



Centre de Toxicologie du Québec

Étude de l'exposition professionnelle
des travailleurs forestiers exposés
au glyphosate.

WA
240.5
.G58
C397
1983

Août 1988

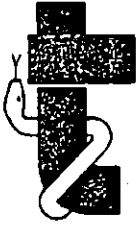


Le Centre Hospitalier de l'Université Laval — 2705, boul. Laurier, Québec, Qué. G1V 4G2

SANTÉCOM

NOTE

Une copie de l'étude complète incluant les annexes est disponible pour consultation à chacun des bureaux régionaux du MER.



Centre de Toxicologie du Québec

ÉTUDE DE L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE
DES TRAVAILLEURS FORESTIERS EXPOSÉS
AU GLYPHOSATE

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC
CENTRE DE DOCUMENTATION
MONTREAL

CENTRE DE TOXICOLOGIE
DU QUÉBEC

A001 1988

Le Centre Hospitalier de l'Université Laval - 2705, boul. Laurier, Sainte-Foy, Québec. G1V 4G2.

TÉL.: (418) 654-2254 (418) 654-2100 (laboratoire)

TÉLÉCOPIEUR/FAX (418) 654-2754

TABLE DES MATIÈRES

	Page
ÉQUIPE DE RÉALISATION	iv
REMERCIEMENTS	v
RÉSUMÉ	vi
ABSTRACT	viii
LISTE DES TABLEAUX	x
1. INTRODUCTION	1
2. DESCRIPTION CHRONOLOGIQUE DES ACTIVITÉS	3
2.1 Mise au point de la méthode analytique (1986) ..	3
2.2 Échantillonnage pour l'été 1986	4
2.3 Échantillonnage et résultats pour l'été 1987 ...	6
3. TOXICITÉ DU GLYPHOSATE	8
4. RÉSULTATS POUR L'ÉTÉ 1986	10
4.1 Concentrations de glyphosate dans l'air mesurées aux sites de travail lors des pulvérisations ...	10
4.2 Dosage du glyphosate dans l'urine	12
4.3 Questionnaires médicaux et examens de santé	13
5. RÉSULTATS POUR L'ÉTÉ 1987	14
5.1 Dosage du glyphosate dans l'urine	14
5.2 Effet du masque respiratoire	14
5.3 Enquête sur les pratiques sécuritaires au travail	14

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	Page
TABLEAUX	19
6. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	24
7. BIBLIOGRAPHIE	26

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Cette étude est le fruit d'un travail collectif dont les principaux artisans ont été:

. **Dino Manca, chimiste**

Développement de la méthode analytique pour le glyphosate dans l'urine; application lors de la première campagne d'échantillonnage.

. **Denise Phaneuf, pharmacienne**

Revue de la toxicité du glyphosate;
calculs pharmacocinétiques, rédaction du rapport final

. **Jean-Guy Guillot, chimiste**

Modifications à la méthode initiale;
application lors de la seconde campagne d'échantillonnage

. **Onil Samuel, conseiller en prévention**

Enquête sur les pratiques sécuritaires;
analyse statistique des résultats.

. **Jean-Philippe Weber, chimiste**

Coordonnateur du projet
Participation à la rédaction des rapports.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier plus particulièrement:

- . Jean-Louis Benedetti, M.D.
- . Patrick Levallois, M.D.
- . Albert Nantel, M.D.

pour leurs précieux commentaires tout au long de la rédaction du rapport ainsi que Louise Fournier, secrétaire, pour la grande disponibilité qu'elle a apporté pour dactylographier le rapport final.

Par ailleurs, de nombreuses personnes ont contribué de près ou de loin à la réalisation de l'étude. Il s'agit principalement:

. DU CTQ

- Suzanne Morin, technologiste médicale
- Ghislaine Harvey, chef technologiste
- Corinne Bergeron, secrétaire
- Denise Mercier, secrétaire

. DU MER

- Luc Laberge, biologiste
- Luc Major, biologiste
- Guy Mamarbachi, chimiste

ainsi que tous les travailleurs forestiers qui se sont prêtés de bonne grâce aux contraintes de l'étude.

. DU CLSC Chaleurs

- Alain Duguay, technicien en hygiène industrielle
- Micheline Langlois, coordonnatrice
- Yolaine Galarneau, M.D.

Résumé

La présente étude a été réalisée dans le but d'évaluer l'exposition subie par les travailleurs forestiers qui utilisent l'herbicide glyphosate et de vérifier si les pratiques de sécurité en vigueur permettaient de limiter cette exposition. La toxicité tant aiguë que chronique du glyphosate est faible selon les études faites sur des modèles animaux. L'irritation de la peau, des yeux et des muqueuses est le seul problème qui ait pu être démontré avec certitude.

Ce projet a comporté trois phases principales : la mise au point d'une méthode d'analyse du glyphosate dans l'urine, son application pour la surveillance biologique d'un groupe restreint de travailleurs, et finalement la surveillance de groupes plus importants de travailleurs afin d'estimer l'efficacité des moyens de protection utilisés.

La technique analytique mise au point utilise la chromatographie liquide à haute performance avec détection par fluorescence. Sa limite de détection de 15 µg/L permet d'apprécier une exposition excessive au glyphosate.

Au cours de l'été 1986 la mesure des taux de glyphosate urinaire a été appliquée à la surveillance d'une équipe de cinq travailleurs (contremaître, mélangeur, opérateur, signaleurs) affectée à l'application de glyphosate. Simultanément le ministère de l'Energie et des Ressources a procédé à la mesure des taux de glyphosate dans l'air respiré par les travailleurs, à l'aide de moniteurs personnels. Les deux méthodes indiquent que le mélangeur est le travailleur le plus exposé. Cependant, la surveillance biologique donne une évaluation plus réaliste de l'exposition, tenant compte de toutes les voies d'absorption dans l'or-

ganisme. Par ailleurs, les examens médicaux n'ont rien révélé d'anormal.

