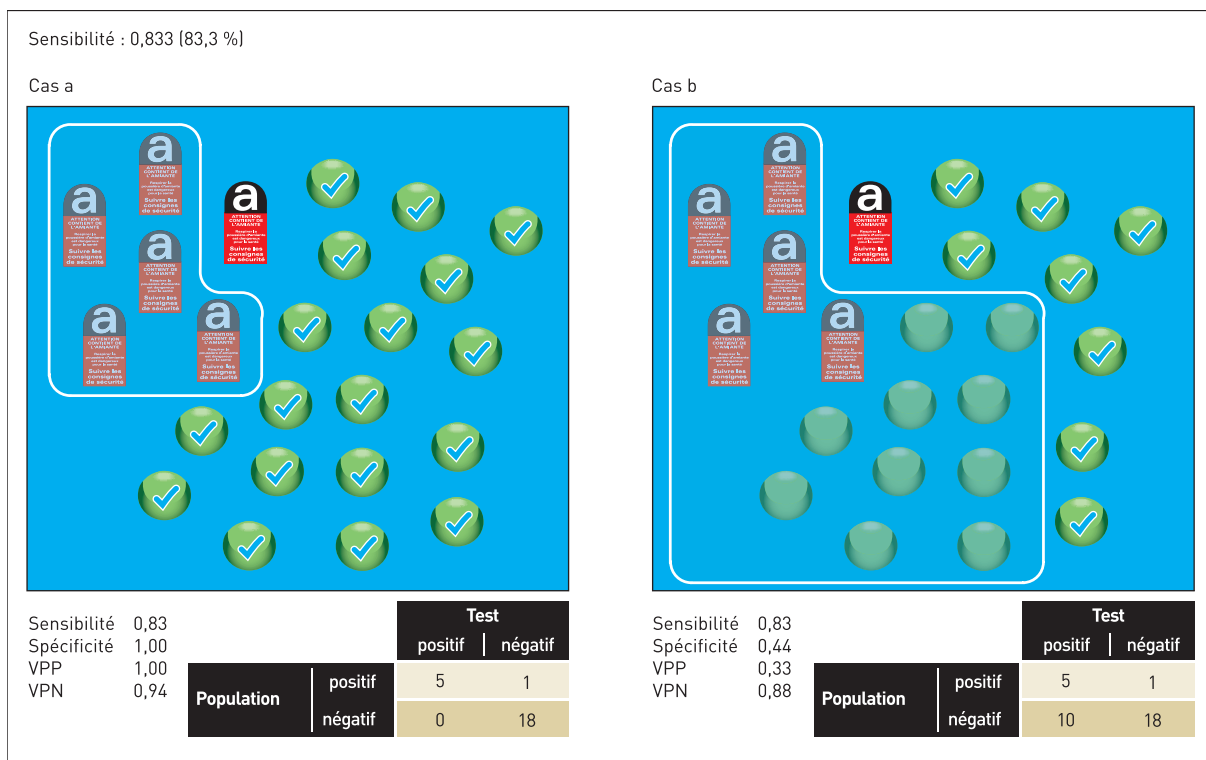


FIGURE 2

Cas a) population d'échantillons : 6 positifs, 18 négatifs. Cas b) population de vrais négatifs et de faux positifs doublée par rapport au cas a). La zone en bleu représente les échantillons trouvés positifs par la méthode testée

