

3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DE LA POPULATION

Ce chapitre traite de l'exposition potentielle de la population attribuable à l'utilisation de phytocides en milieu forestier. L'approche utilisée pour estimer l'exposition de la population est celle suggérée par U.S. EPA (1989b). Cette approche considère toutes les voies potentielles d'exposition et prend en compte les variations saisonnières dues aux différentes activités humaines.

Dans notre étude, nous avons choisi d'estimer l'exposition de la population selon le scénario du pire cas réaliste. Cette approche suggérée par U.S. EPA (1989a, 1989b) permet d'estimer l'exposition la plus élevée qu'il soit réaliste d'estimer pour une personne. Les hypothèses émises dans ce scénario d'exposition sont basées sur des valeurs supérieures extrêmes.

Ce chapitre sera subdivisé en 5 sections. La première section est consacrée au scénario du pire cas réaliste. Les hypothèses développées dans ce scénario visent à estimer une dose d'exposition à long terme pour une personne demeurant à proximité ou se trouvant sur les lieux d'une intervention de routine avec des phytocides. Nous aborderons, dans la deuxième section, l'exposition en bruit de fond de la population concernant les phytocides à l'étude. À la troisième section, nous présenterons les résultats obtenus dans les sections précédentes afin d'estimer l'exposition totale de la population au glyphosate et à l'hexazinone. L'évaluation de l'exposition de la population aux phytocides sur une période de courte durée sera traitée à la section suivante. Finalement, l'exposition d'une personne en situation accidentelle sera abordée en dernier lieu.

3.1 SCÉNARIO DU PIRE CAS RÉALISTE

Notre étude d'évaluation du risque ne s'adresse pas à une population spécifique. Dans ce contexte, l'approche utilisée pour évaluer le risque de la population sera basée sur l'exposition potentielle d'une personne selon un scénario bien défini.

Les groupes de la population qui pourraient être exposés aux phytocides utilisés en milieu forestier sont les résidants habitant à proximité des sites traités et les utilisateurs du milieu forestier. Toutefois, il n'existe pas de données d'exposition pour ces groupes de la population, ce qui nous oblige à formuler des hypothèses d'exposition pour estimer la dose d'exposition probable.

Ainsi, les deux groupes de la population potentiellement à risque sont identifiés d'après deux scénarios d'exposition: le scénario du *résidant* représente une personne habitant à proximité du site traité et le scénario du *chasseur-pêcheur* fait intervenir une personne qui dépend en partie, pour son alimentation, des denrées provenant de la forêt.

Pour chacun de ces scénarios, des doses d'exposition quotidienne sont estimées à partir de deux paramètres: les concentrations résiduelles de phytocides mesurées ou estimées selon les différents milieux environnementaux et la quantité de phytocides potentiellement en contact avec une personne. Les hypothèses qui supportent nos scénarios d'exposition sont décrites dans les sections 3.1.1 à 3.1.5. Nous traitons dans ces sections des modes d'application retenus pour estimer l'exposition, des voies d'exposition probables et de l'analyse des paramètres d'exposition.

3.1.1 Choix du mode d'application

Les scénarios d'exposition aux phytocides ont été développés à partir d'hypothèses d'exposition et de données résiduelles attribuables à un mode d'application particulier. Les modes d'application retenus pour l'exposition de la population sont présentés au tableau 3.1.

3.1.2 Voies d'exposition

Selon la méthode proposée par U.S. EPA (1989b) toutes les voies d'exposition doivent être considérées. La figure 3.1 illustre toutes les voies potentielles d'exposition de la population attribuables à l'utilisation des phytocides en milieu forestier.

Tableau 3.1 Modes d'application de phytocide retenus pour l'estimation de l'exposition de la population

Phytocide	Mode d'application	Importance d'utilisation par le MRN	Taux d'application moyen Kg/ha	Dérive potentielle à l'extérieur du site traité	Mode d'application retenu pour l'estimation de l'exposition de la population attribuable à l'utilisation de phytocides en milieu forestier
Glyphosate	Aérien: avion ou hélicoptère	+++	1,5	+++	Nous avons retenu le mode d'application par la voie aérienne pour établir nos hypothèses d'exposition au glyphosate. Ce choix est basé sur le fait que la voie aérienne présente un potentiel de dérive plus important que celui de la voie terrestre. Toutefois, la présence des bandes de protection ne devrait pas rendre un mode d'application plus à risque que l'autre pour la population. Les taux d'application étant les mêmes pour les voies aérienne et terrestre, nous avons donc utilisé les données résiduelles provenant de ces deux voies d'application pour estimer l'exposition par la consommation de petits fruits sauvages directement arrosés.
	Terrestre: applicateur à barillet rampe à jet méthodes d'application manuelle	++++ ++ +	1,5 1,5 n.a.	++ + -	
Hexazinone	Terrestre: scarificateur herbicide rampe à jet crayon épandage granulaire	++	2,2	+	L'exposition à l'hexazinone est estimée à partir des deux modes d'application terrestre, soit la rampe à jet crayon et le scarificateur herbicide. Ces deux modes ont été retenus à cause de la disponibilité des données résiduelles concernant ces deux techniques.
		++	2,2	+	
		+	3,0	-	
Triclopyr	Terrestre: traitement de l'écorce basale	+	n.a.		Une seule technique est proposée par le MRN. Cette technique est très sélective, la pulvérisation des grosses gouttes est dirigée exclusivement sur les troncs d'arbre de plus de 6 cm de diamètre.

n.a. non applicable

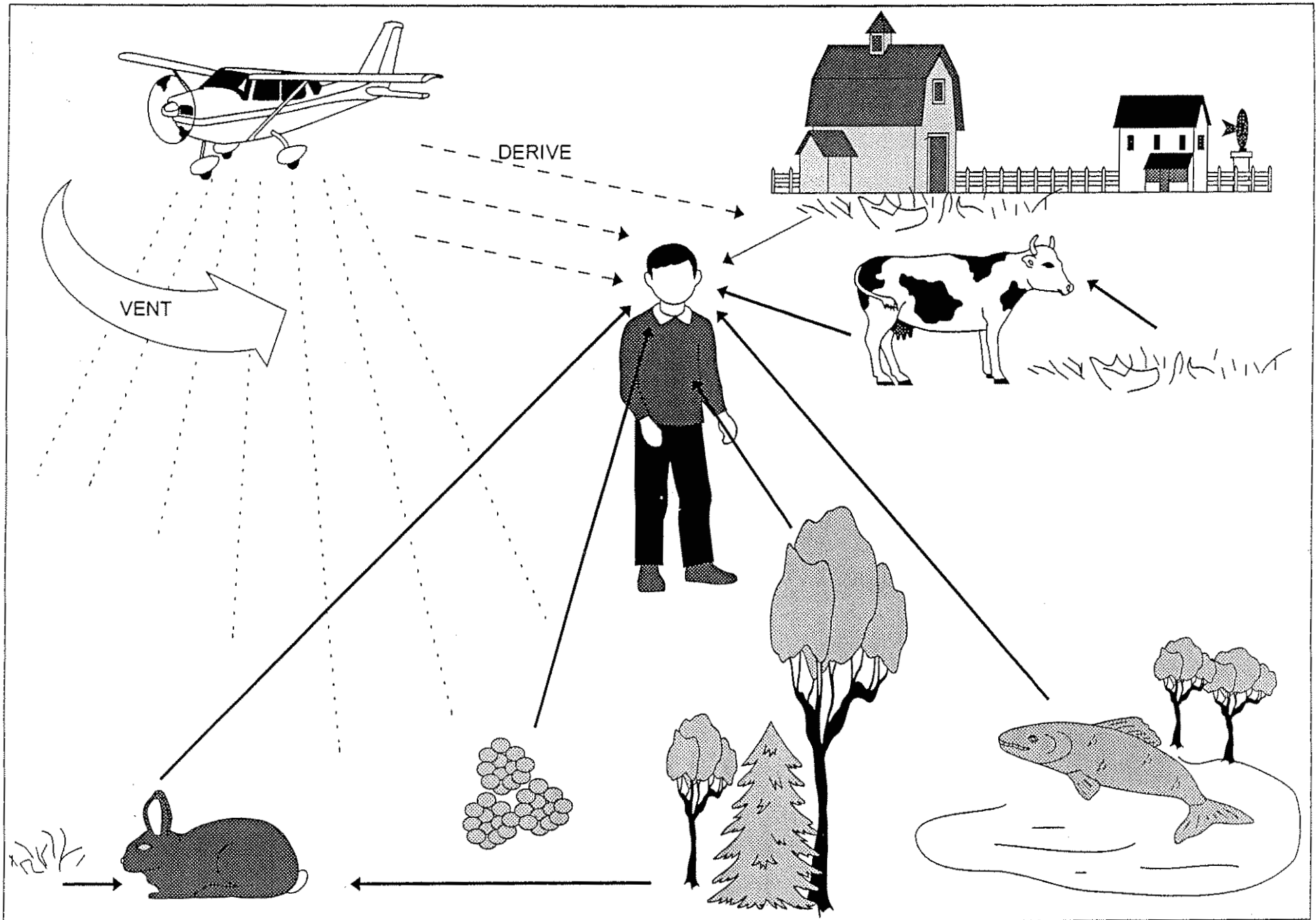


Figure 3.1 Voies d'exposition aux phytocides

3.1.3 Description des scénarios d'exposition à long terme

Nous avons décrit deux scénarios d'exposition afin de mieux représenter les groupes de la population potentiellement à risque. Le scénario du résidant simule une personne habitant à proximité du site et utilisant la forêt uniquement pour la consommation de petits fruits sauvages et d'eau potable. Le scénario du chasseur-pêcheur simule une personne qui s'approvisionne en denrées alimentaires provenant de la forêt et fréquente le site, pendant les 18 jours après le traitement, pour s'adonner à ses activités de chasse et de pêche. Cette période de 18 jours correspond à la durée pour laquelle les concentrations résiduelles les plus élevées sont retrouvées dans l'environnement.

Les voies potentielles d'exposition d'une personne aux phytocides en fonction des scénarios sont présentées ci-après:

Résidant	Chasseur-pêcheur
Inhalation	Inhalation
Ingestion de produits provenant de la forêt et des zones avoisinantes:	Ingestion de produits provenant de la forêt:
<ul style="list-style-type: none"> . petits fruits sauvages . eau potable . légumes du potager . viande de bovin . produits laitiers 	<ul style="list-style-type: none"> . petits fruits sauvages . eau potable . poisson . gibier de grande taille . gibier de petite taille
Exposition cutanée:	Exposition cutanée:
<ul style="list-style-type: none"> . contact avec la végétation contaminée au moment de la cueillette des petits fruits sauvages. 	<ul style="list-style-type: none"> . contact avec la végétation contaminée au moment de la cueillette des petits fruits sauvages et/ou lors des activités de chasse et de pêche.

Le risque de contaminer les différents milieux environnementaux est fonction des propriétés du phytocide, de son mode d'application et de la période du traitement. Dans notre étude, nous avons adapté les scénarios aux conditions réelles du terrain. Ainsi, les voies d'exposition qui ne sont pas considérées dans les scénarios des résidants sont présentées ci-après.

Glyphosate	Inhalation	La concentration (90 ^e percentile) du glyphosate dans la zone respiratoire d'un contremaître pendant la période effective d'exposition étant de seulement 2,65 µg/m ³ (Major et Mamarbachi, 1987), nous présumons qu'au-delà de la bande de protection de 100 m, la concentration du glyphosate dans l'air ambiant sera très faible et que sa contribution sera négligeable par rapport à la dose quotidienne totale.
Hexazinone	Inhalation	La concentration (90 ^e percentile) de l'hexazinone dans la zone respiratoire d'un contremaître pendant la période effective d'exposition étant de seulement 2,91 µg/m ³ (Bertrand et Dugal, 1988), nous présumons qu'au-delà de la bande de protection de 100 m, la concentration d'hexazinone dans l'air ambiant sera très faible et que sa contribution sera négligeable par rapport à la dose quotidienne totale.
	Consommation de petits fruits sauvages	Lorsque les pulvérisations sont précédées d'un décapage de la végétation du sol, il y a absence de plants fruitiers sur le site. Pour le cas d'un terrain traité au printemps, avec le scarificateur herbicide ou avec la rampe à jet crayon, il y a généralement absence de petits fruits sauvages pendant la saison de croissance. Il peut cependant arriver que des plants fruitiers réussissent à pousser à certains endroits à cause des taux résiduels trop faibles. Ceci expliquerait pourquoi, les concentrations résiduelles mesurées dans les petits fruits sont toutes sous la limite de détection, soit 0,05 ppm (Langevin, 1994).
	Consommation des légumes du potager	La concentration résiduelle (90 ^e percentile) d'hexazinone dans les feuilles provenant du site traité est de 2,55 ppm (de 3 semaines à 2 mois après le traitement). Nous présumons, qu'au-delà de la bande de protection de 100 m, la concentration d'hexazinone dans les légumes du potager sera très faible et que sa contribution sera négligeable par rapport à la dose quotidienne totale. L'échantillonnage de la végétation provenant du site traité a été effectué au moment de la période de croissance des légumes du potager.