Pour l'été 1987 l'étude a porté sur quarante travailleurs, mélangeurs pour la plupart, oeuvrant dans différentes régions de la province. Certains étaient employés du MER, d'autres travaillaient pour des contracteurs. Chaque participant devait fournir six échantillons d'urine, prélevés à chaque matin pendant la période d'arrosage, pour la détermination du taux de glyphosate. Par la suite, une rencontre avec chaque travailleur devait permettre d'évaluer les pratiques sécuritaires utilisées et les facteurs pouvant les influencer. L'analyse des réponses obtenues et leur mise en corrélation avec les taux urinaires de glyphosate ont indiqué des différences notables entre les employés du MER et leurs homologues à contrat. Ces derniers étaient moins bien informés des risques, utilisaient moins les équipements de protection individuelle, et ne disposaient pas toujours d'installations sanitaires adéquates. Ces différences se reflétaient sur les taux de glyphosate dans l'urine. L'emploi de bonnes pratiques sécuritaires a donc pour effet de diminuer l'absorption de glyphosate par les travailleurs.

Abstract

The present study was undertaken in order to evaluate the exposure of forestry workers to the herbicide glyphosate and to determine if the recommended safety practices were effective in limiting this exposure. Toxicity of glyphosate, whether acute or chronic, is low, as determined by mammalian studies. Skin, eye, and mucous membrane irritation is the only demonstrated problem.

This project was carried out in three steps : the development of an analytical method for the determination of glyphosate in urine, its application to the biological monitoring of a small group of workers, and finally the monitoring of a larger number of workers in order to estimate the effectiveness of the safety practices in use.

The analytical method developed uses high performance liquid chromatography (HPLC) with fluorescence detection. The detection limit of 15 $\mu\text{g/L}$ is adequate for the identification of overexposure to glyphosate.

During the summer of 1986 we monitored a crew of forest workers (foreman, mixer, operator and two flagmen) in charge of glyphosate spraying operations. At the same time, the Ministry of Energy and Resources measured the levels of glyphosate in the breathing zone of the workers, using personal sampling pumps. Both methods showed the mixer to be the most exposed worker, however biological monitoring gave a more realistic assessment taking into account all routes of exposure. Medical examinations conducted on the workers showed no abnormalities.

During the summer of 1987, a larger-scale study was conducted on 40 forest workers, mostly mixers, based in several regions of the province. Some of these worked for the MER, and others for

private contractors. Each participant was asked to submit morning urine samples on six consecutive days during the spraying period, for the determination of glyphosate. All workers were then interviewed individually to evaluate the availability and use of safety equipment, and their attitude towards safety. Statistical analyses performed upon the data showed that the levels of glyphosate in the urine of government employees were significantly lower than those of workers hired by private contractors. The latter were not as well informed of the hazards involved in pesticide handling, made less use of safety equipment and generally lacked appropriate washing facilities. It was thus demonstrated that good safety practices were effective in reducing worker exposure to glyphosate.

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau 1:</u>	Arrosage au glyphosate: Chronologie / (Conditions météo)	5
<u>Tableau 2:</u>	Concentrations de glyphosate mesurées aux sites de travail lors des pulvérisations terrestres de phytocides en 1986	7
<u>Tableau 3:</u>	Taux urinaires de glyphosate chez les travailleurs ($\mu\text{g/L}$) - 1986)	11
<u>Tableau 4:</u>	Mesure des taux de glyphosate chez les travailleurs (été 1987)	15
<u>Tableau 5:</u>	Concentrations de glyphosate selon le lien d'emploi	20
<u>Tableau 6:</u>	Concentrations moyennes de glyphosate selon le lien d'emploi et les catégories de travailleurs	21
<u>Tableau 7:</u>	Concentrations moyennes de glyphosate selon la catégorie de travailleurs	22
<u>Tableau 8:</u>	Mesures d'association entre les pratiques sécuritaires et les taux moyens de glyphosate .	23

1. INTRODUCTION

Bien que le glyphosate soit réputé être un herbicide peu toxique, il n'existe que très peu de données concernant ses effets sur l'homme et l'animal. Dans ce contexte, le ministère de l'Énergie et des Ressources a demandé au Centre de Toxicologie du Québec d'effectuer une étude visant à évaluer l'exposition subie par les travailleurs forestiers qui manipulent le glyphosate.

Les mandats spécifiques étaient les suivants:

- . Mise au point d'une méthode fiable et sensible pour le dosage du glyphosate dans l'urine.
- . Validation de la méthode de dosage par la surveillance biologique d'un groupe restreint (équipe de travail) de travailleurs affectés à l'application terrestre du produit.
- . Interprétation des résultats obtenus en fonction des propriétés toxiques connues du glyphosate.
- . Comparaison avec les mesures d'hygiène industrielle traditionnelles (pompes personnelles).
- . Surveillance biologique de différents groupes de travailleurs, employés du ministère ou à contrat, et selon le type d'emploi.
- . Interprétation des résultats en fonction de la toxicité du produit, des conditions de travail et des mesures de protection individuelle.
- . Recommandations concernant la pratique de travail, les mesures de protection collective et individuelle.

On retrouve dans le présent rapport la description des activités entreprises au cours des deux dernières années, les résultats obtenus, l'interprétation de ces résultats en fonction des risques à la santé des travailleurs, l'évaluation des pratiques de travail, ainsi que les recommandations qui en découlent.

2. DESCRIPTION CHRONOLOGIQUE DES ACTIVITÉS

2.1 Mise au point de la méthode analytique (1986)

En 1986, il n'existait aucune méthode publiée permettant le dosage du glyphosate dans l'urine. Cependant, il nous semblait possible d'adapter des méthodes existantes (qui s'appliquent à d'autres milieux, tels que l'eau, le sol, les fruits) et d'obtenir une limite de détection suffisamment basse. Nous visions 50 µg/L initialement, ce chiffre étant basé principalement sur des considérations analytiques en tenant compte des limites de détection atteintes pour le dosage du glyphosate dans d'autres milieux (1 et 2).