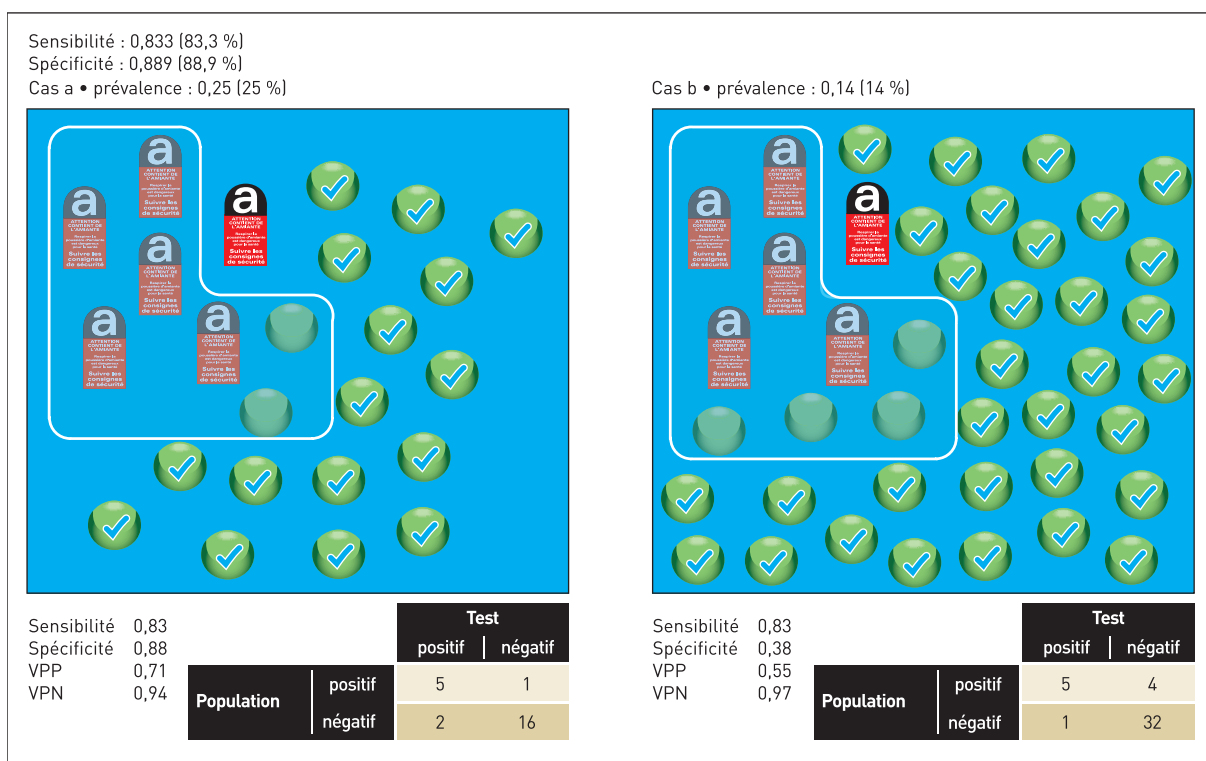


TABLEAU II

Résultats bruts des analyses qualitatives effectuées par le PhazIR™ sur les échantillons test. Les résultats « non analysables » sont les échantillons pour lesquels le taux de réflexion a été jugé trop faible par le PhazIR™ pour effectuer la mesure

Résultats MOLP	N	Résultats PhazIR			
		Non analysable		Amiante détecté	Amiante non détecté
Calorifuges	122	4	3 %	15	103
amiante non détecté	112	2	2 %	14	96
amiante détecté	10	2	20 %	1	7
Revêtements de sol	265	9	3 %	44	212
amiante non détecté	232	6	3 %	18	208
amiante détecté	33	3	9 %	26	4
Faux-plafonds	161	0	0 %	23	138
amiante non détecté	153	0	0 %	16	137
amiante détecté	8	0	0 %	7	1
Colles de carrelage	220	1	0 %	17	202
amiante non détecté	184	1	1 %	5	178
amiante détecté	36	0	0 %	12	24
Crépis	30	1	3 %	6	23
amiante non détecté	30	1	3 %	6	23
amiante détecté	0	0	-	0	0
Mastics de fenêtres	37	0	0 %	10	27
amiante non détecté	24	0	0 %	4	20
amiante détecté	13	0	0 %	6	7
Isolations	72	22	31 %	8	42
amiante non détecté	68	21	31 %	5	42
amiante détecté	4	1	25 %	3	0
Plâtres	18	0	0 %	2	16
amiante non détecté	16	0	0 %	0	16
amiante détecté	2	0	0 %	2	0
Chapes	27	0	0 %	0	27
amiante non détecté	25	0	0 %	0	25
amiante détecté	2	0	0 %	0	2
Flocages	5	0	0 %	2	3
amiante non détecté	4	0	0 %	1	3
amiante détecté	1	0	0 %	1	0
Tresses	46	1	2 %	27	18
amiante non détecté	21	1	5 %	2	18
amiante détecté	25	0	0 %	25	0
Cartons	21	1	5 %	20	0
amiante non détecté	0	0	-	0	0
amiante détecté	21	1	5 %	20	0
Fibrociment	18	1	6 %	16	1
amiante non détecté	0	0	-	0	0
amiante détecté	18	1	6 %	16	1
Joint divers	17	2	12 %	7	8
amiante non détecté	7	0	0 %	1	6
amiante détecté	10	2	20 %	6	2
Divers bitumineux	29	9	31 %	1	19
amiante non détecté	28	9	32 %	1	18
amiante détecté	1	0	0 %	0	1
Divers friables	10	0	0 %	4	6
amiante non détecté	7	0	0 %	4	3
amiante détecté	3	0	0 %	0	3
Divers non-friables	5	0	0 %	0	5
amiante non détecté	5	0	0 %	0	5
amiante détecté	0	0	-	0	0

