

Le programme Matphyto : matrices cultures-expositions aux produits phytosanitaires

Exemple de matrices cultures-expositions aux pesticides arsenicaux

Département santé travail, Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice ;
Umrestte (Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport, travail, environnement) InVS/UCBL/Inrets, Lyon

Le programme Matphyto

Le Département santé travail de l'InVS a mis en place et coordonne un programme de réalisation de matrices cultures-expositions adaptées à la population agricole en France : le programme Matphyto.

Dans le secteur agricole, les particularités de l'exposition aux produits phytosanitaires - utilisation de nombreux produits, forte évolution chronologique de leurs usages, spécificité d'utilisation selon les cultures, etc. - nécessitent la création de matrices liées non seulement à l'intitulé d'emploi comme dans les autres types de matrices à vocation industrielle, mais aussi au type de culture. C'est l'objectif du programme Matphyto.

Ses applications sont potentiellement nombreuses, allant du domaine de la surveillance à celui de la recherche en santé :

- description de la prévalence des expositions aux produits phytosanitaires ;
- aide à l'identification des expositions professionnelles passées pouvant être utile à la prise en charge médico-sociale ;
- aide à l'évaluation individualisée des expositions aux produits phytosanitaires lors d'études épidémiologiques.

La présentation des caractéristiques générales du programme Matphyto est accompagnée de trois matrices concernant les cultures des arbres fruitiers, de la pomme de terre et de la vigne, et l'utilisation de pesticides arsenicaux.

MATPHYTO : ÉVALUER L'EXPOSITION AUX PRODUITS PHYTOSANITAIRES

L'étude des risques professionnels intègre aussi des risques liés au travail dans le domaine agricole. Dans ce secteur, les expositions à de nombreux produits phytosanitaires, composés d'une grande variété de produits chimiques, sont complexes. Ces derniers appartiennent à différentes familles chimiques, d'où une grande diversité de risques pour la santé. Les modalités d'utilisation sont également très diverses selon les époques, les cultures, etc. De plus, il n'existe pas de recueil systématique des pratiques phytosanitaires de l'ensemble des professionnels de l'agriculture. Il est donc particulièrement difficile de recueillir les données sur les multiples usages et de reconstituer les expositions des personnes sur plusieurs années.

Le développement d'outils permettant d'évaluer les expositions professionnelles est nécessaire pour améliorer la connaissance et la surveillance des risques professionnels. De ce constat est apparue la nécessité du programme Matphyto, dédié à la réalisation de matrices cultures-expositions aux produits phytosanitaires en milieu agricole. A chaque culture ou groupe de cultures, une matrice spécifique associe la liste des principales familles chimiques de produits phytosanitaires et des principales matières actives susceptibles d'avoir été utilisées, accompagnées d'indicateurs d'exposition.

Qu'est-ce qu'un produit phytosanitaire ?

La directive européenne 91/414/CE du 15 juillet 1991 définit les produits phytosanitaires comme les substances actives ou préparations contenant une ou plusieurs substances actives destinées à :

- protéger les végétaux ou leurs produits contre les organismes nuisibles ;
- exercer une action sur les processus vitaux des végétaux (régulateurs de croissance par exemple) ;
- assurer la conservation des produits végétaux ;
- détruire les végétaux indésirables ;
- détruire des parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable.

Dans le langage courant, le terme pesticide englobe d'autres produits que les produits phytosanitaires, par exemple les produits de nettoyage des locaux d'élevage. Ces produits ne font pas l'objet de la même directive que celle relative aux produits phytosanitaires et ne sont pas traités dans ce programme.

Les termes "produits phytosanitaires" et "pesticides" seront ici considérés comme similaires.

Le programme Matphyto se focalise en priorité sur les trois principaux groupes de produits phytosanitaires utilisés dans l'agriculture française : les herbicides, les fongicides et les insecticides. Sont exclus certains produits phytosanitaires tels que les rodenticides ou les molluscicides.

Le choix des familles chimiques est basé sur leur toxicité ou l'importance de leur utilisation. Ainsi, les produits ne présentant pas de toxicité particulière et peu utilisés ne sont pas pris en compte. De même, pour chaque famille retenue, le choix des matières actives est basé sur ces deux critères : toxicité ou forte utilisation.

Le programme Matphyto s'intéresse prioritairement aux principales cultures agricoles françaises : céréales (blé, orge, maïs, etc.), vigne, pomme de terre, etc.