Les données toxicologiques sur le glyphosate sont peu nombreuses. Cependant, comme nous le verrons plus loin (Section III), la dose journalière admissible proposée par le gouvernement américain est de 0,1 mg/kg/jr ou 6 mg, pour un adulte de 60 kg. Une limite de détection de 50 µg/L devait donc nous permettre de détecter 1,25% de cette dose (excrétion journalière de 1,5 L d'urine). Comme par ailleurs, il semble que le glyphosate absorbé soit excrété majoritairement par la voie urinaire (3 et 4), la limite de détection proposée nous apparaissait adéquate pour mettre en évidence toute exposition excessive.

L'approche retenue fait appel à la chromatographie liquide à haute performance avec réaction post-colonne et détection par spectroscopie de fluorescence, l'échantillon d'urine ayant préalablement été purifié par extraction solide-liquide. Une fois optimisée, cette méthode possède une limite de détection de 15 µg/L.

2.2 Échantillonnage pour l'été 1986

L'évaluation du paramètre d'exposition (mesure du glyphosate urinaire) devait se faire sur un groupe restreint d'individus exposés. Les conditions d'exposition devaient être mesurées le plus fidèlement possible. De concert avec les autorités du MER, nous avons choisi une équipe de travailleurs affectée à l'épandage du glyphosate dans le Parc de la Gaspésie, au cours des mois d'août et septembre 1986. Les échantillons ont été recueillis, tel que décrit dans un protocole pré-établi.

L'équipe est composée de cinq membres ayant chacun des fonctions bien définies, soit un mélangeur, un opérateur, deux signaleurs et un contremaître.

Les échantillons d'urine devaient être recueillis à la fin de la journée de travail, ainsi qu'au lever, avant d'entreprendre les opérations d'arrosage. Les conditions de travail et de météo, ainsi que toute perturbation des activités normales qui auraient pu influencer les taux de glyphosate mesurés, ont été prises en note. La supervision de ce travail a été confié à un technicien en hygiène industrielle.

Au cours de la période d'échantillonnage, le technicien a procédé à la collecte et à l'envoi régulier des échantillons d'urine. En tout, 200 spécimens ont été acheminés au laboratoire pour fins d'analyse. De ceux-ci, 20 avaient perdu leur étiquette d'identification en cours de transport et n'ont pas été analysés. La chronologie des événements (période d'arrosage, conditions météorologiques) est présentée au tableau 1.

Tableau 1

Arrosage au glyphosate : Chronologie / (Conditions météo)

Date 1986	MATIN			APRÈS-MIDI		
	Durée	Temp.	Humidité relative	Durée	Temp.	Humidité relative
<u>AOÛT</u>						
04	2 hres	18°C	100%	--	--	--
05	5 hres	13°C	85%	4 hres	25°C	55%
06	7 hres	13°C	90%	--	--	--
07	7 hres	17°C	100%	--	--	--
08	(pas d'arrosage-pluie)			(pas d'arrosage-pluie)		
09	2 hres	15°C	100%	2 hres	28°C	65%
10	3 hres	15°C	100%	3 hres	30°C	55%
11	2 hres	15°C	95%	--	--	--
12	(pas d'arrosage-pluie)			(pas d'arrosage-pluie)		
13	3 hres	6°C	100%	3 hres	26°C	45%
14	3 hres	12°C	90%	--	--	--
15	(changement de site)			(changement de site)		
16	(changement de site)			(changement de site)		
17	3 hres	15°C	90%	--	--	--
18	(pas d'arrosage)			(pas d'arrosage)		
19	3 hres	15°C	90%	--	--	--
20	(pas d'arrosage)			(pas d'arrosage)		
21-25	(pas d'arrosage-pluie)			(pas d'arrosage-pluie)		
26	--	--	--	1 hre	25°C	60%
27	1 hre	15°C	80%	--	--	--
28-31	(pas d'arrosage-pluie)			(pas d'arrosage-pluie)		
<u>SEPT.</u>						
01	(pas d'arrosage-pluie)			(pas d'arrosage-pluie)		
02	--	--	--	2 hres	22°C	65%
03	--	--	--	7 hres	27°C	40%
04	2 hres	12°C	60%	2 hres	24°C	50%
05	(durée non précisée)			(durée non précisée)		
06	(pas d'arrosage)			(pas d'arrosage)		
07	(pas d'arrosage)			(pas d'arrosage)		
08	2 hres	6°C	100%	2 hres	22°C	65%
09	4 hres	3°C	100%	2 hres	18°C	80%
10	2 hres	3°C	100%	1 hre	20°C	65%
11	1 hre	14°C	100%	--	--	--

Avant le début des opérations, les travailleurs ont été soumis à une évaluation médicale comprenant le prélèvement d'échantillons sanguins pour la mesure de paramètres biochimiques (SMA-12) et un examen physique. À la fin de la période de travail, un second examen a eu lieu, afin de décèler toute modification de l'état de santé. À cette occasion, les sujets ont complété un questionnaire relatif à l'exposition au glyphosate.

Par ailleurs, le MER a procédé à la mesure des taux de glyphosate dans l'air, prélevés dans la zone respiratoire des travailleurs. Les prélèvements ont été effectués à l'aide de moniteurs personnels et les analyses subséquentes ont été faites dans les laboratoires du MER. Le sommaire de ces résultats apparaît au tableau 2.

2.3 Échantillonnage et résultats pour l'été 1987

Tel qu'il avait été convenu, l'évaluation du paramètre d'exposition (mesure du glyphosate urinaire) devait se faire sur un nombre plus grand de travailleurs. Plusieurs groupes de travailleurs, distribués dans différentes régions de la province, ont été sélectionnés par le MER.

