

5 CARACTÉRISATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE

5.1 CARACTÉRISATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ DE LA POPULATION

Les doses quotidiennes totales ingérées (DOE totale) que nous avons estimées dans les deux scénarios d'exposition pour la vie entière d'un individu sont négligeables. Il est normal qu'une exposition d'une durée d'un ou deux ans ne donne pas des taux élevés lorsque les doses sont estimées sur 70 ans. C'est pourquoi, nous avons également estimé une dose d'exposition sur une durée correspondant à la période réelle de nos scénarios d'exposition.

L'approche normalement utilisée pour l'appréciation du risque à la santé attribuable à des produits non cancérigènes est basée sur le principe qu'il existe une dose seuil sous laquelle le produit chimique ne présente pas de danger pour la santé humaine. Cette approche consiste à comparer les doses d'exposition estimées avec la dose référence de risque (Drf). Rappelons que la Drf est la dose estimée pour une personne, incluant également les personnes sensibles, exposée quotidiennement au produit concerné pendant sa vie entière (70 ans) sans entraîner de risques appréciables à la santé (voir section 2,4).

Dans notre analyse, l'exposition étant sur une courte période, on devrait plutôt comparer nos doses d'exposition à des doses sécuritaires établies pour de courtes périodes. Selon U.S. EPA (1989b) des Drf subchroniques devraient être utilisées pour évaluer les effets potentiels des produits non cancérigènes lorsque les périodes d'exposition varient de deux semaines à sept ans. C'est pourquoi nous introduisons, dans notre analyse, le concept de la Drf chronique et de la Drf subchronique. La méthode utilisée pour estimer ces Drf est la même, excepté que pour la Drf chronique nous utilisons un NOEL provenant des études d'exposition chronique tandis que la Drf subchronique est estimée à partir d'un NOEL provenant d'une étude d'exposition subchronique. Nous choisissons le NOEL de l'espèce la plus sensible et appliquons, dans les 2 cas, le même facteur d'incertitude (voir section 2,4).

Dans notre étude, nous distinguons les doses d'exposition externe des doses d'exposition absorbée. Le glyphosate étant très peu absorbé par voie orale, nous devons tenir compte de son absorption par cette voie avant de l'additionner aux doses d'exposition des voies cutanée et respiratoire afin d'obtenir la dose d'exposition totale absorbée (DTA). Par ailleurs, les Drf sont établies à partir de doses non absorbées. Nos discussions porteront donc sur la comparaison de la dose totale ingérée (DOE totale) avec les Drf et de la dose totale absorbée (DTA) avec les Drf absorbées. Les taux d'absorption appliqués aux Drf sont ceux obtenus expérimentalement par voie orale. Ces taux sont de 35% pour le glyphosate et de 77% pour l'hexazinone.

Les doses références de risque pour chacun des phytocides 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)
	Drf subchronique par voie cutanée:	50 mg/kg/jr	(5000 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)

La Drf chronique du glyphosate est établie à partir du NOEL provenant d'une étude évaluant les effets du glyphosate sur la reproduction. Pour les effets systémiques et les effets sur le développement, les valeurs de NOEL sont plus élevées. Ainsi, si la dose d'exposition est inférieure à la Drf chronique, nous pouvons en déduire que les risques pour les effets systémiques et les effets sur le développement seront également négligeables.

Pour l'hexazinone, les valeurs de NOEL rapportées pour les effets sur le développement et la reproduction sont toutes supérieures aux valeurs de NOEL pour les effets systémiques provenant des études de toxicité chronique. Ainsi, si le risque d'entraîner des effets systémiques est négligeable nous pouvons en déduire que les risques d'entraîner des effets sur le développement et sur la reproduction seront également négligeables.

5.1.1 Scénarios du pire cas réaliste

Nous utilisons différentes approches pour évaluer le risque attribuable aux phytocides. Les tableaux présentés dans cette section indiquent les ratios entre les doses références de risque (Drf) et les doses d'exposition estimées d'après les scénarios d'exposition à long terme. La comparaison des doses estimées avec les Drf chroniques est mentionnée à titre indicatif parce que, normalement pour une exposition d'une durée inférieure à 7 ans, c'est la comparaison avec la Drf subchronique qui est l'approche la plus appropriée.

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

Peu importe l'approche utilisée, les doses d'exposition estimées dans le scénario du résidant sont toutes inférieures, d'au moins un ordre de grandeur, aux Drf chroniques et subchroniques. Nous pouvons donc conclure que, sous les conditions décrites dans le scénario du résidant, le glyphosate et l'hexazinone présentent un risque négligeable concernant les effets systémiques, les effets sur la reproduction et le développement.

Tableau 5.1 Comparaison des doses quotidiennes totales ingérées (DOE) avec les Drf pour une personne résidant à proximité du site traité

Période d'exposition	Phytocide	DOE totale (mg/kg/jr)	Drf chronique/DOE	Drf subchronique/DOE
70 ans	Glyphosate	0,0003	333	4500
70 ans	Hexazinone	0,000004	12500	62500
Deux ans	Glyphosate	0,01	10	135
Deux ans	Hexazinone	0,0001	500	2500

Tableau 5.2 Comparaison des doses quotidiennes totales absorbées (DTA) avec les Drf absorbées pour une personne résidant à proximité du site traité

Période d'exposition	Phytocide	DTA (mg/kg/jr)	Drf chronique absorbée/DTA	Drf subchronique absorbée/DTA
70 ans	Glyphosate	0,0001	350	4753
70 ans	Hexazinone	0,000003	12833	64167
Deux ans	Glyphosate	0,003	12	158
Deux ans	Hexazinone	0,00008	481	2406

5.1.1.2 Scénario du chasseur-pêcheur

Quelle que soit l'approche utilisée, les doses d'exposition estimées dans le scénario du chasseur-pêcheur sont toutes inférieures aux Drf. Nous pouvons donc conclure que, sous les conditions décrites dans notre scénario du chasseur-pêcheur, le glyphosate et l'hexazinone présentent un risque négligeable concernant les effets systémiques, les effets sur la reproduction et le développement.

Tableau 5.3 Comparaison des doses quotidiennes totales ingérées (DOE) avec les Drf pour un chasseur-pêcheur

Période d'exposition	Phytocide	DOE totale (mg/kg/jr)	Drf chronique/DOE	Drf subchronique/DOE
70 ans	Glyphosate	0,0003	333	4500
70 ans	Hexazinone	0,0000004	125000	625000
Deux ans	Glyphosate	0,01	10	135
Un an	Hexazinone	0,00002 (0,00003)*	2500 (1667)*	12500 (8333)*

* 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 3.7)

Tableau 5.4 Comparaison des doses quotidiennes totales absorbées (DTA) avec les Drf absorbées pour un chasseur-pêcheur

Période d'exposition	Phytocide	DTA (mg/kg/jr)	Drf chronique absorbée/DTA	Drf subchronique absorbée/DTA
70 ans	Glyphosate	0,0003	167	1575
70 ans	Hexazinone	0,0002	193	963
Deux ans	Glyphosate	0,009	4	53
Un an	Hexazinone	0,02	2	10

La contribution de la dose d'exposition par voie cutanée est importante par rapport à la dose totale absorbée (DTA) dans le scénario du chasseur-pêcheur. En effet, nous présumons dans ce scénario, qu'une personne est en contact 6 h par jour, pendant 18 jours, avec une végétation contaminée à des taux équivalents aux concentrations initiales. Le fait d'être en contact avec de la végétation fraîchement arrosée pourrait entraîner des problèmes d'irritation cutanée. Pour mieux apprécier ce risque, nous avons estimé une dose pour une personne exposée pendant une journée, par voie cutanée, à une végétation fraîchement arrosée. Cette dose d'exposition externe c'est-à-dire une dose à laquelle nous n'avons pas tenu compte de l'absorption du phytocide, est comparée à une dose sans effet d'irritation ou à une dose avec effet d'irritation obtenues dans les études de toxicité subchronique. Les tableaux 5.5 et 5.6 présentent les données d'exposition pour le glyphosate et l'hexazinone respectivement et le rapport entre la dose avec ou sans effet d'irritation cutanée et la dose estimée. Les seules données disponibles pour le glyphosate sont des doses avec effet d'irritation.

