



Agriculture
Canada

Direction générale de la production
et de l'inspection des aliments

Direction des pesticides

Food Pr
Inspecti

Pesticides Directorate

148

Ligne Grand-Brûlé/Vignan à 315 kV

Boucle outaouaise

Laurentides/Outaouais 6211-09-018

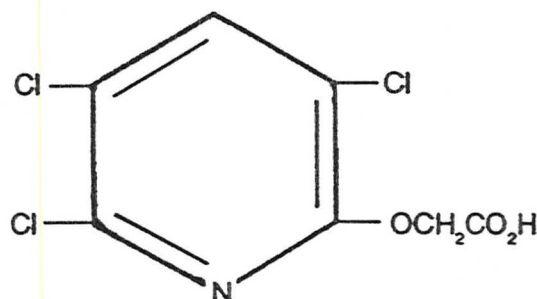
DB14

Canada

E91-02

Document des décisions

TRICLOPYR



HERBICIDE

DIVISION DE LA GESTION DES
PRODUITS

LE 16 SEPTEMBRE 1991

*Ce bulletin d'information est préparé par le Secrétariat à
l'information de la Direction des pesticides. Pour de
plus amples renseignements, veuillez contacter :*

Direction des pesticides
Agriculture Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0C6
(613) 993-4544

Facsimile : (613) 998-1312
Telex : 053-3282

Envoy 100 : Pesticide

Réseau national de renseignements sur les pesticides :
1-800-267-6315

*This bulletin is published by the Information Secretariat
of the Pesticides Directorate. For further information,
please contact:*

Pesticides Directorate
Agriculture Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0C6
(613) 993-4544

Facsimile: (613) 998-1312
Telex: 053-3282

Envoy 100: Pesticide

National Pesticide Call-Line: 1-800-267-6315

gratuit

AVANT-PROPOS

HERBICIDE TRICLOPYR

Dans le dessein constant de présenter un résumé des données reçues et d'exposer les mesures réglementaires prises à l'égard de la matière active triclopyr, la Direction a préparé un document des décisions qui tient compte des avis de spécialistes du ministère de l'Agriculture du Canada et de conseillers d'autres ministères clés. Après l'examen de toutes les données disponibles et compte tenu de ses avantages, il a été décidé d'accepter à l'homologation le triclopyr et les produits commerciaux, l'herbicide Garlon 4 et l'herbicide de sylviculture Release en application au sol sur les sites industriels (non cultivés) et les terres boisées respectivement.

Malcolm Stewart, M.Sc.
Direction des pesticides
Ministère de l'Agriculture du Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0C6

TABLE DES MATIÈRES

	<u>PAGE</u>
1. Résumé	1
2. Nom et propriétés du pesticide	2
2.1 Nom du pesticide	2
2.2 Propriétés physiques et chimiques	2
3. Historique : mise au point et usages	3
4. Motifs de l'homologation	4
5. Propriétés biologiques	7
6. Sommaire des emplois et de leurs avantages	7
6.1 Utilisation	7
6.2 Calendrier et doses d'emploi	9
6.3 Avantages	12
6.4 Produits de remplacement	13
7. Toxicologie et exposition professionnelle : contribution du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social du Canada	13
7.1 Toxicité aiguë	13
7.2 Toxicité à court terme	14
7.3 Toxicité chronique/oncogénicité - Produit technique	15
7.4 Effets nocifs sur la reproduction - Produit technique	17
7.5 Tératogénicité - Produit technique	17
7.6 Mutagénicité - Produit technique	19
7.7 Pharmacocinétique - Produit technique	19
7.8 Absorption dermique - Produit technique et formulation	20
7.9 Résumé sur la toxicologie	21
7.10 Exposition professionnelle	22
8. Effets sur l'environnement : contribution du ministère de l'Environnement du Canada	29
8.1 Résumé	29
8.2 Chimie et devenir dans l'environnement	30
8.3 Écotoxicité	32

9. Effets sur le poisson, l'habitat et les ressources halieutiques : contribution du ministère des Pêches et des Océans	40
9.1 Poissons	40
9.2 Habitat du poisson	42
9.3 Mobilité et transformation dans les milieux aquatiques	43
9.4 Évaluation des répercussions	44
9.5 Bibliographie	45

HERBICIDE TRICLOPYR

1. RÉSUMÉ

L'objet du présent document est de résumer les données examinées et d'exposer la décision prise pour réglementer la matière active, le triclopyr.

Le ministère de l'Agriculture du Canada, avec l'aide de conseillers des ministères fédéraux de l'Environnement, des Forêts, de la Santé nationale et du Bien-être social ainsi que des Pêches et des Océans, a procédé à l'examen complet de toutes les données présentées pour étayer la demande d'homologation de triclopyr. Les données sont récentes et autorisent l'acceptation à l'homologation de l'application au sol. Cependant, il en faut d'autres pour une évaluation complète des effets sur l'environnement et des risques professionnels de l'application aérienne.

Une étude sur l'exposition professionnelle, réalisée au Canada et fondée sur l'application tronc-feuillage pour lutter contre les broussailles, montre qu'avec un usage judicieux de vêtements protecteurs par un personnel adéquatement formé et surveillé, il est possible d'arriver à une bonne marge de sécurité.

Des études de terrain révèlent que la persistance et le déplacement dans le sol suscitent peu de craintes. L'hydrolyse, la photolyse et l'action microbienne contribuent toutes à la dégradation du produit. Dans l'eau, la vitesse de transformation de l'ester à l'acide peut baisser en milieu froid, de faible pH. La forme ester est plus toxique pour le poisson et les invertébrés aquatiques que l'acide. Par conséquent, il faut des données additionnelles pour mieux cerner l'effet sur ces espèces des applications hors cible et de la dérive qui pourraient découler des applications aériennes.

La toxicité aiguë pour les oiseaux et les mammifères sauvages est faible. Une exposition prolongée à des teneurs appréciables du produit par ingestion de la végétation traitée est improbable, car les quantités de résidus diminueront plutôt que de demeurer constantes. De plus, la végétation traitée au triclopyr ne sera pas d'un goût agréable pendant plusieurs jours après l'application. Les espèces tolérantes, comme les membres de la famille des graminées, peuvent métaboliser les résidus de triclopyr. Cependant, des données additionnelles seront bientôt présentées sur les résidus dans le feuillage, la couverture de feuilles mortes et le sol après des pulvérisations aériennes de Garlon 4.

Triclopyr est un herbicide efficace contre diverses

mauvaises herbes dicotylédones et plantes ligneuses qui infestent les emprises, les sites industriels, forestiers et boisés. Il est particulièrement utile dans la lutte contre les espèces ligneuses à drageons, difficiles à détruire, et contre les espèces ligneuses à rejets basaux.

Après examen de toutes les données disponibles et compte tenu de son utilité dans les programmes de gestion de la végétation, cet herbicide a été accepté à l'homologation pour l'application au sol uniquement sur les emprises, les sites industriels et autres terres non cultivées ainsi que dans les terres boisées. La pulvérisation aérienne pourra être considérée lorsque des données additionnelles concernant l'effet sur l'environnement et l'exposition professionnelle auront été fournies.

2. NOM ET PROPRIÉTÉS DU PESTICIDE

2.1 Nom du pesticide

Nom commun : triclopyr

Nom chimique : acide [(3,5,6-trichloro-2-pyridinyl)oxy]acétique

Noms commerciaux : Garlon 4 et Release Silvicultural
Herbicide

N° d'homologation CAS : 55335-06-3

2.2 Propriétés physiques et chimiques

a) Triclopyr, forme acide

Formule empirique : $C_7H_4Cl_3NO_3$

Masse moléculaire : 256,5

Aspect physique : solide blanc floconneux

Point de fusion : 140-150°C

Tension de vapeur : $1,26 \times 10^{-6}$ mm de Hg à 25°C

Constante d'ionisation (Pka) =
2,68 ; 2,70 (octanol/eau)

Coefficient octanol/eau ($K_{oct./eau}$) : 0,205 à pH 7

Solubilité : g/100 g de solvant à 25°C

acétone	98,9
acétonitrile	12,6
benzène	2,73
chloroforme	2,73
n-hexane	0,041
n-octanol	30,7
xylène	2,79
eau	430-440 ppm

Stabilité à la chaleur : température de
décomposition : 290°C

Vitesse d'hydrolyse : aucune hydrolyse appréciable

après neuf mois d'incubation de 3 ppm dans de l'eau distillée tamponnée à des pH de 5,1 , de 7,2 et de 8,3 à 15°C, 25°C et 35°C.

b) Formulation

Nom du produit : Garlon 4 et Release Silvicultural
Herbicide

Garantie : 480 g/L de triclopyr sous forme d'ester
butoxyéthylique

Densité : 1,082 à 20°C

Inflammabilité: point d'éclair

(vase ouvert) : 82 °C

Stabilité à l'entreposage : dépasse deux ans -
entreposer à une
température
supérieure à 2 °C

3. HISTORIQUE : MISE AU POINT ET USAGES

Triclopyr est fabriqué par Dow Chemical Company, à Midland, au Michigan. La mise au point au Canada a été assumée par Dow Chemical Canada Inc., titulaire de l'homologation tant de l'ester butoxyéthylique technique que des produits commerciaux.

Le programme d'expérimentation in situ du triclopyr au Canada a été entrepris en 1974. La première demande d'homologation a été reçue en 1979; toutefois, les deux premières études sur l'ingestion à long terme, réalisées au début des années 1970, ont été jugées inadéquates pour servir de base à l'évaluation des risques. De nouvelles études ont été présentées en juillet 1987. Certains travaux sur les effets sur l'environnement ont été reçus en novembre 1988 et en mars 1989. Les recherches sur les effets dans l'environnement se poursuivent dans le dessein de justifier l'emploi de cet herbicide en pulvérisation aérienne.

L'emploi de triclopyr est actuellement acceptée à l'homologation par les pays suivants:

États-Unis

Désherbage des
sites industriels
Forêts
Gazon
Parcours et pâturages

Royaume-Uni et
France

Pâturages
Désherbage des
sites industriels

	Forêts
Italie	Riz
Grèce	Forêts
Égypte	Canne à sucre
Allemagne de l'Est	Désherbage des sites industriels
Tchécoslovaquie	Forêts
Moyen-Orient et Afrique	Riz et broussailles
Costa Rica	Riz
Mexique	Pâturages
Argentine	Pâturages
Colombie	Pâturages
Chili	Forêts Pâturages
Brésil	Pâturages
Nouvelle-Zélande	Pâturages Désherbage des sites industriels
Australie	Désherbage des sites industriels

4. MOTIFS DE L'HOMOLOGATION

Triclopyr est un herbicide sélectif, de type auxine, qui sert à combattre de nombreuses mauvaises herbes dicotylédones et espèces ligneuses. Comparé à d'autres herbicides de type auxine, il combat plus efficacement le frêne, les chênes, les érables et d'autres espèces formant drageons. La plupart des graminées tolèrent cet herbicide. C'est un excellent herbicide contre les broussailles et les mauvaises herbes dicotylédones qui infestent les sites industriels et les régions forestières.

Le triclopyr manifeste une toxicité aiguë modérée pour les mammifères. Des études sur la toxicité chronique ont abouti à un niveau sans effet observable (NSEO) relativement faible. Cependant, l'usage d'un matériel protecteur réduit

le degré d'exposition à un niveau acceptable. Les études n'ont mis en évidence aucun pouvoir cancérogène.

Dans une expérience réalisée au Canada en 1989 sur l'exposition de travailleurs, des particuliers ont mélangé et versé Garlon 4 puis appliqué le mélange dilué en pulvérisation tronc-feuillage. Les résultats de cette expérience montrent qu'il est possible d'arriver à des marges de sécurité appropriées par un usage judicieux de vêtements protecteurs, par une formation aux bonnes techniques de traitement tronc-feuillage (c.-à-d., "en pénétrant dans les broussailles et en pulvérisant en reculant") et par l'exercice d'un contrôle pour veiller à ce que le mode d'emploi et les bonnes techniques d'application soient suivis.