Les travailleurs n'avaient pas tous le même lien d'emploi avec le MER. Certains étaient des employés du MER (en régie), alors que les autres étaient des contractuels. Toutes les catégories d'emploi étaient représentées, mais suite à la première partie du projet, nous avons sélectionné surtout des mélangeurs, chez qui les risques d'exposition semblaient les plus élevés.

TABLEAU 2

Concentrations de glyphosate mesurées aux sites de travail lors des pulvérisations terrestres de phytocides en 1986

DATE	DURÉE (mn)	SIGNALEUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DURÉE (mn)	OPÉRATEUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DURÉE (mn)	CONTREMAÎTRE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DURÉE (mn)	MÉLANGEUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
86-08-05 am	132	1,13	132	N.D. ¹	88	0,56	216	1,89
06 am	141	0,89	136	0,32	369	0,53	352	5,67
07 am	392	0,33	391	0,68	335	1,36	400	2,79
09 am	132	0,34	129	1,07	166	0,21	110	6,59
10 am	323	0,14	324	0,55	321	0,11	366	0,83
11 am	184	0,22	181	0,91	166	1,80	206	10,30
13 am	274	0,47	283	1,48	247	N.D. ¹	319	2,64
14 am	304	1,53	292	6,39	329	2,07	288	10,50
\bar{x}^2		0,63		1,43		0,84		5,15
86-08-05 pm	57	1,78	-	-	69	0,98	102	6,04
09 pm	156	1,54	168	8,26	119	4,18	182	7,74
10 pm	173	4,47	165	8,31	158	1,84	216	6,37
13 pm	96	1,22	69	2,90	87	2,65	54	1,76
\bar{x}		2,25		6,49		2,41		5,48

¹N.D.: $< 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

²Dans le cas des valeurs N.D., la moitié de la limite de détection a été utilisée.

TIRÉ DE: Concentrations de glyphosate dans l'air et exposition des travailleurs lors de certaines pulvérisations terrestres de phytocides, en 1986.

Luc Major, biologiste
Guy Mamarbachi, chimiste

PAR: GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES
DIRECTION DE LA CONSERVATION

MAI 1987.

Chaque travailleur devait fournir six échantillons d'urine, le premier prélèvement devant être fait au début de la période d'arrosage et le dernier à la fin, les autres étant distribués durant la période. Les échantillons recueillis étaient ceux de la première urine du matin suivant une journée de travail avec le glyphosate. S'il n'y avait pas eu d'arrosage la veille, aucun échantillon n'était prélevé. En tout, 40 travailleurs ont participé au programme et 268 spécimens d'urine ont été acheminés au laboratoire de toxicologie.

La deuxième phase du projet a été complétée par une étude sur les pratiques sécuritaires des travailleurs. Nous avons rencontré les travailleurs, afin d'évaluer les pratiques sécuritaires utilisées (équipement de protection personnelle, mesure d'hygiène) et les facteurs pouvant influencer ces pratiques (disponibilité des équipements, informations, etc.). Cette enquête a été réalisée de façon rétrospective et 31 travailleurs y ont participé. Des 40 travailleurs qui devaient fournir des échantillons d'urine, quatre n'avaient pas rempli les feuilles de renseignement, ce qui rendait impossible l'évaluation de leur exposition en fonction du temps. Des 36 travailleurs restant, cinq n'ont pu être rejoints, étant toujours en forêt. L'analyse des réponses fournies devait nous permettre de vérifier s'il existait des différences au niveau des pratiques sécuritaires, selon les liens d'emploi, et si l'absence de pratiques sécuritaires se reflétait au niveau des concentrations urinaires.

3. TOXICITÉ DU GLYPHOSATE

Les études de toxicité animales nous laissent supposer que le glyphosate possède une faible toxicité aiguë (5 à 8) et ce, pour toutes les voies d'exposition (orale, cutanée et inhalation). La majorité des LD₅₀ ont une valeur supérieure à 5000 mg/kg.

Les études de toxicité chronique vont également dans ce sens: la toxicité semble faible. Il faut cependant faire remarquer que l'EPA (Environmental Protection Agency) a demandé à la compagnie Monsanto de reprendre les études d'oncogénicité, mais les études faites jusqu'ici ne laissent pas prévoir un risque majeur (6), d'autant plus que les tests de mutagénicité étaient négatifs (6). Les études de tératogénicité étaient également négatives (6).

Le seul problème que les études animales nous laissent présager pour l'humain est l'irritation, soit de la peau ou des muqueuses lorsque le glyphosate est appliqué (6), ou des voies respiratoires lorsqu'il est inhalé (8 et 9). Dans ce dernier cas, il faut cependant spécifier que les concentrations auxquelles les rats étaient exposés étaient 40 000 fois supérieures, lorsqu'il s'agit d'exposition aiguë et 2000 fois supérieures, lorsqu'il s'agit d'exposition sub-chronique, à ce que les travailleurs peuvent être exposés.

Quant aux données toxicologiques chez l'humain, elles sont peu nombreuses. En 1986, Maibach (10) publiait une étude faite auprès de 346 volontaires, où l'on comparait le Roundup (pour son potentiel irritatif sur la peau) à un nettoyeur tout usage, un shampoing pour bébé et un détergent à lave-vaisselle. L'étude concluait que le potentiel irritant de l'herbicide est le même que le shampoing pour bébé et moindre que pour les deux autres produits.

La compagnie Monsanto, quant à elle, mentionne que le Roundup peut être associé à certains problèmes d'irritation pour les yeux, la peau et les muqueuses lorsqu'il y a éclaboussure. Cependant, ces problèmes seraient dus au surfactant se trouvant dans la préparation commerciale (4).