RÉSULTATS

Dans le *Tableau II* sont présentés les résultats bruts des comparaisons MOLP-PhazIR™ effectuées sur les échantillons sélectionnés.

ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour l'ensemble des analyses effectuées, le tableau de contingence est complété comme suit :

Résultats MOLP (référence)	Amiante détecté	Résultats PhazIR™	
		Amiante détecté	Amiante non détecté
		125	52
	Amiante non détecté	77	798

Paramètres d'efficacité du test sur l'ensemble des échantillons testés (n = 1103) :

Sensibilité : 0,706 (0,635 – 0,768)
 Spécificité : 0,912 (0,891 – 0,929)
 VPP : 0,619 (0,552 – 0,686)
 VPN : 0,939 (0,923 – 0,955)
 Prévalence : 0,168

Entre parenthèse, les intervalles de confiance à 95 % déterminés à l'aide de la méthode de Wald [8] avec correction de continuité. Calculs réalisés avec XLSTAT 2009.

Un test de diagnostic devrait pouvoir assurer des bonnes sensibilité, spécificité, valeur prédictive négative et positive. Les faux négatifs doivent être évités en raison de conséquences potentiellement lourdes en matière de risque pour la santé, car ils peuvent conduire à une intervention sans protection sur un matériau mal identifié. Ils doivent être réduits en regard d'éventuelles conséquences financières dues au désamiantage de zones sans amiante.

Les valeurs des paramètres décrivant la capacité du PhazIR™ à détecter les matériaux contenant de l'amiante (sensibilité 71 %, VPP 62 %) paraissent insuffisantes pour assurer un diagnostic adéquat. En effet, près de 30 % des échantillons positifs n'ont pas été détectés et 38 % des échantillons détectés comme positifs ne l'étaient pas selon la méthode de référence.

Cependant, les valeurs plus élevées des paramètres décrivant la capacité de détecter les matériaux sans amiante (spécificité 91 %, VPN 94 %) suggèrent que le PhazIR™ pourrait être utilisé comme instrument de dépistage préalable.

De manière générale, un test de dépistage devrait pouvoir idéalement assurer l'une des situations suivantes :

■ Cas a) assurer une bonne sensibilité et une bonne valeur prédictive positive. Les résultats détectés négatifs devant alors faire l'objet d'une levée de doute par une méthode de référence,

■ Cas b) assurer une bonne spécificité et une bonne valeur prédictive négative. Les résultats détectés positifs devant alors faire l'objet d'une levée de doute par une méthode de référence.

Dans le cas d'un diagnostic amiante, le cas a) présente un inconvénient en matière de coût, car la prévalence de matériaux positifs étant relativement faible (17 % dans le cas de cette étude), la levée de doute devra se faire sur un grand nombre d'échantillons. Ce cas présente en revanche un avantage en matière de risque, car s'il y'a une erreur lors du dépistage préalable, elle conduira à considérer positif un matériau sans amiante. Ceci aura probablement des conséquences financières, mais pas en matière de risque d'exposition.