TABLEAU 1		QUELQUES EXEMPLES DE FAMILLES CHIMIQUES ET MATIÈRES ACTIVES UTILISÉES COMME PHYTOSANITAIRES
Famille chimique	Matière active	
Insecticides		
Carbamates	Carbofuran, pyrimicarbe	
Carbinols	Dicofol	
Chloronicotiniles	Imidaclopride	
Dérivés arsenicaux minéraux	Arséniate de calcium	
Organochlorés	DDT, lindane	
Organophosphorés	Phosalone, malathion	
Pyréthroïdes	Cyperméthrine, deltaméthrine	
Fongicides		
Anilino-Pyrimidines	Cyprodinil	
Carbamates	Manèbe, mancozèbe	
Chloronitriles	Chlorothalonil	
Dérivés arsenicaux minéraux	Arsénite de sodium	
Dérivés du phénol	Dinocap	
Morpholines	Tridémorphe	
Phtalimides	Captafol	
Pipéridines	Fenpropidine	
Produits minéraux	Soufre, cuivre	
Strobilurines	Azoxystrobine, krésoxim-méthyl	
Triazoles	Epoxyconazole, propiconazole	
Herbicides		
Acides picoliniques	Fluoroxypyr	
Acétamides	Alachlore	
Ammoniums quaternaires	Diquat, paraquat	
Aryloxy-acides (phytohormones)	2,4 D ; MCPP	
Aryloxyphénoxy-propionates (FOPS)	Clofinafop-propargyl	
Hydroxy-benzonitriles	Bromoxynil, loxynil	
Carbamates	Triallate	
Composés phénoliques	DNOC, dinosèbe	
Dérivés de l'acide benzoïque	Dicamba	
Diphényléthers	Bifénox	
Pyridine-carboxamides	Diflufénicanil	
Sulfonylurées	Chlorsulfuron, amidosulfuron	
Toluidines	Trifluraline	
Triazines	Simazine, atrazine	
Urées substituées	Chlortoluron, isoproturon	

Les matrices cultures-expositions : des tableaux de données structurés

La réalisation des matrices commence par une recherche bibliographique et nécessite la collaboration étroite de nombreux partenaires et interlocuteurs afin de pouvoir recouper les informations et dialoguer avec les experts de ces organismes : Chambres d'agriculture, Services régionaux de la protection des végétaux (SRPV), Instituts techniques agricoles (ITA), Mutualité sociale agricole (MSA), différentes équipes de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), ministère de l'Agriculture.

Ce travail préparatoire primordial a plusieurs objectifs :

- comprendre les logiques des traitements phytosanitaires en lien avec les autres travaux agricoles : dates de semis et de récolte, phases sensibles de la culture aux différents agents pathogènes, etc ;
- prendre en compte les spécificités pédo-climatiques (caractéristiques du sol couplées à celles du climat) de chaque région et leur influence sur l'utilisation des pesticides ;
- comprendre l'influence des facteurs socio-économiques (spécialisation des exploitations, taille, évolutions de la mécanisation des travaux agricoles, etc.) sur l'utilisation des pesticides ;
- tenir compte de la grande variabilité dans le temps de l'utilisation des pesticides (mise sur le marché de nouvelles molécules, modification de la réglementation, sélection d'organismes résistants à certains produits, etc.), et donc considérer les différentes périodes de leurs utilisations.

Les matrices intègrent ainsi l'évolution de l'utilisation des produits phytosanitaires au cours du temps via un découpage chronologique en périodes de cinq à dix ans considérées comme homogènes, qui est fonction des cultures et des produits phytosanitaires.

Indicateurs d'exposition

Les expositions sont évaluées sur la base de trois indicateurs : probabilité, fréquence et intensité d'utilisation.

Les trois indicateurs d'exposition

- **La probabilité d'utilisation** correspond à la proportion annuelle des unités de production (les exploitations) sur lesquelles on a pu utiliser une famille chimique ou une matière active, pour la culture considérée.
- **La fréquence d'utilisation** permet de caractériser le nombre moyen de traitements effectués chaque année sur une culture donnée pour les familles chimiques ou les matières actives considérées. Elle s'applique aux surfaces.
- **L'intensité d'utilisation** indique la quantité moyenne de produits appliqués à l'hectare en un traitement. Exprimée en grammes de matière active par hectare, elle permet d'évaluer les quantités de produits utilisés par les utilisateurs de pesticides.