	Consommation de viande de bovin et de produits laitiers	Pour les animaux broutant dans un pâturage protégé par une bande de protection de 100 m, nous présumons que la concentration d'hexazinone dans les graminées sera très faible (tel que mentionné pour le potager) et que sa contribution sera négligeable par rapport à la dose quotidienne totale.
	Exposition cutanée à la végétation	Cette voie d'exposition n'est pas traitée parce qu'il n'y a pas de cueillette de petits fruits sauvages.
Triclopyr	Toutes les voies d'exposition	La méthode utilisée étant la pulvérisation des troncs d'arbres, nous présumons que cette technique n'entraînera pas des concentrations résiduelles importantes dans l'environnement et que l'exposition de la population sera négligeable. La technique du traitement de l'écorce basale consiste à effectuer un traitement localisé sur le tronc des arbres à l'aide d'un pulvérisateur manuel à faible pression. Selon cette technique, le dépôt du produit devrait se retrouver principalement sur le tronc de l'arbre. Bien qu'il puisse y avoir un écoulement sur le sol, directement à proximité du tronc, le dépôt devrait être minime. Comme l'application se fait à l'aide d'un pulvérisateur à faible pression et que le liquide est pulvérisé sous forme de grosses gouttes, les risques de dévire sont très faibles. De plus, seules les tiges ayant un diamètre supérieur à 6 cm sont traitées. Ainsi, dans le contexte d'un traitement localisé et sélectif, le risque de contaminer les cours d'eau, les petits fruits sauvages et le gibier est négligeable.

Selon le bilan des superficies de forêts traitées aux phytocides (MRN, 1994) durant les années couvrant la période de 1985 à 1993, les superficies traitées au triclopyr représentent moins de 0,05 % des superficies totales des travaux de pulvérisations de phytocides réalisées en milieu forestier au Québec.

Les voies d'exposition non considérées dans les scénarios du chasseur-pêcheur sont présentées ci-après.

Hexazinone	Consommation de petits fruits sauvages	Lorsque les pulvérisations sont précédées par une scarification du sol, il y a absence de plants fruitiers sur le site. Pour le cas d'un terrain traité au printemps avec le scarificateur herbicide ou avec la rampe à jet crayon, il y a généralement absence de petits fruits sauvages pendant la saison de croissance. Il peut cependant arriver que des plants fruitiers réussissent à pousser à certains endroits à cause des taux résiduels trop faibles. Ceci expliquerait pourquoi les concentrations résiduelles mesurées dans les petits fruits sont toutes sous la limite de détection, soit de 0,05 ppm (MRN, 1994).
Triclopyr	Toutes les voies d'exposition	La méthode utilisée étant le traitement de l'écorce basale, nous présumons que cette technique n'entraînera pas des concentrations résiduelles importantes pour la population et que sa dose d'exposition sera négligeable tel que mentionné dans le scénario des résidants.

3.1.4 Description des paramètres d'exposition

Le calcul de la dose d'exposition quotidienne d'une personne tient compte du temps réel d'exposition pour une vie entière, des taux d'exposition, des taux résiduels des phytocides dans les milieux environnementaux, des paramètres physiologiques et des paramètres toxicocinétiques des phytocides. Les valeurs retenues pour ces différents paramètres d'exposition correspondent, lorsque possible, au 90^e percentile. Cette approche est fortement recommandée par U.S. EPA (1989a) pour estimer l'exposition selon le scénario du pire cas réaliste.

3.1.4.1 Fréquence d'exposition

Dans notre présente étude, le nombre d'années d'exposition d'une personne, pendant sa vie entière, correspond à la fréquence probable d'intervention sur un site donné. Ainsi, lorsque le MRN doit intervenir deux fois sur un site, nous présumons qu'une personne sera exposée durant deux ans par rapport à sa vie entière. Le tableau ci-après indique les fréquences probables d'intervention pour les phytocides concernés.

Tableau 3.2 Fréquence probable d'intervention sur un site pour une période de 50 ans

Phytocide	Fréquence probable d'intervention sur un site pour une période de 50 ans
Glyphosate	2
Hexazinone	1

En milieu forestier, les phytocides sont utilisés soit au moment de la préparation du terrain avant reboisement ou pour l'entretien des plantations afin de contrôler la végétation nuisible à la régénération. Dans 95% des cas, un site sera traité une seule fois en 50 ans par les phytocides (MRN, 1994).

Le glyphosate est utilisé pour la préparation de terrain ainsi que pour l'entretien des plantations. Dans 2% des cas, il peut y avoir des traitements de préparation de terrain et d'entretien. Le délai entre les deux applications est de 3 à 4 ans et ce sera les seules interventions sur une période de 50 ans. Dans ce cas, le glyphosate pourrait être utilisé deux fois sur un même site. Lorsqu'il y a préparation de terrain avec des phytocides, il n'y a qu'un seul entretien chimique des plantations qui puisse survenir par la suite.

Par ailleurs, dans 2% des cas, il peut arriver que l'entretien chimique des plantations soit raté et qu'une deuxième intervention soit nécessaire 2 à 3 ans plus tard. Dans ce dernier cas, nous pouvons présumer que le glyphosate sera utilisé deux fois sur une période de 50 ans. Il arrive également, dans 1% des cas, qu'un deuxième entretien s'avère nécessaire après 3 ans. Encore une fois, le glyphosate pourrait être utilisé deux fois sur une période de 50 ans. Dans le cadre de notre étude, nous présumons qu'un individu peut être exposé au glyphosate durant deux ans pendant sa vie entière.

L'hexazinone est utilisé uniquement pour la préparation du terrain, ce qui signifie que ce phytocide ne sera utilisé pour un site particulier qu'une seule fois en 50 ans. Pour un site particulier traité à l'hexazinone, nous présumons qu'un individu sera exposé durant une seule année à ce phytocide pendant sa vie entière.

Généralement, la vie entière est estimée à 70 ans. D'autre part, le temps de résidence à un endroit est de 9 à 30 ans pour la population en général (U.S. EPA, 1989a). U.S. EPA (1989a) suggère, pour un scénario du pire cas réaliste, d'utiliser un temps de résidence de 40 ans.

Dans le cadre de notre étude, nous présumons qu'un individu ne passera pas plus de 40 ans près d'un site particulier. Cette hypothèse justifie les fréquences d'exposition choisies dans nos scénarios d'exposition.

3.1.4.2 Taux résiduels

Dans cette sous-section, nous présenterons les concentrations résiduelles de phytocides utilisées pour estimer la dose quotidienne d'exposition. Les concentrations résiduelles ont été soit mesurées ou estimées par le MRN (Langevin, 1994).

Les tableaux 3.3 et 3.4 indiquent respectivement les concentrations résiduelles de glyphosate et d'hexazinone dans les différents milieux.

Tableau 3.3 Concentrations résiduelles de glyphosate dans les différents milieux

Composantes du milieu	Concentration mesurée			Concentration estimée	Commentaires
	90 ^e percentile	I.C. 95%	période*		
fruits sauvages	28,7 mg/kg	22,4-38,2	18 jours		Concentration résiduelle mesurée dans les framboises.
eau potable	4 µg/l	1-11	60 h		Concentration résiduelle mesurée dans un petit ruisseau.
légumes du potager				0,3 mg/kg	Nous présumons que le taux de phytocides au-delà de la bande de protection est de 10 g/ha. La concentration de glyphosate dans les légumes est estimée à partir du taux maximum mesuré dans la végétation directement arrosée (45,3 ppm) (Langevin, 1994) et du taux d'application de 1,5 kg/ha de glyphosate.
viande de boeuf				0,0001 mg/kg	La dose totale d'exposition est estimée par le MRN (Langevin, 1994) sur la base que le taux de phytocides au-delà de la bande de protection est de 10 g/ha. Le taux de rétention de la dose totale d'exposition du boeuf est de 1% (voir tableau 3.7).
produit laitiers				<0,00003 mg/kg	Selon la formule de Kenaga (1980, cité dans Concorde Sc, 1990): $C_l = F_1 (Q_1 C_v)$ C_l : Concentration de glyphosate dans le lait (mg/kg) F_1 : Fraction de glyphosate retenue dans le lait (j/kg) Q_1 : Quantité de végétation consommée (kg/jr) C_v : Concentration de glyphosate dans la végétation (mg/kg) $\log F_1 = 6,13 + 0,5 (\log Koe)$ (Koe de 0,0006 à 100 mg/l)
ros gibier				0,002 mg/kg	La dose totale d'exposition est estimée par le MRN (Langevin, 1994). Le taux de rétention de la dose totale d'exposition du gibier est de 1% (voir tableau 3.7).
petit gibier				0,021 mg/kg	
poissons				0,004 mg/kg	Nous présumons que le facteur de bioconcentration est de 1 (voir section 3.1.7).
résidus foliaires délogeables				9,9 µg/cm ²	Les 2/3 du taux appliqué correspondent aux résidus délogeables (MRN, 1994). Dans le scénario du chasseur-pêcheur, ce taux de résidus délogeables est constant pendant 18 jours.
air ambiant	2,65 µg/m ³		69 à 329 min/ demi-journée		Nous présumons que la concentration de glyphosate dans l'air ambiant est la même que celle mesurée dans la zone respiratoire d'un contremaître pendant la période effective d'exposition (Major et Mamarbachi, 1987). Nous présumons également que ce taux est constant pendant 18 jours pour le scénario du chasseur-pêcheur.

*période d'échantillonnage après le traitement
intervalle de confiance

Tableau 3.4 Concentrations résiduelles d'hexazinone dans les différents milieux

Composantes du milieu	Concentration mesurée			Concentration estimée	Commentaires
	90 ^e percentile	I.C. 95%	période*		
Eau potable	6,5 µg/l	5,34-8,23	17 mois		Concentration résiduelle mesurée dans un petit ruisseau.
Gros gibier				0,0002 mg/kg (0,005 mg/kg)	La dose par ingestion de la végétation estimée par le MRN (Langevin, 1994) pour le gibier est obtenue à partir d'un taux résiduel correspondant au 90 ^e percentile (2,55 mg/kg). Cette dernière valeur provient d'échantillonnages réalisés entre la 3 ^e semaine et le 2 ^e mois après le traitement. Ne connaissant pas les taux réels après le traitement, nous avons présumé un taux qui est 100 fois plus élevé que le 90 ^e percentile. La concentration résiduelle obtenue à partir de cette hypothèse est indiquée entre parenthèses. Le taux de rétention de la dose totale d'exposition du gibier est de 2,5% (voir tableau 3,7).
Petit gibier				0,0055 mg/kg (0,03 mg/kg)	
Poisson				0,0065 mg/kg	
Résidus foliaires délogeables				7,2 µg/cm ²	Nous présumons que les 2/3 de 50% du taux appliqué sont retenus par la végétation et que ce taux correspond aux résidus délogeables (Langevin, 1994). Nous présumons, pour le scénario du chasseur-pêcheur, que ce taux de résidus délogeables se maintient pendant 18 jours.
Air ambiant	2,91 µg/m ³		146 à 204 min		Nous présumons que la concentration de l'hexazinone dans l'air ambiant est la même que celle mesurée dans la zone respiratoire d'un contremaître pendant la période effective d'exposition (Bertrand et Dugal, 1988). Nous présumons également que ce taux est constant pendant 18 jours pour le scénario du chasseur-pêcheur.

* période d'échantillonnage après le traitement

C. intervalle de confiance

3.1.4.3 Taux de consommation quotidienne

Les quantités quotidiennes de denrées alimentaires et d'eau consommées par le résidant ou le chasseur-pêcheur proviennent en partie des valeurs suggérées par U.S. EPA (1989a). Le tableau 3.5 présente la diète quotidienne potentielle d'une personne selon les deux scénarios à l'étude.

Tableau 3.5 Diète quotidienne d'une personne selon les scénarios d'exposition

Produits provenant de la forêt ou de zones avoisinantes	Scénario du résidant	Scénario du chasseur-pêcheur
Eau potable	2 L	2 L
Poisson	—	105 g
Fruits sauvages	21 g	26 g
Légumes du potager	80 g	—
Viande de bovin	75 g	—
Produits laitiers	74 g	—
Gibier de grande taille (orignal)	—	55 g
Gibier de petite taille (lièvre)	—	20 g

- Consommation d'eau potable

Selon les enquêtes et les données scientifiques rapportées par U.S. EPA (1989a), sur la consommation d'eau par différentes couches de la population, le taux moyen de consommation de liquide total par les adultes est estimé à 1,7 et 1,87 l/jr, alors que la consommation moyenne d'eau potable est de 1,4 l/jr. Les valeurs estimées ou calculées pour le 90^e percentile varient de 1,68 à 2,0 l/jr. U.S. EPA (1989a) recommande donc, pour le scénario du pire cas réaliste, d'utiliser une valeur de consommation de 2 L d'eau potable pour un adulte. Dans la présente étude, cette dernière valeur est utilisée pour le calcul de l'exposition individuelle aux phytocides.

La concentration résiduelle de glyphosate utilisée pour le calcul de l'exposition individuelle (voir tableau 3.3) représente le 90^e percentile estimé à partir des concentrations mesurées sur une période de 60 heures. Dans notre étude, la fréquence de consommation d'eau potable contaminée au glyphosate est estimée à 3 jours par année, puisqu'après cette période, les concentrations résiduelles dans les ruisseaux sont non détectables.

La concentration résiduelle d'hexazinone utilisée pour le calcul de l'exposition individuelle (voir tableau 3.4) représente le 90^e percentile estimé à partir des concentrations mesurées sur une période de 17 mois. Dans notre étude, les périodes de consommation utilisées pour estimer l'exposition des résidants et du chasseur-pêcheur sont respectivement de 17 mois sur 2 ans et de 18 jours par année.

Nous avons indiqué à la section 3.1.4.1 que l'évaluation de l'exposition à l'hexazinone se ferait sur une période d'un an, mais, vue que l'hexazinone semble persistant pendant les 17 mois d'échantillonnage dans l'eau de ruisseau, nous avons donc estimé l'exposition du résidant à l'hexazinone sur une période de deux ans.

- Consommation de poissons

Le taux de consommation de poissons est influencé par des variables démographiques tels les régions, le climat et les ethnies. U.S. EPA (1989a) rapporte un taux moyen de consommation de poissons non marins, *per capita*, de 6,5 g/jr. Un taux de 14,3 g/jr *per capita* a été estimé pour la consommation de tous les poissons. Ces données sont estimées à partir d'une population comprenant des consommateurs de poissons et des non-consommateurs.

