

LA DÉVITALISATION DU CHARME (*CARPINUS BETULUS* L.) PAR DÉPÔTS DE PHYTOCIDES A L'AIDE D'UN APPAREIL-INJECTEUR

P. ARBONNIER et P. DELABRAZE

avec la collaboration technique de M. VALANCE

*Station de Biométrie,
Laboratoire de Recherches sur le Désherbage,
Centre national de Recherches forestières, I. N. R. A.,
54 — Nancy*

RÉSUMÉ

La mise au point d'une technique de dévitalisation du charme (*Carpinus Betulus* L.) constitue l'objectif des essais.

Quatre spécialités contenant, comme matière active, du 2, 4-D (sels d'amine), du 2, 4, 5-T (esters), du piclorame (sels de potassium) ou l'association piclorame + 2, 4-D (sels d'amine) ont été injectées dans des entailles régulièrement espacées au niveau de l'empattement des arbres.

L'expérimentation a été conduite de manière à ce que soient analysées l'influence de l'époque d'application, celle du volume unitaire déposé par entaille et celle de la dimension de l'arbre.

Des résultats comparables et valables — destruction des arbres traités — ont été obtenus avec le piclorame en toutes saisons et à toutes doses, avec le 2, 4-D et l'association piclorame + 2, 4-D en application de printemps et, en application d'hiver à la plus forte dose, avec le piclorame + 2, 4-D.

La formulation ester du 2, 4, 5-T s'est révélée globalement moins efficace, ne l'emportant, en aucun cas, sur les produits précités.

Si l'on excepte le 2, 4, 5-T, l'efficacité paraît diminuer à mesure que l'on s'éloigne du printemps. Cette tendance, particulièrement nette pour le 2, 4-D amine, est cependant moins sensible avec le piclorame.

L'influence de la dimension des arbres est très marquée, des résultats irréguliers et souvent médiocres apparaissant avec les classes de diamètre les plus élevées (20 et 25 cm de diamètre à hauteur d'homme). Il semble ainsi nécessaire de resserrer davantage les entailles à mesure que la dimension de l'arbre à dévitaliser augmente.

I. — INTRODUCTION

Dans une étude parue en 1967, P. ARBONNIER a déjà défini la dévitalisation d'un arbre ou d'un brin appartenant à une cépée de taillis. En outre, il a décrit dans quelles circonstances ce genre d'interventions est pratiqué par le forestier, soulignant ce que les mé-

thodes chimiques peuvent apporter à une sylviculture intensive soucieuse d'éviter les trop brutales modifications du milieu.

Les volumes de bouillie mis en œuvre lors des opérations de dévitalisation par badigeonnage ou pulvérisation, quoique relativement faibles, sont quelquefois jugés excessifs; le dépôt de cristaux n'est pas toujours d'exécution aisée.

L'application de bouillies phytocides sur écorce n'est très souvent suivie d'effets que si un flachage ou un griffage précède cette opération.

Ces considérations ont amené les forestiers à reconsidérer les techniques de dévitalisation et à envisager le dépôt d'une formulation concentrée de phytocides sous un volume réduit déposé dans des entailles pratiquées sur le tronc de l'arbre.

Les résultats obtenus par la mise en pratique de cette dernière technique font l'objet de cette étude.

Les notations des effets, effectuées pendant les trois saisons de végétation qui ont suivi l'année d'application, sont comparées et discutées, des observations de contrôle de l'efficacité en 1970 permettant de confirmer les conclusions avancées dès 1969.

II. — L'EXPÉRIMENTATION

2.1. — *Le matériel expérimental*

2.11. *Les appareils.*

Le matériel doit permettre :

- a) d'entailler l'écorce et d'atteindre la zone cambiale;
- b) d'injecter ou de déposer le phytocide dans cette entaille.

Ces deux opérations définissent la technique.

Il faut remarquer qu'il ne s'agit pas ici d'injecter directement la substance phytocide dans les tissus conducteurs du bois et du liber, mais de la déposer simplement au contact de ces tissus.

Certaines méthodes, rarement employées d'ailleurs, sont basées sur une véritable perfusion : elles immobilisent un certain nombre de flacons ou supposent l'abandon de ces derniers.

L'appareil dit « injecteur » utilisé par le laboratoire est constitué d'un long tube creux (*) terminé par un ciseau qui entaille l'écorce et guide l'écoulement du phytocide. Le corps de l'appareil forme réservoir et une pompe placée à son extrémité inférieure débouche à quelques centimètres au-dessus du tranchant du ciseau.

La réalisation de l'entaille et l'injection sont, dans ce cas, deux opérations distinctes et absolument indépendantes.