Ces trois indicateurs d'exposition sont des données moyennées qui lissent un ensemble de pratiques individuelles. Ils permettent d'évaluer de façon globale les expositions professionnelles aux produits phytosanitaires, dans une vision épidémiologique. Des variations peuvent en effet intervenir selon la technicité des exploitations, du matériel utilisé, des recommandations suivies (doses d'utilisation variables), des données climatiques, etc. Ces variations individuelles des pratiques ne peuvent être prises en compte dans les matrices.

Réalisation des matrices : trois grandes étapes

La première étape permet d'élaborer une ébauche de matrice contenant les informations essentielles : listes des produits utilisables en fonction des années, itinéraire technique type, etc.

La confrontation avec des experts permet ensuite d'affiner la matrice : non prise en compte des molécules dont les probabilités d'utilisation sont inférieures à 5 %, prise en compte d'éventuelles spécificités régionales dans les pratiques ou l'utilisation des produits, et validation des valeurs des différents indices.

L'intégralité des données ne pouvant être prise en compte, il convient de trouver le meilleur compromis sur le niveau de détail des paramètres. Une fois obtenu un consensus des experts sur les différents paramètres (molécules utilisées, indicateurs, découpage chronologique, etc.) la matrice est mise sous sa forme définitive.

Les matrices cultures – expositions : les données nécessaires pour une application en surveillance ou en recherche

Les portes d'entrée des matrices Matphyto sont l'activité professionnelle agricole et les cultures pratiquées. Leur utilisation nécessite, dans un premier temps, de repérer les

intitulés professionnels potentiellement concernés puis, dans un second temps, de caractériser les exploitations agricoles.

Repérage des intitulés professionnels dans l'agriculture

Les matrices s'appliquent à l'ensemble des personnes directement concernées par la préparation et/ou l'emploi des produits phytosanitaires dans un contexte agricole : exploitants et salariés agricoles, aides familiaux non salariés.

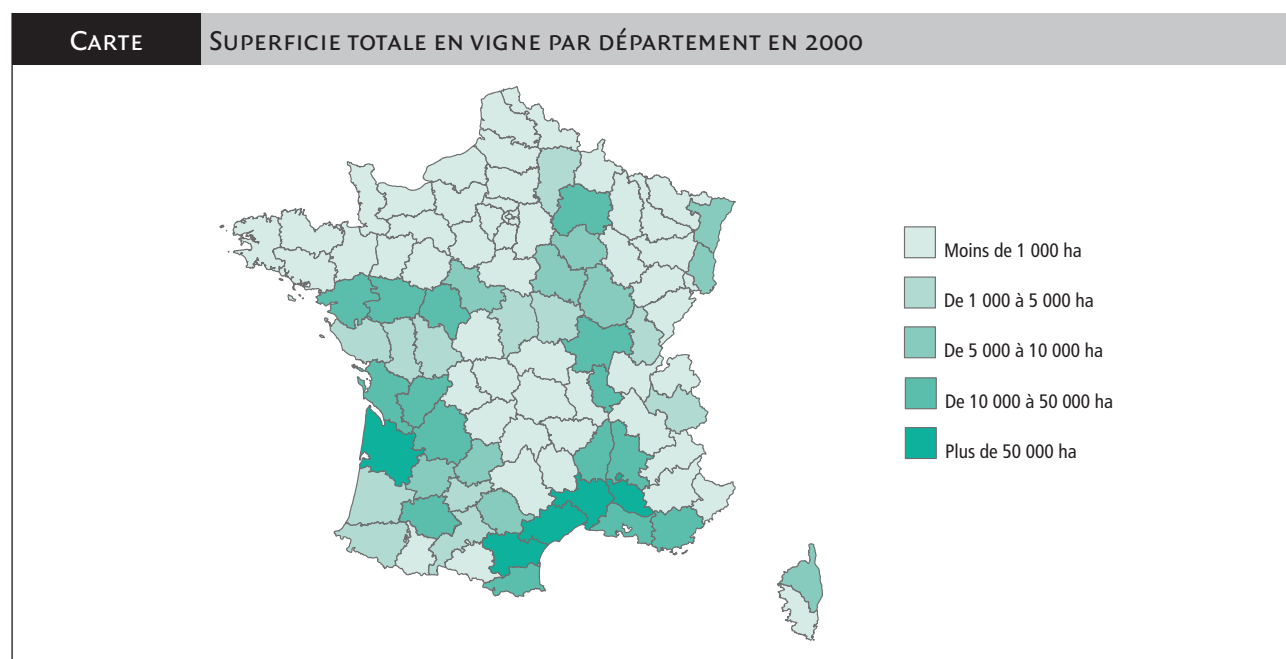
Pour appliquer une matrice Matphyto à des populations repérées par un système de nomenclatures professionnelles, il est nécessaire de développer de manière exhaustive les codes ou couples de codes emplois-activités qui entraînent une possible utilisation agricole des produits phytosanitaires. Il est ensuite nécessaire d'obtenir une description minimale des cultures agricoles concernées.