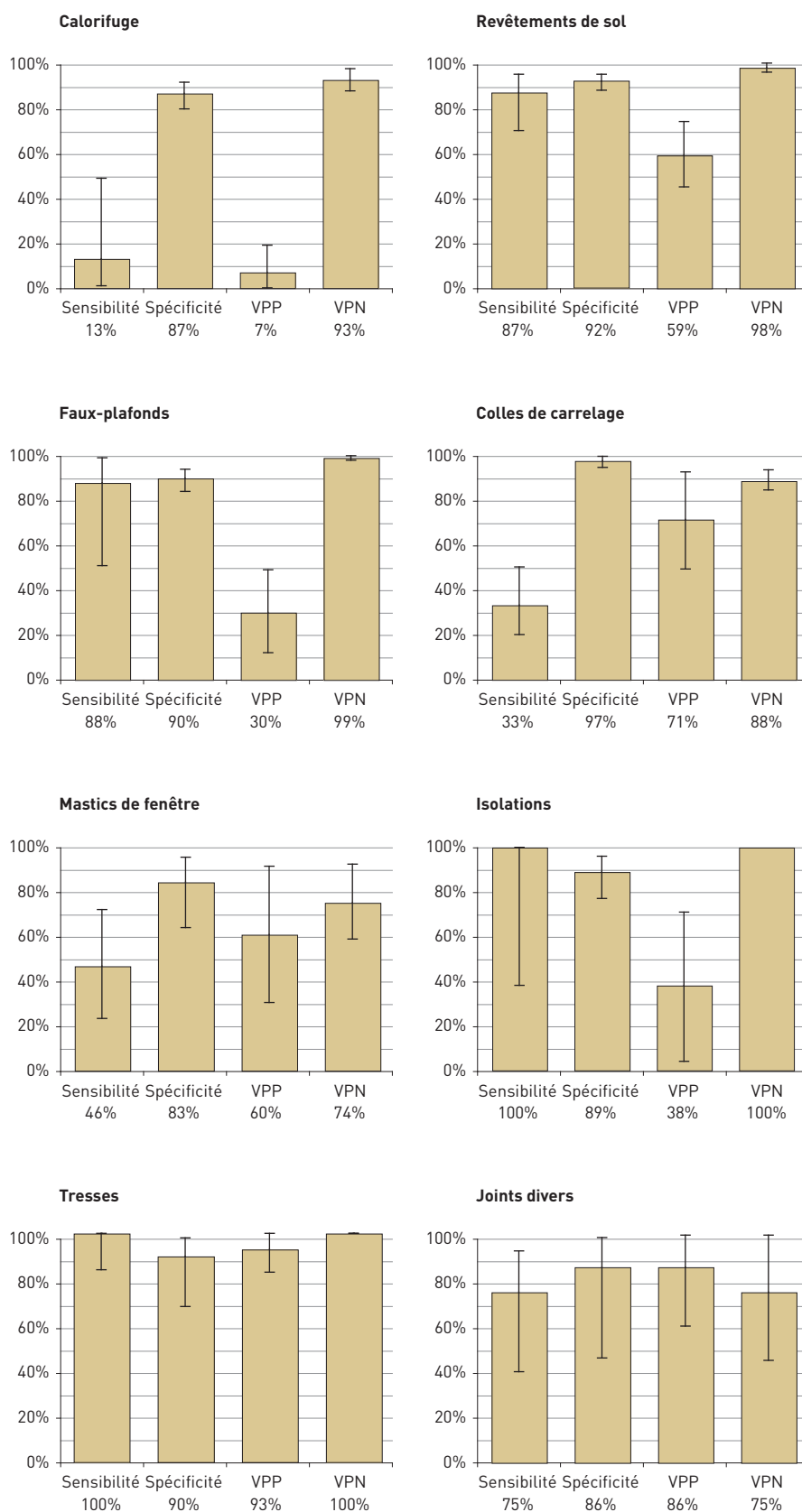
Le cas b) présente l'avantage du coût réduit en matière de levée de doute car il doit se faire sur le nombre d'échantillons détectés positifs (moins nombreux que les négatifs). Cependant, une erreur de dépistage peut conduire à de regrettables expositions car il peut mener à réaliser des travaux sans protection sur des matériaux amiantés.