Dans cette expérience, la marge de sécurité, extrapolée à l'exposition la vie durant, n'a pas été appropriée dans le cas d'un travailleur (c.-à-d., qu'il a été soumis à une forte exposition). Bien qu'il ait pris part à des activités semblables à celles des huit autres (c.-à-d., le mélange, le versement et l'application du produit), l'inexpérience, le manque d'attention aux bonnes techniques de pulvérisation et une mauvaise utilisation des vêtements protecteurs, destinés à minimiser le risque, ont donné lieu à une augmentation du degré d'exposition.

Pour ce qui est du devenir dans l'environnement, la forme ester du triclopyr se change rapidement, par hydrolyse et photolyse, en acide qui lui-même est dégradé par photolyse et action microbienne. Bien que d'après des travaux en laboratoire le triclopyr puisse être persistant et mobile dans le sol, des études de terrain montrent qu'il n'a pas une persistance excessive et qu'il n'est pas lessivé de façon appréciable. En milieu aquatique, la vitesse de transformation de l'ester en acide, par hydrolyse, peut être assez forte dans certaines conditions. Cependant, à faible pH et basse température, elle peut être faible, la photolyse devenant ainsi la voie de dégradation la plus rapide. Comme la toxicité de l'ester pour le poisson et d'autres espèces aquatiques suscite des craintes, la conversion en la forme moins toxique (c.-à-d., la période d'exposition à l'ester) prend de l'importance lorsque la pulvérisation directe hors cible de lieux aquatiques est possible, comme en pulvérisation aérienne. Il faut des données additionnelles pour caractériser l'effet sur le poisson et d'autres espèces aquatiques dans les conditions de l'utilisation commerciale du produit. Des travaux supplémentaires sur l'application aérienne en milieu canadien ont récemment été menés à terme et présentés en vue d'un examen; ils apporteront d'autres renseignements sur la dissipation tant dans l'eau que dans le sol et sur l'effet sur le poisson et les invertébrés

aquatiques afin d'étayer l'emploi en pulvérisation aérienne de Garlon 4/Release.

De l'information additionnelle permettra de mieux comprendre l'effet possible de la pénétration de Garlon 4/Release dans les points d'eau soit par l'application directe soit par l'entraînement du brouillard de pulvérisation. Les bandes de protection provinciales, le strict respect des précautions indiquées sur l'étiquette et les limites imposées à la pulvérisation aérienne devraient atténuer le risque. Des données supplémentaires fournies permettront de mieux cerner les effets de l'application directe aux points d'eau et d'envisager encore plus sérieusement l'application aérienne.

L'exposition à Garlon 4/Release ne devrait pas entraîner de mortalité directe d'oiseaux et de mammifères sauvages due à la toxicité aiguë. L'exposition prolongée ou chronique à des concentrations toxiques, par ingestion d'aliments contaminés, est improbable. Les résidus dans l'environnement ne sont pas statiques, leur teneur diminuant plutôt sous l'effet des diverses transformations mentionnées dans le présent document, notamment par hydrolyse, la photolyse et le métabolisme dans les plantes et le sol.

Les mauvaises herbes dicotylédones et les broussailles sensibles ne gardent pas un goût agréable, car elles brunissent et les feuilles tombent dans les 3 à 6 semaines suivant l'application.

Les graminées qu'un certain nombre d'animaux sauvages broutent passent, en fait, pour des espèces qui métabolisent le triclopyr, ce qui fait donc disparaître les possibilités d'exposition prolongée par ingestion. De plus, l'information tirée d'un certain nombre de travaux sur les espèces mammifères et aviaires, dont les données sur la toxicité chronique et le pouvoir cancérogène, la mutagénicité, la tératogénicité et la reproduction, n'ont mis en lumière aucune raison de préoccupation, car les doses qui pourraient avoir un effet préjudiciable sont relativement élevées. Une expérience sur l'application aérienne réalisée au Nouveau-Brunswick apportera des données additionnelles sur les teneurs en résidus dans les feuilles et le sol immédiatement après le traitement de même que sur la persistance dans les feuilles, la couverture de feuilles mortes et le sol.

À la lumière de l'information disponible, le ministère de l'Agriculture du Canada a conclu que l'application au sol de Garlon 4 pour lutter contre les mauvaises herbes et les broussailles qui infestent les emprises et d'autres lieux non cultivés ainsi que de Release pour des emplois

semblables dans les terres boisées, conformément au mode d'emploi inscrit sur l'étiquette, ne comportera aucun risque inacceptable pour l'utilisateur ou l'environnement. Il a donc agréé à l'homologation l'emploi en pulvérisation au sol uniquement sur les emprises, les sites industriels et autres lieux non cultivés ainsi que dans les terres boisées.

On pourrait envisager l'application aérienne et l'emploi en forêts lorsque d'autres renseignements auront été obtenus. Ils devront comprendre notamment les rapports d'essais de terrain sur l'effet sur le poisson et sur la dissipation dans les principales zones forestières ainsi qu'un travail sur l'exposition due à la pulvérisation aérienne pour déterminer les marges de sécurité dont disposent ceux qui mélangent, vident et appliquent le produit.

5. PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

Triclopyr est absorbé tant par les feuilles que par les racines des végétaux. Il migre facilement dans les plantes. Il s'accumule, en général, dans les tissus méristématiques et n'est pas facilement métabolisé par les plantes sensibles. Cependant, les espèces tolérantes, comme les céréales, métabolisent rapidement le triclopyr.

Triclopyr induit des réponses de type hormonal (auxines) dans les dicotylédones. Les applications foliaires ont provoqué la réponse maximale chez le végétal lorsque le produit a été appliqué tout de suite après le développement complet de la feuille avec une humidité du sol propice à la croissance normale de la plante.

6. SOMMAIRE DES EMPLOIS ET DE LEURS AVANTAGES

6.1 Utilisation

L'herbicide triclopyr, seul ou combiné à d'autres herbicides, a été expérimenté intensivement au Canada au cours des dix dernières années. La forme ester combat efficacement de nombreuses espèces ligneuses et mauvaises herbes dicotylédones. L'homologation a été demandée pour l'application sur les emprises industrielles, en forêt et dans les terres boisées pour la préparation de terrain et le dégagement des peuplements de conifères.

La forme ester du triclopyr est efficace, en pulvérisation foliaire, au moment de la croissance active des plantes, ou peut être appliquée sur les tiges dormantes (ou les troncs, selon le cas), l'écorce basilaire ou les surfaces coupées pour lutter contre les plantes ligneuses.

L'herbicide triclopyr est recommandé contre les plantes ligneuses indésirables ainsi que les mauvaises herbes dicotylédones annuelles et vivaces dans les régions non cultivées (dont les emprises, les emprises de lignes électriques, les voies de communication, les pipelines, les bords de routes et les lieux de fabrication et d'entreposage) et dans les terres boisées, en pulvérisation au sol.

Remarque : Les espèces maîtrisées, les méthodes d'application, les doses et le calendrier d'application donnés dans cette section ont été proposés pour l'emploi sur les sites industriels et les terres non cultivées. Le profil d'emploi sera différent dans les terres boisées. Le lecteur est prié de consulter l'étiquette de l'herbicide Release.

Parmi les espèces ligneuses maîtrisées avec la plus faible dose, on peut citer :

Aubépine à feuilles rondes	Hamamélis de Virginie	Sassafras Saul
Aulne	Hêtre	Sumac
Bouleau	Mûrier	Sumac vénéneux
Caroubier	Nerprun	Sureau
Cornouiller stolonifère	Noyer d'Amérique	Sycomore
Cotonnier	Ostryer de Virginie	Tamarack
Églantier	Peuplier	Tremble
Érable		Tilleul d'Amérique
Frêne	Ronces	

Les espèces plus résistantes suivantes pourraient nécessiter un traitement avec la dose plus élevée et un nouveau traitement l'année suivante, en particulier si le premier a été fait avec la dose inférieure :

Cerisier	Février épineux
Cerisier à grappes	Framboisier
Chêne	Orme
Érable rouge	Pin

Parmi les dicotylédones annuelles et vivaces maîtrisées on peut citer :

Bardane	Liseron des champs
Chénopode blanc	Persicaire
Chicorée	Pissenlit
Gaillet mollugine	Rumex crépu
Herbe à poux	Vesce sauvage
Laitue sauvage	

6.2 Calendrier et doses d'emploi

Garlon 4 peut être dilué dans l'eau et utilisé en pulvérisation foliaire pour combattre les plantes ligneuses ou les mauvaises herbes herbacées. Les applications doivent avoir lieu en période de croissance active des espèces végétales. Pour le dégagement des peuplements de conifères dans les terres boisées, la pulvérisation doit avoir lieu à la fin de l'été, lorsque les conifères sont déjà endurcis et les feuillus en pleine feuillaison, mais avant la coloration automnale.

Garlon 4, non dilué ou mélangé à diverses huiles, peut être utilisé pour lutter contre les plantes ligneuses. Le produit pénètre l'écorce ou une entaille dans la surface et migre dans la couche cambiale.

a) Instructions générales pour combattre les plantes ligneuses et herbacées par traitement tronc-feuillage

Pour de meilleurs résultats, les applications de Garlon 4 devraient avoir lieu lorsque les espèces ligneuses et les mauvaises herbes sont en période de croissance active. Ne pas traiter les plantes ligneuses qui dépassent 2,5 m de hauteur. Dans ces cas, couper et pulvériser les repousses ou procéder à une application sur l'écorce basilaire, les tiges dormantes ou une souche entaillée. Employer les doses supérieures sur les espèces difficiles à détruire. Au cas où les doses inférieures seraient utilisées sur ces dernières espèces, une nouvelle germination peut se produire et rendre nécessaire un autre traitement l'année suivante.

Appliquer les doses supérieures en traitement fin d'été lorsque la croissance des plantes ralentit.

Pour lutter contre les plantes ligneuses de moins de 2,5 m, utiliser de 4,0 L à 8,0 L de Garlon 4 dans suffisamment d'eau pour préparer 1 000 L de mélange de pulvérisation. Appliquer la dose supérieure à la fin de l'été lorsque la croissance ralentit ou en présence d'espèces difficiles à combattre. Pulvériser les broussailles jusqu'au point d'égouttement. La pulvérisation doit être assez copieuse pour mouiller les feuilles, les tiges (ou les troncs) et le collet des racines intégralement. Pour réduire au minimum la dérive du brouillard de pulvérisation, les pressions

utilisées ne doivent pas dépasser 1400 kPa à la buse de pulvérisation. Diriger le jet loin des récoltes ou d'une végétation utile non ciblée. On suggère d'utiliser un mécanisme de protection contre la dérive pour réduire au minimum l'entraînement du brouillard de pulvérisation.

On peut aussi combattre les plantes ligneuses par des pulvérisations généralisées de Garlon 4, aux doses de 4 à 8 L/ha, dilué dans un minimum de 200 L de solution à pulvériser. Procéder au traitement avec un équipement qui assurera une répartition uniforme du faible volume de pulvérisation. Ne pas utiliser une pression dépassant 275 kPa à la buse de pulvérisation. Appliquer à n'importe quel moment durant la période de croissance. Utiliser les doses supérieures à la fin de l'été lorsque la croissance ralentit ou en présence d'espèces difficiles à détruire.

Pour lutter contre les mauvaises herbes dicotylédones, employer Garlon 4, aux doses de 1 à 4 L par hectare dans un minimum de 200 L de solution de pulvérisation. Procéder aux applications avec un équipement qui assurera une répartition uniforme du faible volume de pulvérisation. Ne pas employer de pression dépassant 275 kPa à la buse de pulvérisation.

b) Lutte contre les plantes ligneuses par une application sur l'écorce basilaire, des tiges dormantes et des surface coupées

On peut combattre les plantes ligneuses en appliquant une solution de Garlon 4 sur l'écorce des espèces d'arbres à feuilles caduques.