Caractérisation des exploitations agricoles

Le détail des différentes cultures pratiquées (connaissance historisée de l'assolement¹ de l'exploitation) est nécessaire pour l'application des matrices à des individus ou des exploitations agricoles.

Dans le cadre d'études épidémiologiques par exemple, ces données peuvent être obtenues directement auprès des individus par l'intermédiaire d'un questionnaire adéquat. L'information fournie par les sujets est généralement fiable y compris pour les données anciennes, alors qu'à l'inverse, tenter d'obtenir directement une liste de l'ensemble des produits phytosanitaires utilisés au cours d'une vie dans l'agriculture est rarement possible.

Dans le cadre d'échantillons de population (recensement Insee par exemple) et lorsque l'on ne dispose pas du descriptif des cultures de manière individualisée, la localisation géographique des exploitations permet de se référer à l'assolement moyen des différents types d'exploitation de la zone considérée, information qui existe dans les statistiques agricoles locales.



Source : Agreste.

1. L'assolement peut être défini comme la répartition annuelle des cultures sur les parcelles d'une exploitation.

L'analyse sur des grands échantillons de population des phytosanitaires utilisés permet alors d'estimer des prévalences d'expositions professionnelles et d'étudier leurs distributions et leurs évolutions au cours du temps ou par région.

UN EXEMPLE DE MATRICE MATPHYTO : LES CULTURES DE LA POMME DE TERRE, DE LA VIGNE, DES ARBRES FRUITIERS ET L'EXPOSITION AUX PESTICES ARSENICAUX

La première série de matrices réalisées par le Département santé travail est consacrée à l'emploi des pesticides arsenicaux et concerne trois principales cultures françaises : la pomme de terre, la viticulture et l'arboriculture. Pour chacune de ces cultures, une matrice a été élaborée permettant d'évaluer les expositions aux pesticides arsenicaux. Pour plus de détail se référer au document technique référencé à la fin de ce document.

L'arsenic inorganique est un cancérigène reconnu pour l'homme par le Circ (Centre international de recherche sur le cancer). Certaines affections liées à la manipulation de ces

produits phytosanitaires sont inscrites au titre des maladies professionnelles ; d'où l'intérêt de ces premières matrices à des fins de santé publique.

Les dérivés arsenicaux : une action insecticide et fongicide

L'élément arsenic est présent naturellement en association avec d'autres éléments chimiques tels l'oxygène, le soufre ou le chlore. Les composés inorganiques de l'arsenic ont une activité fongicide et insecticide reconnue et ont été utilisés à cette fin en agriculture dès le début du XX^e siècle en France, et jusqu'en 2001 en ce qui concerne la viticulture. Ils peuvent également être utilisés comme raticide, pour conserver le bois ou encore comme défoliant.

Les pesticides arsenicaux ont été principalement utilisés pour la protection phytosanitaire de trois cultures en France : la pomme de terre, la vigne et les arbres fruitiers. L'évaluation des expositions décrites dans les matrices concerne l'ensemble des dérivés arsenicaux utilisés sur ces cultures, sans distinction de composés.