En matière de prévention du risque, lors d'un diagnostic amiante, éviter les faux négatifs est plus important que d'éviter des faux positifs. Une VPP de 95 % pourrait être jugée acceptable, pas pour une VPN.

En regard des données brutes présentées dans le *Tableau II*, il apparaît que les performances d'analyse diffèrent de façon importante en fonction de la nature des matériaux analysés. Ces différences sont illustrées dans les graphiques du *Tableau III* où sont présentés les paramètres de détection

TABLEAU III

Analyse des tableaux de contingence par nature d'échantillon. Calculs réalisés avec XLSTAT 2009. Les segments représentent des intervalles de confiance à 95 %



(sensibilité, spécificité, VPP, VPN) par nature de matériaux. Pour des raisons de robustesse statistique, les paramètres de détection pour les matériaux dont la population ne contenant pas au moins 3 échantillons négatifs et 3 échantillons positifs ne sont présentés.

De manière générale, on constate que, pour la plupart des matériaux, le PhazIR™ se montre plus fiable dans la détection des échantillons négatifs que dans la détection des échantillons positifs à l'amiante. Des VPN supérieures de l'ordre de 98 % et 99 % sont obtenues pour les revêtements de sol et faux-plafond respectivement. De telles valeurs de VPN suggèrent que le PhazIR™ pourrait être utilisé en dépistage préalable d'éléments négatifs sur de tels matériaux.

Afin de valider cette éventuelle utilisation, une étude complémentaire devrait être effectuée afin de mieux cerner différents paramètres dont la robustesse analytique en fonction des types différents de faux-plafonds, revêtements de sols ainsi que la stabilité (dérive) de l'appareil en fonction de l'accumulation des mesures.

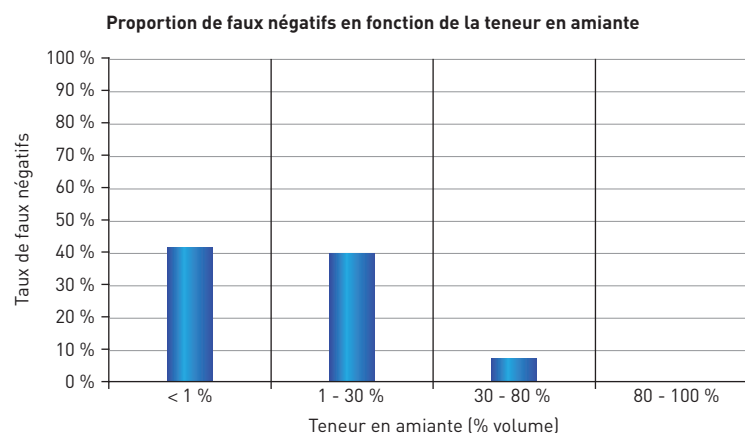
Un autre paramètre important influençant les performances du PhazIR™ est sa limite de détection. Ceci peut être illustré en comparant le taux de réponses négatives (faux négatifs) lors de l'analyse de matériaux avec des taux d'amiante croissants (cf. Figure 3).

Comme présenté dans la Figure 3, la teneur en amiante se révèle avoir une forte influence sur le taux de faux négatifs. Les catégories de teneur en amiante ne sont pas assez fines pour évaluer clairement la limite de détection de la méthode, mais on peut toutefois la situer dans le domaine des 1 à 30 %. Il est à noter que la limite de détection du PhazIR™ dépend fortement du matériau. Un seul faux négatif a été mesuré dans les faux-plafonds contenant < 1 % d'amiante. Les sept autres échantillons contenant < 1 % d'amiante ont correctement été identifiés par le PhazIR™.

Il a été observé que les échantillons blancs ou très clairs (par exemple, faux plafonds) ont tendance à donner de faux résultats positifs en indiquant la présence d'amosite/crocidolite. Cet effet est probablement à lier avec la réflectance élevée de ces matériaux qui peut perturber les capteurs du PhazIR™.