Employer la dose supérieure pour traiter les espèces difficiles à détruire ou lorsque l'application a lieu à la fin de la croissance ou en période de dormance. Pour préparer des mélanges dans l'huile, utiliser des huiles comme le diesel, le mazout, le kérosène ou des huiles minérales.

i) Traitement de l'écorce basilaire : Mélanger 1 L à 3 L de Garlon 4 dans suffisamment d'huile diesel, de mazout #1 ou #2 ou de kérosène pour préparer 100 L de solution à pulvériser. Appliquer à l'aide d'un pulvérisateur à dos ou à moteur, en utilisant

de basses pressions comprises entre 150 et 275 kPa. Pulvériser les parties basilaires des broussailles et des troncs d'arbre jusqu'à une hauteur de 50 cm au-dessus du sol. Mouiller abondamment la région indiquée pour bien combattre les mauvaises herbes. Pulvériser au niveau du sol jusqu'au point d'égouttement. Une écorce vieille ou rugueuse nécessitera de plus gros volumes qu'une écorce jeune et lisse. Appliquer à n'importe quel moment, y compris les mois d'hiver, sauf si la neige ou l'eau empêche la pulvérisation près du sol.

ii) Traitement des tiges dormantes: Mélanger de 500 mL à 1,5 L de Garlon 4 à suffisamment d'huile pour préparer 100 L de solution. Appliquer à l'aide d'un pulvérisateur à dos ou à moteur, avec de faibles pressions allant de 150 à 275 kPa. Pulvériser à n'importe quel moment durant la dormance des broussailles et à la chute de la majeure partie du feuillage. Mouiller copieusement les tiges (ou les troncs) jusqu'au collet de la racine inclusivement. Pour les espèces formant drageons, comme le sumac, le sassafras et le caroubier, pulvériser également le sol sous les plantes pour couvrir les petits drageons qui ne seraient peut-être pas visibles au-dessus de la surface du sol. Les broussailles de densité moyenne et de 1,5 à 2 mètres de hauteur peuvent absorber jusqu'à 1,400 L de mélange de pulvérisation par hectare.

iii) Pulvérisation en jet mince de l'écorce basilaire: Dans le cas des espèces ligneuses sensibles dont les troncs ont un diamètre inférieur à 15 cm, appliquer Garlon 4 non dilué sous forme d'un jet mince sur tous les côtés des troncs à environ 15 cm au-dessus du sol. Le jet doit être dirigé horizontalement pour former une étroite bande de Garlon 4 autour de chaque tronc ou groupe de troncs. Il faudra de 2 à 15 mL de produit chimique pour traiter chaque tronc et de 25 à 100 mL pour traiter des groupes de troncs. Employer un pulvérisateur dont il est possible de régler le débit aux faibles volumes de Garlon 4. Utiliser une buse dont l'orifice est de calibre #1 ou #1 1/2 pour obtenir le mince jet voulu.

- iv) Traitement de souches coupées: Préparer un mélange de Garlon 4 dans du diesel, du mazout #1 ou #2 ou du kérosène, avec une partie de Garlon 4 et 30 parties d'huile; appliquer ce mélange sur les souches fraîchement coupées de broussailles sensibles. Veiller à mouiller copieusement toutes les surfaces coupées ainsi que l'écorce restant jusqu'au niveau du sol. Veiller soigneusement à traiter toutes les tiges coupées dans un groupe de broussailles.

6.3 Avantages

Le principal marché de Garlon 4 est celui de la lutte contre les plantes ligneuses dans les régions du Canada où les arbres à feuilles caduques prédominent. La maîtrise des espèces difficiles à détruire comme l'érable, le chêne et le frêne revêt une importance particulière. Les responsables de la lutte antiparasitaire attachent un intérêt particulier aux herbicides qui permettent de combattre ces espèces formant drageons.

Il existe de nombreuses situations qui réclament une lutte efficace contre les arbres et les groupes de broussailles sur les emprises et dans les forêts/terres boisées. Les techniques de traitement de l'écorce basilaire et des tiges dormantes sont utiles dans un certain nombre de ces régions. Ces méthodes d'application conviennent bien dans le cas des terrains escarpés où il est difficile de recourir à de gros pulvérisateurs. De plus, en raison de leur nature sélective, elles peuvent être employées dans des zones délicates près de cultures et de végétaux vulnérables. Elles peuvent également contribuer à empêcher le brunissement couramment associé à d'autres méthodes d'application. Enfin, le traitement de l'écorce basilaire et des tiges dormantes laisse aux utilisateurs une plus grande latitude en matière d'application.

Garlon 4 pénètre facilement l'écorce et migre dans les arbres et les broussailles cibles. C'est le seul produit homologué au Canada qui peut être pulvérisé en un jet fin sur l'écorce basilaire. Cela revient à appliquer une ligne extrêmement fine de Garlon 4 aux parties basilaires des arbres et des broussailles. Ce produit peut être employé à divers moments d'une campagne avec des techniques différentes.

6.4 Produits de remplacement

Plusieurs produits ont été utilisés sur les sites industriels pour la pulvérisation foliaire de plantes ligneuses, notamment le 2,4-D, la fosamine ammonium, le 2,4-D + 2,4-DP, le 2,4-D + dicamba, le glyphosate et le piclorame + 2,4-D. Dans les forêts et les terres boisées, seuls le 2,4-D, le glyphosate et l'hexazinone sont utilisés. Bien que les espèces ligneuses manifestent des degrés différents de sensibilité aux divers herbicides, Garlon 4, en traitements tronc-feuillage, permet de combattre la majeure partie des principales espèces d'arbres à feuilles caduques.

Dans les régions où il faut à tout prix éviter le brunissement du feuillage, Garlon 4 peut être appliqué en traitement de l'écorce basilaire et de la tige dormante.

7. TOXICOLOGIE ET EXPOSITION PROFESSIONNELLE : CONTRIBUTION DU MINISTÈRE DE LA SANTÉ NATIONALE ET DU BIEN-ÊTRE SOCIAL DU CANADA

7.1 Toxicologie aiguë

a) Toxicité aiguë - produit technique (triclopyr-acide, sauf indication contraire)

Administré à des rats par voie orale, le triclopyr s'avère modérément toxique aux doses suivantes : $DL_{50} = 729$ mg/kg pour les mâles et $DL_{50} = 630$ mg/kg pour les femelles. Dans le cas des lapins, le produit n'est pas toxique par suite d'une exposition aiguë par voie cutanée ($DL_{50} > 2000$ mg/kg). Le produit technique est un irritant léger pour les yeux et la peau et il n'entraîne pas de réaction de sensibilisation chez le cobaye. Pour ce qui est de la toxicité de l'ester butoxyéthylique de triclopyr, administré aux rats par inhalation, la CL_{50} dépasse 1,84 mg/L, soit la concentration maximale possible.

b) Toxicité aiguë - Formulation (Garlon 4)

Administré par voie orale, le Garlon 4 présente une faible toxicité pour les rats (mâles : $DL_{50} = 2460$ mg/kg, femelles : $DL_{50} = 2140$ mg/kg). L'administration par la voie cutanée à des lapins comporte une DL_{50} supérieure à 2000 mg/kg. Pour cet animal, la formulation ne provoque pas d'irritation des yeux, mais une légère irritation

de la peau. Chez le cobaye, elle donne lieu à une sensibilisation. Certaines données complémentaires permettent de penser qu'un contaminant - l'ester de pyridone - présent dans la formulation, pourrait être la cause de cette réaction de sensibilisation. La toxicité du Garlon 4 administré chez les rats par inhalation (CL_{50}) se manifeste à une concentration supérieure à 0,82 mg/L, soit la concentration maximale possible.

7.2 Toxicité à court terme

a) Toxicité à court terme - Produit technique

Une étude de 13 semaines par incorporation du triclopyr dans le régime alimentaire de rats F344 a démontré que le niveau sans effet observé (NSEO) était de 5 mg/kg/jour, sur la base des changements histologiques dégénératifs constatés dans les tubes proximaux des reins pour des doses de 20 à 250 mg/kg/jour. Les rats mâles ont semblé être plus sensibles à l'agression toxique du triclopyr. En outre, on a constaté une hépatotoxicité pour des doses de 250 mg/kg/jour. Une étude de deux semaines par voie alimentaire effectuée chez des rats F344 a révélé que des transformations rénales (poids relatifs) étaient intervenues pour des niveaux de doses de 50 à 300 mg/kg/jour, chez les mâles seulement.

Une étude par voie alimentaire réalisée chez des chiens Beagle, d'une durée de 228 jours, a permis de constater une toxicité rénale (tubes contournés distaux et proximaux) et une hépatotoxicité à des doses de 5 à 20 mg/kg/jour. On a remarqué, entre autres effets, des modifications révélées par les analyses de chimie clinique, les analyses d'urine et l'examen histopathologique.

Une étude effectuée par voie alimentaire chez des chiens, d'une durée de 183 jours, a fait ressortir un NSEO de 0,5 mg/kg, sur la base de la réduction du coefficient d'épuration (clairance) de la phénolsulfonphtaléine à 2,5 mg/kg. Toutefois, la réaction à ce niveau de doses ne s'est pas accompagnée d'autres indicateurs de toxicité (p. ex., d'une modification histopathologique) et, par conséquent, on a fixé le niveau sans effet nocif observé (NSENO) à 2,5 mg/kg/jour.

b) Toxicité à court terme - Formulation

Un NSEO de 54 mg/kg/jour (formulation) chez les femelles, et de moins de 54 mg/kg/jour (formulation) chez les mâles, a été observé au cours d'une étude par voie cutanée chez le rat, sur une période de 21 jours (l'administration n'était pas continue). Cependant, il faut interpréter ces résultats avec prudence puisque les animaux étaient libres de leurs mouvements et que les surfaces traitées n'étaient pas recouvertes, ce qui a pu donner lieu à une absorption du produit d'essai par voie orale.

7.3 Toxicité chronique et cancérogénicité - Produit technique

a) Rat :

Une étude de deux ans par voie alimentaire réalisée chez des rats Charles River CD par Industrial Bio-test Laboratories avait été jugée valide par le groupe de travail de l'IBT. Or, un examen ultérieur a révélé certaines lacunes dans l'étude en question, la plus importante étant l'absence d'un ensemble complet de tissus pour les examens histologiques. Dès lors, l'étude a été jugée inadéquate aux fins de l'évaluation du risque de toxicité chronique ou de cancérogénicité.

Une étude par voie alimentaire d'une durée de deux ans - pour laquelle on avait défini que les reins étaient l'organe cible - a été effectuée chez des rats F344 à des doses de 0, 3, 12 et 36 mg/kg/jour. Le taux de mortalité, le gain pondéral et la consommation alimentaire n'ont pas été perturbés par le traitement. Étant donné la toxicité pour les reins, on a établi à 3 mg/kg/jour le NSEO pour la toxicité chronique.

Bien qu'on ait constaté un certain nombre de tumeurs courantes, l'évaluation finale a surtout porté sur la présence de plusieurs tumeurs rares chez les animaux traités, notamment d'adénomes de la prostate (mâles), de sarcomes histiocytaires (femelles) et d'ostéosarcomes (mâles). On n'a relevé aucune de ces tumeurs dans le groupe témoin, ni dans les groupes exposés à des doses plus faibles. Même si les études antérieures sélectionnées de Dow et du National Toxicology Program (NTP) ne permettent, ni par leur conception ni par leur conduite, d'établir de comparaisons directes avec l'étude actuelle, les

données des témoins de ces études confirment l'apparente rareté de ce genre de tumeurs. Néanmoins, il n'a pas été possible de parvenir à une signification statistique pour ces tumeurs en se servant du groupe primaire (témoins de la présente étude) comme base de comparaison. Aucune des augmentations constatées sur le plan des chiffres n'a été précédée d'une réaction proliférative ni hyperplasique. En outre, on n'a pu établir entre les types de tissus concernés un lien biologique plausible qui pourrait expliquer ce genre de réaction. En conclusion, l'étude à long terme conduite sur les rats est, pour le mieux, équivoque en ce qui a trait au caractère tumorigène du produit technique.

b) Souris :

Une étude par voie alimentaire d'une durée de deux ans a été effectuée chez des souris CDF1/COX avec des doses de 0, 24, 80 et de 240 ppm. On a estimé que cette étude était inacceptable pour l'évaluation du risque de toxicité chronique ou de cancérogénicité, à la lumière des déficiences dans la rédaction du rapport et de l'importante incidence de maladies du système urinaire chez ces animaux.