TABLEAU 2 PRINCIPAUX COMPOSÉS MINÉRAUX ARSENICAUX UTILISÉS EN AGRICULTURE			
Nom chimique	Solubilité	Principales actions phytosanitaires	Principale culture (ravageur)
Arsénite de cuivre	Insoluble dans l'eau, soluble dans les acides et l'ammoniaque	Insecticide	Pomme de terre (doryphore)
Arséniate de plomb	De très peu soluble à insoluble dans l'eau	Insecticide	Arbres fruitiers Pomme de terre (doryphore) Vigne (tordeuse de la grappe)
Arséniate de calcium (ou de chaux)	Peu soluble dans l'eau, soluble dans les acides dilués	Insecticide	Pomme de terre (doryphore)
Arsénite de sodium	Très soluble dans l'eau, légèrement soluble dans l'éthanol	Insecticide Fongicide	Vigne (altise, pyrale, tordeuses de la grappe) Vigne (esca, excoriose)

Historique des pratiques : cinq grandes périodes d'exposition

Cinq grandes périodes d'exposition homogènes, prenant en compte les évolutions réglementaires et techniques de l'utilisation des pesticides arsenicaux ont été déterminées.

- **1945-1955** : l'utilisation des pesticides arsenicaux est plus ancienne, mais les matrices Matphyto débutent après la seconde guerre mondiale. Les dix années suivantes sont marquées par les prémices du développement de molécules phytosanitaires de synthèse (comme les organochlorés) qui entraîneront des changements dans les pratiques.
- **1956-1965** : cette période est marquée par l'arrivée de nouvelles familles chimiques qui modifie les stratégies de protection phytosanitaire, en particulier en diminuant l'utilisation globale des pesticides arsenicaux. Ainsi, sur la culture de pomme de terre et pour lutter contre le doryphore, les pesticides arsenicaux sont en concurrence principalement avec des organochlorés (DDT et lindane). De même, en arboriculture et viticulture l'utilisation des dérivés arsenicaux

comme insecticide diminue au profit d'organochlorés (DDT) et d'organophosphorés (parathion).

- **1966-1973** : on assiste au passage d'une agriculture familiale à une agriculture productiviste. Cette période de mutation de l'agriculture s'accompagne d'une augmentation de l'utilisation des pesticides. L'arrivée continue de nouvelles molécules de synthèse accentue la baisse de l'utilisation des dérivés de l'arsenic comme insecticide sur la culture de pomme de terre, l'arboriculture et la vigne. En revanche l'utilisation, en viticulture, d'arsénite de sodium comme fongicide pour lutter contre l'esca se maintient : il n'existe pas d'alternative de traitement pour cette maladie du bois.
- **1974-1985** : les pesticides arsenicaux sont interdits d'emploi en France en 1973. Seul l'arsénite de sodium reste autorisé comme fongicide en viticulture pour lutter contre l'esca.
- **1986-2001** : l'interdiction totale de l'emploi de l'arsénite de sodium en agriculture est parue en novembre 2001. Il n'y a plus de pesticides arsenicaux utilisés sur les cultures agricoles en France depuis cette date.

Effets sur la santé et maladies professionnelles

Les effets des pesticides arsenicaux chez l'homme sont multiples. Des études ont montré une augmentation de la mortalité par cancer (poumon, peau, foie) après une exposition chronique à l'arsenic. Elle peut également être à l'origine de problèmes cutanés, d'effets hématologiques, d'atteintes du système nerveux périphérique, d'effets hépatiques et de troubles vasculaires.

Les expositions aux pesticides arsenicaux font l'objet de tableaux de maladies professionnelles pour le régime agricole (tableau n° 10 RA) et le régime général (tableaux n° 20 RG, 20 bis RG). Les affections provoquées par ces produits phytosanitaires, inscrites au titre des maladies professionnelles, sont classées en quatre grandes catégories : les effets caustiques, l'intoxication aiguë, l'intoxication subaiguë ou chronique et les affections cancéreuses.

La culture de la pomme de terre et l'utilisation de pesticides arsenicaux

L'utilisation des dérivés arsenicaux, principalement les arsénates de plomb et de calcium et l'arsénite de cuivre, pour lutter contre le doryphore est très ancienne, remontant à 1865 aux Etats-Unis. En France leur utilisation date du début du XX^e siècle avec l'apparition du doryphore, constatée dès 1922 en Gironde. Les pesticides arsenicaux sont utilisés sur la pomme de terre jusqu'en 1973.

La viticulture et l'utilisation de pesticides arsenicaux

Les principaux dérivés de l'arsenic utilisés en viticulture sont, en traitement d'hiver, l'arsénite de sodium contre la pyrale, l'esca et l'excoriose, et en traitement d'été, les arsénates contre les tordeuses de la grappe.