La dose journalière admissible ou DJA (quantité d'un produit qu'un homme peut manger chaque jour durant toute sa vie, sans risque d'atteinte à la santé) est évaluée à 0,1 mg/kg/jr (11 et 12).

4. RÉSULTATS POUR L'ÉTÉ 1986

4.1 Concentrations de glyphosate dans l'air mesurées aux sites de travail lors des pulvérisations

Les valeurs des concentrations de glyphosate mesurées dans l'atmosphère de travail sont présentées au tableau 2. Comme on pouvait s'y attendre, c'est le mélangeur qui présente la valeur de concentration la plus élevée (10.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurée, le 14 avant-midi). Si l'on essaie d'évaluer la dose maximale pouvant être absorbée à partir de cette concentration, pour une exposition de 8 heures par jour, en considérant:

. que la concentration moyenne mesurée dans l'air était représentative de l'exposition à ce poste,

. que les travailleurs y étaient exposés tout au cours des heures de travail de la journée,

. que le taux respiratoire (débit ventilatoire) était de 28,6 L/min (taux moyen pour un homme effectuant un travail léger (13),

on obtient une dose maximale ayant pu être absorbée de 144 μg .

Comme nous l'avons vu, la DJA pour le glyphosate est de 0,1 mg/kg/jr ou 6 mg pour un homme de 60 kg, et 7 mg pour un homme de 70 kg. Une dose de 144 μg correspond donc à 2,4% ou 2,1% de la DJA.

Cependant, la DJA est toujours évaluée en fonction d'une administration orale et, dans ce cas-ci, l'absorption se fait par inhalation. Comme on l'a vu précédemment, l'absorption du glyphosate ne semble pas très élevée par voie orale. Les quelques études disponibles chez l'animal nous disent que l'absorption du glyphosate par le tube digestif serait de l'ordre de 7 à 15%.

Tableau 3

Taux urinaires de glyphosate chez les travailleurs (µg/L) - 1986

No.	Date	Heure	Sig.(1)	Sig.(2)	Opér.	Mél.	Contre- maître
0	86.08.04	matin	+	+	+	30	N.D.
1	86.08.04	soir	N.D.	+	+	N.D.	N.D.
2	86.08.05	matin	N.D.	+	N.D.	31	N.D.
3	86.08.05	soir	N.D.	+	N.D.	+	+
4	86.08.06	matin	+	N.D.	N.D.	43	43
5	86.08.06	soir	+	N.D.	+	N.D.	N.D.
6	86.08.07	matin	+	+	+	N.D.	+
7	86.08.07	soir	N.D.	+	N.D.	46	+
8	86.08.09	matin	N.D.	N.D.	--	51	+
9	86.08.09	soir	--	--	--	41	+
10	86.08.10	matin	+	+	+	N.D.	--
11	86.08.10	soir	N.D.	N.D.	+	--	N.D.
12	86.08.11	matin	+	N.D.	N.D.	+	+
13	86.08.11	soir	N.D.	+	+	55	N.D.
14	86.08.12	matin	N.D.	+	N.D.	52	N.D.
15	86.08.13	matin	N.D.	N.D.	+	--	+
16	86.08.13	soir	--	--	N.D.	--	--
17	86.08.14	matin	+	N.D.	--	N.D.	N.D.
18	86.08.15	matin	--	--	+	N.D.	N.D.
19	86.08.19	soir	+	N.D.	N.D.	33	+
20	86.08.20	matin	N.D.	+	N.D.	+	32
21	86.08.27	matin	+	N.D.	--	N.D.	N.D.
22	86.08.27	soir	N.D.	--	N.D.	N.D.	N.D.
23	86.09.02	soir	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	+
24	86.09.03	matin	N.D.	N.D.	N.D.	30	N.D.
25	86.09.03	soir	--	N.D.	N.D.	+	+
26	86.09.04	matin	N.D.	+	N.D.	32	N.D.
27	86.09.04	soir	+	+	N.D.	--	N.D.
28	86.09.05	matin	N.D.	N.D.	N.D.	+	N.D.
29	86.09.05	soir	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
30	86.09.06	matin	N.D.	N.D.	+	N.D.	N.D.
31	86.09.08	matin	N.D.	N.D.	N.D.	--	N.D.
32	86.09.08	soir	+	+	+	--	N.D.
33	86.09.09	matin	+	N.D.	N.D.	36	N.D.
34	86.09.09	soir	N.D.	--	+	42	+
35	86.09.10	matin	N.D.	+	N.D.	N.D.	+
36	86.09.10	soir	N.D.	N.D.	+	N.D.	N.D.
37	86.09.11	matin	N.D.	+	+	+	N.D.
38	86.09.11	soir	N.D.	N.D.	N.D.	--	N.D.
39	86.09.12	matin	+	+	+	39	N.D.

Notes: N.D. = < 10 µg/L

+ = détectable, non quantifiable

-- = échantillon non analysé (ou pas de prélèvement)

Dans le cas présent, si l'on considère qu'il y a seulement 5% de la DJA qui est absorbée, la charge corporelle serait de 300 µg ou 350 µg, selon qu'il s'agit d'un homme de 60 ou 70 kg. En supposant que la dose reçue par le travailleur par inhalation est complètement absorbée, les 144 µg de "charge corporelle" ainsi obtenus sont encore inférieurs à ceux obtenus, en respectant la DJA.

Donc, en conclusion, les mesures effectuées dans l'atmosphère de travail laissent supposer que la dose de glyphosate absorbée par les travailleurs est faible et ne devrait pas présenter de risque appréciable pour leur santé.

4.2 Dosage du glyphosate dans l'urine

Les taux urinaires mesurés sont indiqués au tableau 3. La plupart des taux sont inférieurs à la limite de quantification de 30 µg/L. Dans certains cas, il était possible de détecter des traces de glyphosate, mais non de les quantifier avec précision. Ces résultats, qui se situent entre 10 et 30 µg/L, sont indiqués comme positifs dans le tableau.