Tableau 5.5 Dose d'exposition au glyphosate par voie cutanée (DCE) comparée à la dose avec effet d'irritation chez le lapin

DCE (mg/kg/jr)	Dose (D ₂) avec effet: érythème chez le lapin exposé au Roundup ^{MD} (mg/kg/jr)	D ₂ /DCE
4,2	76	18

Tableau 5.6 Dose d'exposition à l'hexazinone par voie cutanée (DCE) comparée à la dose sans effet d'irritation chez les lapins

DCE (mg/kg/jr)	Dose sans effet d'irritation (NOEL) chez le lapin (mg/kg/jr)	NOEL/DCE
3,1	680	219

Le ratio obtenu pour le glyphosate nous indique que le risque d'entraîner des problèmes d'irritation cutanée est peu probable pour notre chasseur-pêcheur exposé à une végétation fraîchement arrosée. Le risque demeure toutefois possible pour des personnes plus sensibles. Le ratio obtenu pour l'hexazinone nous indique que le risque est très faible de produire chez notre chasseur-pêcheur une irritation cutanée par contact avec la végétation.

5.1.2 Analyse des incertitudes associées aux risques potentiels des phytocides pour la santé de la population

Au chapitre trois de l'étude, nous avons présenté les algorithmes et les paramètres utilisés pour estimer l'exposition de la population selon deux scénarios représentant le pire cas réaliste. Les incertitudes associées aux paramètres d'exposition ont été évaluées à la section 3.1.7. L'analyse a porté sur la justification des paramètres mais également sur les conséquences de la variabilité de ceux-ci sur les doses d'exposition estimées. Les paramètres en cause étaient essentiellement les concentrations résiduelles mesurées ou estimées et les paramètres toxicocinétiques. Cette analyse a donc permis de déterminer que l'intervalle de stabilité des doses estimées était grand.

Les hypothèses émises dans les scénarios d'exposition sont basées principalement sur des valeurs extrêmes, telles le 90e percentile pour les données connues. Pour les données non disponibles, nous nous sommes basés sur des hypothèses conservatrices afin d'en estimer les valeurs. Cette approche nous permet donc de conclure que la probabilité que les doses d'exposition réelles de la population soient inférieures aux doses estimées dans nos scénarios est élevée.

Cette section traite plus spécifiquement de la variabilité de tous les paramètres reliées aux doses identifiées comme principal apport à la dose totale d'exposition. L'objectif de cette analyse est de déterminer l'intervalle de stabilité des doses d'exposition totales et d'évaluer leur influence sur le potentiel de risque des phytocides pour la population.

Une discussion portera également sur l'incertitude associée à l'extrapolation des données animales à l'humain pour l'établissement des Drf.

5.1.2.1 Analyse des incertitudes associées à l'utilisation du glyphosate

- Exposition du résidant au glyphosate

Si on se réfère aux doses d'exposition estimées dans le scénario du résidant (voir les tableaux 3.8 et 3.9), nous concluons que:

- L'apport de glyphosate provenant de la consommation d'eau potable, de légumes et de viande de bovin est négligeable par rapport à la dose totale estimée (DOE). Par contre, l'apport de glyphosate par la consommation de fruits sauvages (framboises) est important dans l'estimation de la dose totale ingérée (DOE).
- L'apport de glyphosate par les voies cutanée et respiratoire est négligeable par rapport à la dose estimée par voie orale.

En somme, la consommation de framboises contaminées par le glyphosate représente la principale voie d'exposition du résidant. L'évaluation de la sensibilité de la dose d'exposition du résidant se fera donc par l'analyse des incertitudes associées à la consommation des framboises. Cette analyse consiste à évaluer l'influence des modifications des paramètres d'exposition sur la dose estimée. Les doses estimées au tableau 5.7 sont basées sur les présomptions suivantes:

- Les taux résiduels de glyphosate dans les framboises correspondent soit à 28,7 mg/kg, valeur qui représente le 90^e percentile estimé à partir des concentrations mesurées sur une période de 18 jours après le traitement ou à 38,2 mg/kg, valeur qui représente, avec un niveau de confiance de 95 %, la limite supérieure de l'intervalle de confiance du 90^e percentile.
- Les taux résiduels de glyphosate dans les framboises ne changent pas durant les deux années d'exposition parce que nous présumons qu'il n'y a pas de dégradation.
- Les taux de consommation quotidienne pendant deux ans sont soit de 0,021 kg (42 g par jour pendant 18 jours et 20 g par jour pendant 347 jours par année) ou de 0,026kg (140 g par jour pendant 18 jours et 20 g par jour pendant 347 jours par année).
- L'exposition de 2 ans est estimée soit sur une vie entière (70 ans) ou sur une période de 2 ans.
- Les poids corporels correspondent soit à la valeur moyenne pour l'homme et la femme âgés de 18 à 75 ans ou à la valeur moyenne de la femme âgée de 18 à 75 ans (U.S. EPA, 1989a).

Tableau 5.7 L'influence des modifications des paramètres associés à la consommation de framboises sur la dose quotidienne de glyphosate ingérée (DOE) dans le scénario du résidant

Paramètres d'exposition (voir section 3.1.7)	Étendue des valeurs	Étendue de la dose d'exposition (mg/kg/jr)	Différence entre les doses d'exposition
Taux résiduels de glyphosate (mg/kg/jr)	28,7 - 38,2	0,0086 - 0,0115	Les doses sont du même ordre de grandeur
Quantité quotidienne de framboises consommées (kg/jr)	0,21 - 0,26	0,0086 - 0,0107	Les doses sont du même ordre de grandeur
Durée de l'exposition (année)	70 - 2	0,0003 - 0,0086	La dose estimée sur deux ans est 30 fois plus élevée que celle estimée sur 70 ans
Poids corporel (kg)	70 - 65	0,0086 - 0,0093	Les doses sont du même ordre de grandeur

Le seul paramètre qui influence la dose d'exposition est la durée de l'exposition. En effet, une exposition de deux ans estimée sur une période de 2 ans est 30 fois plus élevée que celle estimée sur une vie entière. Ce constat a déjà été soulevé dans notre analyse, c'est pourquoi nous avons adopté une approche plus conservatrice, qui consiste à estimer une dose quotidienne sur une durée correspondant à l'exposition réelle du scénario.

Par ailleurs, nous constatons qu'en modifiant, dans les limites du réalisme, les valeurs des autres paramètres, nous obtenons des doses d'exposition qui sont du même ordre de grandeur. Ces résultats nous indiquent que l'intervalle de stabilité de la dose d'exposition, estimée pour un adulte exposé par voie orale, est grand. L'impact de la variabilité des paramètres d'entrée sur la dose d'exposition étant faible, nous pouvons donc en déduire que les conclusions de l'estimation du risque potentiel sur la santé ne seront pas modifiées.

- Exposition du chasseur-pêcheur au glyphosate

Si on se réfère aux doses d'exposition estimées dans le scénario du chasseur-pêcheur (voir les tableaux 3.10 et 3.11), nous pouvons conclure que:

- L'apport du glyphosate provenant de la consommation d'eau potable, de gibier et de poisson est négligeable par rapport à la dose totale ingérée (DOE). Par contre, l'apport du glyphosate par la consommation de fruits sauvages (framboises) est importante dans l'estimation de la dose totale ingérée (DOE).

- L'apport du glyphosate est aussi importante par voie cutanée que par voie orale dans l'estimation de la dose totale d'exposition (DTA). La dose estimée par voie respiratoire est négligeable par rapport à la dose totale (DTA).

Ainsi, la consommation de framboises représente un apport important de glyphosate dans l'exposition totale du chasseur-pêcheur. L'évaluation de la sensibilité de la dose d'exposition du chasseur-pêcheur se fera donc par l'analyse des incertitudes associées à la consommation des framboises. Cette analyse consiste à évaluer l'influence des modifications des paramètres d'exposition sur la dose estimée. Les doses estimées au tableau 5.8 sont basées sur les mêmes présomptions énoncées précédemment pour le résidant.