Toutefois, le taux moyen de consommation de poissons et de fruits de mer par des pêcheurs sportifs est de 30 g/jr et le taux correspondant au 90e percentile est de 140 g/jr. Ces données sont estimées à partir de pêcheurs de la côte ouest pratiquant leur sport dans un plan d'eau de grande superficie. Par contre, il n'existe aucune donnée pour les petits plans d'eau. Le poids des poissons pêchés dans un petit plan d'eau étant, en général, inférieur à celui des poissons provenant des plans d'eau de grande superficie, nous pouvons donc présumer que le poids total des poissons pêchés dans une rivière ou un ruisseau sera inférieur au poids des poissons pêchés dans un golfe ou en mer.

Notre scénario du chasseur-pêcheur correspond plutôt à une pêche dans un petit plan d'eau. Pour notre scénario du pire cas réaliste nous retenons donc la fraction suggérée par U.S. EPA (1989a), soit 75% de 140 g/jr (105 g), pour estimer la consommation quotidienne de poissons par des pêcheurs de petits plans d'eau. Nous présumons que notre chasseur-pêcheur consomme pendant toute l'année du poisson provenant du même ruisseau.

- Consommation de fruits sauvages

Aucune donnée de la littérature ne nous permet d'estimer les taux de consommation de fruits sauvages. Cependant, le taux moyen de consommation quotidienne de fruits apprêtés sous différentes formes est estimé à 140 g/jr (U.S. EPA, 1989a). Le pourcentage moyen de fruits provenant du jardin personnel est estimé à 20% de 140 g/jr. Ces données proviennent d'enquêtes sur la consommation de fruits pendant trois jours, elles représentent une consommation moyenne de fruits du jardin, par personne, pour une seule journée dans l'année. Cette consommation estimée pour un seule journée pourrait être différente d'une consommation moyenne journalière pendant une année pour une personne.

À cause des incertitudes, U.S. EPA (1989a) suggère, pour le scénario du pire cas réaliste, d'utiliser un pourcentage de 30% de 140 g/jr (soit 42 g/jr) pour la consommation de fruits provenant du jardin personnel. Pour notre scénario d'exposition du résidant, nous présumons que le taux de consommation de framboises fraîches, provenant de la forêt, correspond au taux de consommation pour l'ensemble des fruits provenant du jardin, soit 42 g/jr. Par ailleurs, pour notre scénario du chasseur-pêcheur, nous présumons que le taux de consommation de framboises fraîches provenant de la forêt correspond au taux moyen de 140 g/jr. Cette dernière valeur représente la consommation de l'ensemble des fruits consommés soit frais, soit en conserve, soit en jus ou en confiture.

U.S. EPA (1989a) rapporte des données sur la consommation des fraises selon les saisons. Ainsi, pendant la période de croissance, le taux de consommation des fraises est estimé à 145 g par semaine (ou 20 g/jr) et diminue à 18 g par semaine (ou 2,6 g/jr) à l'automne. Dans le contexte d'une famille qui fait des réserves, nous avons choisi, pour notre scénario du pire cas réaliste, d'utiliser le taux de consommation de fraises au printemps, soit de 20 g/jr, pour la consommation de framboises congelés ou en confitures pendant tout le reste de l'année.

En somme, nous estimons pour le résidant, une consommation quotidienne de 21 g de framboises. Ce taux de consommation est obtenu à partir d'une consommation pendant 18 jours de 42 g/jr de framboises fraîches (30% de 140 g) et pendant tout le reste de l'année de 20 g/jr de framboises congelées, en conserve ou en confiture. Nous estimons pour le chasseur-pêcheur, une consommation quotidienne de 26 g de framboises. Ce taux de consommation est obtenu à partir d'une consommation pendant 18 jours de 140 g/jr de framboises fraîches et pendant tout le reste de l'année de 20 g/jr de framboises congelées, en conserve ou en confiture.

Nous présumons que les framboises consommées par notre individu ne sont pas lavées et proviennent du site traité. Les fruits frais sont consommés, pendant 18 jours, au taux résiduel correspondant au 90e percentile des concentrations mesurées sur une période de 18 jours après le traitement. Nous présumons également qu'il n'y a pas de dégradation des phytocides et que les fruits sont consommés pendant tout le reste de l'année aux taux résiduels initiaux.

- Consommation des légumes provenant d'un jardin personnel

Le taux de consommation de légumes provenant du jardin est influencé par des facteurs démographiques telles les régions et l'importance de la communauté et de la famille. Le taux moyen de consommation quotidienne de légumes est estimé à 200 g et le pourcentage moyen de légumes provenant du jardin personnel est estimé à 25% (U.S. EPA, 1989a). Ces données proviennent d'enquêtes sur la consommation de légumes pendant trois jours, elles représentent donc une consommation moyenne de légumes du jardin par personne pour une seule journée dans l'année. Cette consommation estimée pour un seule journée pourrait être différente d'une consommation moyenne journalière pendant une année pour une personne.

Pour des raisons reliées à ces incertitudes, U.S. EPA (1989a) suggère, pour le scénario du pire cas réaliste, d'utiliser un pourcentage de 40% de légumes provenant du jardin personnel, soit 80 g/jr. Pour notre scénario du pire cas réaliste, nous présumons que la consommation de légumes provenant du jardin est de 80 g/jr pendant toute l'année. Les légumes sont consommés soit frais, soit congelés ou en conserves, au taux résiduel initial (voir tableau 3.3).

- Consommation de bétail et de produits laitiers

En général, la viande de bovin consommée par une population ne provient pas nécessairement de sa région. En effet, il existe un réseau de distribution du bétail qui ne permet pas nécessairement de prédire sa provenance. Le bétail qui proviendrait d'un site contaminé serait acheminé à un centre de distribution pour être, par la suite, distribué sur le marché dans des régions différentes. Ce processus entraîne donc un effet de dilution de la viande de bovin provenant d'un site contaminé.

Selon U.S. EPA (1989a), la consommation moyenne de viande de bovin *per capita* est de 100 g/jr tandis que le pourcentage moyen de consommation de viande de bovin par les fermiers-producteurs est de 44% de 100 g/jr. Pour les produits laitiers consommés par les fermiers-producteurs, un pourcentage de 40% est estimé pour une consommation *per capita* de 400 g/jr. Aucune donnée n'est disponible pour calculer le 90e percentile de la fraction de consommation en provenance de l'élevage. U.S. EPA (1989) suggère d'utiliser une fraction de 75% provenant de son propre élevage. Ainsi, pour la viande de bovin nous obtenons un taux de 75 g/jr (75% de 100 g/jr) et pour les produits laitiers un taux de 300 g/jr (75% de 400 g/jr).

Dans notre étude, nous utilisons un taux de 75 g/jr pour estimer la consommation de viande de bovin provenant de pâturages situés à proximité des sites traités. Nous présumons que pendant toute l'année, notre résidant consomme de la viande de bovin contaminé par les phytocides au taux résiduel initial.

Nous présumons également une consommation de produits laitiers frais de 300 g/jr pendant 3 mois ce qui donne une consommation journalière de 74 g. Les produits frais sont consommés uniquement pendant la période estivale de 3 mois qui correspond à la période de croissance du fourrage brouté par le bétail.

- Consommation de gibier

Il n'existe pas de données permettant de déterminer la consommation quotidienne des produits de la chasse par des chasseurs. Toutefois, dans le cadre de étude, nous présumons que le taux quotidien de consommation de gibier par un chasseur sera le même que celui estimé pour la consommation de viande de bovin par le fermier, soit 75 g/jr.

D'après la réglementation sur la chasse, il est généralement permis de chasser un orignal par groupe de trois chasseurs. La partie comestible moyenne d'un orignal et d'un chevreuil pèse respectivement 182 et 40 kg. Pour notre scénario d'exposition du chasseur nous avons choisi le poids le plus élevé, soit celui de l'orignal pour le gibier de grande taille. Après partage entre les trois chasseurs, il reste environ 60 kg de chair d'orignal par chasseur. Nous présumons que le produit de la chasse sera consommé par une famille de trois personnes, ce qui donne une consommation annuelle d'environ 20 kg par personne.

Un taux de consommation annuelle de 20 kg par personne donne un taux journalier de 55 g par personne pendant toute l'année. L'exposition alimentaire quotidienne d'un chasseur est donc basée sur la consommation de 55 g de gibier de grande taille.

En admettant que le chasseur consomme du gibier au taux de 75 g/jr et que de cette quantité, 55 g/jr provient du gibier de grande taille, il reste donc un taux de consommation de 20 g/jr par personne pour le gibier de petite taille. Un taux quotidien de 20 g représente une consommation annuelle de gibier de petite taille d'environ 7 kg par personne. Pour une famille de trois personnes, notre chasseur devra chasser environ 21 lièvres de 1 kg provenant exclusivement du site traité.

3.1.4.4 Paramètres physiologiques

- Vie entière

D'après des données statistiques récentes, la valeur moyenne de l'espérance de vie de la population est de 75 ans. U.S. EPA (1989a) suggère d'utiliser une période de 75 ans pour le calcul d'une exposition pendant toute la vie entière. En général, la période de 70 ans est acceptée dans les études d'évaluation de risques pour la santé de la population. Dans notre présente étude, l'exposition aux phytocides étant de courte durée, nous avons donc choisi de conserver la période de 70 ans pour estimer l'exposition d'une personne pendant toute sa vie entière.

- Poids corporel

La valeur moyenne du poids corporel des hommes et des femmes âgés de 18 à 75 ans est de 71,8 kg (U.S. EPA, 1989a). Cette dernière valeur est du même ordre de grandeur que la valeur normalement utilisée pour l'exposition d'un adulte, soit 70 kg. Dans notre étude, nous utilisons pour l'exposition d'une personne adulte, un poids corporel de 70 kg.

- Taux d'inhalation

Le taux moyen d'inhalation pour un individu se trouvant à l'extérieur de sa résidence dépend de l'activité exercée par cet individu. Pour notre scénario du chasseur-pêcheur, nous présumons que notre individu exerce ses activités à proximité du site traité, au moment de l'applica-

tion des phytocides. Il passe 50% de son temps à exercer une activité légère et 50% de son temps en activité modérée. D'après les données rapportées par U.S. EPA (1989a) concernant les taux d'inhalation en fonction des différentes activités, nous présumons pour notre scénario du chasseur-pêcheur un taux moyen d'inhalation de 1,4 m³/h.

3.1.4.5 Paramètres toxicocinétiques

- Taux d'absorption des phytocides pour les différentes voies d'exposition

En absence de données humaines, nous présumons que le taux d'absorption chez l'humain est le même que celui observé chez l'animal. La valeur choisie pour estimer l'exposition humaine aux phytocides correspond à la valeur maximum observée chez l'animal. Pour l'hexazinone un taux d'absorption par voie orale de 20% a été obtenu expérimentalement chez l'humain (Samuel *et al.*, 1991). Toutefois, à cause de l'incertitude reliée au taux d'absorption estimé chez l'humain (voir section 3.1.7), nous avons privilégié le taux d'absorption de 77% obtenu chez l'animal. Le tableau ci-après présente les taux d'absorption des phytocides utilisés dans le cadre de l'analyse de l'exposition d'une personne.

Tableau 3.6 Taux d'absorption des phytocides pour les différentes voies d'exposition

Phytocide	Voie orale		Voie cutanée		Voie respiratoire	
	Taux d'absorption	Référence	Taux d'absorption	Référence	Taux d'absorption	Référence
Glyphosate	35% (animal) (14 à 35%)	Doliner, 1991; Smith et Oehme, 1992	3% (tissus humain)	Wester <i>et al.</i> , 1991	100%	Taux utilisé par défaut
Hexazinone	77% (animal)	Rapisarda, 1982	10%	Taux utilisé par défaut (USDA, 1988b)	100%	Taux utilisé par défaut

- Taux de rétention tissulaire des phytocides

Le tableau ci-après présente les taux de rétention tissulaire des phytocides chez les animaux. Ces taux sont utilisés pour estimer l'exposition d'une personne par la consommation de viande de bovin et de gibier.

Tableau 3.7 Taux de rétention tissulaire des phytocides

Phytocide	Taux de rétention tissulaire	Référence
Glyphosate	1 % (exposition par voie I.P.)	Doliner, 1991
Hexazinone	2,5% (0,7 à 2,5% chez la vache)	U.S. EPA, 1988b

3.1.4.6 Coefficient de transfert

- Coefficient de transfert des résidus de phytocides foliaires

Popendorf et Leffingwell (1982), Zweig *et al.* (1985) et Nigg *et al.* (1984) ont développé des modèles quantitatifs similaires simples pour estimer l'exposition cutanée des travailleurs lors de la cueillette de fruits arrosés par des pesticides. Ces auteurs ont établi des coefficients de transfert qui permettent d'estimer le transfert des pesticides de la surface des feuilles aux travailleurs. Ces coefficients de transfert ont été estimés à partir de mesures biologiques chez les travailleurs et des taux résiduels foliaires de pesticides mesurés par unité de surface ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).

Popendorf et Leffingwell (1982) ont calculé des coefficients de transfert de 1,4, 1,9 et 5,1 cm^2/h pour différents pesticides utilisés respectivement dans les vignes, les vergers de pêches et de citrons. Zweig *et al.* (1985) ont estimé un coefficient de transfert de 5 cm^2/h pour des insecticides et des fongicides utilisés dans les fraiseraies et les bleuetières. Nigg *et al.* (1984) ont estimé, pour le chlorobenzilate utilisé dans les vergers de citrons, un coefficient de transfert de 10,7 cm^2/h . Ce dernier tient compte de la surface des deux côtés de la feuille, ce qui explique, pourquoi, le coefficient est le double de ceux estimés par Popendorf et Leffingwell (1982) et Zweig *et al.* (1985).