Une étude par voie alimentaire d'une durée de 22 mois effectuée chez des souris ICR:JCL EOPS a confirmé que, chez ces animaux, les organes cibles étaient les reins et le foie. Le niveau de dose élevé, 1250 ppm, s'est traduit par des effets très nets sur le poids corporel, sur l'analyse des urines (masse volumique et protéines), sur la chimie clinique (protéines totales, albumine, azotémie, alanine transaminase) ainsi que sur le poids des organes. Chez les animaux soumis à des doses de 250 ppm, on a notamment observé les effets suivants : augmentation du niveau de protéines dans les urines (chez les femelles, à la 26^e semaine), augmentation de l'azotémie (chez les mâles, à la 26^e semaine) et diminution du gain pondéral.

Étant donné que la plupart des effets ont été constatés au début de l'étude (c.-à-d. dans la 26^e semaine), et qu'il y avait, à la fin de l'étude, peu de données cliniques ou histopathologiques à l'appui, il faut en déduire qu'il y a eu réaction adaptative de l'organisme. Le NSEO pour la toxicité chronique est de 50 ppm (5 mg/kg/jour).

On a écarté la possibilité que la légère augmentation du nombre d'adénocarcinomes mammaires chez les femelles traitées soit liée au traitement; en effet, on trouve le même taux d'incidence dans les données antérieures et ce dernier n'est pas statistiquement significatif, en comparaison avec les données des témoins de cette étude.

7.4 Toxicité pour les fonctions de reproduction - Produit technique

Même si cette étude comporte certaines limitations, elle est satisfaisante dans l'ensemble, sur le plan de la toxicité pour les fonctions de reproduction. Le triclopyr, administré dans la ration alimentaire, n'a donné lieu à aucune toxicité maternelle, ni à aucune perturbation de la capacité reproductive chez les rats, pour des doses allant jusqu'à 30 mg/kg/jour. Toutefois, à cause d'une diminution du gain pondéral chez les jeunes, le NSEO a été fixé à 3 mg/kg/jour.

7.5 Tératogénicité - Produit technique

Dans le cadre d'une étude sur les effets tératogènes, des doses de 0, 50, 100 et 200 mg/kg/jour ont été administrées par gavage à des rates Sprague-Dawley gravides du 6^e au 15^e jour de la gestation inclusivement. On a remarqué que les sujets de tous les groupes soumis au traitement présentaient des signes cliniques de toxicité, mais le gain pondéral et la consommation alimentaire n'ont été réduits que pour les groupes exposés à des doses de 100 et 200 mg/kg/jour. L'embryo-foetotoxicité, constatée dans le groupe exposé à 200 mg/kg/jour, s'accompagnait d'un nombre élevé de cas de résorptions et de retard de l'ossification à la naissance. Dans ce même groupe, deux foetus étaient atteints de malformations graves. L'un présentait une fente palatine, une brachycéphalie et une micromélie. L'examen de son squelette a révélé un raccourcissement des fosses nasales, des maxillaires et des mandibules, ainsi qu'une malformation de la ceinture pelvienne et des os longs de tous les membres.

Le second foetus malformé présentait une fente palatine, une brachycéphalie, une queue vrillée, un anus non perforé, des papilles rénales anormales et un oedème généralisé. Un troisième foetus, appartenant également au groupe exposé à 200 mg/kg/jour, faisait aussi de l'oedème généralisé. Selon les données antérieures, trois foetus sur 6722 ont présenté une

fente palatine et une brachycéphalie, alors qu'un seul foetus sur 6722 avait une micromélie, un anus non fonctionnel et une anomalie des papilles de l'appareil urinaire. Toujours selon les données antérieures, des malformations squelettiques multiples, semblables à celles constatées dans le groupe des rats soumis à une dose élevée ont été observées chez deux foetus sur 4865. Même si l'incidence des malformations signalées n'a aucune signification statistique, deux aspects peuvent paraître inquiétants : d'une part, le fait que deux nouveau-nés, appartenant au groupe soumis à une dose élevée, présentait des malformations multiples rares sur le plan historique et, d'autre part, l'apparition d'une embryo-foetotoxicité pour le même niveau de dose. Il convient de remarquer que ces constatations n'ont été faites que dans le cas des doses qui s'étaient également avérées toxiques pour la mère. Il n'a pas été possible d'établir de NSEO pour la toxicité maternelle, mais il semble qu'en ce qui concerne l'embryo-foetotoxicité et la tératogénicité, celui-ci avoisine les 100 mg/kg/jour.

Dans le cadre d'une première étude conduite sur des lapins blancs de Nouvelle-Zélande, les femelles gravides ont reçu des doses de 0, 25, 50 et 100 mg/kg/jour par intubation, du 6^e au 18^e jour de la gestation inclusivement. À cause du taux de mortalité élevé dans tous les groupes et du nombre limité de portées disponibles pour l'examen, l'étude a été jugée inacceptable pour l'évaluation de la toxicité au cours du développement.

Dans une seconde étude, on a administré par gavage des doses de 0, 10 et 25 mg/kg/jour de triclopyr à des lapines blanches de Nouvelle-Zélande gravides, du 6^e au 18^e jour de gestation inclusivement. À cause de la mortalité survenue dans tous les groupes, attribuée à des troubles intestinaux, il a fallu combiner des données dérivées de deux études distinctes réalisées à quatre mois d'intervalle. On n'a pu faire ressortir aucune différence dans les réactions au traitement entre les phases expérimentales. Pour la totalité de la période de gestation, la mortalité observée était comparable dans tous les groupes traités. Même l'administration de doses de 25 mg/kg/jour de triclopyr n'a pu faire ressortir de toxicité maternelle, de foetotoxicité ni de tératogénicité. En l'absence de tout effet lié au traitement, on peut se demander si les lapines gravides ont effectivement été exposées à une dose suffisante du produit testé.

Dans le cadre d'une étude plus récente pour établir

l'étendue des doses toxiques, toujours sur des lapins blancs de Nouvelle-Zélande, des femelles gravides ont reçu des doses de 0, 25, 50, 100 et 200 mg/kg/jour par intubation, du 6^e au 18^e jour de gestation inclusivement. Les doses de 100 et de 200 mg/kg/jour se sont avérées toxiques pour les mères, comme ont permis de le constater le taux de mortalité, les signes cliniques, la perte pondérale et des signes pathologiques.

Dans le cadre d'une étude sur les effets tératogènes encore plus récente, on a administré 0, 10, 25 et 75 mg/kg/jour de triclopyr par gavage à des lapines blanches de Nouvelle-Zélande, gravides, du 6^e au 18^e jour de gestation inclusivement. La mort d'une mère a permis d'établir que la dose toxique pour la mère était de 75 mg/kg/jour. L'examen nécropsique effectué sur cet animal corrobore les observations faites avec les doses toxiques au cours de l'étude réalisée pour établir l'étendue des doses toxiques. Dès lors, le NSEO correspondant à la toxicité maternelle s'établit à 25 mg/kg/jour. On n'a relevé aucun signe de foetotoxicité ni de tératogénicité attribuable au traitement, pour quelque dose que ce soit. Le NSEO pour la tératogénicité et la foetotoxicité est de 75 mg/kg/jour.

7.6 Mutagénicité - Produit technique

L'administration de triclopyr n'a donné lieu à aucune activité mutagène dans le cas des tests suivants : test d'Ames, test de l'hôte intermédiaire in vivo subaigu et in vitro, étude in vivo de cytogénétique aiguë et subaiguë (rat), test des micronucléi (souris), test de létalité dominante (souris), test CHO/HGPRT, test de la synthèse non programmée de l'ADN (hépatocytes de rat). Une réaction positive à un test de létalité dominante chez les rats a été signalée dans un document, par ailleurs mal étayé.

7.7 Pharmacocinétique - Produit technique

L'absorption par voie orale et l'excrétion urinaire du triclopyr-acide de qualité technique ont été étudiées sur des volontaires humains. Cette étude s'est déroulée en deux étapes, à trois semaines d'intervalle, afin de permettre l'administration de doses distinctes de 0,1 et de 0,5 mg/kg de poids corporel aux mêmes sujets. La dose systémique et le profil d'excrétion ont été contrôlés par des prélèvements sanguins répétés et la collecte des urines totales pendant 72 heures après l'administration du produit.

Un modèle pharmacocinétique à deux compartiments a permis de décrire de façon appropriée l'évolution temporelle du triclopyr dans l'organisme humain, après administration par voie orale. Les concentrations maximales dans le sang ont été rapidement atteintes, dans les deux ou trois heures qui ont suivi l'administration du produit. On a constaté, en général, que la dose élevée était absorbée plus rapidement que la dose plus faible. La demi-vie d'absorption pour les deux doses était inférieure à une heure.

Dans la période de 72 heures correspondant aux prélèvements, environ 80 p. 100 de la dose administrée a été excrétée dans les urines, sous la forme de triclopyr non modifié. Le plus gros de l'excrétion (plus de 95 p.100) s'est produit dans les 24 heures suivant l'administration du triclopyr. Moins de 1 p. 100 de la dose administrée s'est retrouvée sous la forme du métabolite 3,5,6-trichloro-2-pyridonol.

Les métabolites urinaires étaient essentiellement composés de l'acide original et de faibles quantités du métabolite pyridinol et/ou de dérivés conjugués. Les concentrations tissulaires étaient plus élevées dans le plasma, les reins, le foie, les tissus adipeux et la vésicule biliaire. Chez les rats, la concentration plasmatique a indiqué que l'ester butoxyéthylique de triclopyr s'hydrolysait rapidement en acide dans l'intestin (avant l'absorption ou immédiatement après). Un schéma semblable d'absorption, de distribution, d'excrétion et de métabolisme chez des rats exposés à l'acide ou à l'ester butoxyéthylique n'a fait que confirmer la bioéquivalence de ces produits chimiques.

7.8 Absorption cutanée - Produit technique et formulation

L'examen des études d'absorption sur les lapins a révélé que ces dernières comportaient un certain nombre de lacunes. Toutefois, les données recueillies indiquent que pour des doses élevées appliquées par voie cutanée, le taux de pénétration cutanée pouvait être un facteur à considérer dans l'excrétion par les voies urinaires.

Une étude de l'absorption d'une préparation de concentré émulsifiable par voie cutanée (contenant 482 g/L de triclopyr sous la forme d'ester butoxyéthylique) a été effectuée sur des volontaires humains. La dose systémique, administrée dans l'avant-bras, a été contrôlée par des prises de sang

répétées et par la collecte des urines totales pendant 96 heures après l'application de 5 mg de matière active (m.a.) par kg de poids corporel.

La demi-vie d'absorption par la peau était de $16,8 \pm 5,2$ heures (plage : de 11 à 23 heures). L'excrétion urinaire cumulative, corrigée en fonction d'une excrétion incomplète par les voies rénales, a fait ressortir qu'environ 2 p. 100 (plage : 0,88 à 3,11 p. 100) d'une dose de triclopyr appliquée par voie cutanée était excrétée dans les quatre premiers jours suivant l'application. Quelque 54 p. 100 de l'excrétion urinaire cumulative se produisait dans les 24 heures. Les évaluations de la dose absorbée (2 p. 100) sous-estiment la quantité réelle absorbée, car deux des quatre volontaires ont continué d'excréter des volumes importants de triclopyr (182 et 183 μg) après la fin des prélèvements d'urine.

7.9 Résumé des données toxicologiques

La formulation (Garlon 4) ne présente pas de toxicité aiguë, mais elle est un irritant léger pour la peau et elle provoque une légère sensibilisation.

L'administration répétée de triclopyr, à des doses suffisamment élevées, donne principalement lieu à une toxicité rénale. Selon les données recueillies, l'effet du triclopyr se fait sentir sur le mécanisme de transport des anions organiques dans les tubules rénaux. En outre, l'élimination de l'acide par ce mécanisme est un processus saturable. On a fixé le NSEO à 0,5 mg/kg/jour en fonction du paramètre le plus sensible mesuré à l'occasion de l'étude par voie alimentaire réalisée chez le chien, soit la diminution du coefficient d'épuration de la phénolsulfonphtaléine. Cependant, le NSENO a été fixé à 2,5 mg/kg/jour, pour ce qui est de la toxicité rénale chez le chien.