Tableau 5.8 L'influence des modifications des paramètres associés à la consommation de framboises sur la dose quotidienne de glyphosate ingérée (DOE) dans le scénario du chasseur-pêcheur

Paramètres d'exposition (voir section 3.1.7)	Étendue des valeurs	Étendue de la dose d'exposition (mg/kg/jr)	Différence entre les doses d'exposition
Taux résiduels de glyphosate (mg/kg/jr)	28,7 - 38,2	0,0107 - 0,0142	Les doses sont du même ordre de grandeur
Quantité quotidienne de framboises consommées (kg/jr)	0,21 - 0,26	0,0086 - 0,0107	Les doses sont du même ordre de grandeur
Durée de l'exposition (année)	70 - 2	0,0003 - 0,0107	La dose estimée sur deux ans est 30 fois plus élevée que celle estimée sur 70 ans
Poids corporel (kg)	70 - 65	0,0107 - 0,0115	Les doses sont du même ordre de grandeur

Les conclusions, pour le scénario du chasseur-pêcheur exposé au glyphosate par la consommation des framboises sont les mêmes que celles notées dans le scénario du résidant; l'impact de la variabilité des paramètres d'entrée est faible sur la dose d'exposition estimée et également faible sur les résultats de l'estimation du risque potentiel sur la santé.

À cause de l'incertitude associée à l'exposition par voie cutanée et de l'importance de son apport à la dose totale d'exposition (DTA), nous évaluerons l'impact des modifications des paramètres d'exposition par voie cutanée sur la dose estimée. Les doses estimées par voie cutanée (voir tableau 5.9) sont basées sur les présomptions suivantes:

- Les taux résiduels foliaires délogeables correspondent à un taux d'interception des phytocides par la végétation qui est soit les 2/3 du taux d'application ($9,9 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) ou 100% du taux d'application ($15 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) (voir section 3.1.7);

- Pendant les 18 jours d'exposition, les taux résiduels foliaires sont soit diminués de moitié après les 9 premiers jours à cause d'une dégradation de 50% du glyphosate (selon Newton *et al.*, 1984, la TD50 est de 10 à 26 jours) ou non modifiés parce que nous présumons qu'il n'y a pas de dégradation du glyphosate dans la végétation;
- Les coefficients de transfert sont soit de 5 cm²/h, valeur suggérée par Zweig *et al.* (1985) ou de 10 cm²/h. Cette dernière valeur correspond à la valeur maximale observée par Zweig *et al.* (1985) qui rapporte des valeurs variant de 2.2 à 8,6 cm²/h pour une exposition des travailleurs au Captan^{MD} lors de la cueillette des fraises (voir section 3.1.7).
- L'exposition de 2 ans est estimée soit sur une vie entière (70 ans) ou sur une période de 2 ans.
- Les poids corporels correspondent soit à la valeur moyenne pour l'homme et la femme âgés de 18 à 75 ans ou à la valeur moyenne de la femme âgée de 18 à 75 ans (U.S. EPA, 1989a).

Tableau 5.9 L'influence des modifications des paramètres associés à l'exposition cutanée sur la dose d'exposition (DCA) au glyphosate estimée dans le scénario du chasseur-pêcheur

Paramètres d'exposition (voir section 3.1.7)	Étendue des valeurs	Étendue de la dose d'exposition (mg/kg/jr)	Différence entre les doses d'exposition
Taux résiduels foliaires délogeables ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	9,9 - 15	0,0063 - 0,0095	Les doses sont du même ordre de grandeur
Taux résiduels foliaires délogea- bles dans le temps ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	(9j à 9,9 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ + 9j à 5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ - 18j à 9,9 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	0,0047 - 0,0063	Les doses sont du même ordre de grandeur
Coefficient de transfert (cm ² /h)	5 - 10	0,0063 - 0,013	Les doses sont du même ordre de grandeur
Durée de l'exposition (année)	70 - 2	0,0002 - 0,0063	La dose estimée sur deux ans est 30 fois plus élevée que celle estimée sur 70 ans
Poids corporel (kg)	70 - 65	0,0063 - 0,0068	Les doses sont du même ordre de grandeur

Le seul paramètre qui influence la dose d'exposition est la durée de l'exposition; une exposition de deux ans estimée sur une période de 2 ans est 30 fois plus élevée que celle estimée sur une vie entière.

Par ailleurs, nous constatons qu'en modifiant, dans les limites du réaliste, les valeurs des autres paramètres nous obtenons des doses d'exposition qui sont toutes du même ordre de grandeur. Ces résultats nous indiquent que l'intervalle de stabilité de la dose estimée pour un adulte exposé par voie cutanée est grand. L'impact de la variabilité des paramètres d'entrée sur la dose d'exposition étant faible nous pouvons donc en déduire que les conclusions de l'estimation du risque potentiel sur la santé ne seront pas modifiées.

- Toxicité du glyphosate

Les études animales de toxicité chronique chez le rat, la souris et le chien n'ont pu démontrer que le glyphosate est un cancérigène. Selon U.S. EPA (1993a), le glyphosate est classé dans le groupe E ce qui signifie que le glyphosate n'est pas un cancérigène humain.

Pour les effets systémiques, les doses sans effet (NOEL) chez les rats sont de 31 et 362 mg/kg par jour, chez la souris elles sont de 714 mg/kg par jour tandis que chez les chiens elles sont supérieures à 500 mg/kg par jour et de 100 mg/kg par jour. Pour les effets sur la reproduction les NOEL chez les rats sont de 10 et 100 mg/kg par jour. Pour les effets foetotoxiques les valeurs de NOEL chez les rats sont de 1000 et 350 mg/kg par jour correspondant respectivement à des NOEL de toxicité maternelle de 1000 et 175 mg/kg par jour.

La D_{rf} chronique du glyphosate est obtenu à partir du NOEL de 10 mg/kg par jour pour ses effets sur la reproduction. Le fait d'utiliser les effets sur la reproduction pour estimer la D_{rf} chronique surestime le risque d'entraîner des effets systémiques. En effet, le NOEL de l'espèce la plus sensible pour les effets systémiques est de 31 mg/kg par jour.

L'estimation de la D_{rf} à partir d'un NOEL obtenu expérimentalement se base sur le principe que les humains sont dix fois plus sensibles que l'animal le plus sensible des études chroniques et que les personnes les plus sensibles sont dix fois plus sensibles que la moyenne des individus de la population. Cette approche pourrait conduire à surestimer l'appréciation du risque que présente le glyphosate pour la santé humaine si l'humain est moins sensible au glyphosate que l'animal (le plus sensible). Par ailleurs, nous ne possédons pas de preuve épidémiologique qui permettrait de confirmer ces présomptions.

Les ratios obtenus entre les D_{rf} subchroniques et les doses d'exposition sont suffisamment élevés pour que l'incertitude associée à l'extrapolation des données animales à l'humain ne puisse influencer l'appréciation des risques potentiels que représente le glyphosate pour la santé humaine.

Les données de toxicité chronique de la formulation Vision^{MD} ne sont pas disponibles. L'évaluation est généralement basée sur l'analyse de la toxicité du glyphosate, des additifs et des impuretés. Ainsi, le fait d'étudier séparément les différents produits composant la formulation commerciale nous empêche de prédire leur effet potentiel de synergie ou d'inhibition.

Lorsque les données épidémiologiques chez les travailleurs ou tout autre personne exposée au phytocide sont disponibles, il est possible d'évaluer la toxicité de la formulation commerciale. Cependant, ces données humaines ne sont pas disponibles pour la formulation Vision^{MD}. Toutefois, nous pouvons présumer que l'impact de cette incertitude associée à la toxicité de la formulation commerciale sera faible à cause du potentiel d'exposition de la population au phytocide Vision^{MD} qui est relativement faible.

5.1.2.2 Analyse des incertitudes associées à l'utilisation de l'hexazinone

- Exposition du résidant à l'hexazinone

D'après notre scénario du résidant, la seule voie d'exposition à l'hexazinone est attribuable à la consommation de l'eau potable. Les ratios obtenus entre les D_{rf} et les doses d'exposition sont suffisamment élevés pour que l'incertitude associée à la dose d'exposition ne puisse influencer l'appréciation du risque que présente l'hexazinone pour la santé de la population.