Ce modèle a également été utilisé par Marty *et al.* (1994) pour évaluer l'exposition de résidents habitant à proximité d'un lieu d'arrosage au malathion. Le coefficient de transfert employé, dans cette dernière étude, est celui suggéré par Fong *et al.* (1990 cité dans Marty *et al.*, 1994), soit 3,5 cm^2/h .

Pour le moment, il n'existe pas suffisamment de données qui nous permettent de choisir un coefficient de transfert qui soit représentatif de notre cas à l'étude c'est-à-dire selon un scénario d'exposition au glyphosate ou à l'hexazinone simulant soit un cueilleur occasionnel de fruits sauvages ou un promeneur en forêt. Cependant, en absence de données d'exposition ou d'un modèle approprié à l'exposition de la population, nous avons choisi le modèle se rapprochant le plus de notre scénario d'exposition, soit celui suggéré par Zweig *et al.*, (1985).

Dans le cadre de notre analyse, nous présumons une exposition de 6 h pour la journée de la cueillette par le résidant et de 6 h/jr, pendant 18 jours, pour le chasseur-pêcheur qui se promène en forêt. Le taux d'exposition cutanée d'un individu en contact avec la végétation est calculé à l'aide de l'équation suivante:

$$\text{Taux d'exposition cutanée (mg/h)} = 5 \text{ cm}^2/\text{h} \times \text{concentration foliaire de phytocide délogeable } (\mu\text{g}/\text{cm}^2)$$

Les résidus foliaires délogeables comprennent les résidus absorbés ou adsorbés sur les feuilles ou les particules de poussières qui se trouvent à la surface des feuilles. La fraction de ces résidus potentiellement transférable sur la peau ou les habits du cueilleur est attribuable soit au contact direct avec le feuillage ou au contact avec les particules de sol remis en suspension par le travailleur (Zweig *et al.*, 1985).

3.1.5 Formules générales pour le calcul de la dose d'exposition à long terme

Les formules générales permettant d'estimer la dose quotidienne d'exposition par les différentes voies d'absorption sont les suivantes:

- Dose quotidienne ingérée par une personne (non absorbée ou externe)

$$\text{DOE} = (\text{Rp Q F}) (1/\text{P})$$

- où DOE = Dose externe quotidienne d'exposition par voie orale (mg/kg/jr)
 Rp = Taux résiduel de phytocides dans le produit consommé (mg/kg ou mg/l)
 Q = Quantité quotidienne de produit consommé (kg/jr ou l/jr)
 F = Fraction d'exposition (jours/année x nb.d'année x 1/jr)
 P = Poids corporel (kg)

- Dose quotidienne absorbée par voie orale par une personne

$$\text{DOA} = \text{DOE Ao}$$

- où DOA = Dose quotidienne absorbée par voie orale (mg/kg/jr)
 DOE = Dose externe quotidienne d'exposition par voie orale (mg/kg/jr)
 Ao = Taux d'absorption par voie orale (%)

- Dose quotidienne absorbée par voie cutanée par une personne

$$DCA = (Co) (Rv H F Ac) (1/P)$$

où DCA	=	Dose quotidienne absorbée par voie cutanée (mg/kg/jr)
Co	=	Coefficient de transfert de 5 (cm ² /h)
Rv	=	Taux résiduel de phytocides dans la végétation (µg/cm ²)
H	=	Nombre d'heures d'exposition par jour
F	=	Fraction d'exposition (jours/année x nb.d'année x 1/jr)
Ac	=	Taux d'absorption par voie cutanée (%)
P	=	Poids corporel (kg)

- Dose quotidienne absorbée par voie respiratoire par une personne

$$DRA = (Ra I F Ar) (1/P)$$

où DRA	=	Dose quotidienne absorbée par voie respiratoire (mg/kg/jr)
Ra	=	Taux résiduel de phytocides dans l'atmosphère (mg/m ³)
I	=	Taux d'inhalation (m ³ /h)
F	=	Fraction d'exposition (jours/année x nb.d'année x 1/jr)
Ar	=	Taux d'absorption par voie respiratoire (%)
P	=	Poids corporel (kg)

Dans la présente étude, la dose d'exposition est calculée pour la vie entière d'une personne et également, pour une période correspondant à la durée d'exposition évaluée dans nos scénarios, soit des expositions de 2 ans et d'une année. Le calcul de la fraction d'exposition (F) pour ces trois périodes de temps se fait de la façon suivante:

Pour la vie entière: $F = \text{nb. de jours/année} \times \text{nb.d'année} \times 1/(365\text{jrs/année} \times 70 \text{ ans})$

Pour deux ans: $F = \text{nb. de jours/année} \times \text{nb. d'année} \times 1/(365\text{jrs/année} \times 2 \text{ ans})$

Pour un an: $F = \text{nb. de jours/année} \times \text{nb. d'année} \times 1/(365\text{jrs/année} \times 1 \text{ an})$

3.1.6 Estimation de l'exposition individuelle à long terme

Dans notre étude, nous avons estimé la dose totale d'exposition par voie orale ainsi que la dose totale absorbée attribuable à toutes les voies d'exposition.

3.1.6.1 Scénario d'une personne résidant à proximité du site traité

La dose totale ingérée (DOE totale) fait intervenir une personne qui s'approvisionne en fruits sauvages provenant du site traité ainsi qu'en denrées alimentaires et en eau potable contaminées par la dérive. Pour le glyphosate, on note que la consommation de fruits sauvages est la principale source d'exposition par ingestion. Pour l'hexazinone, la seule source d'exposition pour le résidant provient de la consommation d'eau potable.

Tableau 3.8 Dose quotidienne totale ingérée (DOE) par une personne résidant à proximité du site traité

Exposition	Phytocide	Fruits (10 ⁻³ mg/kg/jr)	Eau potable (10 ⁻³ mg/kg/jr)	Légumes (10 ⁻³ mg/kg/jr)	Boeuf (10 ⁻³ mg/kg/jr)	DOE totale (mg/kg/jr)
70 ans	Glyphosate	0,246	négligeable	0,0098	négligeable	0,0003
70 ans	Hexazinone	-	0,004	-	-	0,000004
Deux ans	Glyphosate	8,61	0,0009	0,343	0,0001	0,01
Deux ans	Hexazinone	-	0,132	-	-	0,0001

DOE totale = fruits + eau potable + légumes + boeuf

Dose négligeable = dose < 10⁻⁷ mg/kg/jr

La dose totale d'exposition individuelle aux phytocides (DTA) est égale à la somme de la dose totale absorbée par la consommation de denrées alimentaires et d'eau potable (DOA) plus la dose absorbée par contact cutané avec la végétation arrosée (DCA) et la dose absorbée par inhalation (DRA) des phytocides dans l'air ambiant au moment de l'application des phytocides. Pour le glyphosate, la principale voie d'exposition de notre résidant est l'ingestion. En effet, les doses estimées par les voies cutanée et respiratoire sont négligeables par rapport à la voie orale. La dose totale de notre résidant exposé à l'hexazinone est très faible, elle provient uniquement de la voie orale.

Tableau 3.9 Dose d'exposition quotidienne totale absorbée (DTA) par une personne résidant à proximité du site traité

Exposition	Phytocide	DOA (mg/kg/jr)	DCA (mg/kg/jr)	DRA (mg/kg/jr)	DTA (mg/kg/jr)
70 ans	Glyphosate	0,0001	0,00001	négligeable	0,0001
70 ans	Hexazinone	0,000003	-	-	0,000003
Deux ans	Glyphosate	0,003	0,0003	négligeable	0,003
Deux ans	Hexazinone	0,00008	-	-	0,00008

Dose négligeable = dose < 10⁻⁷ mg/kg/jr

3.1.6.2 Scénario d'un chasseur-pêcheur

La dose totale ingérée (DOE) fait intervenir une personne qui s'approvisionne en denrées alimentaires provenant du site traité et en eau potable contaminée par la dérive. La principale source d'exposition au glyphosate, pour notre chasseur-pêcheur, provient de la consommation de fruits sauvages. Pour l'hexazinone, nous pouvons considérer que la dose totale par voie orale est négligeable. Les valeurs indiquées entre les parenthèses représentent la dose d'exposition estimée à partir d'un taux résiduel dans la végétation qui est 100 fois plus élevé que le 90^e percentile des concentrations mesurées (voir tableau 3.4).

Tableau 3.10 Dose quotidienne ingérée (DOE totale) par un chasseur-pêcheur

Exposition	Phytocide	Fruits (10 ⁻³ mg/kg/jr)	Eau potable (10 ⁻³ mg/kg/jr)	Gros gibier (10 ⁻³ mg/kg/jr)	Petit gibier (10 ⁻³ mg/kg/jr)	Poisson (10 ⁻³ mg/kg/jr)	DOE totale (mg/kg/jr)
70 ans	Glyphosate	0,300	négligeable	0,00004	0,0002	0,0002	0,0003
70 ans	Hexazinone	-	0,0001	négligeable	négligeable	0,0003	0,000004
Deux ans	Glyphosate	10,70	0,0009	0,002	0,006	0,006	0,01
Un an	Hexazinone	-	0,009	0,0002 (0,004)*	0,002 (0,009)*	0,01	0,00002 (0,00003)*

* valeur estimée à partir d'un taux résiduel dans la végétation qui est 100 fois plus élevé que le 90^e percentile des concentrations mesurées (voir tableau 3.3)

DOE totale = fruits + eau potable + gros gibier + petit gibier + poisson

Dose négligeable = dose < 10⁻⁷ mg/kg/jr

La dose totale d'exposition individuelle aux phytocides (DTA) est égale à la somme de la dose absorbée par la consommation de denrées alimentaires et d'eau potable (DOA), plus la dose absorbée par contact cutané avec la végétation arrosée (DCA) et la dose absorbée par inhalation (DRA) des phytocides dans l'air ambiant au moment de l'application des phytocides. La dose d'exposition par voie cutanée est importante pour les deux phytocides, parce que, d'après notre scénario, nous présumons que notre chasseur-pêcheur est en contact, pendant 18 jours, avec une végétation contaminée à des taux équivalents aux concentrations initiales. Malgré des hypothèses conservatrices (voir tableaux 3.3 et 3.4), la dose estimée par inhalation (DRA) est négligeable.

Tableau 3.11 Dose d'exposition quotidienne totale absorbée (DTA) par un chasseur-pêcheur

Exposition	Phytocide	DOA (mg/kg/jr)	DCA (mg/kg/jr)	DRA (mg/kg/jr)	DTA (mg/kg/jr)
70 ans	Glyphosate	0,0001	0,0002	négligeable	0,0003
70 ans	Hexazinone	0,0000003	0,0002	0,0000003	0,0002
Deux ans	Glyphosate	0,004	0,006	0,00002	0,01
Un an	Hexazinone	0,00002	0,02	0,00002	0,02

Dose négligeable = dose < 10⁻⁷ mg/kg/jr

3.1.7 Analyse des incertitudes associées à l'exposition à long terme

Les hypothèses émises dans les scénarios d'exposition sont conservatrices et simulent l'exposition d'une personne qui:

- ingère quotidiennement, pendant toute l'année, des denrées alimentaires contaminées par des phytocides à des taux correspondant aux concentrations initiales;
- est exposée par contact cutané avec la végétation fraîchement arrosée, pendant 18 jours pour notre chasseur-pêcheur et pendant une journée pour notre résidant;
- respire, pendant 18 jours pour le chasseur-pêcheur, et pendant une journée pour le résidant, une atmosphère contaminée par des phytocides à des concentrations équivalentes à celles mesurées dans la zone respiratoire d'un contremaître au moment de la pulvérisation.

Les données environnementales ayant servi à estimer l'exposition de la population proviennent d'échantillonnages réalisés peu de temps après le traitement afin d'obtenir les concentrations les plus élevées. De plus, sur le terrain, les prélèvements étaient faits dans le but d'obtenir des données provenant des pires situations, comme par exemple, le prélèvement de fruits provenant des plants en mauvais état. Nous pouvons donc considérer que les données environnementales sont représentatives des pires situations.

- Consommation de denrées alimentaires et d'eau potable

L'analyse des incertitudes associées à l'estimation de la dose d'exposition au glyphosate par la diète quotidienne d'une personne est présentée ci-après:

Eau potable

Dans le scénario des résidants, nous présumons que la source d'approvisionnement d'eau potable provient d'un petit ruisseau de 1 à 2 m de largeur et de 10 à 20 cm de profondeur. Cette hypothèse est très conservatrice et tend à surestimer l'exposition. Le taux résiduel de 4 $\mu\text{g/l}$, utilisé pour le calcul de la dose d'exposition, correspond au 90^e percentile des concentrations mesurées sur une période de 60 h après le traitement. Après cette période, toutes les concentrations mesurées sont sous la limite de détection. Nous pouvons donc présumer que la période de 3 jours est représentative des concentrations les plus élevées. Si nous utilisons le taux résiduel de 11 $\mu\text{g/l}$ (valeur de la limite supérieure de l'intervalle de confiance du 90^e percentile, avec un niveau de confiance de 95%) pour le calcul de la dose d'exposition, la valeur de la DOE reste dans le même ordre de grandeur.

Poisson

Pour les poissons, nous présumons un facteur de bioconcentration (FBC) de 1 pour le glyphosate. Selon les données de la littérature ce FBC serait inférieur à 1. Trotter *et al.* (1990) rapportent des résultats d'études d'exposition de poissons au glyphosate dans lesquelles le glyphosate et l'AMPA n'ont pas été détectés dans la chair de poisson, telles des truites arc-en-ciel en phase de frai exposées aux taux de 0,02 à 2 mg/l pendant 12 h et de très petits saumons cohos exposés au taux de 0,27 mg/l pendant 2 h. Des valeurs de FBC variant de 0,03 à 0,18 ont été estimées chez différentes espèces de poissons exposés à 10 mg/l pendant 14 j (Trotter *et al.*, 1990). Ces concentrations d'exposition de 2 et 10 mg/l rapportées dans la littérature sont respectivement 500 et 2500 fois supérieures à la concentration estimée dans notre étude. Nous pouvons donc présumer que le FBC est inférieur à 1. De plus, la DOE totale n'est pas modifiée même si nous utilisons une concentration résiduelle de 11 $\mu\text{g/kg}$ (voir ci-haut à la section eau potable) pour le calcul de la dose d'exposition.