À partir de ces résultats, on peut voir que le poste le plus exposé est le poste de mélangeur. Il est cependant difficile de faire des corrélations plus poussées concernant les concentrations. Ceci peut s'expliquer en partie par le fait que les corrélations entre les concentrations dans l'air ambiant et dans l'urine sont toujours plus précises lorsqu'elles sont faites par un groupe d'individus que pour un seul sujet.

Un fait mérite d'être souligné; le 7 août, le mélangeur a travaillé durant une période de 400 minutes avec des concentrations dans l'atmosphère de travail à 2,79 µg/m³, ce qui nous laisse supposer une dose absorbée de 32 µg (rythme respiratoire fixé à 28,6 L/min.). La charge corporelle en glyphosate pour ce travailleur était très faible avant cette exposition, puisque les deux prélèvements urinaires précédents étaient non détectables.

Donc, après cette exposition, l'échantillon d'urine du mélangeur avait une valeur de 46 µg/L et de 51 µg/L, deux jours plus tard, sans qu'il y ait eu d'autres expositions.

Ce qui rend cette exposition intéressante est le fait qu'il est pratiquement impossible qu'après avoir absorbé 32 µg de glyphosate, un travailleur puisse avoir une concentration urinaire à 51 µg/L, deux jours plus tard.

En revisant l'histoire du déroulement des arrosages, on se rend compte qu'un accident est survenu le 7 août au matin. À la suite d'une fausse manoeuvre, le mélangeur fut arrosé de Roundup dilué, ce qui laisse supposer qu'une dose supérieure à celle estimée par les concentrations dans l'atmosphère ait pu être absorbée. Ceci va dans le sens de notre évaluation.

Nous pouvons donc conclure de cet épisode que les dosages biologiques nous donnent une évaluation plus réaliste de la dose absorbée que la mesure des concentrations faites dans l'atmosphère de travail.

4.3 Questionnaires médicaux et examens de santé

Le questionnaire médical, spécifique à l'exposition au glyphosate, a été rempli lors du deuxième examen médical, après la fin des travaux sur le terrain. Il indique que les travailleurs n'ont pas éprouvé de problèmes de santé majeurs pouvant être attribués au glyphosate. Certains symptômes ont cependant été rapportés. Un travailleur a manifesté de l'irritation cutanée à éruption papuleuse péribuccale. Cet épisode a commencé une semaine après le début des arrosages et a duré une semaine.

Trois travailleurs ont souffert de symptômes grippaux pendant la période d'arrosage. Les symptômes ont persisté durant une à deux semaines après la cessation des travaux. Deux travailleurs ont ressenti des symptômes gastro-intestinaux (constipation et, dans un cas, nausées et vomissements).

Tous ces symptômes sont non spécifiques et n'indiquent pas à priori une toxicité particulière pour le glyphosate. Enfin, un travailleur a subi une irritation oculaire après avoir été éclaboussé par du Roundup.

Les examens médicaux et les analyses de biochimie réalisés avant et après la période d'arrosage n'ont rien révélé d'anormal.

5. RÉSULTATS POUR L'ÉTÉ 1987

5.1 Dosage du glyphosate dans l'urine

Les taux urinaires mesurés sont indiqués au tableau 4. Il est à remarquer que la méthode analytique a été améliorée durant l'année 1987 et que la limite de détection a pu être abaissée à 15 µg/L. Les résultats inférieurs à la limite sont indiqués comme étant non détectables (ND).

5.2 Effet du masque respiratoire

Afin de vérifier l'efficacité du masque respiratoire, un mélangeur en régie (code = BORE) a travaillé pendant une semaine avec un masque, suivi d'une semaine sans masque. Tous les prélèvements urinaires accusaient des taux de glyphosate inférieurs à la limite de détection. Il a donc été impossible de tirer des conclusions quant à l'efficacité de ce moyen de protection.

5.3 Enquête sur les pratiques sécuritaires au travail

Comme nous l'avons déjà mentionné, une enquête sur les pratiques sécuritaires des travailleurs a été effectuée au cours de l'été 1987. Un rapport complet concernant les résultats de cette enquête intitulée "Pratiques sécuritaires et concentrations moyennes de glyphosate dosées dans l'urine des travailleurs forestiers, utilisant le "Roundup", a été réalisé.

Tableau 4

Mesure des taux de glyphosate chez les travailleurs (été 1987)

Code	emploi	affiliation	Taux urinaires de glyphosate (µg/L)						
			1	2	3	4	5	6 (# prélèv.)	
ASPI	Coord. aérien	Contrat	ND	ND	ND	ND	ND		
BARI	Signaleur	Régie	ND	ND	ND	ND			
BEDE	Opérateur	Contrat	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
BEDE*	Opérateur	Contrat	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
BEJE	Mélangeur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
BEJE*	Mélangeur	Régie	ND	20	ND	ND	ND	ND	ND
BEJA	Opérateur	Contrat	ND	ND	ND	25	ND	ND	
BERE	Mélangeur	Contrat	ND	ND	60	ND	40	ND	
BORE	Mélangeur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
BORE*	Mélangeur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
BOLU	Mélangeur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
BOLU*	Mélangeur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
BOMI	Ctremtre	Contrat	30	30	95	25	35	35	
BRNE	Inconnu	Inconnu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
CAPA	Mélangeur	Contrat	25	20	25	25	25	ND	
CAPA*	Mélangeur	Contrat	ND						
CHYV	Signaleur	Contrat	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
COHE	Mélangeur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
COHE*	Mélangeur	Régie	ND	25	ND	20	ND	ND	
CORO	Opérateur	Contrat	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
COYV	Mélangeur	Régie	ND	ND	20	ND	ND	ND	
CYDA	Signaleur	Régie	ND	ND	ND	25	ND	ND	
FOGO	Mél. aérien	Contrat	ND	ND	ND	ND	ND		
GAGA	Signaleur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