- Exposition du chasseur-pêcheur à l'hexazinone

L'évaluation de la sensibilité de la dose d'exposition du chasseur-pêcheur se fera par l'analyse des incertitudes associées à la consommation des denrées alimentaires et de l'eau potable et à l'exposition cutanée. Cette analyse consiste à évaluer l'influence des modifications des paramètres d'exposition sur les doses estimées. L'évaluation porte uniquement sur les valeurs extrêmes des paramètres. L'approche utilisée pour l'hexazinone consiste à modifier uniquement les taux résiduels et le taux d'absorption par voie orale. Les taux de consommation quotidienne du gibier et du poisson ne sont pas étudiés parce que ceux-ci sont déjà très conservateurs. La durée d'exposition ne sera également pas étudiée parce que, tel que mentionné pour le glyphosate, la période de 70 ans contribue à diminuer l'exposition. Les doses estimées au tableau 5.11 sont basées sur les présomptions suivantes:

- Les taux résiduels d'hexazinone dans l'eau potable correspondent soit à 0,0065 mg/l, valeur qui représente le 90^e percentile estimé à partir des concentrations mesurées sur une période de 17 mois après le traitement ou à 0,0082 mg/l, valeur qui représente, avec un niveau de confiance de 95 %, la limite supérieure de l'intervalle de confiance du 90^e percentile;
- Les taux résiduels d'hexazinone dans le poisson correspondent soit à 0,0065 mg/kg, valeur estimée en présumant d'un FBC de 1 et d'un taux résiduel dans l'eau de 0,0065 mg/l ou à 0,0164 mg/kg, valeur estimée en présumant d'un FBC de 2 et d'un taux résiduel dans l'eau de 0,0082 mg/l;

- Les taux résiduels d'hexazinone dans le gros gibier correspondent soit à 0,0002 mg/kg, valeur estimée en présumant que, pour la voie orale, le taux résiduel d'hexazinone dans la végétation correspond au 90e percentile des concentrations mesurées entre la 3ième semaine et le 2ième mois après le traitement (2,55 ppm) ou à 0,0051 mg/kg, valeur estimée en présumant que, pour la voie orale, le taux résiduel d'hexazinone dans la végétation la journée du traitement est 100 fois plus élevé (255 ppm) (voir section 3.1.7);
- Les taux résiduels d'hexazinone dans le petit gibier correspondent soit à 0,0055 mg/kg, valeur estimée en présumant que, pour la voie orale, le taux résiduel d'hexazinone dans la végétation correspond au 90e percentile des concentrations mesurées entre la 3ième semaine et le 2ième mois après le traitement (2,55 ppm) ou à 0,0303 mg/kg, valeur estimée en présumant que, pour la voie orale, le taux résiduel d'hexazinone dans la végétation la journée du traitement est 100 fois plus élevé (255 ppm) (voir section 3.1.7);
- Les taux d'absorption de l'hexazinone par voie orale sont soit de 20%, taux estimé chez les humains ou de 77%, taux estimé chez l'animal (voir tableau 3.6).

Tableau 5.10 Les doses quotidiennes d'hexazinone ingérées dans le scénario du chasseur-pêcheur selon différents paramètres d'exposition

Paramètres d'exposition (voir section 3.1.7)	Étendue des valeurs	Étendue de la dose d'exposition (mg/kg/jr)	Différence entre les doses d'exposition
Taux résiduels dans l'eau potable (mg/l)	0,0065* - 0,0082	$9,1 \times 10^{-6}$ * - 12×10^{-6}	Les doses sont du même ordre de grandeur
Taux résiduels dans le poisson (mg/kg)	0,0065* - 0,0164	$9,8 \times 10^{-6}$ * - $24,6 \times 10^{-6}$	La dose est 2 fois plus élevée que celle estimée dans notre scénario
Taux résiduels dans le gros gibier (mg/kg)	0,0002* - 0,0051	$0,16 \times 10^{-6}$ * - 4×10^{-6}	La dose est 25 fois plus élevée que celle estimée dans notre scénario
Taux résiduels dans le petit gibier (mg/kg)	0,0055* - 0,0303	$1,6 \times 10^{-6}$ * - $8,7 \times 10^{-6}$	La dose est 5 fois plus élevée que celle estimée dans notre scénario
Dose totale d'exposition (DOE totale)		0,00002* - 0,00005	La dose est 2 fois plus élevée que celle estimée dans notre scénario
Taux d'absorption par voie orale (%)	20 - 77*	$0,00002 \times 20\% = 0,000004$ $0,00002 \times 77\% = 0,00002*$ $0,00005 \times 20\% = 0,00001$ $0,00005 \times 77\% = 0,00004$	La différence entre les valeurs extrêmes des doses totales absorbées (DOA) est de 10

* valeurs estimées dans le scénario du chasseur-pêcheur de notre étude (voir chapitre 3)

Les doses obtenues dans le tableau 5.10 ont été estimées à partir des valeurs extrêmes pour les données connues et d'hypothèses très conservatrices pour les données non disponibles. Notre approche est donc d'évaluer l'influence de ces valeurs estimées sur les doses individuelles et sur la dose totale absorbée (DOA). La valeur de la DOA estimée dans notre scénario d'exposition (0,00002 mg/kg/jr) est du même ordre que celle de la DOA obtenue à partir des modifications des paramètres d'exposition (0,00004 mg/kg/jr). Toutefois, cette dernière valeur est 10 fois plus élevée que celle obtenue en appliquant un taux d'absorption de 20% sur la DOE estimée dans notre scénario d'exposition.

Malgré l'écart obtenu entre les doses DOA, l'impact sur la dose totale absorbée (DTA) reste négligeable à cause de l'apport négligeable de la DOA. De plus, l'influence de ces modifications sur le risque potentiel d'entraîner un effet sur la santé par la consommation des denrées alimentaires et de l'eau potable est également négligeable. Ceci s'explique par le fait que les D_{rf} chronique et subchronique sont respectivement de 1 000 à 10 000 fois plus élevées que la dose estimée à partir des modifications des paramètres d'exposition.

À cause de l'incertitude associée à l'exposition par voie cutanée et de l'importance de son apport à la dose totale d'exposition (DTA), nous évaluerons l'impact des modifications des paramètres d'exposition sur la dose DTA estimée. Les doses estimées par voie cutanée (voir tableau 5.11) sont basées sur les présomptions suivantes:

- Les taux résiduels foliaires délogeables correspondent à un taux d'interception des phytocides par la végétation qui est soit les 2/3 de 50% du taux d'application (7,2 µg/cm²) ou la 1/2 du taux d'application (11 µg/cm²) (voir section 3.1.7).
- Pendant les 18 jours d'exposition, les taux résiduels foliaires sont soit diminués de moitié après les 9 premiers jours à cause d'une dégradation de 50% de l'hexazinone (voir section 3.1.7) ou non modifiés parce que nous présumons qu'il n'y a pas de dégradation de l'hexazinone dans la végétation.
- Les coefficients de transfert sont soit de 5 cm²/h, valeur suggérée par Zweig *et al.* (1985) ou de 10 cm²/h. Cette dernière valeur correspond à la valeur maximale observée par Zweig *et al.* (1985) qui rapporte des valeurs variant de 2,2 à 8,6 cm²/h pour une exposition des travailleurs au Captan^{MD} lors de la cueillette des fraises (voir section 3.1.7).
- L'exposition d'un an est estimée soit sur une vie entière (70 ans) ou sur une période d'un an.
- Les poids corporels correspondent soit à la valeur moyenne pour l'homme et la femme âgés de 18 à 75 ans ou à la valeur moyenne de la femme âgée de 18 à 75 ans (U.S. EPA, 1989a).