Viande de bovin et produits laitiers

Dans une étude rapportée par Manning et Wilson (1987), des vaches laitières ont reçu dans leur diète des concentrations de 40, 120 et 400 ppm de glyphosate et d'AMPA (9:1) pendant 28 jours. Les taux résiduels de glyphosate et d'AMPA étaient non détectables dans le gras, le muscle (< 0,05 ppm) et dans le lait (< 0,025 ppm). Les concentrations utilisées dans l'étude de Monsanto sont environ 100 à 1000 fois plus élevées que la concentration estimée dans notre présente étude qui est de 0,3 ppm dans la végétation d'un pâturage situé à 100 m du site traité (voir ci-après dans légumes du potager). Nous pouvons donc présumer que les taux résiduels estimés pour la viande de bovin et les produits laitiers seront négligeables.

- Gibier Trois jours après une application de 3,3 kg/ha de glyphosate en milieu forestier, Newton *et al.* (1984) mesurent une concentration résiduelle de glyphosate de 0,25 mg/kg dans les tissus de campagnol. La dose d'exposition estimée, par le MRN (Langevin, 1994), pour le campagnol provenant d'un site traité au taux de 1,5 kg/ha de glyphosate, est de 32,34 mg/kg. En appliquant un taux de rétention de 1%, nous obtenons un taux résiduel de glyphosate de 0,32 mg/kg dans la chair du campagnol. Si on se réfère aux données sur le campagnol, nous pouvons présumer que les valeurs estimées par le MRN (Langevin, 1994), pour la dose d'exposition du gibier de grande taille et pour celle du gibier de petite taille, sont supérieures aux données réelles du terrain.
- Fruits sauvages Le taux résiduel de 28,7 ppm, utilisé pour le calcul de la dose d'exposition correspond au 90^e percentile des concentrations mesurées dans les framboises sur une période de 18 jours après le traitement. Après cette période les concentrations mesurées sont inférieures à 0,5 ppm. La période de 18 jours est donc représentative des concentrations les plus élevées. Si nous calculons, pour le scénario de deux ans, une dose d'exposition à partir du taux résiduel de 38,2 ppm (valeur de la limite supérieure de l'intervalle de confiance du 90^e percentile, avec un niveau de confiance de 95%) cela ne modifie pas la valeur de la DOE totale. Même si nous présumons pour notre résidant, une consommation quotidienne de 140 g de framboises fraîches pendant 18 jours, au lieu du 42 g estimé dans le scénario, la DOE totale n'est pas modifiée.
- Légumes du potager La largeur de la bande de protection a été établie par le MRN (Langevin, 1994) sur la base du respect d'un taux de 10 g/ha de phytocides à ne pas dépasser. Dans notre étude, nous présumons que le taux de glyphosate est de 10 g/ha au-delà de la bande de protection de 100 m. La concentration résiduelle de glyphosate dans les légumes du potager a été obtenue (une règle de trois) à partir de la concentration maximale de glyphosate mesurée dans la végétation (45,3 ppm) directement arrosée par 1,5 kg/ha de glyphosate (Langevin, 1994). Cette hypothèse nous suggère que le taux résiduel dans les légumes est surestimé.

L'analyse des incertitudes associées à l'estimation de la dose d'exposition à l'hexazinone par la diète quotidienne d'une personne est présentée ci-après:

- Eau potable** Dans le scénario des résidants, nous présumons que la source d'approvisionnement en eau potable provient d'un petit ruisseau de 1 à 2 m de largeur et de 10 à 20 cm de profondeur. Cette hypothèse est très conservatrice et tend à surestimer l'exposition. Le taux résiduel de 6,5 µg/l, utilisé pour le calcul de la dose d'exposition, correspond au 90^e percentile des concentrations mesurées sur une période de 17 mois après le traitement. Toutefois, il n'existe pas d'autres données d'échantillonnage après cette période. Vu que nous ne pouvons pas prévoir si l'hexazinone persistera dans l'eau après cette période, nous présumons une consommation quotidienne, pendant deux ans, d'eau contaminée au taux de 6,5 µg/l d'hexazinone. Cette dernière hypothèse a peu d'influence sur la DOE, la valeur de la dose passe de 0,0001 à 0,0002 mg/kg/jr. Si nous calculons une dose d'exposition à partir du taux résiduel de 8,23 µg/l (valeur de la limite supérieure de l'intervalle de confiance du 90^e percentile, avec un niveau de confiance de 95 %) pour une période de 17 mois ou de 24 mois, la DOE totale serait de 0,0002 mg/kg/jr. En somme, peu importe les hypothèses émises, la valeur de la DOE se maintient toujours dans le même ordre de grandeur.
- Poisson** Pour les poissons, nous présumons un facteur de bioconcentration (FBC) de 1 pour l'hexazinone. Les données de la littérature sur l'exposition des poissons à l'hexazinone ne sont pas disponibles et ne nous permettent pas d'établir avec certitude le FBC. Par ailleurs, la solubilité de l'hexazinone dans l'eau étant très élevée, soit 33000 mg/l, nous pouvons donc présumer que ce phytocide ne bioaccumulera pas dans la chair du poisson. Même si nous calculons la dose d'exposition en supposant un FBC de 2, cela aurait peu d'impact sur la DOE, la valeur demeure dans le même ordre de grandeur. Il en est ainsi si nous utilisons une concentration résiduelle de 8,23 mg/kg (voir ci-haut à la section eau potable) pour le calcul de la dose d'exposition.
- Gibier** U.S. EPA (1988b) rapporte une étude chez la vache laitière exposée au taux de 25 ppm d'hexazinone pendant 30 jours. Les résidus d'hexazinone et de ses différents métabolites dans les abats, le gras et le muscle étaient tous sous la limite de détection (< 0,04 ppm pour l'hexazinone et les métabolites A et B et < 0,1 ppm pour les métabolites D et E). En supposant que l'hexazinone se comporte de la même façon dans le gibier, nous pouvons présumer que les taux résiduels dans la chair de gibier seront négligeables pour une exposition à une végétation contaminée au taux de 2,5 ppm d'hexazinone (voir tableau 3.8).

Les taux de consommation utilisés dans notre analyse proviennent de données d'enquête réalisée aux États-Unis selon des situations bien spécifiques. Nous avons dû adapter ces données à nos scénarios d'exposition. Nos taux ont été estimés, en partie, à partir des valeurs correspondant au 90^e percentile. Nous ne connaissons pas tous les paramètres statistiques qui nous permettraient de calculer le percentile de nos taux d'exposition. Dans ce contexte, il nous est impossible d'estimer

quantitativement l'incertitude reliée aux taux de consommation. Ainsi, l'analyse ne peut être que qualitative et porte sur la comparaison des taux estimés dans nos scénarios d'exposition avec les taux moyens rapportés dans la littérature (voir tableau 3.15). Les ratios obtenus dans le tableau 3.12 sont, en général, supérieurs à 1, ce qui signifie que les taux estimés dans nos scénarios d'exposition sont conservateurs. Les seuls cas indiquant des valeurs inférieures à 1 sont attribuables à: une comparaison de la consommation des légumes du potager avec la consommation de l'ensemble des légumes achetés et cultivés; une comparaison de la consommation de framboises avec l'ensemble des fruits consommés sous différentes formes; une comparaison de la consommation de la viande de bovin provenant d'un site contaminé avec la consommation moyenne de boeuf.

Tableau 3.12 Comparaison des taux de consommation quotidienne estimés dans notre étude avec les taux moyens de consommation quotidienne rapportés dans la littérature

Diète	Consommation quotidienne par personne		Taux de l'étude/ taux moyens
	Taux de l'étude	Taux moyens selon U.S. EPA (1989a)	
Eau potable	2 litres	. consommation: 1,4 litres	1,4
Poisson	105 g	. consommation de poissons non marins: 6,5 g . consommation de poissons de toutes sortes: 14,3 g . consommation de poissons provenant d'un plan d'eau de grande superficie par des pêcheurs sportifs: 30 g (50 percentile)	16,2 7,3 3,5
Viande de bovin	75 g	. consommation de boeuf: 100 g . consommation de boeuf par les fermiers producteurs: 44 g	0,75 1,7
Gibier	75 g	. consommation de gibier, veau et agneau (U.S. EPA, 1986): 1,4 g	53,6
Menu: poisson + gibier	180 g	. consommation de viande (boeuf, porc, agneau, veau et gibier), de volaille, de poisson et de fruits de mer chez un adulte de 19 à 64 ans (U.S. EPA, 1986b): 157,8 g chez l'homme 106,3 g chez la femme	1,1 1,7
Fruits sauvages (framboise seulement)	21 - 26 g	. consommation de tous les fruits sous différentes formes: 140 g . consommation de tous les fruits provenant du jardin: 28 g (50° percentile) . consommation de fraises au printemps: 21 g . consommation de fraises à l'automne: 2,5 g	0,15 - 0,19 0,75 - 0,93 1 - 1,2 8,4 - 10,4
Légumes du potager	80 g	. consommation de légumes achetés et cultivés: 200 g . consommation des légumes du potager: 50 g (50 percentile)	0,40 1,6

- Exposition par voie cutanée

Les incertitudes qui découlent de l'estimation de la dose cutanée (DCA) sont très importantes. En effet, les paramètres servant au calcul de la dose ont été estimés, en partie, sur la base de plusieurs inconnus. Nous discuterons, dans cette section, des incertitudes inhérentes à chacun des paramètres concernés. Le schéma, ci-après, illustre les points qui seront soulevés dans cette section.

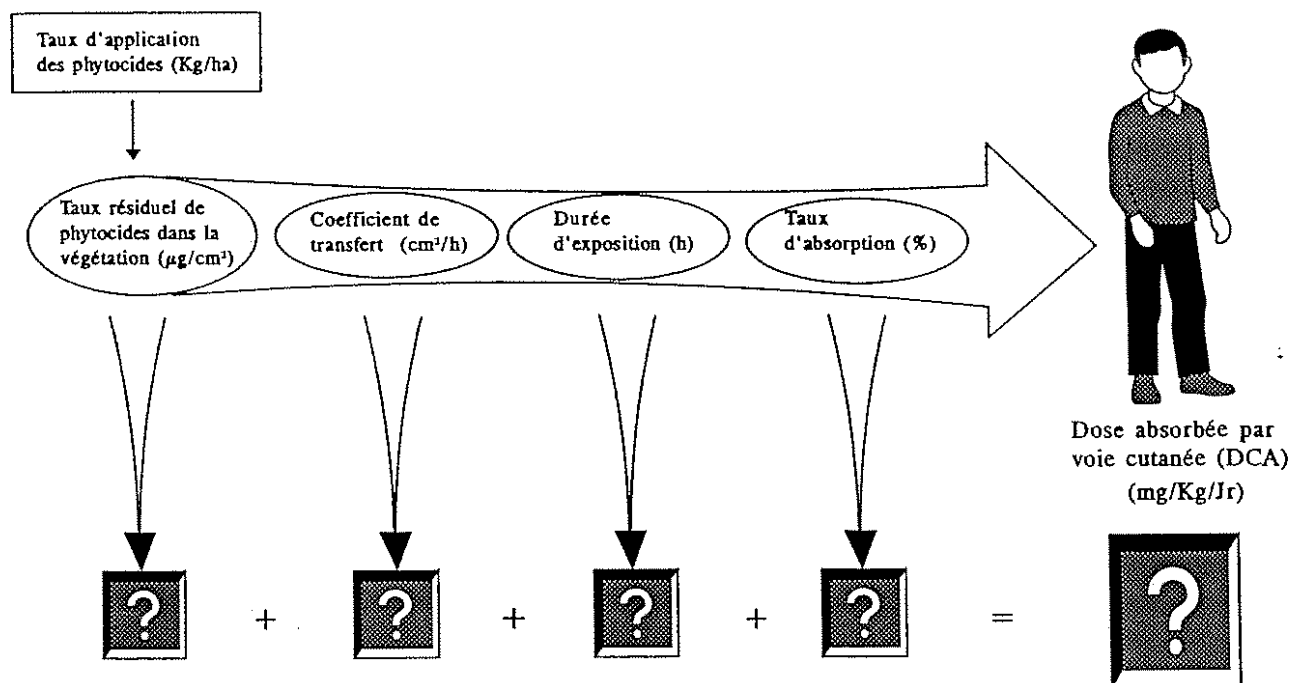


Figure 3.2 Dose absorbée par voie cutanée

Taux résiduel de phytocides dans la végétation

Le premier paramètre concerné est le taux résiduel de phytocides dans la végétation exprimé en unité de surface ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). La difficulté d'estimer un taux résiduel par unité de surface, vient du fait, que les données sont très peu disponibles parce que les taux résiduels sont, en général, mesurés en ppm c'est-à-dire une quantité de phytocides par unité de poids de la végétation. Pour le moment, il nous est difficile de prédire le taux de dépôt en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ à partir d'un taux résiduel en ppm, parce que selon Newton (1984), il ne semble pas y avoir de lien entre ces deux unités.

Dans notre analyse, nous présumons que les $\frac{2}{3}$ du taux d'application des phytocides sont interceptés par la végétation. En réalité, le taux de phytocide intercepté par la végétation est très variable, cela dépend des plusieurs facteurs tels la hauteur des différentes espèces de plantes présentes sur le terrain ainsi que de la densité de la végétation.