FIGURE 3

Taux de faux négatifs en fonction de la teneur en amiante des matériaux (tous matériaux confondus). Les taux sont déterminés par le rapport de faux négatifs par le nombre d'échantillons composant la catégorie de teneur en amiante



La composition de la population des échantillons sélectionnés pour cette étude n'a pas permis de réaliser les tableaux de contingence pour tous les types de matériaux (cf. Tableau III). Un complément à cette étude, basé sur un échantillonnage conçu de manière à tester plus spécifiquement la réponse de l'appareil par nature de matériaux, reste à faire.

CONCLUSION

1 103 échantillons de matériaux de diverses natures (17 % contenant de l'amiante) préalablement analysés en MOLP (MDHS 77) ont été testés à l'aide d'un PhazIR™. Les résultats obtenus sont : sensibilité 0,706 (0,635 – 0,768), spécificité 0,912 (0,891 – 0,929), valeur prédictive positive (VPP) 0,619 (0,552 – 0,686), valeur prédictive négative 0,939 (0,923 – 0,955). 51 échantillons n'ont pas pu être analysés par le PhazIR™ en raison d'une trop faible réflectance.

Le taux de matériaux non analysables, dépendant des capacités de réflexion du matériau, peut être relativement important pour des matériaux sombres et les matériaux dispersifs (30 % environ de refus pour les bitumineux et les isolations fibreuses – cf. Tableau II).

En l'état, la réalisation d'un diagnostic de matériaux sur la base exclusive des résultats obtenus par le PhazIR™ n'est

pas conseillée par les auteurs. Sur la plupart des matériaux testés, le PhazIR™ se montre sensiblement plus fiable dans la détection des échantillons ne contenant pas d'amiante que dans la détection des matériaux positifs. Son utilisation comme moyen de dépistage préalable doit dès lors faire l'objet d'une évaluation d'autant plus précautionneuse que toute erreur de dépistage (faux négatif) peut directement conduire à un risque en matière de santé si des travaux sont entrepris sans protection adaptée, sur la base de résultats d'analyse erronés.

Les résultats présentés dans cette étude suggèrent toutefois que le PhazIR™ pourrait être utilisé pour le dépistage préalable de l'absence d'amiante dans certains matériaux (faux plafonds, revêtements de sols, isolations) dont les VPN dépassent 98 %. Ceci devrait faire l'objet d'une étude de validation complémentaire basée sur un échantillonnage de matériaux adaptés permettant d'évaluer les différents paramètres analytiques dont notamment la robustesse analytique à l'intérieur d'une même catégorie de matériaux (par exemple, en fonction des types de faux-plafonds).

BIBLIOGRAPHIE

[1] HULTHÉN B., On Ceramic Ware in Northern Scandinavia during the Neolithic, Bronze and Early Iron Age. *Archaeology and environment*. 1991, Vol. 8.

[2] World Health Organization. International Agency for Research on Cancer. *IARC Monographs on Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Man*. 1977, Vol. 14, pp. 11-106.

[3] GAUL M., L'amiante dans les opérations de réhabilitation et de démolition. Repérage amiante : le maillon faible. INRS, Hygiène et sécurité du travail, ND 2311-216, 2009, pp. 3-10.

[4] McCRONE W. C., GRAVATT C. C., LAFLEUR P. D., and HEINRICH K. F. I. Identification of asbestos by polarized light microscopy. *Proceedings of a Workshop on Asbestos: Definitions and Measurement Methods*. Gaithersburg: National Bureau of Standards, 1978, Vol. 506 (Spec. Publ.), pp. 235-248.

[5] POOLEY F. D., The identification of asbestos dust with an electron microscope microprobe. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol 18, No. 3, pp 181-186, 1975

[6] MDHS 77. Asbestos in Bulk Material – Sampling and Identification by Polarised Light Microscopy. HSE 1999.

[7] RUMEAU-ROUQUETTE C., BLONDEL B., KAMINSKI M., BRÉAT G., Flammarion Médecine-Sciences. 1993.

[8] WALD A., & WOLFOWITZ J., (1939). « Confidence limits for continuous functions ». *The Annals of Mathematical Statistics*, 10, 105-118.