Tableau 5.11 L'influence des modifications des paramètres associés à l'exposition cutanée sur la dose d'exposition à l'hexazinone (DCA) estimée dans le scénario du chasseur-pêcheur

Paramètres d'exposition (voir section 3.1.7)	Étendue des valeurs	Étendue de la dose d'exposition (mg/kg/jr)	Différence entre les doses d'exposition
Taux résiduels foliaires délogeables ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	7,2-11	0,015 - 0,025	La dose est 1,5 fois plus élevée que celle estimée dans notre scénario
Taux résiduels foliaires délogeables dans le temps ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	(9j à $7,2\mu\text{g}/\text{cm}^2$ + 9j à $3,6\mu\text{g}/\text{cm}^2$ - 18j à $7,2\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	0,011 - 0,015	Les doses sont du même ordre de grandeur
Coefficient de transfert (cm^2/h)	5 - 10	0,015 - 0,030	La dose est 2 fois plus élevée que celle estimée dans notre scénario
Durée de l'exposition (année)	70 - 1	0,0002 - 0,02	La dose estimée pour un an est 100 fois plus élevée que celle estimée pour 70 ans
Poids corporel (kg)	70 - 65	0,015 - 0,016	Les doses sont du même ordre de grandeur

Tel qu'indiqué auparavant, le facteur qui a le plus d'influence est la durée de l'exposition. Les hypothèses qui ont contribué à augmenter la dose estimée dans notre scénario du chasseur-pêcheur est le taux d'interception de l'hexazinone par la végétation correspondant à 50% du taux d'application et le coefficient de transfert qui a doublé. Pour ces deux cas la dose est de 0,03 mg/kg par jour.

Cette dose de 0,03 mg/kg par jour est établie à partir d'hypothèses très conservatrices et est considérée comme étant une valeur extrême. Néanmoins, cette dernière dose d'exposition absorbée est du même ordre de grandeur que la D_{rf} chronique absorbée (0,04 mg/kg par jour) et inférieure d'un ordre de grandeur à la D_{rf} subchronique absorbée (0,20 mg/kg par jour). Nous pouvons donc conclure que malgré des hypothèses d'exposition très conservatrices, l'hexazinone présente un risque négligeable pour la santé de la population concernant les effets systémiques, les effets sur la reproduction et sur le développement.

- Toxicité de l'hexazinone

Selon les conclusions de l'évaluation de l'étude d'oncogénicité chez la souris réalisée par le comité "HED Carcinogenicity Peer Review Committee" (U.S. EPA, 1993b), l'hexazinone est classé dans la catégorie C, ce qui signifie que l'hexazinone est un cancérigène humain possible. Cette affirmation se base sur le fait que les preuves de cancérogénicité provenant des études

animales sont insuffisantes et que la certitude concernant son potentiel cancérigène chez l'humain est faible à cause de l'absence de données humaines.

Il n'existe pas de preuves suffisantes pour quantifier le potentiel cancérigène de l'hexazinone (U.S. EPA, 1992b). Cela signifie que le risque pour ce phytocide doit être évalué pour des effets autres que la cancérogénicité. Dans le cadre d'une évaluation de risque, nous devons donc considérer l'hexazinone comme un produit non cancérigène.

Présentement, l'hexazinone est en réévaluation par un comité d'expert. Selon M. Ertman (1994) de U.S. EPA, Review and Re-registration Division, si l'hexazinone devait changer de catégorie dans la classification du poids de la preuve de la cancérogénicité humaine, celui-ci passerait de la catégorie C à la catégorie D. Cette dernière catégorie signifie que le produit ne peut être classé comme un cancérigène humain.

Tel que mentionné pour le glyphosate les facteurs d'incertitudes appliqués au NOEL afin d'obtenir une Drf peuvent contribuer à surestimer l'appréciation du risque de l'hexazinone pour la santé humaine si l'humain est moins sensible à l'hexazinone que l'animal (le plus sensible). Par ailleurs, nous ne possédons pas de preuve épidémiologique qui permettrait de confirmer ces présomptions.

Les données de toxicité chronique et les données humaines de la formulation Velpar^{MD} L, tel que mentionné pour le Roundup^{MD}, ne sont pas disponibles. Toutefois, nous pouvons présumer que l'impact de cette incertitude associée à la toxicité de la formulation commerciale sera faible à cause du potentiel d'exposition de la population au Velpar^{MD} L qui est relativement faible.

5.1.3 Exposition totale aux phytocides

À la section 3.3, nous avons estimé la dose totale d'exposition de la population attribuable à l'utilisation de phytocides en milieu forestier ainsi qu'à son exposition en bruit de fond pour ces phytocides.

Les tableaux 5.12 et 5.13 indiquent les ratios obtenus entre la Drf chronique et la dose totale d'exposition de la population aux phytocides. D'après les résultats des tableaux 5.12 et 5.13, les doses totales d'exposition sont toutes inférieures aux Drf chroniques. Nous pouvons donc conclure que, l'apport de glyphosate et d'hexazinone attribuable aux travaux d'entretien forestier par le MRN ne contribue pas à augmenter la dose d'exposition de la population à un taux qui pourrait représenter un risque à la santé.

Tableau 5.12 Comparaison de la dose totale d'exposition aux phytocides par voie orale avec les Drf

Scénario d'exposition	Phytocide	DOE totale (mg/kg/jr)	Dose en bruit de fond (mg/kg/jr)	Dose totale (mg/kg-/jr)	Drf chronique/ Dose totale
Résidant	Glyphosate	0,01	0,0232	0,03	3
	Hexazinone	0,0001	négligeable	0,001	500
Chasseur-pêcheur	Glyphosate	0,01	0,0232	0,03	3
	Hexazinone	0,00002	négligeable	0,00002	2500

Tableau 5.13 Comparaison de la dose totale absorbée des phytocides avec les Drf chroniques absorbées

Scénario d'exposition	Phytocide	DTA (mg/kg-/jr)	Dose absorbée en bruit de fond (mg/kg/jr)	Dose totale absorbée (mg/kg-/jr)	Drf chronique absorbée/ Dose totale absorbée
Résidant	Glyphosate	0,003	0,008	0,01	4
	Hexazinone	0,00008	négligeable	0,00008	500
Chasseur-pêcheur	Glyphosate	0,01	0,008	0,02	2
	Hexazinone	0,02	négligeable	0,02	2

5.1.4 Scénario d'une exposition à court terme

Tel que mentionné auparavant, les Drf de toxicité aiguë n'étant pas disponibles, notre analyse sera donc basée sur la comparaison des doses estimées, selon le scénario d'exposition à court terme (voir section 3.4), avec les Drf subchroniques.

5.1.4.1 Exposition par voie orale

La dose DOE_c a été estimée à partir d'un scénario d'exposition similaire à celui du chasseur-pêcheur. L'approche conservatrice utilisée tout au long du processus d'analyse de l'exposition à court terme, nous conduit à déterminer une exposition correspondant au niveau le plus élevé qui pourrait découler de l'utilisation des phytocides en milieu forestier. Malgré la démarche conservatrice, nous avons obtenu des doses d'exposition inférieures, d'au moins un ordre de grandeur, à la Drf subchronique. Par conséquent, nous pouvons conclure que, sous les conditions décrites dans le scénario à court terme, l'ingestion de glyphosate et d'hexazi-

none présente un risque négligeable concernant les effets toxiques aigus. Le tableau 5.14 indique le rapport entre la D_{rf} subchronique et la dose totale ingérée (DOE_c)

Tableau 5.14 Comparaison de la dose totale ingérée (DOE_c) avec la D_{rf} subchronique

Phytocide	DOE _c totale (mg/kg)	D _{rf} subchronique/ DOE _c totale
Glyphosate	0,06	23
Hexazinone	0,0002	1250

Une autre approche est présentée à la section 3.4.2 afin d'évaluer le risque d'une intoxication attribuable à une consommation accidentelle de fruits sauvages et d'eau fortement contaminés.

- Consommation de fruits sauvages

Les taux de consommation de fruits sauvages estimés pour obtenir une dose équivalente à la D_{rf} subchronique ou à la dose avec effet représentent des quantités improbables de consommation par une personne pour une journée d'exposition. Il n'est pas surprenant d'obtenir de tels résultats à cause de la faible toxicité du glyphosate. Nous pouvons donc conclure que le risque d'entraîner des effets toxiques aigus est négligeable pour une personne qui consomme accidentellement des fruits directement arrosés au glyphosate.

Les taux de consommation de fruits estimés pour obtenir une dose équivalente à la D_{rf} chronique représentent des quantités probables de consommation par une personne pour une journée d'exposition. Toutefois, vu que la D_{rf} chronique est une dose quotidienne estimée pour une exposition pendant la vie entière, nous pouvons également conclure que, la consommation pendant une seule journée de fruits arrosés directement présente un risque négligeable pour la santé de la population.