Puisqu'il n'existe pas de données mesurées représentatives de la réalité du terrain, nous avons privilégié une approche qui consiste à surestimer les taux résiduels. En effet, si pour un taux d'application de 1,5 kg/ha de glyphosate nous estimons un taux de 9,9 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de glyphosate dans la végétation et que nous comparons cette dernière valeur à la concentration maximale mesurée dans la végétation, soit 45,3 ppm de glyphosate (voir tableau 3.3), nous notons, que le taux estimé dans notre étude, soit 9,9 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, est supérieur aux données mesurées par Newton (1984).

Les valeurs mesurées par Newton (1984) pour un taux d'application de 3,3 kg/ha de glyphosate sont les suivantes:

· Couronne de la strate supérieure et intermédiaire de la végétation	489 ppm de glyphosate \Rightarrow 14 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de glyphosate sur la végétation
· Arbustes	257 ppm de glyphosate \Rightarrow 23 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de glyphosate sur la végétation
· Plantes couvre-sol	84 ppm de glyphosate \Rightarrow 3,5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de glyphosate sur la végétation
	89 ppm de glyphosate \Rightarrow 0,86 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de glyphosate sur la végétation
	29 ppm de glyphosate \Rightarrow 0,4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de glyphosate sur la végétation

Pour l'hexazinone, nous avons utilisé la même approche pour un terrain couvert à 50% par la végétation, soit les $\frac{2}{3}$ de 50% du taux d'application. En effet, lorsque le MRN utilise la rampe à jet crayon pour appliquer l'hexazinone, il procède au préalable au nettoyage du terrain, c'est-à-dire que la végétation est éliminée en grande partie (MRN, 1994). Par ailleurs, lors de la pulvérisation avec le scarificateur herbicide, l'appareil laboure en même temps le terrain et enseveli ainsi, 50% de la végétation. Le jet du scarificateur est orienté directement au sol et ne touche pas, en principe, la végétation. La technique de pulvérisation de l'hexazinone favorise son application au sol parce que l'absorption de ce phytocide dans la végétation se fait principalement par les racines. De plus, en préparation de terrain, la présence de végétation sur le site est généralement très faible. Dans ce contexte, le taux d'interception de $\frac{2}{3}$ tend à surestimer le taux résiduel d'hexazinone dans la végétation.

Dans notre scénario d'exposition par voie cutanée, nous présumons qu'il n'y a pas de dégradation des phytocides durant les 18 jours qui suivent le traitement. Newton (1984) rapporte des temps de demi-vie, pour la dégradation du glyphosate dans les différentes strates de la végétation, qui varient entre 10 et 27 jours. Nous pouvons donc en déduire qu'après 18 jours, les taux résiduels de glyphosate sont diminués de moitié. Pour l'hexazinone, nous ne connaissons pas son taux de dissipation dans la végétation, par ailleurs, les concentrations mesurées par le MRN (1994), entre la 3^{ème} semaine et le 2^{ème} mois après le traitement, sont toutes inférieures à 2,4 ppm. Nous pouvons donc conclure que les taux résiduels utilisés dans le calcul de la dose d'exposition cutanée sont surestimés.

Toutefois, à cause de la difficulté de prédire le taux réel de rétention du glyphosate par la végétation, on peut se demander quel serait l'impact de la variabilité de ce paramètre sur la stabilité de la DCA. L'exposition cutanée au glyphosate étant, pour le chasseur-pêcheur, d'une durée de seulement 18 jours par année, nous pouvons présumer que l'incertitude associée au taux résiduel n'aura peu d'impact sur la dose DCA. En effet, en présumant que 100% du taux d'application de glyphosate est intercepté par la végétation et que ce taux correspond au taux résiduel foliaire délogeable, nous obtenons une dose cutanée DCA de 0,0095 mg/kg/jr. Notons que cette dernière valeur est du même ordre de grandeur que celle estimée dans notre scénario, soit 0,0063 mg/kg/jr. Malgré les difficultés d'estimer un taux résiduel réaliste, nous pouvons conclure que, si les taux résiduels de terrain sont supérieurs au taux estimé dans notre scénario d'exposition, l'impact sur la valeur de la dose cutanée (DCA) sera négligeable.

Pour l'hexazinone, les conditions de terrain décrites ci-haut démontre que le taux résiduel estimé est très conservateur et présumer d'un taux de dépôt supérieur aux $\frac{2}{3}$ du taux d'application serait irréaliste.

Coefficient de transfert et durée d'exposition

Il existe également de l'incertitude reliée au coefficient de transfert. Il faut noter que le coefficient de transfert employé pour le calcul de la DCA provient de données d'exposition de cueilleurs professionnels (voir section 3.1.4.6). De toute évidence, le contexte d'exposition de ces cueilleurs est très différent de celui de la population en général qui fréquenterait le milieu forestier. En effet, le cueilleur de fruits sauvages qui nous concerne, se trouve, non pas en milieu de culture mais, en milieu forestier; le nombre d'heures de travail par jour des travailleurs est, généralement, supérieur à la durée de séjour d'un promeneur en forêt ou d'un cueilleur amateur; un promeneur en forêt est moins en contact avec la végétation qu'un cueilleur professionnel.

Notre présomption, pour le chasseur-pêcheur, basée sur un séjour de 6 heures par jour pendant 18 jours sur le site traité, est considéré comme une valeur supérieure extrême. Cependant, à défaut de données, nous avons estimé une durée d'exposition correspondant à la période pour laquelle les concentrations résiduelles de phytocides sont les plus élevées dans l'environnement.

Zweig *et al.* (1985) ont obtenu des doses d'exposition cutanée qui varient de 0,082 à 0,31 mg/kg par heure chez des cueilleurs de fraises travaillant dans une fraiseraie traitée par le fongicide captan au taux de 2,2 à 2,8 kg/ha. Dans notre scénario du chasseur-pêcheur, nous avons estimé des taux d'exposition de 0,7 et 0,5 mg/kg par heure pour le glyphosate et l'hexazinone respectivement lorsque les taux d'application sont de 1,5 kg/ha pour le glyphosate et de 2,2 kg/ha pour l'hexazinone. Si nous comparons les taux d'exposition estimés par

Zweig *et al.* (1985) avec ceux estimés chez notre chasseur-pêcheur, nous pouvons présumer que l'exposition par voie cutanée estimée dans notre analyse est probablement surestimée.

Taux d'absorption

Les taux d'absorption dépendent de plusieurs facteurs comme, par exemple, la surface de contact et le taux de phytocide en contact avec la peau. Les différentes parties du corps absorbent les pesticides à des degrés différents. Par exemple, le taux d'absorption du parathion est quatre fois plus important au front et deux fois plus important à l'abdomen qu'à l'avant-bras (Paustenbach et Leung, 1993). Ce type d'information n'étant pas disponible pour le glyphosate et l'hexazinone, il nous est donc impossible d'estimer une DCA en fonction des différentes parties du corps.

Le taux d'absorption cutanée du glyphosate a été estimé à partir d'un test *in vitro* sur du tissu humain. Cette technique est, généralement, un bon outil pour prédire le taux d'absorption chez l'humain. Par contre, les données sur le taux d'absorption de l'hexazinone ne sont pas disponibles, ce qui nous oblige à choisir une valeur par défaut de 10%.

Dose absorbée DCA

À cause de toutes ces incertitudes inhérentes aux paramètres d'exposition cutanée il devient très difficile d'évaluer jusqu'à quel point la valeur estimée de la DCA est représentative de la réalité. D'autant plus que, d'une façon générale, nous avons surestimé les données d'exposition tout au long du processus d'évaluation de la DCA. Nous notons que, l'apport de la DCA par rapport à la dose totale (DTA) est importante chez le chasseur-pêcheur qui, pourtant, est exposé seulement 18 jours dans une année. Par conséquent, nous présumons que la DCA serait évaluée à un niveau qui, probablement, ne sera jamais atteint par la population.

- Taux d'absorption de l'hexazinone par voie orale

Il existe une incertitude reliée au taux d'absorption de l'hexazinone par voie orale. En effet, l'hexazinone étant rapidement métabolisé, nous devons tenir compte de l'excrétion de l'hexazinone et de tous ses métabolites afin d'en estimer son taux d'absorption par voie orale. Samuel *et al.* (1991) ont estimé le taux d'absorption de l'hexazinone chez l'humain à partir de l'excrétion de l'hexazinone et de ses trois principaux métabolites, soient A, B et C. Le taux d'absorption de 20% obtenu chez l'humain pourrait être légèrement sous estimé parce que les autres métabolites de l'hexazinone n'ont pas été mesurés. Par ailleurs, selon les données animales, les métabolites D, F et G seraient présents dans l'urine à l'état de trace.

L'impact du taux d'absorption sur la dose d'exposition totale (DTA) est très faible parce que les taux d'exposition estimés (DOE totale) sont relativement faibles. En effet, en utilisant, dans le scénario du résidant, le taux d'absorption de 77%, observé chez les animaux de labora-

toire, au lieu du taux de 20% observé chez l'humain, nous obtenons une DTA de 0,00008 mg/kg/jr. La dose serait de 0,00002 mg/kg/jr pour un taux d'absorption de 20%. Pour le scénario du chasseur-pêcheur, la contribution de la dose d'exposition par voie orale étant négligeable par rapport à la dose totale (DTA) que, peu importe le taux d'absorption choisi, il n'y aura pas d'impact sur la valeur de la DTA.

3.2 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION EN BRUIT DE FOND DE LA POPULATION AUX PHYTOCIDES

La source d'exposition de la population attribuable aux phytocides proviendrait en grande partie du milieu agricole. En effet, environ 85 % des phytocides sont utilisés en milieu agricole. La dose d'exposition en bruit de fond de la population attribuable aux phytocides sera donc estimée à partir des concentrations résiduelles de phytocides provenant de la diète quotidienne d'une personne.

Pour établir le taux de phytocide dans la diète, il faut d'abord identifier les produits agricoles traités par les phytocides concernés, puis mesurer ces phytocides dans les produits identifiés et finalement, connaître les habitudes alimentaires de la population pour les produits agricoles concernés. En général, les enquêtes sur les habitudes alimentaires permettent d'estimer les taux de consommation des denrées alimentaires. Par ailleurs, les taux résiduels dans les aliments du panier à provision sont difficiles à estimer à partir des concentrations mesurées dans les aliments non transformés. En effet, les taux résiduels de phytocides dans les aliments sont influencés par les pratiques d'application en agriculture, par le transport et l'entreposage des aliments ainsi que par les procédés de transformation industrielle.

Au Canada, il n'existe pas un programme de suivi des résidus, pour le glyphosate et l'hexazine, dans les aliments composant le panier à provision. Dans notre analyse, nous rapportons les valeurs d'exposition estimées par Agriculture Canada et U.S. EPA. En général, les organismes gouvernementaux estiment l'exposition de la population à partir des taux des limites maximales des phytocides établis dans les produits alimentaires.

- Glyphosate

Au Canada, le glyphosate est homologué en agriculture dans les cultures de blé, d'orge, de soja, de pois, de lentilles, de colza canola et de lin. Agriculture Canada (Doliner, 1991) rapporte que le glyphosate n'est pas détruit au cours de la mouture des céréales, cependant, la concentration résiduelle de glyphosate se trouve diluée par la distribution dans des sous-produits de la transformation. Agriculture Canada (Doliner, 1991) estime un taux résiduel maximum de 0,02 mg/kg de glyphosate dans la bière produite à partir d'orge traité. En réalité, nous pouvons présumer que ce taux est surestimé dans les bières commerciales à cause du phénomène de dilution du glyphosate lors de la fabrication.

Agriculture Canada (Doliner, 1991) estime pour la population adulte une consommation quotidienne maximale de 0,0224 mg/kg de glyphosate attribuable aux différentes céréales et à la bière. Ce taux augmente à 0,0232 mg/kg (de poids corporel) si le calcul tient compte uniquement des consommateurs de bière. Agriculture Canada (Doliner, 1991) estime que l'apport de glyphosate provenant de l'eau potable est négligeable.

- Hexazinone

Au Canada, l'hexazinone est homologué en agriculture uniquement pour le contrôle de la végétation dans les bleuetières. L'hexazinone est appliqué dans les bleuetières l'année qui précède la production des fruits. Ceci explique pourquoi les taux résiduels d'hexazinone dans les bleuets sont inférieurs à la limite maximale de 0,1 ppm (Lavigne, 1994). Nous pouvons donc conclure que la dose d'exposition à l'hexazinone attribuable uniquement à la consommation des bleuets sera négligeable pour la population.

Aux États-Unis, l'hexazinone est homologué en agriculture dans les bleuetières, les cultures de cannes à sucre et d'ananas, les pâturages et les prairies ainsi que dans les plantes fourragères telles la luzerne et le foin. US EPA (1988b) a estimé l'exposition *per capita* à 0,001587 mg/kg/jr d'hexazinone. Selon les sous-groupes de la population, l'exposition varie de 0,0009 mg/kg à 0,007 mg/kg d'hexazinone.

3.3 ESTIMATION DE L'EXPOSITION TOTALE DE LA POPULATION AUX PHYTOCIDES

L'estimation de la dose totale d'exposition de la population aux phytocides est obtenue à partir de la dose totale estimée dans nos scénarios d'exposition et de la dose en bruit de fond estimée par Agriculture Canada (Doliner, 1991). Dans notre analyse nous traitons de la dose totale d'exposition par voie orale ainsi que de la dose totale absorbée attribuable aux différentes voies d'exposition.