On a estimé que l'étude à long terme réalisée sur les rats était équivoque quant à la tumorigénicité. L'étude à long terme effectuée sur des souris s'avère négative sur le plan de la carcérogénicité, et il y a absence d'activité mutagène d'après tous les essais à court terme effectués, à l'exception d'un seul. Dans l'ensemble, la solidité des données obtenues tend à indiquer que la carcérogénicité ne serait pas un effet à envisager dans le cadre de l'évaluation du risque.

Chez les rats, le NSEO pour la toxicité maternelle était inférieur à 50 mg/kg/jour et, pour l'embryo-foetotoxicité, il était de 100 mg/kg/jour.

Les malformations observées dans le groupe exposé à 200 mg/kg/jour pourraient être une indication d'un certain potentiel tératogène chez les rats. Les études effectuées sur les lapins n'ont démontré aucun effet tératogène ni foetotoxique pour des doses allant jusqu'à 75 mg/kg/jour. Pour la toxicité maternelle, le NSEO a été fixé à 25 mg/kg/jour.

On n'a relevé aucun effet sur la capacité reproductive des rats soumis à des doses par voie alimentaire, allant jusqu'à 30 mg/kg/jour, mais, à cause de la réduction de gain pondéral corporel constatée chez les nouveau-nés, le NSEO a été fixé à 3 mg/kg/jour.

7.10 Exposition professionnelle

Le demandeur a soumis une étude sur l'exposition professionnelle de travailleurs à l'emploi d'une entreprise autorisée pour l'épandage de pesticides. Cette entreprise était chargée d'assurer à contrat le traitement des emprises des lignes électriques.

Cette étude a été réalisée en deux phases :

- a) une phase de contrôle des dépôts cutanés et de l'absorption par inhalation
- b) une phase de contrôle biologique à l'occasion de laquelle des échantillons d'urine ont été recueillis les jours d'épandage, ainsi que les trois jours suivants.

L'étude a porté sur 12 travailleurs, 8 hommes et 4 femmes, répartis en six équipes de deux. Chaque équipe disposait d'une camionnette commerciale 4 x 4 équipée d'un réservoir normal d'épandage en polyéthylène, d'une capacité de 800 ou de 1000 L, et d'une motopompe. Un ensemble pistolet-pulvérisateur et boyau, relié au réservoir, servait à la pulvérisation. Avant le début de l'étude, le matériel d'application et les appareils de mesure du produit chimique ont été étalonnés.

La formulation de pulvérisation a été appliquée selon le débit maximum indiqué sur l'étiquette. Un agent limitateur de dérive, à base de latex, était ajouté à chaque plein du réservoir. Chaque équipe devait effectuer le mélange, le chargement et l'application de l'herbicide, et rincer les appareils de mesure ainsi que les contenants, à l'instar de ce qui se fait habituellement. Pour appliquer le produit, l'un des deux membres de l'équipe dirigeait le jet loin de lui, tout en se déplaçant dans les broussailles. Quant à

son collègue, il conduisait le véhicule et était donc assis dans une cabine fermée. Tous deux devaient alterner leurs fonctions, tout au long de la journée, de sorte que chacun ait à effectuer l'ensemble des tâches. Toutefois, il n'a pas été possible, à partir des registres de l'étude, de déterminer la quantité de matière active manipulée par ces équipes, pas plus que l'on a pu établir qui mélangeait ou chargeait le produit, ou encore combien de temps chaque personne passait au volant du véhicule ou à l'application du produit. La durée d'une journée type était de 7,6 à 11 heures, à l'exclusion du temps de déplacement pour se rendre à la zone ou en revenir.

Conformément aux consignes apparaissant sur l'étiquette, tous les opérateurs portaient des combinaisons de coton propres sur leurs effets personnels qui, le plus souvent, se composaient d'un t-shirt en coton, d'un débardeur ou d'une chemise en flanelle à manches longues et de jeans. En outre, pour la manipulation, le mélange et le chargement du concentré, les travailleurs portaient des gants de caoutchouc ou de néoprène, du type à crispin. Pour l'épandage, la plupart d'entre eux portaient des gants de vinyle épais, avec doublure intérieure, arrivant à la hauteur du poignet. Par contre, l'un d'entre eux a conservé ses gants à crispin. De plus, les travailleurs s'étaient munis de lunettes-écran pendant les opérations de manipulation, de mélange et de chargement du concentré. Pour l'application du produit, certains portaient des lunettes correctrices de sécurité, munies d'oeillères. Bien que cela ne fût pas exigé sur l'étiquette, quatre travailleurs portaient un respirateur du type semi-facial, pour le mélange et le chargement du produit. La majorité des sujets avaient des bottes de caoutchouc hautes, à bout en acier, et deux seulement portaient des bottes de cuir. Tous ont mis leur casque de protection.

Contrôle du dépôt cutané et de l'inhalation - Les résultats des contrôles d'inhalation et de dépôt cutané ont été simplement soumis sous la forme d'une ébauche de rapport s'accompagnant de tableaux synoptiques. Des données supplémentaires sur les sujets test exigées afin de permettre l'évaluation et la validation des résultats mentionnés dans le rapport. Toutefois, la Direction générale de la protection de la santé s'est servie des données sommaires pour en dériver des estimations d'exposition systémique par voie cutanée et par inhalation.

Le dépôt cutané a été évalué par le biais des

techniques normales de rinçage des mains, et grâce à des points de contrôle situés en des endroits conventionnels, à l'extérieur et à l'intérieur des vêtements protecteurs.

Quant à l'exposition par inhalation, elle a été déterminée par le biais d'un contrôle du champ respiratoire de chaque sujet. Les doses systématiques dérivées pour les dépôts cutanés (mains et corps) apparaissent au tableau 1. Les doses déposées ont été ajustées suivant un facteur de pénétration cutanée de 2 p. 100, facteur dérivé des résultats d'une étude effectuée chez des sujets humains.

La dose systémique estimée dans le cas d'une administration par voie cutanée varie de 1 à 30 $\mu\text{g/kg}$ de poids corporel/jour. La dose systémique estimée dans le cas de l'exposition par inhalation varie de 0,7 à 9 $\mu\text{g/kg}$ de poids corporel/jour (tableau 1). Pour la majorité des travailleurs contrôlés (7 sur 10), la dose systémique obtenue pour l'exposition par inhalation était égale, voire supérieure, à celle correspondant au dépôt cutané. Par conséquent, les mesures de protection destinées à réduire l'exposition par inhalation pourraient s'avérer importantes. La dose systémique totale estimée (par voie cutanée et par inhalation) varie de 2 à 39 $\mu\text{g/kg}$ de poids corporel/jour.

Contrôle biologique - Pour l'évaluation du risque, on s'est servi des estimations d'exposition dérivées de la phase de contrôle biologique parce que les études d'absorption chez l'être humain (par voie orale et par voie cutanée) ont fait ressortir que le triclopyr n'est pas métabolisé de façon importante, qu'il est essentiellement excrété dans l'urine, et qu'un contrôle biologique approprié permet de parvenir à une estimation directe de la dose interne, comparé à la technique d'investigation indirecte du dépôt cutané.

Un échantillon d'urine, prélevé avant le jour de l'épandage, a permis de s'assurer qu'aucun travailleur n'avait été précédemment exposé à du triclopyr. Les urines cumulées ont été recueillies le jour de l'épandage et les trois jours suivants (soit quatre jours en tout). Des études appropriées de récupération sur le terrain ont été effectuées à partir d'échantillons d'urines dopées et, toutes les valeurs de récupération avoisinant les 100 p. 100, il n'a pas été nécessaire de corriger les valeurs des échantillons d'urines des travailleurs. Les valeurs de créatinine ont été calculées afin de s'assurer que les pratiques

de collecte des urines étaient respectées.

À cause de problèmes survenus dans la collecte des urines d'un sujet qui avait remplacé ses urines par de l'eau le jour de l'épandage, et d'un autre travailleur qui n'a pas effectué l'ensemble des tâches ni n'a fourni d'échantillons complets le dernier jour de l'étude, les résultats obtenus pour ces deux sujets ont été écartés des calculs d'exposition.

Le demandeur a élaboré un modèle pharmacocinétique à partir d'études sur l'absorption par voie orale et cutanée chez l'homme, afin de prévoir la dose systémique consécutive à une exposition cutanée. Toutefois, comme la quantité de triclopyr excrétée les jours de pulvérisation par la plupart des travailleurs s'est avérée supérieure à celle prévue par le modèle, le demandeur s'en est tenu à des doses systémiques fondées sur les valeurs d'excrétion urinaire cumulative corrigées. Dans le cas d'un des travailleurs (J), le demandeur a fait remarquer que les données du modèle prévoyaient des valeurs supérieures à celles mesurées. Par prudence, le demandeur et la Direction générale de la protection de la santé ont retenu la dose systémique supérieure dérivée du modèle pharmacocinétique.

D'après l'excrétion urinaire, la dose systémique variait de 0,51 à 146,6 mg/kg de poids corporel/jour d'exposition (voir tableau 1). Les données ont été corrigées en fonction de la dose systémique de 20 p. 100 qui n'est pas excrétée par les voies urinaires. Un travailleur a excrété une quantité nettement plus importante de triclopyr que ses collègues. L'hypothèse d'une contamination a été écartée car, pour le sujet en question, on a observé une excrétion excessive de triclopyr dans au moins cinq échantillons d'urine différents, pendant la période de collecte. La variation importante de l'exposition, constaté chez les divers sujets, est plus vraisemblablement attribuable aux différents types de travaux effectués et à la variation de la quantité de matière active manipulée pendant une journée de travail type. Ces évaluations biologiques de l'exposition doivent être envisagées avec prudence pour les raisons suivantes :

1. La plupart des travailleurs excrétaient encore la matière active après la fin de l'opération de collecte des échantillons d'urine. Pour deux d'entre eux, l'excrétion mesurée dans le dernier échantillon était considérable (131 et 91 µg).

2. Les mesures de la créatinine urinaire indiquent que plusieurs travailleurs n'ont pas soumis des échantillons d'urine complets vers la fin de la période d'étude.

L'effet cumulé de ces problèmes aurait dû donner lieu à une sous-estimation de l'exposition réelle. Toutefois, à partir des renseignements recueillis, on peut raisonnablement supposer que ces valeurs se rapprochent de l'exposition d'un travailleur au cours d'une journée de travail.

Tableau 1. Triclopyr : Dose systémique estimée pour des travailleurs effectuant une journée normale de traitements des emprises des lignes électriques.

Travailleur	Exposition systémique estimée ($\mu\text{g/kg}$ de poids corporel/jour)			Excrétion urinaire ($\mu\text{g/kg}$ de poids corporel/jour d'exposition) ^a
	cutanée ^b	inhalation	totale	
A	6	5	11	7,8
B	2	2	4	1,52
C	30	9	39	146,6
D	2	7	9	3,28
E	1	1	2	0,51
F	2	0,7	2,7	3,3
G	2	3	5	7,1
H	12	4,78	16,78	9,7
I	2	6	8	7,74
J	30	4	34	(modèle) 20,1 ^c

^a corrigé en fonction d'une excrétion incomplète par les voies urinaires

^b corrigé par un facteur de 2 p. 100 attribuable à l'absorption cutanée

^c dose systémique dérivée du modèle pharmacocinétique

Exposition alimentaire - Aucune application du triclopyr sur des denrées alimentaires n'est actuellement envisagée.

Évaluation du risque

Il semble que le triclopyr exerce principalement son effet sur le mécanisme de transport des anions

organiques, dans les tubules rénaux, et que l'élimination de l'acide par ce mécanisme soit un processus saturable. La toxicité rénale du triclopyr est un paramètre sensible pour la détermination des effets nocifs consécutifs à une exposition répétée. L'étude de 183 jours réalisée chez des chiens est considérée comme étant l'étude la mieux adaptée à l'évaluation de la marge de sécurité applicable aux travailleurs qui seront soumis à une exposition quotidienne répétée pendant toute une saison de pulvérisation (du printemps à l'automne). Le NSENO pour la toxicité rénale a été fixé à 2,5 mg/kg/par jour.