La matrice viticulture-pesticides arsenicaux combine toutes les probabilités d'exposition pour les différents ravageurs ou maladies. Nombres de traitements et doses (en grammes d'arsenic par hectare) ont donc été moyennés.

L'arboriculture et l'utilisation de pesticides arsenicaux

Les principaux dérivés de l'arsenic utilisés sont les arsénates, notamment l'arséniate de plomb pour lutter contre les insectes ravageurs tels que le carpocapse des pommes et des poires et les chenilles défoliatrices des fruits à noyaux.

Trois matrices cultures-expositions ont été élaborées : une pour les fruits à pépins, une pour les fruits à noyaux, et une autre pour l'ensemble des vergers, sans distinction des essences cultivées.

TABLEAU 3		MATRICES CULTURES – EXPOSITIONS AUX PESTICIDES ARSENIQUES		
Culture	Périodes	Probabilité d'utilisation	Dose d'arsenic (g/ha) par traitement	Nombre de traitements par an
Pomme de terre	1945-1955	50 %	1 000	2
	1956-1965	30 %	1 000	2
	1966-1973	25 %	1 000	2
Vigne	1945-1955	35 %	2 100	1,8
	1956-1965	25 %	2 800	1,3
	1966-1973	30 %	3 000	1,3
	1974-1985	20 %	5 000	0,7
	1986-2001	25 %	5 000	0,7
Arbres fruitiers				
Fruits à pépins	1945-1955	55 %	1 000	2,5
	1956-1965	35 %	1 000	2,3
	1966-1973	30 %	1 000	2,3
Fruits à noyaux	1945-1955	15 %	1 500	1
	1956-1965	10 %	1 500	1
	1966-1973	5 %	1 500	1
Fruits sans distinction	1945-1955	40 %	1 100	2
	1956-1965	25 %	1 100	1,9
	1966-1973	20 %	1 100	1,9

À L'AVENIR : DES MATRICES POUR CHAQUE CULTURE

Le programme Matphyto s'intéresse à l'ensemble des cultures françaises. Les matrices cultures-expositions aux pesticides arsenicaux en sont le premier exemple. La prochaine matrice disponible sera consacrée aux cultures de céréales à paille.

A terme, en juxtaposant l'ensemble des matrices réalisées, il sera possible de caractériser de manière rétrospective, et pour les principales cultures, les expositions aux produits phytosanitaires chez les travailleurs de l'agriculture.

Le programme Matphyto est utilisé dans un but de surveillance ou de recherche en santé au travail. Outre la description des prévalences d'expositions aux phytosanitaires en France, il permet d'étudier le lien entre pesticides et certaines maladies dans des études épidémiologiques. C'est le cas pour l'étude Partage (Parkinson, travail agricole et environnement) de l'U708 de l'Inserm, menée par le Dr A. Elbaz, en partenariat avec le DST de l'InVS, qui étudie le lien entre des expositions professionnelles aux produits phytosanitaires et la maladie de Parkinson parmi des personnes affiliées à la Mutualité sociale agricole.

Ce document a été rédigé par Johan Spinosi (DST, InVS) et Jocelyne Rajchnapel-Messaï sous la supervision de la Ceve (Cellule de valorisation éditoriale, InVS).

Les rapports complets sur les matrices cultures-expositions sont disponibles sur le site de l'InVS :

- Le programme Matphyto – Matrices cultures-expositions aux produits phytosanitaires. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, juin 2008, 16 p. <http://www.invs.sante.fr/display/?doc=publications/2008/matphyto/index.html>
- Eléments techniques sur l'exposition professionnelle aux pesticides arsenicaux. Matrice cultures – expositions aux pesticides arsenicaux. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, avril 2009, 18 p. http://www.invs.sante.fr/display/?doc=publications/2009/exposition_professionnelle_pesticides_arsenicaux/index.html

Pour en savoir plus sur les matrices :

- Le programme Matgéné. Matrices emplois-expositions en population générale. État d'avancement - septembre 2005. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, Avril 2006, 60 p. <http://www.invs.sante.fr/display/?doc=publications/2006/matgene/index.html>

Citation suggérée :

Spinosi J, Févotte J. Le programme Matphyto : Matrices cultures-expositions aux produits phytosanitaires. Exemple de matrices cultures-expositions aux pesticides arsenicaux. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, avril 2009, 6 p. Disponible sur : www.invs.sante.fr