Notre approche consiste à choisir les valeurs d'exposition les plus élevées afin de déterminer la dose d'exposition la plus élevée pouvant découler de l'utilisation des phytocides. Dans ce contexte, nous avons tenu compte uniquement des doses estimées, dans nos scénarios d'exposition, sur une courte période, soit sur un ou deux ans (voir tableaux 3.8 à 3.11). La dose en bruit de fond la plus élevée pour le glyphosate correspond à celle estimée pour un consommateur de bière, soit 0,0232 mg/kg/jr (Doliner, 1991). Pour l'hexazinone, nous mentionnons les données provenant des États-Unis sans toutefois en tenir compte dans notre analyse parce que l'utilisation de ce phytocide en agriculture semble plus répandue aux États-Unis.

Selon les hypothèses décrites dans notre analyse, les doses totales d'exposition de la population aux phytocides sont présentées aux tableaux 3.13 et 3.14.

Tableau 3.13 Dose totale d'exposition aux phytocides par voie orale

Scénario d'exposition	Phytocide	DOE totale (mg/kg/jr)	Dose en bruit de fond (mg/kg/jr)	Dose totale (mg/kg/jr)
Résidant	Glyphosate	0,01	0,0232	0,03
	Hexazinone	0,0001	négligeable (0,002)	0,0001 (0,002)
Chasseur-pêcheur	Glyphosate	0,01	0,0232	0,03
	Hexazinone	0,00002	négligeable (0,002)	0,00002 (0,002)

() dose d'exposition selon U.S. EPA (1988b)

La dose estimée en bruit de fond pour l'exposition de la population au glyphosate est deux fois plus élevée que la dose potentielle d'exposition attribuable à l'application du glyphosate en milieu forestier. Par ailleurs, la dose totale d'exposition de la population à l'hexazinone proviendrait uniquement de l'intervention en milieu forestier. Nous notons que la dose totale estimée pour l'hexazinone est de beaucoup inférieure à la dose en bruit de fond estimée pour la population des États-Unis.

Tableau 3.14 Dose totale absorbée attribuable à l'exposition aux phytocides

Scénario d'exposition	Phytocide	DTA (mg/kg/jr)	Dose absorbée en bruit de fond (mg/kg/jr)	Dose totale absorbée (mg/kg/jr)
Résidant	Glyphosate	0,003	0,008	0,01
	Hexazinone	0,00008	négligeable (0,002)	0,00008 (0,002)
Chasseur-pêcheur	Glyphosate	0,01	0,008	0,02
	Hexazinone	0,02	négligeable (0,002)	0,02 (0,002)

() dose d'exposition selon U.S. EPA (1988b)

D'après les données du tableau 3.14 nous notons que l'utilisation du glyphosate en milieu forestier devient un apport important d'exposition de la population. Ceci serait attribuable à l'exposition par voie cutanée représentant un apport important dans l'estimation de la DTA.

En effet, nous avons présumé dans nos scénarios une exposition par contact cutané, pendant 18 jours pour notre chasseur-pêcheur et pendant une journée pour notre résidant, avec une végétation contaminée aux concentrations initiales. Il en est ainsi pour l'estimation de la DTA dans le scénario du chasseur-pêcheur exposé à l'hexazinone. La dose de 0,02 mg/kg/jr correspond essentiellement à la dose estimée par voie cutanée.

3.4 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION AUX PHYTOCIDES À COURT TERME

Les scénarios d'exposition décrits dans les sections précédentes ont permis d'estimer l'exposition de la population aux phytocides sur une période de longue durée. Or, pour évaluer le risque potentiel de toxicité aiguë attribuable à l'utilisation de phytocides en milieu forestier, nous avons besoin d'estimer l'exposition potentielle sur une période de courte durée. Cette section traitera donc, d'une exposition à court terme, selon un scénario simulant une personne qui fréquente, pendant une journée, un site récemment traité avec des phytocides.

Ainsi, dans le cadre d'un scénario d'exposition à court terme, nous présumons que la personne concernée exercera les mêmes activités que celles décrites dans le scénario du chasseur-pêcheur (voir section 3.1.3). Par conséquent, les paramètres d'exposition à court terme seront, en partie, les mêmes que ceux décrits à la section 3.1.4 concernant le chasseur-pêcheur et l'analyse des incertitudes associées à ces paramètres (voir section 3.1.7) s'appliquera, ainsi, aux paramètres de l'exposition à court terme.

Dans les sections qui suivent, nous présenterons les hypothèses d'exposition ainsi que l'évaluation des doses d'exposition des voies orale, cutanée et respiratoire.

3.4.1 Exposition à court terme par voie orale

Le scénario d'exposition à court terme simule une personne qui se promène en forêt dans une zone récemment traitée avec des phytocides et qui consomme des denrées alimentaires et de l'eau provenant du site traité.

La formule utilisée pour estimer la dose ingérée par une personne, selon un scénario d'exposition à court terme (DOE_c), est indiquée à la section 3.1.5 (DOE).

Dans le cadre d'un scénario d'exposition d'une journée, la fraction d'exposition est de 100%.

Les taux résiduels de phytocides (R_p) utilisés pour le calcul de la DOE_c sont les mêmes que ceux estimés lors de l'exposition à long terme (voir tableaux 3.3 et 3.4). Nous avons choisi les mêmes valeurs, étant donné que, dans le cas du scénario à long terme, les taux résiduels estimés correspondent aux concentrations initiales mesurées.

La composition de la diète (voir section 3.1.4.3) est également semblable à celle présumée pour le scénario du chasseur-pêcheur, elle comprend:

- 140 g de framboises sauvages arrosées directement, non lavées et cueillies dans les 18 jours après le traitement;
- 2 litres d'eau provenant d'un petit ruisseau situé à proximité ou sur le site traité et protégé par une bande de protection;
- 55 g de gros gibier provenant du site traité;
- 20 g de petit gibier provenant du site traité;
- 105 g de poisson pêché dans un petit ruisseau situé à proximité ou sur le site traité et protégé par une bande de protection.

La dose totale ingérée (DOE_c) par une personne exposée pendant une journée est égale à la somme des doses estimées par l'ingestion de fruits, d'eau, de gibier et de poisson. Le tableau 3.15 indique, pour chacun des phytocides, les doses estimées par l'ingestion des denrées alimentaires et de l'eau ainsi que la dose totale d'exposition par voie orale (DOE_c), selon le scénario d'exposition à court terme.

Tableau 3.15 Dose totale ingérée (DOE_c) par une personne selon un scénario d'exposition à court terme

Phytocide	Fruits (mg/kg)	Eau potable (mg/kg)	Gros gibier (mg/kg)	Petit gibier (mg/kg)	poisson (mg/kg)	DOE_c totale (mg/kg)
Glyphosate	0,0574	0,0001	2×10^{-6}	6×10^{-6}	6×10^{-6}	0,06
Hexazinone	-	0,0002	$1,6 \times 10^{-7}$ (4×10^{-6})*	$1,6 \times 10^{-6}$ ($8,7 \times 10^{-6}$)*	$9,8 \times 10^{-6}$	0,0002

* valeur estimée à partir d'un taux résiduel dans la végétation qui est 100 fois plus élevé que le 90e percentile des concentrations mesurées (voir tableau 3.3).

3.4.2 Consommation de fruits sauvages et d'eau directement arrosés avec des phytocides

D'après notre exemple d'exposition à court terme (voir tableau 3.15), la consommation de fruits sauvages et d'eau potable pourrait représenter des voies importantes d'exposition aiguë.

Ainsi, pour mieux évaluer si la consommation de fruits sauvages ou d'eau, contaminés à des taux élevés de phytocides présente un risque pour la population, nous avons estimé la quantité de framboises ou d'eau qui devrait être ingérée pour atteindre des taux d'exposition équivalents aux doses références de risque (Drf).

Pour apprécier le risque d'une surexposition accidentelle, on devrait, normalement, se référer à une Drf obtenue à partir des études de toxicité aiguë. Cependant, les études animales de toxicité aiguë ne nous permettent pas d'établir un NOEL. D'autre part, les données humaines ne sont pas toujours disponibles, elles proviennent soit de cas de surexposition accidentelle, soit de cas de suicide ou d'exposition de volontaires qui ingèrent des phytocides afin d'obtenir des données de toxicocinétique. Lorsque des données humaines sont disponibles et bien documentées, nous pouvons les utiliser pour évaluer le risque potentiel d'une surexposition accidentelle.

Kawamura *et al.* (1987) rapportent le cas d'une personne qui après avoir ingéré de 30 à 60 ml de la formulation de Roundup^{MD} a présenté une pharyngalgie, des vomissements, des nausées immédiatement après l'ingestion ainsi qu'une diarrhée qui s'est prolongée jusqu'à une semaine après l'ingestion. Une quantité de 30 ml de Roundup^{MD} équivaut à 153 mg/kg de glyphosate pour un adulte de 70 kg. Dans notre analyse, nous utiliserons donc les Drf chronique et subchronique ainsi que la valeur de 153 mg/kg pour apprécier les risque d'une surexposition au glyphosate.

Pour l'hexazinone, il existe une étude dans laquelle des volontaires ont ingéré des doses de 0,006 ou 0,012 mg/kg d'hexazinone (Samuel *et al.*, 1991). Les taux d'exposition de cette dernière étude ont été choisis non pas pour étudier l'effet toxique de l'hexazinone, mais plutôt pour connaître la cinétique de ce produit dans l'organisme. Dans ce type d'étude, le niveau de la dose expérimentale se doit d'être sécuritaire pour les volontaires participants. C'est pourquoi, les doses d'exposition humaine dans ces études expérimentales sont souvent trop faibles pour être utilisées comme dose référence. Dans ce contexte, nous utiliserons seulement les Drf chronique et subchronique pour apprécier le risque d'une surexposition accidentelle à l'hexazinone.

Les Drf utilisées dans notre analyse sont les suivantes:

Glyphosate	Drf chronique par voie orale:	0,1 mg/kg/jr (10 mg/kg/jr/100)
	Drf subchronique par voie orale:	1,35 mg/kg/jr (135 mg/kg/jr/100)
Hexazinone	Drf chronique par voie orale:	0,05 mg/kg/jr (5 mg/kg/jr/100)
	Drf subchronique par voie orale:	0,25 mg/kg/jr (25 mg/kg/jr/100)

- Consommation de framboises

Nous présumons qu'une personne de 70 kg ingère des framboises contaminées par le glyphosate soit à la concentration maximum mesurée (44,2 mg/kg) ou à la concentration correspondant au 90e percentile (28,7 mg/kg) (Langevin, 1994). L'hexazinone n'est pas traité dans cette section parce que la période d'intervention avec ce phytocide se situe bien avant la croissance des fruits sauvages (voir section 3.1.3).

Le tableau 3.16 présente les taux estimés pour la consommation de framboises contaminées par le glyphosate.

Tableau 3.16 Quantité de framboises qui devrait être consommée par une personne pour atteindre des taux d'exposition équivalents aux Drf chronique et subchronique et à la dose avec effet chez l'humain, soit de 153 mg/kg

Phytocide	90 ^e percentile			Concentration maximale		
	Drf chronique	Drf subchronique	Dose avec effet (153 mg/kg)	Drf chronique	Drf subchronique	Dose avec effet (153 mg/kg)
Glyphosate	243 g	3293 g	373 171 g	158 g	2138 g	242 307 g

- Consommation d'eau

Nous présumons qu'une personne puisse boire de l'eau provenant d'une petite mare directement arrosée par les phytocides. Les concentrations résiduelles (Langevin, 1994) utilisées pour le calcul de la dose d'exposition sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 3.17 Concentrations résiduelles des phytocides mesurées dans les mares directement arrosées par des phytocides

Phytocide	90e percentile			Concentration maximale
	Concentration	Échantillonnage		
		Nombre	Période*	
Glyphosate	1043 µg/l	33	32 h	2808 µg/l
Hexazinone	997 µg/l	7	25 h	997 µg/l

* période après le traitement

À partir des concentrations résiduelles mentionnées au tableau 3.17, nous estimons la quantité d'eau qu'une personne de 70 kg devrait boire pour atteindre des taux d'exposition équivalents aux D_{rf} chronique et subchronique. Le tableau 3.18 présente les taux estimés pour la consommation accidentelle d'eau contaminée par les phytocides.

Tableau 3.18 Quantité d'eau qui devrait être bue par une personne pour obtenir des taux d'exposition équivalents aux D_{rf}

Phytocide	90e percentile		Concentration maximale	
	D _{rf} chronique	D _{rf} subchronique	D _{rf} chronique	D _{rf} subchronique
Glyphosate	6,7 litres	90,6 litres	2,5 litres	33,7 litres
Hexazinone	3,5 litres	17,6 litres	3,5 litres	17,6 litres

3.4.3 Exposition cutanée à court terme

Pour le cas d'une personne qui fréquente un site traité récemment au glyphosate ou à l'hexazinone, la question qui nous préoccupe, est de savoir si la voie cutanée représente un voie importante d'exposition. Si on se réfère aux conclusions de l'analyse des incertitudes de la voie cutanée (voir section 3.1.7), il nous sera difficile de prédire une dose cutanée réaliste puisque cette voie d'exposition renferme trop d'inconnus. Intuitivement, nous pouvons affirmer que l'impact des incertitudes liées à l'exposition cutanée sera moindre pour le cas d'une exposition cutanée de 18 jours estimée sur un an que lorsque celle-ci est estimée pour une journée seulement. C'est pourquoi, nous considérons que l'approche la plus appropriée, pour évaluer l'exposition cutanée à court terme, est d'estimer au moins deux doses cutanées correspondant à des valeurs extrêmes. Ces doses cutanées sont obtenues en modifiant les valeurs du coefficient de transfert et du taux résiduel de phytocides délogeables dans la végétation. Les valeurs estimées pour ces deux paramètres proviennent des données fournies aux sections 3.1.4.2, 3.1.4.6, et 3.1.7. Les valeurs des paramètres d'exposition que nous avons choisies pour le calcul des doses cutanées sont les suivantes:

- coefficient de transfert de 1,4 (Popendorf et Leffingwell, 1982) et taux résiduel de phytocides délogeables de $9,9 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ pour le glyphosate (tableau 3.3) et de $7,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ pour l'hexazinone (tableau 3.4).
- coefficient de transfert de 10 (correspond à la valeur maximale de $8,6 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ observée par Zweig *et al.*, 1985 pour le captan) et taux résiduel de phytocides délogeables de $15 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ pour le glyphosate (correspondant à 100% du taux d'application) et de $11 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ pour l'hexazinone (correspondant à 50 % du taux d'application).