- Consommation d'eau

Les taux de consommation d'eau estimés pour obtenir une dose équivalente à la D_{rf} subchronique représentent des quantités improbables de consommation par une personne pour une journée d'exposition. Nous pouvons donc conclure que, si une personne boit accidentellement de l'eau directement arrosée au glyphosate ou de l'hexazinone, le risque d'entraîner des effets toxiques aigus sera négligeable.

Les taux de consommation d'eau estimés pour obtenir une dose équivalente à la Drf chronique représentent des quantités probables de consommation par une personne pour une journée d'exposition. Toutefois, vu que la Drf chronique est une dose quotidienne estimée pour une exposition pendant la vie entière, nous pouvons donc conclure que, la consommation pendant une seule journée d'eau arrosée directement présente un risque négligeable pour la santé de la population.

5.1.4.2 Exposition totale à court terme

D'après les résultats de l'analyse de l'exposition à court terme (voir tableau 3.21), nous notons que la voie cutanée représente le principal apport à la dose totale d'exposition. Toutefois, malgré l'approche conservatrice ayant servi à estimer la dose d'exposition cutanée, nous obtenons pour le glyphosate une dose totale absorbée (DTA_c) inférieure ou égale à la Drf subchronique absorbée. Par contre, et dans un cas seulement, l'exposition totale à l'hexazinone (DTA_c) est supérieure à la Drf subchronique absorbée. Le taux d'exposition estimée dans ce dernier cas, est attribuable uniquement à la dose d'exposition cutanée estimée sur la base d'hypothèses présumant des valeurs supérieures extrêmes pour le coefficient de transfert et le taux de rétention. Or, puisque la dose d'exposition cutanée représente la principale voie d'exposition et que celle-ci a été estimée sur la base de plusieurs facteurs inconnus, il ne serait pas raisonnable d'en conclure que, l'exposition à l'hexazinone présente nécessairement un risque pour la santé. Cependant, nous ne pouvons pas non plus confirmer l'absence complète de risque. Par ailleurs, si nous nous référons aux taux résiduels estimés dans l'environnement ainsi qu'aux données d'exposition des travailleurs et ce malgré les incertitudes de cette approche, nous pouvons en déduire que la valeur de la DTA_c serait plus près du taux de 0,09 mg/kg que de celui de 0,94 mg/kg, et que, par conséquent, le risque d'une intoxication à l'hexazinone, selon les conditions du scénario d'exposition à court terme, devrait être négligeable pour la population.

Ainsi, l'exposition d'une seule journée au glyphosate devrait présenter un risque négligeable concernant les effets nocifs aigus. Pour l'hexazinone, la probabilité que l'exposition d'une journée entraîne un effet nocif aigu est faible. En effet, ce n'est que dans le cas où les hypothèses d'exposition se basent sur des valeurs supérieures extrêmes que la DTA_c est supérieure à la Drf subchronique absorbée. De plus, d'après les données obtenues chez les travailleurs, l'exposition cutanée de notre promeneur en forêt semble surestimée. Dans ce contexte, nous pouvons présumer, que la probabilité d'entraîner un effet toxique aigu sera faible pour une personne exposée une seule journée à l'hexazinone. Par ailleurs, étant donné que, la dose totale (DTA_c) à l'hexazinone correspond à la dose d'exposition cutanée, nous pouvons en déduire que s'il y a un risque pour la santé, celui-ci serait attribuable essentiellement à l'exposition cutanée. Or, sur les sites traités à l'hexazinone, il y a généralement très peu de végétation et de fruits sauvages, ce qui devrait minimiser les risques d'une exposition cutanée significative. Seule une étude de l'exposition cutanée des randonneurs nous permettrait de tirer des conclusions fermes.

Tableau 5.15 Comparaison de la dose totale absorbée (DTA_c) avec la Drf subchronique absorbée

Phytocide	DTA _c (mg/kg)	Drf subchronique/ DTA _c
Glyphosate	0,06	8
	0,41	1
Hexazinone	0,09	2
	0,94	0,2

5.1.5 Conclusion

Les deux scénarios d'exposition à long terme analysés dans notre étude ont permis d'étudier deux groupes de la population ayant des habitudes différentes. Ainsi, le résidant utilise très peu le milieu forestier, par contre, le fait d'habiter à proximité de ce milieu pourrait entraîner une contamination de son environnement due à la dérive des phytocides au moment de l'arrosage. La présence de bandes de protection est normalement suffisante pour protéger notre résidant de toutes formes de dérive provenant soit par voie aérienne ou par ruissellement. Le scénario du chasseur-pêcheur simule une personne qui utilise le milieu forestier pour sa consommation alimentaire et fréquente le milieu au moment du traitement pour s'adonner à ses activités de chasse et de pêche.

Selon les hypothèses émises dans le scénario d'exposition du résidant au glyphosate, les milieux qui risquent d'être contaminés par la dérive sont les légumes du potager, le bétail qui broute la végétation du pâturage et l'eau potable dont la source d'approvisionnement provient d'un ruisseau situé à proximité. Si on se réfère aux doses quotidiennes de glyphosate ingéré (voir tableau 3.8) et à la dose totale absorbée (DTA) (voir tableau 3.9), nous notons que la principale source d'exposition de notre résidant ne provient pas de son environnement immédiat mais plutôt du milieu forestier. En effet, la dose totale d'exposition (DTA) est attribuable à la consommation quotidienne, pendant deux ans, de framboises provenant uniquement du site traité et contaminées aux concentrations initiales. La dose estimée pour notre résidant exposé au glyphosate est, par ailleurs, très faible et inférieure aux Drf.

La dose totale d'exposition au glyphosate estimée pour notre chasseur-pêcheur (voir tableaux 3.10 et 3.11) provient principalement de la consommation quotidienne, pendant deux ans, de framboises provenant uniquement du site traité et contaminées aux concentrations initiales et du contact cutané pendant 18 jours, avec une végétation contaminée aux concentrations initiales. Toutefois, la dose estimée pour notre chasseur-pêcheur exposé au glyphosate est très faible et inférieure aux Drf.

L'analyse des incertitudes reliées à l'exposition à long terme démontre que les modifications des paramètres d'exposition n'ont pas d'impact sur la dose totale estimée (DTA) pour le glyphosate. Malgré les hypothèses conservatrices qui ont servi à estimer les doses d'exposition du résidant et du chasseur-pêcheur, l'utilisation du glyphosate en milieu forestier, selon les bonnes pratiques d'application telles le respect des directives indiquées sur l'étiquette et le respect des bandes de protection, présente un risque négligeable pour la population concernant les effets systémiques ainsi que les effets sur la reproduction et le développement.

Le risque d'entraîner des effets de toxicité aiguë est également négligeable pour toutes personnes exposées selon le scénario à court terme. Plus particulièrement, la consommation de framboises ou d'eau directement arrosées présente un risque négligeable pour notre promeneur se trouvant sur les lieux la journée du traitement. En effet, la toxicité du glyphosate étant faible, les taux de consommation estimés pour atteindre la D_{rf} subchronique sont très élevés voire improbables.

Toutefois, la formulation du glyphosate étant potentiellement irritante il est possible qu'une personne en contact avec une végétation fraîchement arrosée puisse manifester des problèmes cutanés. Ce potentiel irritant pourrait éventuellement se manifester lors de l'ingestion de grandes quantités de fruits sauvages contaminés à des taux élevés de glyphosate.

Selon les hypothèses émises dans le scénario d'exposition du résidant à l'hexazinone, le milieu qui risque d'être contaminé est l'eau potable dont la source d'approvisionnement provient d'un ruisseau situé à proximité. Ainsi, la principale voie d'exposition de notre résidant est la consommation, pendant 17 mois, d'une eau contaminée à l'hexazinone. Toutefois, la dose estimée pour notre résidant exposé à l'hexazinone est très faible et inférieure aux D_{rf}.

La principale voie d'exposition à l'hexazinone de notre chasseur-pêcheur est attribuable au contact, pendant 18 jours, avec une végétation contaminée aux concentrations initiales. Toutefois, la dose estimée pour notre chasseur-pêcheur exposé à l'hexazinone est faible et inférieure aux D_{rf}.