La dose systémique (établie à partir des analyses d'urine) pour neuf travailleurs sur dix pendant le désherbage d'emprises est de 0,02 mg/kg de poids corporel/jour ou moins. À partir du NSENO (2,5 mg/kg de poids corporel/jour, dans le cas de l'étude sur les chiens), établi pour les effets rénaux, la marge de sécurité estimée pour la majorité des travailleurs appelés à manipuler jusqu'à 10 kg de matière active par jour est supérieure à 125. Or, cette marge a été atteinte par les travailleurs qui, pour la plupart, portaient le maximum de vêtements protecteurs, notamment des combinaisons propres par-dessus leurs vêtements personnels, des gants de néoprène ou de vinyle, des bottes de caoutchouc et un casque de protection. Certains d'entre eux portaient également des lunettes de sécurité pendant l'épandage et d'autres encore des respirateurs lors du mélange et du chargement du produit.

On a enregistré un niveau d'exposition très élevé chez un sujet, bien que celui-ci ait participé aux mêmes activités que ses collègues. Pour les travailleurs comme lui, la marge de sécurité appropriée n'est pas respectée pendant une journée de travail type, malgré un maximum de mesures de protection. D'autres mesures de réduction du risque, qu'il s'agisse de formation, d'encadrement ou de surveillance médicale, seront nécessaires pour garantir la sécurité de ces personnes.

Aucune évaluation du risque de cancer n'a été effectuée, bien que l'étude réalisée chez les rats fasse ressortir une certaine tumorigénicité. On a estimé que l'ensemble des données recueillies ne justifiaient pas la réalisation d'une évaluation formelle du risque de cancérrogénicité.

Par ailleurs, l'étude de la tératogénicité chez le rat tend à démontrer un risque de foetotoxicité et de

tératogénicité pour des doses élevées de triclopyr. Cependant, ces effets n'ont été observés que dans les cas où les doses étaient toxiques pour la mère, autrement dit, à des niveaux nettement supérieurs aux doses néphrotoxiques utilisées pour l'évaluation du risque. Les doses qui assurent un niveau de sécurité raisonnable sur le plan de la toxicité rénale se sont également révélées sans danger pour le fœtus en développement. Ainsi, en retenant un NSEO de 100 mg/kg/jour, dérivé de l'étude de tératogénicité chez le rat, et un niveau d'exposition professionnel de 0,02 mg/kg/jour, on devrait pouvoir obtenir, pour la plupart des travailleurs, une marge de sécurité de 5000 pour la foetotoxicité et pour les effets tératogènes potentiels.

8. EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT: CONTRIBUTION DU MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU CANADA

8.1 Résumé

Des travaux en laboratoire ont montré que triclopyr (la matière active de Garlon 4) et ses principaux produits de transformation peuvent être persistants dans le sol, en particulier, par temps froid et sec. De plus, en raison de ses caractéristiques chimiques, le triclopyr peut se déplacer dans le sol (tout particulièrement dans les sols à faible teneur en matière organique). Toutefois, une étude in situ réalisée dans le nord de l'Ontario a montré que le triclopyr n'a pas une persistance excessive et n'est pas lessivé de façon appréciable dans le sol après l'application sur les emprises et en forêt des doses proposées sur l'étiquette. Il n'est pas possible de procéder à une évaluation complète de la chimie et du devenir de ce produit dans l'environnement canadien tant que des études additionnelles sur la dissipation in situ dans d'autres régions du Canada où sont prévues d'importantes applications ne seront pas soumises pour examen. Il faut également des données additionnelles pour déterminer la chimie et le devenir de Garlon 4 dans l'environnement aquatique canadien, en particulier aux faibles températures et pH.

L'exposition aux doses de Garlon 4 proposées sur l'étiquette pour l'application sur les emprises et en forêt ne devrait pas causer de mortalité directe d'oiseaux et de mammifères sauvages par toxicité aiguë. Les données étant insuffisantes, elles ne permettent pas d'évaluer les effets possibles de l'ingestion chronique de résidus par des aliments contaminés. Les

points préoccupants sont la santé et la reproduction des petites espèces pâturant ou broutant, vulnérables à l'ingestion de fortes concentration de résidus par leurs aliments. Aucune donnée n'a été présentée pour évaluer les effets sur les amphibiens et les reptiles. Toutefois, s'ils sont aussi sensibles que les poissons, on peut s'attendre à des effets si une pulvérisation hors cible atteignant directement un point d'eau peu profond. Garlon 4 ne devrait pas avoir de toxicité aiguë pour les abeilles domestiques, les vers de terre ni les micro-organismes du sol dans les conditions d'utilisation pratique. Garlon 4 peut être modérément toxique pour les invertébrés aquatiques aux faibles températures et pH; cette possibilité devrait être étudiée dans des travaux in situ au Canada. L'étude réalisée avec Garlon 4 sur l'inhibition de la croissance des algues a montré que le composé pourrait être préjudiciable à l'algue verte Selenastrum capricornutum. Par ailleurs, une étude sur l'effet de la forme acide du triclopyr sur les algues a révélé que ce produit de dégradation n'est pas très toxique pour S. capricornutum. Cependant, comme l'ester butoxyéthylque reste présent plusieurs jours dans l'eau, il est possible que les espèces d'algues subissent un effet préjudiciable. Aucune donnée n'a été fournie sur les espèces vasculaires aquatiques, les plantes émergées ou les plantes terrestres non visées. Comme les plantes aquatiques et les plantes émergées servent d'aliments clés et d'habitats à la faune et comme le risque pour ces habitats n'est pas bien cerné, Garlon 4 ne devrait pas être appliqué près des points d'eau. Des travaux devraient être consacrés à la recherche des données nécessaires à l'évaluation des effets possibles de Garlon 4 sur la végétation associée à l'habitat aquatique.

8.2 Chimie et devenir dans l'environnement

a) Transformation

L'ester butoxyéthylque du triclopyr s'hydrolyse dans l'eau et le sol pour se transformer en la matière active triclopyr. Dans divers sols, en laboratoire, à 25° C et à 75 % de l'humidité à 1/3 bar, le TD₅₀ de la forme ester du triclopyr était de moins de 4 heures (le pourcentage de l'humidité à 1/3 bar équivaut à l'humidité à la capacité au champ). L'hydrolyse de la forme ester dans l'eau est catalysée par les bases et dans les conditions où le pH et les températures sont faibles, elle peut être lente (par exemple, TD₅₀ de 208 jours à 15° C et pH 5). La photolyse semble être la voie

la plus rapide de la transformation de l'ester butoxyéthylrique dans le milieu aquatique (TD_{50} de 1,5-2,0 jours).

Le triclopyr est sujet à la photolyse et à la transformation par les micro-organismes, mais résiste toutefois à l'hydrolyse. Sa vitesse de transformation dans le sol dépend du type de sol, de la température et de l'humidité du sol. En laboratoire, le TD_{50} du triclopyr varie de 9,6 jours dans les sols à forte teneur en matière organique, à 35°C, et 100 % de l'humidité à 1/3 bar (capacité au champ) à 361 jours dans les sols à faible teneur en carbone organique, à 15°C, et 32% de l'humidité à 1/3 bar. Toutefois, le TD_{50} observé était d'environ 14 jours pour les sols sableux et argileux, à environ 13°C, dans des parcelles du nord de l'Ontario.

En plus du dioxyde de carbone, les principaux produits de transformation du triclopyr dans le sol sont le 3, 5, 6-trichloro 2-pyridinol et le 3, 5, 6-trichloro 2-méthoxypyridine. Pour le 3, 5, 6-trichloro 2-pyridinol, le TD_{50} observé a été de 8-279 jours, avec une moyenne de 69 jours dans 15 sols des États-Unis incubés dans le noir en aérobiose, à 25°C et 75% de l'humidité à 1/3 bar. Dans 12 de ces sols, le TD_{50} était inférieur à 90 jours. Dans le cas du 3, 5, 6-trichloro 2-méthoxypyridine, le TD_{50} observé était de 35 à plus de 300 jours dans 3 sols des États-Unis en laboratoire. Le dioxyde de carbone était le principal produit de dégradation de ces deux composés.

Le triclopyr a une TD_{50} de 5,4 heures en milieu aqueux, en laboratoire, dans des conditions simulant celles du milieu de l'été. Les principaux produits de la photolyse du triclopyr en solution aqueuse sont le 3, 5, 6-trichloro 2-pyridinol et le dioxyde de carbone. On a noté que le 3, 5, 6-trichloro 2-pyridinol subit la photolyse à un rythme plusieurs fois plus rapide que le triclopyr.

b) Mobilité

Sa solubilité dans l'eau étant élevée et son coefficient d'adsorption sur les sols étant faible, le triclopyr a donc le potentiel d'être mobile dans le sol. Des travaux de chromatographie sur couche mince avec le sol ont

confirmé que le triclopyr devrait être considéré comme un composé potentiellement mobile. Dans des travaux in situ réalisés au cours d'une période de 336 jours dans le nord de l'Ontario, en moyenne 97% du triclopyr recouvert se trouvait dans la couche superficielle de 15 cm de sol dans les sites sableux et argileux. Moins de 5% des résidus de triclopyr mesurés ont été recueillis dans la zone de 15-25 cm de sol sableux après une pluie. De plus, des quantités mesurables de résidus de triclopyr (0,54 µg/kg) n'ont jamais été décelées au bas des pentes de sol de parcelles traitées par Garlon 4 dans les sites sableux et argileux. Toutefois, les parcelles pulvérisées au cours de cette étude étant assez petites (2 X 20 m), rendaient improbable la détection de résidus au bas de la pente en raison de la dilution.

Une proportion relativement faible de triclopyr a été adsorbée par des sédiments du fond d'un petit lac du nord de l'Ontario après l'application de Garlon 4. La photolyse rapide du triclopyr dans la colonne d'eau et son faible potentiel d'adsorption expliquent probablement l'adsorption relativement faible observée dans les sédiments.

8.3 Écotoxicité

a) Exposition terrestre prévue

On croit que la principale cause d'exposition de la faune terrestre au triclopyr serait l'ingestion de feuillage contaminé. Aussi, s'attend-on à ce que l'exposition des espèces broutant ou pâturant soit plus élevée que celle d'autres espèces. Aucune donnée connue ne permet d'évaluer la teneur des résidus de triclopyr immédiatement après l'application sur les emprises ou les sites forestiers. Toutefois, ces données peuvent être déduites de l'expérience acquise avec d'autres défoliants. Le tableau suivant résume les données rapportées pour les formulations aqueuses d'herbicides phénoxyacétiques utilisés en forêt. On croit que les teneurs en résidus après l'application de mélanges dans l'huile ne seraient pas appropriées dans ce cas. Les données sont exprimées en ppm de résidus (poids humide) pour chaque kg de matière active par hectare. Chaque valeur représente la moyenne rapportée pour un travail ou un site distinct. La densité de l'étage foliaire n'était pas spécifiée dans la plupart des cas.

Type de plante	Application aérienne/aérienne simulée	Au sol
Graminées	41 ppm, 65 ppm, 71 ppm, 86 ppm, 92 ppm	11 ppm
Mélange graminées/ dicotylédones		60 ppm, 71 ppm
Feuilles de framboisiers/ mûriers	129 ppm	61 ppm
Feuilles/ brindilles de bouleau	138 ppm	
Mousse	30 ppm	
Fruit du framboisier/ du mûrier	3,1 ppm	1,4 ppm 2,7 ppm

Il faut noter que les teneurs en résidus dans les graminées pourraient être plus élevées lorsque l'étage foliaire est clairsemé. Une classification des teneurs en résidus dans les végétaux couramment citée et actuellement utilisée aux États-Unis par l'Agence de la protection de l'environnement (EPA) pour l'évaluation des risques donne une valeur maximale de 214 ppm pour une application de 1 kg/ha. La valeur donnée pour les feuilles et les cultures à feuilles (112 ppm) se rapproche des valeurs indiquées plus haut dans le cas des feuilles d'arbustes et d'arbres. La valeur est également semblable dans le cas des petits fruits, à 5,4 ppm.