La formule utilisée pour estimer la dose d'exposition cutanée d'une personne est indiquée à la section 3.1.5 (DCA). Dans le cadre d'un scénario d'exposition d'une journée, la fraction d'exposition est de 100%.

Le tableau 3.19 indique les doses absorbées d'exposition cutanée (DCA_c) par une personne en contact avec une végétation contaminée aux phytocides, selon le scénario d'exposition à court terme.

Tableau 3.19 Doses absorbées d'exposition cutanée (DCA_c) d'une personne par contact cutané avec une végétation contaminée aux phytocides selon un scénario à court terme

Phytocide	Coefficient de transfert (cm^2/h)	Taux résiduel de phytocides ($\mu g/cm^2$)	Durée d'exposition (h/jr)	Taux d'absorption (%)	DCA_c (mg/kg)
Glyphosate	1,4	9,9	6	3	0,04
	10	15,0	6	3	0,39
Hexazinone	1,4	7,2	6	10	0,09
	10	11,0	6	10	0,94

Ainsi, tout dépendant de la valeur du taux résiduel, établie sur la base du jugement, et du coefficient de transfert, estimé pour les cueilleurs professionnels, nous obtenons pour le glyphosate et l'hexazinone des écarts respectifs de 875% et 944% entre les doses cutanées. On sait, par ailleurs, que les doses d'exposition cutanée estimées dans notre analyse, sont émaillées d'un nombre si important d'incertitudes (voir section 3.1.7) que nous ne pouvons confirmer, avec certitude, que la dose d'exposition cutanée probable de la population se situera entre les deux valeurs estimées pour chacun des phytocides concernés.

Cependant, d'après les hypothèses émises dans le calcul de la DCA_c et les taux d'exposition estimés chez les travailleurs (voir chapitre 4), nous pensons que les doses d'exposition cutanée de 0,04 et de 0,09 mg/kg, estimées respectivement pour le glyphosate et l'hexazinone, seraient plus près de la réalité que les valeurs supérieures correspondantes. En effet, ces valeurs supérieures proviennent d'hypothèses très conservatrices:

- 100% du taux d'application du glyphosate correspond au taux résiduel délogeable; Même en supposant une végétation dense, ce taux ne peut être atteint.
- 50% du taux d'application d'hexazinone correspond au taux résiduel délogeable; Pour un terrain couvert à 50% de végétation et une application orientée au sol, ce taux ne pourra être atteint.

- Un coefficient de transfert de 10; Coefficient correspondant à la valeur maximale de $8,6 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de Captan^{MD} chez des cueilleurs, n'ayant pas de mesures de protection particulière et en contact étroit avec la végétation et les poussières de sol en suspension ou quelquefois directement en contact avec le sol (assis entre les plants de fraises lors de la cueillette).

Si nous tenons compte des données obtenues lors de la surveillance biologique des travailleurs exposés aux phytocides concernés (voir chapitre 4), nous pouvons présumer que le taux d'exposition cutanée de la population tendra plus vers les faibles taux estimés (DCA_o) que leurs valeurs supérieures correspondantes. Notre présomption est valable, en autant que l'exposition cutanée de la population ne soit pas supérieure à l'exposition totale des travailleurs tels les signaleurs, l'opérateur et le contremaître. En effet, ceux-ci se trouvent en contact avec les phytocides, au moment de l'application par l'inhalation des fines gouttelettes en suspension, par le contact cutané avec la végétation fraîchement traitée et par l'absorption orale due au contact des mains avec la bouche.

Il faut mentionner que le contact étroit des travailleurs avec les phytocides est de beaucoup diminué par le port d'équipements de protection. La question qu'on se pose, et qui est sans réponse, est de savoir jusqu'à quel point le contact étroit des travailleurs avec les phytocides, lors de l'application, représente une exposition supérieure ou inférieure à celle d'une personne pouvant éventuellement fréquenter un site récemment traité aux phytocides.

Dans l'exemple des groupes de travailleurs employés par le ministère des Forêts tels les signaleurs, l'opérateur et le contremaître, les concentrations urinaires de glyphosate varient de non détectables ($< 10 \mu\text{g}/\text{l}$) à détectables non quantifiables ($< 30 \mu\text{g}/\text{l}$) dans 99% des échantillons (CTQ, 1988). D'après les résultats obtenus au cours de la campagne d'échantillonnage de 1987, chez les travailleurs contractuels, nous notons que ces travailleurs étaient plus exposés au glyphosate que les employés du Ministère. Cette observation serait probablement due au fait que les contractuels ne respecteraient pas bien les mesures de protection. Néanmoins, seulement 14% des échantillons prélevés chez des groupes de travailleurs identiques à ceux mentionnées ci-haut étaient positifs. Ainsi, malgré les incertitudes reliées aux simulations d'excrétion urinaire du glyphosate, effectuées au chapitre 4 de ce document, et à celles reliées aux résultats d'échantillonnage lors de la surveillance biologique, nous pouvons présumer que la probabilité est faible pour les travailleurs en contact avec le glyphosate par les voies orale, respiratoire et cutanée que leur dose interne totale soit supérieure à $0,025 \text{ mg}/\text{kg}/\text{jr}$.

Par conséquent, nous pouvons présumer, pour le cas de notre promeneur en forêt, que la dose d'exposition cutanée au glyphosate se rapproche plus de la valeur de $0,04 \text{ mg}/\text{kg}$ que de celle de $0,39 \text{ mg}/\text{kg}$. Cependant, seule une étude de l'exposition cutanée des randonneurs et des cueilleurs nous permettra de confirmer cette hypothèse hors de tout doute.

L'étude de cinétique de l'hexazinone effectuée chez deux volontaires ainsi que la surveillance biologique réalisée auprès des travailleurs (voir section 4.3) nous permettent d'estimer une dose interne d'exposition des travailleurs attribuable à l'ensemble des voies d'exposition. En se basant sur les valeurs moyennes des concentrations urinaires totales d'hexazinone et de ses métabolites A, B et C, nous avons estimé des doses d'exposition à l'hexazinone variant de 0,0012 à 0,055 mg/kg/jr, dépendant des modes d'application utilisés, à l'exception du pistolet applicateur. Nous n'avons pas tenu compte de ce dernier mode d'application parce que celui-ci a été aboli par le MRN (Langevin, 1994).

Si nous tenons compte de la réalité du terrain lors de l'application, c'est-à-dire un site où il y a très peu ou pas de végétation, une végétation basse et une application orientée au sol et des taux d'exposition estimés chez les travailleurs, nous pouvons présumer, pour le cas de notre promeneur en forêt, que la dose d'exposition cutanée à l'hexazinone se rapproche plus de la valeur de 0,09 mg/kg que de celle de 0,94 mg/kg.

3.4.4 Exposition à court terme par inhalation

Dans le scénario d'exposition à court terme, nous présumons, que la personne qui se promène en forêt, respire une quantité de phytocide équivalente à celle du contremaître présent au moment de la pulvérisation. La formule utilisée pour le calcul de la dose d'exposition par voie respiratoire est indiquée à la section 3.1.5 (DRA). Les hypothèses émises sont les suivantes:

- les concentrations du glyphosate et de l'hexazinone, dans l'air ambiant, sont les mêmes que celles mesurées dans la zone respiratoire d'un contremaître pendant la période effective d'exposition (voir tableaux 3.3 et 3.4), soit respectivement de 2,65 et 2,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- le temps passé sur les lieux d'arrosage est de 6h pour la seule journée d'exposition (valeur correspondant à la fraction d'exposition);
- la promenade en forêt correspondant à un exercice léger, le taux d'inhalation est donc estimé à 0,8 m^3/h (U.S. EPA, 1989a);
- le taux d'absorption est de 100% (taux par défaut);
- notre promeneur en forêt est un adulte de 70 kg.

Le tableau 3.20 montre, pour chaque phytocide, la dose estimée par voie respiratoire selon le scénario d'exposition à court terme (DRA).

Tableau 3.20 Dose d'exposition par voie respiratoire (DRA_c) selon le scénario d'exposition à court terme

Phytocide	DRA _c (mg/kg)
Glyphosate	0,0002
Hexazinone	0,0002

3.4.5 Exposition totale à court terme

Selon le scénario à court terme, l'exposition totale d'un promeneur en forêt est égale à la somme des doses absorbées par les voies orale, cutanée et respiratoire. Nous notons que la dose d'exposition cutanée (DCA_c), présente un apport important par rapport à la dose totale estimée (DTA_c).

Le tableau 3.21 indique les doses absorbées par les voies orale, cutanée et respiratoire et la dose totale d'une personne exposée selon le scénario à court terme.

Tableau 3.21 Dose totale absorbée (DTA_c) par une personne selon le scénario à court terme

Phytocide	DOA _c (mg/kg)	DCA _c (mg/kg)	DRA _c (mg/kg)	DTA _c (mg/kg)
Glyphosate	0,02	0,04 0,39	0,0002	0,06 0,41
Hexazinone	0,0002	0,09 0,94	0,0002	0,09 0,94

3.5 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DE LA POPULATION ATTRIBUABLE À UN ACCIDENT

Le cas accidentel analysé dans cette étude fait intervenir une personne arrosée accidentellement par des phytocides lors d'une pulvérisation aérienne. Le scénario d'accident simule une exposition à des concentrations élevées de phytocides durant une courte période.

Les cas de déversements accidentels ne sont pas traités dans notre étude. Ces situations devraient être rapidement contrôlées si le plan des mesures d'urgence émis par le MRN (MFO, 1992) est bien respecté. Ces mesures visent à restreindre le plus possible les conséquences d'un déversement et à procéder rapidement à la récupération du phytocide déversé. De plus,

lors des déversements, le MRN effectue un suivi dans le temps et l'espace des taux résiduels de phytocides ce qui devrait permettre de bien informer la population du risque potentiel d'exposition.

L'évaluation des données du bilan des déversements accidentels des phytocides survenus en milieu forestier ainsi que celui des données résiduelles obtenues par le suivi environnemental permettra d'estimer l'exposition de la population aux phytocides. L'évaluation de ces données, qui doit être effectuée par le MRN, n'est pas terminée pour le moment ce qui nous oblige à reporter ultérieurement l'analyse des cas de déversements accidentels de phytocides. L'évaluation de l'impact des cas de déversements accidentels de phytocides sur la santé de la population fera éventuellement l'objet d'une analyse particulière qui sera traitée dans un autre document.

Le scénario d'arrosage accidentel traite uniquement le cas d'un arrosage aérien de glyphosate. L'hexazinone n'est pas étudié parce qu'il est improbable qu'une personne puisse se trouver sous le jet des appareils terrestres de pulvérisation utilisés par le MRN. La hauteur maximale du jet de pulvérisation de ces appareils se situe seulement à quelques mètres du sol. Pour le triclopyr, le cas accidentel ne s'applique également pas à cause de son mode d'intervention qui est très restreint et très sélectif (voir section 3.1.1).

Pour notre scénario accidentel nous présumons donc qu'une personne se trouve sous la rampe d'arrosage d'un aéronef et qu'elle soit exposée au glyphosate par les voies cutanée et respiratoire. Les hypothèses émises pour ce scénario sont les suivantes:

- notre promeneur est un homme adulte de 70 kg;
- il est habillé d'un short, d'un T-shirt et de chaussures; la surface totale recouverte est estimée à 0,910 m² (U.S. EPA, 1989a) ce qui correspond au tronc, à la partie supérieure des bras et des cuisses;
- les surfaces exposées sont la tête, les avant-bras et les jambes ce qui correspond à une surface totale de 0,53 m² (U.S. EPA, 1989a);
- nous présumons que le phytocide couvre également toute la surface exposée;
- nous présumons que le glyphosate passe à travers les habits mouillés. USDA (1988) estime que 20% du phytocide peut traverser des habits de travail en jeans. Si notre promeneur porte des habits de texture plus mince, nous présumons que le taux de pénétration du glyphosate est deux fois plus élevé, soit 40%;
- notre promeneur est arrosé au taux de 2,13 kg/ha de glyphosate, ce qui correspond au taux d'application le plus élevé qu'il est permis d'utiliser selon les indications de l'étiquette;

- nous présumons que la concentration du glyphosate dans l'air ambiant est la même que la concentration maximale mesurée dans la zone respiratoire d'un travailleur pendant le mélange de la bouillie de glyphosate, soit $10,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Major et Mamarbachi, 1987);
- le temps passé sous la rampe de pulvérisation de l'aéronef est de quelques secondes, toutefois, nous présumons que notre promeneur respire pendant une heure un taux de $10,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de glyphosate dans l'air ambiant;
- la promenade en forêt est un exercice léger ce qui représente un taux d'inhalation de $0,8 \text{ m}^3/\text{h}$ (U.S. EPA, 1989a);
- l'absorption cutanée du glyphosate est de 3% et l'absorption respiratoire est de 100% (voir tableau 3.6).

La dose d'exposition estimée à partir des hypothèses émises dans le scénario d'arrosage accidentel est présentée dans le tableau 3.22.

Tableau 3.22 Dose d'exposition potentielle pour un promeneur arrosé accidentellement par du glyphosate

Exposition cutanée	
Dose totale (surface exposée + surface couverte):	2,72 mg/kg
Dose totale absorbée:	0,08 mg/kg
Exposition respiratoire	
Dose absorbée:	0,0002 mg/kg
Dose totale absorbée	0,08 mg/kg