Tableau 4 (suite)

Mesure des taux de glyphosate chez les travailleurs (été 1987)

Code	emploi	affiliation	Taux urinaires de glyphosate ($\mu\text{g/L}$)						
			1	2	3	4	5	6 (# prélèv.)	
GAGI	Opérateur	Contrat	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
GAMA	Signaleur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
GARO	Mélangueur	Contrat	ND	ND	ND	ND	ND		
GAJE	Inconnu	Inconnu	25						
GOST	Charg. aérien	Contrat	ND	ND	ND	65	40	ND	
GUMA	Mélangueur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
LASE	Mélangueur	Inconnu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
LASE *	Mélangueur	Inconnu	30						
LAJE	Inconnu	Inconnu	ND	ND	ND	ND	20	ND	
LAJE *	Inconnu	Inconnu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
LEGA	Opérateur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
MADE	Mélangueur	Contrat	65	25	ND	35	45	ND	
MADA	Ctremtre	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
MAYV	Mélangueur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND		
MEGU	Signaleur	Inconnu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
MOGI	Ctremtre	Contrat	ND	25	ND	ND	30	30	
OTBE	Signaleur	Contrat	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
PIJE	Signaleur	Contrat	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
POMA	Signaleur	Contrat	ND	35	ND	ND	ND	45	
PORE	Inconnu	Inconnu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
POMB	Mélangueur	Contrat	ND	ND	ND	40	25	ND	
THGA	Mélangueur	Régie	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
THDA	Signaleur	Contrat	35	30	ND	ND	35	ND	
THRE	Ctremtre	Régie	ND	ND	ND	ND	ND		

Notes : code = code d'identification du travailleur

* = suite des résultats pour un même travailleur

ND = résultat inférieur à la limite de détection

Comme nous l'avons déjà expliqué, également 31 travailleurs ont participé à cette enquête, de ce nombre 12 étaient des employés du MER et 19 étaient liés à un contractant.

Des résultats de cette enquête, il ressort que les pratiques de travail sont différentes entre les employés du MER et les contractuels.

Les variables pour lesquelles les contractuels ont obtenu des scores significativement inférieurs sont:

- . L'obligation de porter une visière, un masque et des gants.
- . La connaissance des règles et des procédures en matière de port des protecteurs.
- . La présence d'installations pour ranger et nettoyer les protecteurs individuels.
- . Le port effectif de la visière, du masque, des bottes et des gants de caoutchouc.
- . Le contrôle du port des protecteurs.
- . La présence d'installations pour prendre une douche en fin de journée.
- . Les informations sur les propriétés toxicologiques du glyphosate.
- . L'importance accordée au port de bottes et de gants de protection.
- . La disponibilité de bottes de caoutchouc et d'habits jetables.
- . La disponibilité du manuel de sécurité.

Ces différences au niveau des pratiques sécuritaires se reflètent également dans les concentrations urinaires. Les concentrations urinaires moyennes des employés du MER sont inférieures à celles des travailleurs contractuels (voir tableau 5).

Si on regarde maintenant les concentrations moyennes pour les travailleurs en régie et ceux à contrat, mais pour chaque catégorie de travailleurs (voir tableau 6), on se rend compte que les concentrations des travailleurs à contrat sont toujours supérieures à celles en régie. La différence est significative pour les mélangeurs. Elle n'est pas significative pour les signaleurs et ne peut être évaluée pour les autres postes, étant donné le nombre restreint de travailleurs.

Lorsqu'on calcule une concentration urinaire moyenne pour chaque catégorie d'emploi, indépendamment du lien d'emploi (voir tableau 7), il n'y a aucune différence significative entre les groupes, bien que les mélangeurs présentent les résultats les plus élevés. Toutes les catégories de travailleurs, sauf les mélangeurs, démontrent une concentration moyenne de glyphosate inférieure à 8 µg/L. En ce qui concerne la catégorie des mélangeurs, elle est de 11,6 µg/L. Le tiers de ceux-ci ont un taux moyen de glyphosate supérieur à 18 µg/L.

Par la suite, on a vérifié si la présence ou l'absence de certaines pratiques sécuritaires pouvait se refléter sur les taux urinaires. Le tableau 8 identifie les sept variables, significativement associées aux taux moyens de glyphosate dans l'urine pour l'ensemble des travailleurs, qu'ils soient employés du MER ou contractuels.

TABLEAUX

Tableau 5

*Analyse de variance (GLM) et différence de moyennes (DUNCAN)

Concentrations de glyphosate selon le lien d'emploi

	Scores moyens ($\mu\text{g/L}$)		Analyse de variance: Niveau de signification (GLM)	Test de différence de X: Différence significa- tive (DUNCAN)
	MER	Contrat		
Concentration moyenne de glyphosate dans l'urine	1.735	9.9363	0.0209	OUI

Tableau 6

**Concentrations moyennes de glyphosate
selon le lien d'emploi et les catégories de travailleurs**

Différences de moyennes (Test T)

CATÉGORIE	Régie	Contrat	Prob> T
Signaleurs	1.3888	6.5000	0.3809
Mélangeurs	2.0833	17.5	0.0385
Contremaîtres	0.0000	14.1666	*
Opérateurs	0.0000	1.0416	*
Aériens	--	5.8300	**

* Prob>|T| ne peut être calculée, car les classes de contremaîtres et d'opérateurs en régie ne sont représentées que par 1 travailleur et ceux-ci ont des taux moyens égaux à 0.