En supposant le pire scénario possible avec les données précédentes, des animaux sauvages broutant des feuilles et des brindilles de bouleau seraient exposés à une concentration initiale de résidus de 262 ppm et de 524 ppm aux doses de 4 L et de 8 L de la formulation de Garlon 4 par hectare respectivement. Les animaux sauvages pâturent pourraient être exposés à des concentrations initiales de résidus dans les graminées allant de 175-350 ppm dans le cas des sites forestiers, en

présence d'une couverture végétale (application de 4 L et 8 L/ha donnant le maximum de 92 ppm précédant) et des concentrations initiales de résidus allant de 407 à 813 ppm dans les sites plus ouverts comme les clairières ou les emprises avec peu de broussailles de couverture (des applications de 4 L et de 8 L/ha et une teneur initiale en résidus de 214 ppm pour une application de 1 kg de m.a./ha).

Il n'existe pas suffisamment d'information sur la dissipation des résidus pour évaluer la durée de l'exposition. De plus, la vitesse de transformation de l'ester butoxyéthylique en triclopyr sur les surfaces des plantes ou encore l'appétabilité de l'un ou l'autre des composés pour les espèces d'animaux sauvages n'ont pas été définies, ce qui complique davantage toute évaluation de l'exposition chronique. Toutefois, on peut prédire que l'exposition diminuera plus rapidement dans le cas des animaux absorbant des espèces de broussailles sensibles aux herbicides, car la quantité de feuilles des plants sur pied, au moins, devrait diminuer rapidement avec le temps. Les données examinées par le Service des forêts des États-Unis indiquent que les résidus dans les petits fruits et les baies peuvent persister pendant des semaines, voire des mois. Il n'existe aucune donnée qui permette d'évaluer la durée de l'exposition des espèces se nourrissant de graminées.

b) Oiseaux sauvages

Les toxicités aiguës du triclopyr et de Garlon 4 sont présentées dans le tableau suivant:

<u>Espèces</u>	<u>Composés</u>	<u>Effets nocifs</u>
Canard malard	triclopyr	DL ₅₀ = 1698 mg/kg
	butyl éthyl ester	DL ₅₀ > 4640 mg/kg
	triclopyr	CL ₅₀ > 5620 ppm
	butyl éthyl ester	CL ₅₀ > 10 000 ppm
Colin de Virginie	triclopyr	CL ₅₀ = 2935 ppm
	butyl éthyl ester	CL ₅₀ = 9026 ppm
Caille du Japon	triclopyr	CL ₅₀ = 3278 ppm

Une étude de reproduction sur une génération a été

conduite avec des colins de Virginie de cinq mois qui ont reçu par ingestion 100, 200 et 500 mg de triclopyr/kg. Ces oiseaux ont absorbé une alimentation traitée pendant 11 semaines avant la ponte et durant les huit semaines de ponte. L'épaisseur de la coquille a diminué de façon significative ($p > 0,01$) et le taux de ponte a diminué de 27% comparativement aux témoins, à la dose de 200 mg/kg. Toutefois, ces effets n'ont pas été notés à la dose de 500 mg/kg.

Une étude sur la reproduction sur une génération a été conduite avec des canards malards de six mois. Leurs aliments ont été traités avec des doses de 100, 200 et 500 mg/kg de triclopyr. Les oiseaux ont reçu les aliments traités dix semaines avant la ponte et pendant dix semaines durant la ponte. On a observé une baisse significative ($p < 0,02$) dans la production de poussins aux doses de 200 et de 500 mg/kg.

L'exposition à Garlon 4 ne devrait pas provoquer de mortalité d'oiseaux sauvages par toxicité aiguë. L'exposition chronique due à l'ingestion de végétation contaminée pourrait exercer certains effets sur la reproduction aux doses prévues.

c) Mammifères sauvages

Triclopyr, par administration orale, est modérément toxique pour les petits mammifères. Les résultats d'études sur la toxicité orale aiguë de triclopyr et du produit formulé, Garlon 4, paraissent dans le tableau suivant:

<u>Composés</u>	<u>Espèces</u>	<u>DL₅₀(mg/kg)</u>
triclopyr	Rat - femelle	630
	- mâle	729
	Cobaye - mâle	310
	Lapin	550
Garlon 4	Rat - femelle	1318
	- mâle	1515

Triclopyr et Garlon 4 ont une faible toxicité dermique aiguë et sont aussi relativement non toxique par inhalation; la CL_{50} par inhalation de triclopyr est supérieure à 1,84 mg/L.

Aucune étude in situ n'a eu lieu avec de petits mammifères. Ces derniers pourraient être exposés soit directement au brouillard de pulvérisation soit par ingestion de végétation contaminée. L'ingestion orale serait, croit-on, la voie la plus importante et comporte certainement le risque de donner lieu à une exposition plus chronique. Les données sur la toxicité, exprimée en mg/kg de poids corporel, peuvent être liées aux concentrations de résidus dans l'environnement à condition que le taux d'ingestion quotidienne par l'organisme en question soit connu. On estime que des lapins de laboratoire pesant 2,0 kg consomment 60 g d'aliment sec par jour. (Cette estimation particulière est actuellement utilisée par l'Agence de protection de l'environnement (EPA) des États-Unis dans l'évaluation des risques et a également été employée par le Service des forêts américain pour estimer l'exposition des animaux sauvages aux pesticides employés en forêt).

Si l'on suppose qu'un lapin, ou un lièvre sauvage, consomme des graminées à 70% d'eau (valeur moyenne pour les graminées), on arrive aux taux d'absorption d'agents toxiques suivants:

<u>Teneur en résidus attendus</u> <u>(de la discussion précédente)</u>	<u>Pesticide ingéré</u>
Site forestier, 4 L/ha - 175 ppm	17,5 mg/kg de p.c./j
Site forestier, 8 L/ha - 350 ppm	35,0 mg/kg de p.c./j
Site "ouvert", 4 L/ha - 407 ppm	40,7 mg/kg de p.c./j
Site "ouvert", 8 L/ha - 813 ppm	81,3 mg/kg de p.c./J

Avec les DL_{50} fournis précédemment, on ne s'attend pas à ce que Garlon 4 provoque une mortalité directe de mammifères herbivores. Un résumé d'études sur la toxicité subchronique et la reproduction, fourni par le Service des forêts des États-Unis (les études dont sont extraits ces résumés n'ont pas été examinées par le ministère de l'Environnement du Canada), laisse penser que

certaines effets sublétaux, comme une perte de poids corporel, une réduction du poids du foie ainsi qu'une baisse de l'excrétion rénale pourraient se produire si l'exposition était prolongée. On a observé des cas de mortalité de la mère chez des lapines gravides, à des doses aussi faibles que 25 mg/kg de p.c./j administrées entre le 6^e et le 18^e jour de la gestation, ce permet de conclure qu'un effet sur les lagomorphes sauvages serait probablement l'effet le plus probable de cet herbicide. Toutefois, on n'a décelé aucun effet tératogène avec des doses aussi élevées que 100 mg/kg/j.

d) Amphibiens et reptiles

On ne disposait d'aucune donnée pour évaluer les risques de l'utilisation de Garlon 4 pour les amphibiens et les reptiles. La forme butyl éthyl ester du triclopyr est fortement toxique pour le poisson aux concentrations qui pourraient résulter d'une pulvérisation hors cible atteignant directement un point d'eau peu profond. La toxicité pour les amphibiens et les reptiles pourrait dépendre de leur sensibilité par rapport aux poissons et de la durée de l'exposition à la forme ester, plus toxique. La forme butyl éthyl ester du triclopyr est transformée en triclopyr, à une vitesse dépendant du pH, de la température et d'autres facteurs dont il est question antérieurement.

e) Organismes aquatiques

Les CL₅₀ de 24 et de 48 heures du triclopyr à l'égard de Daphnia magna, ont été, à ce que l'on rapporte, de 203,3 et de 132,9 mg/L respectivement. Dans ces études, la température était de 25 °C et le pH de 7,6. La forme ester du triclopyr était plus toxique que la forme acide, comme en témoigne les valeurs de la CL₅₀ de 48 heures, à 10,1 mg/L, et de la CL₁₀ de 3,95 mg/L. La température d'essai était de 17 °C et le pH de 7,9. Dans une autre étude avec la formulation, Garlon 4, la CL₅₀ de 48 heures a été de 2,2 (1,2-3,3) mg/L. Dans ce cas, la température utilisée était de 20 °C et le pH de 8,0.

Si Garlon 4 est directement appliqué à un point d'eau de 0,5 m de profondeur, la concentration résultante dans la colonne d'eau serait de 0,77 mg de m.a./L. Les risques pour les invertébrés

aquatiques dépendront de la durée de l'exposition à la forme ester, qui est plus persistante aux faibles températures et pH. Dans une eau alcaline, Garlon 4 ne devrait pas être toxique pour les invertébrés aquatiques.

f) Invertébrés terrestres

Triclopyr et son dérivé ester buthoxyéthylrique ne sont pas toxiques pour les abeilles, la DL_{50} par contact étant inférieure à 100 µg/abeille.

La croissance de six espèces de micro-organismes du sol n'a pas été modifiée par l'exposition à 500 mg/kg de triclopyr dans un test d'ensemencement sur gélose en boîte de Pétri.

Dans les travaux en laboratoire avec du sol artificiel et Garlon 4, les CL_{50} de 7 et de 14 jours pour le ver de terre Lumbricus terrestris indiquées étaient de 910 et de 430 mg/kg respectivement. Le niveau sans effet observable (NSEO), déterminé à partir des taux de mortalité et des données sur le gain pondéral découlant de ces travaux a été de 200 mg/kg. Ces résultats indiquent que Garlon 4 ne devrait pas être toxique pour le ver de terre dans les conditions d'utilisation pratique normale.

g) Considérations sur l'habitat faunique

Deux études sur l'inhibition de la croissance des algues ont été présentées en vue d'un examen. La forme acide du triclopyr ne semble pas très toxique pour l'algue verte Selenastrum capricornutum. La CE_{50} évaluée par une régression s'est chiffrée à 42-45 mg/L. Cependant, le NSEO a été nul. La concentration estimative dans l'environnement (CEE) est calculée en supposant le pire scénario où le pesticide serait directement appliqué dans un petit étang et qu'il demeurerait dans la colonne d'eau. La concentration supposée est habituellement de 15 cm de profondeur (0,5 pi. par l'EPA des États-Unis, d'après Urban & Cook (1986)). La CEE calculée pour le triclopyr est de 2,56 mg/L et le risque calculé de 0,06 (2,56/42).

La deuxième étude sur les algues a été conduite avec Garlon 4. Dans l'eau, la forme ester a une demi-vie de 1,5 à 2,0 jours, valeur qui augmente si la température et le pH sont faibles. La forme ester semble beaucoup plus toxique pour le poisson

et les invertébrés aquatiques qu'elle ne l'est pour l'algue verte Selenastrum capricornutum. La CE_{50} calculée à partir des données fournies est de 6,0 mg/L (61,3 de matière active). La CE_{50} de l'évaluation du risque s'est chiffrée à 0,69 (2,56/3,7) et à 3,0 (2,56/0,85) avec le NSEO. Comme l'ester butoxyéthylrique demeurera plusieurs jours après l'application, il est probable que Garlon 4 constitue un risque inacceptable pour les algues.

Les deux études sur les algues n'ont pu être évaluées en profondeur, car aucune donnée brute n'a été présentée. Le nombre initial de cellules était trop élevé dans les deux cas : la valeur de départ était de 20 000 alors que l'EPA recommande 3 000; le pH aussi était en général trop faible, en particulier avec une concentration de 100 mg/L de la forme acide du triclopyr; aucune concentration chimique véritable n'a été mesurée.

Aucune donnée n'a été présentée pour l'évaluation de l'effet de Garlon 4 sur les plantes vasculaires aquatiques et la végétation de plateau. La nécessité des données sur les effets possibles sur les végétaux vasculaires aquatiques se justifie très largement par la possibilité que le produit se déplace du lieu d'application, bien qu'une pulvérisation hors cible accidentelle de petits marécages soit aussi possible en pratique. La pulvérisation de ce produit dans les fossés des bords de route ou toute autre servitude pourrait présenter un risque pour les marécages receveurs si le composé se déplace à partir des lieux d'application.