L'analyse des incertitudes reliées à l'exposition démontre que les modifications des paramètres d'exposition ont peu d'impact sur la dose totale d'exposition à l'hexazinone (DTA). Malgré les hypothèses conservatrices qui ont servi à estimer les doses d'exposition du résidant et du chasseur-pêcheur, l'utilisation de l'hexazinone en milieu forestier, selon les bonnes pratiques d'application telles le respect des directives indiquées sur l'étiquette et le respect des bandes de protection, présente un risque négligeable pour la population concernant les effets systémiques ainsi que les effets sur la reproduction et le développement.

Le risque d'entraîner des effets sur la santé par la consommation d'eau directement arrosée est également négligeable pour notre promeneur se trouvant sur les lieux la journée du traitement.

En effet, la toxicité aiguë de l'hexazinone étant faible, les taux de consommation estimés pour atteindre la D_{rf} subchronique sont très élevés voire improbables. Par contre, la dose d'exposition cutanée estimée dans notre scénario à court terme est très élevée et pourrait présenter un danger pour la santé, étant donné que le taux estimé est supérieur à la D_{rf} subchronique absorbée. Cependant, à cause de l'approche conservatrice privilégiée dans l'analyse de l'exposition cutanée, nous pouvons présumer qu'il est peu probable que la dose estimée soit représentative de la réalité et que le risque d'entraîner des effets toxiques aigus soit faible. Afin de confirmer cette hypothèse, il faudrait qu'une étude de l'exposition cutanée des randonneurs et des cueilleurs soit réalisée de façon prioritaire.

5.1.6 Scénario d'un cas accidentel

Le scénario accidentel d'un promeneur exposé au glyphosate est décrit à la section 3.5. Tel que déjà mentionné, l'appréciation du risque attribuable à l'exposition à des concentrations élevées de produit durant une courte période est réalisable si nous possédons des données sur la dose-réponse en toxicité aiguë. À défaut de ces données nous utilisons des D_{rf} subchroniques.

D'après les ratios obtenus en comparant les D_{rf} subchroniques par voie cutanée et par voie orale aux doses totales d'exposition, nous pouvons conclure que l'arrosage accidentel d'une personne exposée selon le scénario décrit dans notre étude, ne présente pas de risque appréciable pour la santé.

Tableau 5.16 Comparaison des doses d'exposition d'une personne arrosée accidentellement au glyphosate avec la D_{rf} subchronique cutanée et la D_{rf} subchronique absorbée par voie orale

Dose cutanée totale (mg/kg/jr)	Dose totale absorbée (mg/kg/jr)	D _{rf} cutanée/ Dose cutanée totale	D _{rf} subchronique absorbée par voie orale/ Dose totale absorbée
2,72	0,08	18	5,9

Cependant, à cause du potentiel irritant de la formulation Roundup^{MD} nous pouvons présumer qu'une personne arrosée accidentellement avec ce phytocide peut manifester des problèmes d'irritation cutanée si cette personne ne prend pas le soin de se laver immédiatement après l'incident.

5.2 CARACTÉRISATION DES RISQUES SUR LA SANTÉ DES TRAVAILLEURS

L'estimation des risques à la santé des travailleurs a fait l'objet d'une première discussion dans la section 4. Compte tenu de la nature des données disponibles et des approches retenues pour la quantification du risque, nous avons jugé qu'il était effectivement difficile de séparer complètement ces sections. Dans la présente section, nous faisons un bilan des informations déjà traitées et présentons notre estimation des risques potentiels pour les travailleurs.

5.2.1 Risque à la santé des travailleurs lors de l'utilisation de routine du glyphosate (Vision^{MD})

Lorsque l'on compare les concentrations mesurées dans l'air ambiant des travailleurs qui effectuent des applications de glyphosate à la concentration permise acceptable pondérée (CPAP) déterminée dans cette étude, nous constatons que tous les travailleurs se situent à un niveau sécuritaire. Dans le pire des cas, nous calculons un facteur de sécurité de 33. Comme la CPAP fut pondérée sur une période de 8 heures par jour, 220 jours par année sur une période de 40 ans et que cette valeur est surestimée par rapport à la réalité, nous croyons que l'exposition par inhalation ne constitue pas un facteur de risque important pour les travailleurs.

Les mesures de concentrations urinaires nous indiquent aussi un faible niveau de risque pour les travailleurs. Les données disponibles montrent en effet que lorsque les recommandations en matière de sécurité sont respectées, le glyphosate est rarement décelable dans l'urine des travailleurs. Même dans les cas où le respect des pratiques sécuritaires laisse à désirer, les concentrations urinaires mesurées sont généralement faibles et offrent un bon facteur de sécurité lorsqu'on les compare à la concentration qui aurait été excrétée suite à l'ingestion de la dose interne correspondant à la D_{rf} chronique. Les données publiées par USDA (1988a) vont dans le même sens que nos conclusions même si tous leurs résultats proviennent d'estimations faites à partir de résultats d'études avec le 2,4-D.

Plusieurs considérations nous amènent à conclure que les risques d'atteintes à la santé des travailleurs sont faibles dans des conditions normales d'opération.

- Le glyphosate présente une faible toxicité tant aiguë que chronique.
- Les études animales n'ont pas démontré de différence significative entre la toxicité du produit technique et la toxicité de la formulation commerciale à l'exception du potentiel irritant de cette dernière.
- Les impuretés du produit se retrouvent à des taux très en deçà des taux pouvant entraîner des risques à la santé.

- Dans la majorité des cas, le glyphosate n'est pas détecté dans l'urine des travailleurs et lorsque l'analyse d'urine est positive, les concentrations mesurées offrent une bonne marge de sécurité lorsque comparées à la quantité absorbée des D_{ref} chroniques ou subchroniques.
- Le glyphosate n'est pas un cancérigène.

Les données disponibles mettent bien en évidence l'importance du respect des règles de sécurité pour limiter l'exposition des travailleurs. Les promoteurs devraient donc s'assurer que les mécanismes de contrôle des pratiques de travail soient efficaces de façon à maintenir le caractère sécuritaire de ce type d'opération.

Il existe tout de même des incertitudes reliées à l'exposition des travailleurs forestiers au glyphosate (Vision^{MD}). La première provient de la grandeur échantillonnale pour certaines techniques d'application. En effet, la majorité des données disponibles proviennent de résultats pour la technique de l'applicateur à barillet. Nous ne possédons aucune donnée pour les applicateurs à rampe alors que seulement trois travailleurs ont été suivis pour la technique aérienne. Dans le cas de la rampe, nous pouvons supposer que l'exposition est sensiblement la même que pour l'applicateur à barillet. Les résultats de l'exposition professionnelle à l'hexazine (section 4.3) vont d'ailleurs dans ce sens. Les données disponibles sur l'exposition au glyphosate (Vision^{MD}) lors de l'utilisation de techniques manuelles ne nous permettent que de faire une évaluation qualitative des risques.

Par ailleurs, bien que la toxicité aiguë de la formulation de Vision^{MD} ne soit pas plus élevée que celle du glyphosate technique, nous n'avons aucune donnée concernant la toxicité chronique de la formulation. Même si les additifs, les impuretés et l'ingrédient actif pris individuellement ne semblent pas présenter un risque important, nous ne sommes pas en mesure d'évaluer la toxicité chronique de la formulation commerciale.

5.2.2 Risque à la santé des travailleurs suite à une exposition accidentelle au glyphosate

Il est difficile de prédire les effets systémiques qui pourraient survenir lors d'une exposition accidentelle au glyphosate. Bien que le produit présente une faible toxicité, les taux d'exposition estimés pour les scénarios accidentels peuvent dépasser les doses de références internes considérées comme sécuritaires. Le niveau de risque est beaucoup plus important dans le cas d'une exposition accidentelle à la formulation commerciale non diluée. La tâche de responsable du mélange des produits pourrait être plus à risque compte tenu que ce dernier manipule fréquemment le produit sous sa forme concentrée.