** Prob>|T| ne peut être calculée, car la classe des des travailleurs aériens n'est pas représentée en régie.

Tableau 7

Concentrations moyennes de glyphosate
selon la catégorie de travailleurs

Variables indépendantes	SCORES MOYENS (µg/L) CATÉGORIE DE TRAVAILLEURS					Analyse de variance: Niveau de signification (GLM)	Test de différence de moyenne: Différence significative (DUNCAN)
	Signaleur	Mélangeur	Contremaître	Opérateur	Aérien		
Concentration moyenne de glyphosate dans l'urine	5.275	11.595	7.080	0.832	5.830	0.5930*	NON

* La différence est significative lorsque le niveau de signification est inférieur à 0.05.

Avec un niveau de signification de 0.5930, l'analyse de variance n'indique aucune différence significative des concentrations de glyphosate dans l'urine entre les catégories de travailleurs. La procédure DUNCAN de différence de moyennes donne les mêmes résultats.

Tableau 8

**Mesures d'association
entre les pratiques sécuritaires
et les taux moyens de glyphosate**

pearson / Prob > IRI under Ho = RHo = 0

Variables indépendantes	pearson	* Seuil de signification
. Accessibilité aux douches	0.3561	0.0454
. Installation de rangement et de nettoyage des équipements	0.3649	0.0400
. Port du masque	0.3963	0.0247
. Port de l'imper	0.3653	0.0493
. Aptitude du contremaître à donner de l'information sur la manipulation du "Round-up"	0.4761	0.0059
. Information sur les risques reliés à la tâche	0.4374	0.0123
. Contrôle du port des E.P.I.	0.3603	0.0458

* La corrélation est significative lorsque le seuil de signification est inférieur à 0.05.

6. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

A la lumière des différentes données contenues dans ce rapport, il ne semble pas que le glyphosate présente un risque majeur pour la santé des travailleurs. Cependant, nous ne devons pas perdre de vue certaines considérations.

Même si les risques de cancers liés à l'utilisation du glyphosate ne semblent pas très élevés, il faudra attendre les résultats de l'étude animale de la compagnie Monsanto, présentement en cours, pour se prononcer sur le sujet.

L'évaluation des concentrations dans l'atmosphère de travail et dans l'urine des travailleurs ne laisse pas présager l'absorption de fortes doses de glyphosate. Cependant, comme on a pu le voir, les mesures en milieu biologique nous donnent une évaluation plus réelle de l'exposition que les mesures dans l'atmosphère de travail.

Nous avons également pu vérifier, grâce à l'enquête menée auprès des travailleurs, que l'emploi de bonnes pratiques sécuritaires diminue l'absorption de glyphosate, ceci se reflétant dans les concentrations urinaires. Ces pratiques sécuritaires sont elles-mêmes influencées par la disponibilité des équipements de protection individuelle, l'information sur la toxicité du produit et sur les pratiques sécuritaires, la disponibilité d'installation de rangement et de nettoyage des équipements, l'accessibilité aux douches et le contrôle du port des équipements de protection individuelle.

Dans l'avenir, il faudra continuer de faire un suivi des travailleurs exposés au glyphosate, ainsi qu'aux autres pesticides. Il pourrait même s'avérer très utile de pousser un peu plus loin, au niveau du monitoring biologique (protocole plus strict, études exploratoires plus poussées, etc.).

L'utilisation de pratiques de travail sécuritaires devra également être encouragée. Un effort devra être fait pour augmenter la disponibilité des équipements de protection individuelle, des installations de rangement et de nettoyage des équipements et des douches; ceci est d'autant plus vrai qu'il s'agit d'employés contractuels. Un intérêt particulier devra être donné à l'information fournie aux travailleurs, ainsi qu'au contrôle du port des équipements de protection individuelle.

7. BIBLIOGRAPHIE

1. MOYE, H.A., MILLER, C.J. and SCHERER, S.J.
A Simplified High-Performance Liquid Chromatographic Residue Procedure for the Determination of Glyphosate Herbicide and (Aminomethyl) Phosphoric Acid in Fruits and Vegetables Employing Postcolumn Fluorogenic Labeling.
J. Agric. Food Chem., 1983, 31, pp. 69-72.

2. ARCHER, T.E. and STOKES, J.D.
Residue Analysis of Glyphosate in Blackberries by High-Performance Liquid Chromatography and Post-column Reaction Detection.
J. Agric. Food Chem., 1984, 32, pp. 586-588.

3. MONSANTO MATERIAL (Safety Data Sheet: Roundup Herbicide, MSDS # M00007588 (1985), Monsanto Agricultural Products Co., St-Louis, Missouri 63167.

4. COMMUNICATION PERSONNELLE
Timothy Long, Monsanto.

5. FOREST SERVICE, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE
"Glyphosate" dans Pesticide Background Statements, vol. 1 : Herbicides; Agriculture Handbook no 633; Août 1984.

6. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S.)
Guidance for the Reregistration of Pesticide Products Containing Glyphosate as the Active Ingredient, EPA-540/RS-86-155, Juin 1986.

7. BABABUNMI E.A., OLORUNSOGO O.O., BASSIR O.
Toxicology of Glyphosate in Rats and Mice;
Tox. Appl. Pr., vol. 45, no 1, pp 319-320, 1978.

8. MONSANTO. Roundup Formulation: Acute Inhalation Study with Rats; ML-81-201; EHL No 810093, January 11, 1983.
9. MONSANTO. Roundup (33 1/3%) Use - Dilution: 28 - Day Inhalation Study in Rats; ML-83-015; EHL No 830025, December 29, 1983.
10. MAIBACH H.I., Irritation, Sensitization, Photoirritation and Photosensitization Assays with a Glyphosate Herbicide, Contact Dermatitis, vol. 15, pp. 152-156, 1986.
11. EPA. Pesticide Tolerance for Glyphosate, Federal Register, vol. 50, no 228, pp 48615-16, 1985.
12. EPA. Pesticide Tolerance for Glyphosate, Federal Register, vol. 52, no 179, pp 34910-11, 1987.
13. DIEM K., LENTNER C.. Documento Geigy, Tables scientifiques, 7e ed.

F 5258
Ex.1