Dans les habitats terrestres, les principales conséquences de l'utilisation de Garlon 4 en forêt seraient la disparition de la couche d'arbustes, ce qui pourrait modifier le mode d'utilisation de la région par la faune. A partir de recherches conduites avec d'autres herbicides en milieu forestier, on peut prévoir que le principal effet se fera sentir sur les espèces qui broutent des arbres feuillus pour se nourrir et dont les pâturages libres sont limités. Les effets pourraient aussi être plus graves en hiver lorsque le brout ligneux constitue le principal aliment d'un certain nombre d'espèces. Parmi ces espèces, on peut citer le lièvre d'Amérique et la gélinotte huppée. De plus grosses espèces broutantes, comme le cerf et l'orignal, pourraient être touchées

localement selon l'étendue et l'emplacement des blocs pulvérisés. L'effet ajouté par le traitement herbicide est probablement faible à comparer à l'effet initial de la coupe. La majeure partie des changements de la composition des espèces aura eu lieu après les opérations d'abattage des arbres. De plus, on a soutenu, qu'à l'échelle nationale, il y aurait un excès de brout ligneux du fait que des régions exploitées n'ont pas été replantées en espèces semi-ligneuses.

9. EFFETS SUR LE POISSON, L'HABITAT ET SUR LES RESSOURCES HALIEUTIQUES : CONTRIBUTION DU MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES Océans DU CANADA

9.1 Poissons

La forme ester butoxyéthylique du triclopyr, la matière active de Garlon 4, s'hydrolyse pour donner le produit à action herbicide, la forme acide du triclopyr. Les formes ester et acide du triclopyr ont des toxicités différentes pour le poisson.

CL ₅₀ de 96 h (mg/L)		
<u>Espèces</u>	<u>Forme ester</u>	<u>Forme acide</u>
Crapet arlequin	0,87	148
Truite arc-en-ciel	0,74	117
Vairon	2,2	---
Saumon coho	1,3	---

La CL₅₀ de 96 heures de Garlon 3A (dont la matière active est le sel de triéthylamine de la forme acide du triclopyr) pour la truite arc-en-ciel est de 240 mg/L.

McCall et al. (1988) ont expliqué la différence de toxicité pour le poisson par des différences dans les vitesses d'absorption de l'ester et de l'acide. En l'absence de toute dissipation de l'ester dans l'environnement, les auteurs ont estimé à 400 le facteur de bioconcentration dans le cas de l'ester comparativement à 0,5 dans celui de l'acide. Par conséquent, l'ester est absorbé plus rapidement par le poisson où il est métabolisé en la forme acide dont la concentration augmente jusqu'à des valeurs toxiques

pour le poisson.

Les toxicités de Garlon 4 et de l'ester technique pour le saumon coho sont présentées plus bas:

CL₅₀ de 96 heures (mg/L(ester)) pour le saumon coho

<u>Produit toxique</u>	<u>pH de l'eau</u>	<u>Alevins</u>	<u>Juvéniles</u>
Garlon 4	7,8	0,26	1,3
Ester technique	7,8	0,31	1,3
Garlon 4	6	0,18	0,86

Les résultats précédents laissent croire que les constituants de la formulation ne modifient pas la toxicité de l'ester pour le poisson. Toutefois, cette toxicité peut dépendre du pH de l'eau.

Des effets sublétaux, à court terme ont été observés chez le saumoneau coho exposé au Garlon 4 dans des réservoirs à circulation continue pendant 96 heures. Aux concentrations de 0,03 et 0,10 mg/L (ester), le saumoneau devenait très sensible aux changements photopériodiques comme en témoignait l'intensification de son activité. Il devenaient moins actif et plus léthargique avec les concentrations de 0,32 et 0,42 mg/L. De plus, à 0,42 mg/L, il devenaient fortement stressé et absorbait plus d'oxygène que les témoins; on a également observé une irritation des branchies par la plus grande fréquence de leur ouverture et par l'émission d'une toux.

La bioaccumulation de la forme ester du triclopyr a été étudiée chez le saumon coho. L'ester est absorbé rapidement par le poisson, métabolisé et les résidus éliminés. Selon la quantité totale de résidus et la teneur initiale de l'eau, le facteur de concentration maximale était de 115. Après une dépuration de 54 heures dans l'eau douce, la teneur totale en résidus chez le poisson était inférieure à 1% de la teneur totale maximale.

Pour étudier l'influence de facteurs de l'environnement sur la persistance de l'ester dans l'eau, des études in situ ont eu lieu à la Research Forest de l'Université de Colombie-Britannique et à Hearst, en Ontario. Sur le site de l'Université de la Colombie-Britannique, la

forte dose de 8,6 kg d'ester/ha de Garlon 4 (qui est 2,3 fois plus importante que la dose maximum suggérée par l'étiquette) a été appliquée dans un cours d'eau de 30 cm de profondeur. D'après les premiers rapports, les poissons d'essai devenaient stressés et seraient vulnérable à la prédation en situation réelle ou seraient transportés par le courant hors du système. On a observé une mortalité de 10% chez la truite arc-en-ciel, 24 heures après le traitement. Le rapport préliminaire sur la mortalité du poisson à Hearst (la dose d'application de Garlon 4 n'était pas donnée) indique qu'il n'existe pas de différence statistique entre la forte mortalité observée chez le poisson dans les sites traités et les sites témoins. Les rapports définitifs de ces études n'ont pas été reçus par le Ministère des Pêches et des Océans du Canada.

9.2 Habitat du poisson

La valeur de la CL_{50} de 48 heures de Garlon 4 pour Daphnia magna, un indicateur de l'effet possible de Garlon 4 sur les aliments du poisson, a été de 2,2 mg/l (ester). La dose sans effet nocif était inférieure à 0,7 mg/L (ester) (pH = 7,8 - 8,4). En comparaison, la CL_{50} (48 h) de l'acide pour D. magna serait, à ce que l'on rapporte, de 132,9 mg/L.

Dans l'étude de l'Université de la Colombie-Britannique, on a observé une mortalité de 5% chez des éphémères et des perles en cage, 24 heures après le traitement.

Le ministère des Pêches et des Océans du Canada, a examiné des rapports d'essais sur la toxicité de 5 jours de la forme acide du triclopyr et de Garlon 4 pour l'algue verte Selenastrum capricornutum. Ces études accusant des lacunes, les résultats ne sont pas définitifs, mais ils donnent quand même une indication de la toxicité relative de Garlon 4 et de la forme acide du triclopyr pour les algues. Comme pour le poisson et D. magna, l'algue est plus sensible à la forme ester (contenue dans Garlon 4) qu'à la forme acide. Le calcul du taux d'inhibition de la croissance à l'aide des résultats en main a donné une valeur minimale (environ 4%) lorsque les algues ont été exposées à la forme acide à une concentration nominale inférieure ou égale à 7,8 mg/L. On a noté des taux d'inhibition semblables, à 0,9 mg/L (concentration nominale de l'ester) après l'exposition à Garlon 4. Ces résultats restent encore à confirmer. Les différences de toxicité peuvent être dues à des vitesses d'absorption différente que l'on peut supposer

compte tenu des $K_{\text{oct.}/\text{eau}}$ différent de l'acide (0,205) et de l'ester (12 300).

Aucune étude sur l'effet de Garlon 4 sur les macrophytes aquatiques n'a été soumise.

9.3 Mobilité et transformation dans les milieux aquatiques

Garlon 4 est proposé pour des applications au sol et aériennes pour lutter contre les plantes ligneuses et les mauvaises herbes dicotylédones pour la préparation des surfaces à repeupler et le dégagement de peuplements de conifères. La contamination des eaux superficielles peut être due à la dérive du brouillard de pulvérisation, au lessivage ou à des retombées directes résultant d'une pulvérisation hors cible.

Des études en laboratoire ont montré que la forme ester du triclopyr, appliquée au sol, sera rapidement transformée en la forme acide (par exemple, plus de 80% de transformation de l'ester en acide dans les 6 heures, à 25°C et 75% de l'humidité à 1/3 de bar). La forme acide peut être lessivée vers les systèmes aquatiques en raison de sa forte solubilité dans l'eau (435 mg/L) et du faible coefficient de sorption par le sol ($K_{\infty} = 27$). Le lessivage de la forme ester du triclopyr est moins probable en raison de sa plus faible solubilité dans l'eau (23 mg/L), du plus fort coefficient de sorption ($K_{\infty} = 640-1780$) et de sa transformation rapide en acide.

La transformation de la forme acide du triclopyr est lente plus dans les sols imbibés d'eau que dans les milieux aérobie.

<u>Sols</u>	<u>Demi-vie de la forme acide appliquée (jours)</u>	
	<u>Fiole, milieu aérobie</u>	<u>Fiole, sol imbibé*</u>
1) Loam, pH = 6,6 % de c.o. = 0,86	18	130
2) Loam argileux sableux pH = 5,2, % de c.o. = 2,10	8	42

* 60-75 % de l'acide appliqué passe dans l'eau

La transformation de l'ester en acide dans l'eau se fait principalement par photolyse, avec une période de demi-vie de 1,5-2 jours. L'hydrolyse de l'ester n'est pas significative, les demi-vies à 15°C étant de 208 jours à pH 5 et de 26 jours à pH 7 (le pH caractéristique d'un cours d'eau est de 6,4 - 7,0 en Colombie-Britannique, de 4,5 - 5,5 en Nouvelle-Écosse, de 5,5 - 6,5 au Nouveau-Brunswick). La forme acide du triclopyr résiste également à l'hydrolyse (aucun changement de concentration après neuf mois aux pH de 5, 7, 8), mais est sujette à la photolyse, avec une demi-vie photolytique en laboratoire de 5,4 heures. Le principal produit de transformation de l'acide est le 3, 5, 6-trichloro 2-pyridinol qui est aussi sujet à la photolyse.

9.4 Évaluation des répercussions

Les résultats des études sur la toxicité montrent que la forme ester du triclopyr est plus toxique pour la flore et la faune aquatiques que la forme acide. En raison de la transformation rapide de l'ester en acide dans l'habitat terrestre, le plus grand risque pour les ressources des pêches résulte de la formation de dépôts de l'ester dans l'habitat aquatique par dérive de brouillard de pulvérisation ou par introduction directe par une pulvérisation hors cible. En supposant le pire scénario plausible, (le saumon coho est souvent élevé dans des eaux d'une profondeur de 10 cm avec un débit minimal), la concentration de la forme ester dans le milieu résultant d'une introduction directe par pulvérisation hors cible (dose maximale d'application indiquée sur l'étiquette de 8 litres de Garlon 4 par hectare (3,84 kg de m.a./ha)) serait de 3,84 mg/L (ester) dans un cours d'eau de 10 cm de profondeur. D'après des études en laboratoire, cette concentration d'ester pourrait gravement affecter le poisson, les invertébrés aquatiques et les algues. Ces études ne tiennent pas compte de facteurs de dissipation dans l'environnement, notamment de la photolyse, de l'hydrolyse ni de la dilution due à l'écoulement. Bien qu'il soit important, l'effet de ces facteurs peut être réduit par les conditions environnementales, comme la présence de nuages denses ou d'un couvert végétal, d'un faible pH, d'un débit minimal qui influent sur la dissipation de l'ester. La durée de l'exposition à la forme ester du triclopyr peut, par conséquent, être suffisante pour affecter le poisson et son habitat.

L'application aérienne de Garlon 4 augmente les risques de la formation directe de dépôts de l'ester du

triclopyr dans les systèmes aquatiques rendant ainsi appréciable le risque pour les ressources des pêches. On ne peut toutefois tirer de conclusion sur le risque pour les ressources des pêches de l'application aérienne de Garlon 4 tant que les rapports définitifs des études de l'Université de la Colombie-Britannique et de Hearst n'auront pas été reçus et examinés. L'application de Garlon 4 au sol réduit les risques pour les ressources des pêches vu la plus faible possibilité de contamination des systèmes aquatiques avoisinants. A condition de prendre les précautions nécessaires pour éviter la dérive de l'herbicide vers les systèmes aquatiques et leur végétation riveraine, le risque pour les ressources des pêches posé par l'application terrestre de Garlon 4 sur les emprises industrielles serait minimal.

9.5 Bibliographie

McCall, P.J.; Laskowski, D.A. et Bidlack, H. D. (1988)
Simulation of the Aquatic Fate of Triclopyr
Butoxyethyl Ester and its Predicted Effects on Coho
Salmon. Environ. Toxicol. Chem. 7: 517-527.