Nous croyons cependant, à la lumière des données toxicologiques, que les effets autres que les problèmes d'irritation cutanée seraient peu importants si le travailleur avait la possibilité de se laver immédiatement sur les lieux mêmes du travail. La faible absorption cutanée du glyphosate nous permet de supporter cette affirmation. Par ailleurs, les doses internes estimées pour les travailleurs ont été comparées à des doses de références internes chroniques et subchroniques, comme l'exposition est ponctuelle dans le cas d'un accident, nous pouvons considérer que le niveau de risque calculé est surestimé dans cette étude.

Les résultats des estimations de l'exposition lors de scénarios accidentels nous démontrent cependant l'importance de prévoir des équipements de décontamination sur les sites opérationnels. D'autre part, les travailleurs devraient être bien informés des procédures à suivre lors d'une exposition accidentelle.

5.2.3 Risque à la santé des travailleurs lors de l'utilisation de routine de l'hexazinone (Velpar^{MD} L ou Pronone^{MD})

Les résultats présentés dans cette étude nous démontrent que les applicateurs de Velpar^{MD} L qui utilisent un pistolet applicateur sont généralement exposés à des taux supérieurs à la dose de référence pour le travail (DRT) déterminée lors d'une étude précédente du CTQ (Samuel *et al.*, 1991). Bien que le respect des pratiques sécuritaires puissent atténuer les niveaux d'exposition dans certains cas, nous ne pouvons recommander l'utilisation de cette technique d'application. Il existe plusieurs techniques d'application alternatives pour lesquels les résultats d'exposition sont en deça de la DRT proposée et nous considérons que ces techniques devraient être favorisées.

Les résultats de la phase I de la seule étude d'exposition professionnelle à l'hexazinone disponible nous indiquent que les autres techniques n'exposent pas les travailleurs à des niveaux à risque. Cependant, les résultats de la phase II de l'étude démontrent clairement que le respect des recommandations en matière de pratiques sécuritaires permet de diminuer considérablement l'exposition des travailleurs.

À la lumière des données toxicologiques et des données d'exposition disponibles, l'ensemble des travailleurs, à l'exception des utilisateurs du pistolet applicateur, ne seraient pas exposés à des taux d'hexazinone qui pourraient produire des effets sur leur santé.

Au risque de se répéter, nous voulons rappeler l'importance du respect des recommandations en matière de pratiques sécuritaires. Les promoteurs devraient donc s'assurer de bien informer les travailleurs en matière de sécurité et de plus, ils devraient contrôler le respect des pratiques recommandées.

En terme de toxicité aiguë, la formulation commerciale de Velpar^{MD} L présente une plus faible toxicité que l'hexazinone technique. Nous pouvons donc croire que la formulation commerciale ne représente pas un risque plus important que le produit technique à court terme. Il existe cependant une incertitude pour ce qui est de la toxicité chronique. En effet, comme c'est le cas pour la majorité des pesticides, il n'existe aucune donnée de toxicité chronique pour la formulation commerciale. Même si les additifs et l'ingrédient actif pris individuellement ne semblent pas présenter un risque important, nous ne sommes pas en mesure d'évaluer la toxicité chronique de la formulation commerciale.

Par ailleurs, il nous a été impossible de connaître le liste des impuretés dans la formulation commerciale. La compagnie Dupont nous indique qu'il n'ont pas à fournir cette liste lorsque les impuretés représentent moins de 1% de la formulation.

Une autre incertitude concerne le potentiel cancérigène de l'hexazinone. Bien qu'U.S. EPA (communication personnelle) nous indique que le produit pourrait passer de la classe C à la classe D, nous ne connaissons par les résultats de l'évaluation de l'hexazinone par un comité d'experts.

5.2.4 Risque à la santé des travailleurs suite à une exposition accidentelle à l'hexazinone (Velpar^{MD} L)

Selon les deux scénarios accidentels proposés, les doses que pourraient absorber les travailleurs dépassent les doses de références internes chroniques et subchroniques retenues pour notre évaluation du risque. Comme ces D_{rf} furent calculées à partir d'une dose sans effet obtenue lors d'études animales subchroniques et chroniques, les niveaux de risque calculés sont probablement surestimés. Il n'en demeure pas moins qu'il ne faut pas négliger les effets possibles d'une exposition accidentelle.

Tout comme pour le glyphosate, il est difficile de prévoir les effets systémiques qui pourraient résulter d'une telle exposition d'où l'importance de mise en place de mesures de sécurité efficaces. Si les travailleurs disposent d'équipements de décontamination sur les lieux mêmes du travail, les risques d'atteinte à la santé devraient être faibles.

5.2.5 Risque à la santé des travailleurs lors de l'utilisation de routine du triclopyr (Release^{MD})

Les résultats de l'étude de Middendorf (1992) nous indiquent que lorsque les travailleurs portent leur équipement de protection individuelle et entretiennent bien leur pulvérisateur, les niveaux d'exposition sont en deça de la D_{rf}. En tenant compte de ces données, nous pouvons supposer que le traitement de l'écorce basale ne présente pas de risque important pour la santé des travailleurs. Cependant, le manque d'information relative à certains aspects techniques concernant les travaux qui pouvaient être effectués au Québec nous empêche de tirer des

conclusions fermes à partir des seules données fournies par l'étude de Middendorf (1992). En effet, le MRN nous indique que seules des tiges de plus de 6 cm seraient traitées mais nous ne connaissons pas le nombre de tiges moyen qui pourrait être traité par un travailleur lors d'une journée de travail. Il nous est donc impossible de faire une estimation de l'importance de l'utilisation pour une journée type de travail.

Selon une étude effectuée par Dow Elenco (Léveillé, 1994), 97% des feuillus arborescents retrouvés dans une plantation de 5 ans auraient des tiges inférieures à 2 centimètres de diamètre, ce qui pourrait nous faire supposer une faible utilisation de triclopyr par les travailleurs. Cependant, nous ne pouvons être certains que le site évalué possède les mêmes caractéristiques que les sites qui pourraient être traités dans le futur.

Bien que la toxicité aiguë du triclopyr, de son métabolite (3,5,6-trichloro-2-pyridinol) et de la formulation commerciale soit faible, nous ne possédons cependant pas de donnée relative à la toxicité chronique de la formulation commerciale.

De façon générale, les risques d'exposition nous semblent faibles en autant que les travailleurs respectent les recommandations en matière de pratiques sécuritaires de travail. Cependant, la Drf n'a pas été révisée par le Comité HED RfD à cause des données manquantes sur la toxicité du triclopyr (U.S. EPA, 1991) et toutes modifications par rapport à la Drf nous amèneraient donc à reconsidérer notre évaluation. Il serait aussi important de documenter davantage l'exposition des travailleurs dans un contexte québécois pour que nous puissions tirer des conclusions fermes pour ce qui est des risques pour la santé attribuables à l'utilisation du triclopyr. D'autre part, la technique proposée pour les traitements implique l'utilisation importante d'huile minérale. Bien que l'équipement proposé pour effectuer les travaux devrait limiter les risques d'inhalation de brouillard d'huile (pompe à faible pression, buse produisant des grosses gouttes), il est primordial qu'un bon programme d'entretien préventif soit mis sur pied pour s'assurer du bon fonctionnement des équipements.

6 RECOMMANDATIONS

L'ensemble des analyses effectuées dans le cadre de ce rapport nous indique que les risques à la santé devraient être faibles pour les travailleurs et la population. Cependant, plusieurs incertitudes ont été identifiées lors de l'exercice, c'est pourquoi nous croyons qu'il est important de faire les recommandations suivantes:

- Avant tout épandage de phytocides, le MRN devrait continuer à avertir la population locale du lieu et de la date des applications.
- Le MRN devrait aussi continuer à émettre des avis indiquant qu'il est préférable de ne pas consommer les fruits sauvages immédiatement à la suite d'une application de glyphosate. Il devrait en être de même lorsqu'il y a présence de fruits sur un site traité à l'hexazinone.
- Afin de pouvoir valider et préciser les conclusions sur l'exposition cutanée des randonneurs, il faudrait déterminer les coefficients de transfert et évaluer l'exposition (dose) en conditions de terrain représentatives.
- Le MRN devrait orienter sa stratégie d'échantillonnage environnemental en fonction des exigences des nouvelles méthodes d'évaluation de risque.