Des appareils, conçus sur les mêmes principes, combinent entaille et injection : la partie tranchante appartient à un piston mobile dont le mouvement dans le tube-réservoir, au moment de l'entaille, provoque l'ouverture d'un clapet libérant le phytocide.

Une gouge remplace assez souvent le ciseau : une véritable poche est beaucoup plus aisément réalisée avec ce dernier outil, le ciseau provoquant trop souvent une entaille ouverte latéralement d'où s'échappe une partie du phytocide.

La longueur de ces appareils rend possible la réalisation d'entailles basses au niveau du collet des arbres.

Récemment, des outils plus compacts, du type « hachette », sont apparus : ils incitent aux interventions sur le tronc, nettement au-dessus du sol.

2.12. *Le matériel végétal.*

Le charme (*Carpinus Betulus* L.) constitue le matériel végétal et ce choix a été dicté pour les raisons déjà évoquées lors des précédents essais (ARBONNIER, 1967).

(*) Il s'agit d'un appareil largement utilisé aux U.S.A. où il est désigné sous le nom de « tree-injector ». La longueur du tube est voisine de 1,50 m.

Être de franc-pied, posséder une cime bien conformée et normalement développée pour un arbre de sous-étage, ne pas se trouver trop proche d'un très gros hêtre dominant sont les critères retenus pour le choix des arbres à dévitaliser.

Un échantillonnage assez représentatif d'une situation réelle a été réalisé : les catégories de diamètre 10, 15, 20 et 25 cm à hauteur d'homme y sont représentées.

Des considérations économiques et sylvicoles n'ont, malheureusement, permis qu'un recrutement réduit : quelques difficultés en ont résulté lorsqu'il s'est agi d'analyser le comportement dans les classes 20 et 25.

2.2. — Le dispositif

Le dispositif est installé en forêt de Haye, dans les parcelles 26 et 27 de la IV^e série de futaie. Situées dans une portion du grand plateau limité par les vallées de la Meurthe et de la Moselle, ces parcelles, sur sol calcaire assez profond, portent un peuplement dominant de hêtre en fin de conversion, le charme constituant un sous-étage très vigoureux.

Les essais retiennent quatre produits combinés factoriellement avec trois époques et deux doses, ce qui représente 24 modalités : $4 \times 3 \times 2 = 24$.

Parmi les 400 arbres conformes aux critères définis ci-dessus et qui se trouvaient être à peu près également répartis sur chacune des parcelles, 24 séries de 15 arbres chacune ont été constituées :

Classe de diamètre à 1,30 m	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	Série élémentaire
Nombre d'arbres de chaque classe	6	4	3	2	15

La répartition au hasard de toutes les modalités sur l'ensemble des deux parcelles posant quelques difficultés pratiques, le dispositif est scindé en deux :

- 12 modalités (= 2 produits \times 3 époques \times 2 doses) sont retenues pour la parcelle 26 où se trouve l'ensemble des traitements à base de 2, 4, 5-T et de 2, 4-D (cf. ci-après);
- les 12 modalités (traitements à base de piclorame et de l'association piclorame + 2, 4-D) sont installées sur la parcelle 27.

Chaque série élémentaire est obtenue par tirage au sort, la randomisation étant poursuivie dans l'ordre « produit, date d'application et dose unitaire par entaille » jusqu'à affectation complète des traitements.

Cette attribution des traitements au hasard permet l'interprétation des résultats par l'analyse de l'information (ARBONNIER, 1969).

2.3. — Les applications

2.31. Les produits.

Trois matières actives entrent dans la composition des quatre spécialités injectées. Elles figurent, individuellement, dans trois des formules commerciales, deux d'entre elles étant associés dans la quatrième spécialité.

a) l'acide 2, 4, 5 — trichlorophénoxyacétique, couramment appelé 2, 4, 5-T, est le composant actif de la première spécialité. Il s'y trouve sous la forme d'un mélange d'esters d'alkylcyclohexanol et d'alkylglycol.

Originellement à 500 g/litre d'éq. ac., l'addition d'un volume d'eau à quatre volumes de la spécialité ramène cette concentration à 400 g/litre = cette « rectification » a pour but de rendre possible la comparaison des effets du 2, 4, 5-T à ceux du 2, 4-D, aux mêmes équivalences exprimées en acide pur.

Les basses températures de décembre (cf. ci-après) ont conduit à abandonner cette dilution;

b) L'acide 2,4 — dichlorophénoxyacétique, ou 2,4-D, figure sous forme de sels d'ammine dans une spécialité à 400 g/litre d'éq. ac.;

c) L'acide 4-amino — 3, 5, 6 — trichloropicolinique ou piclorame, sous forme de sel de potassium, à 240 g/litre d'éq. ac., est la matière active de la troisième spécialité;

d) La dernière spécialité associe le piclorame et le 2, 4-D sous forme de sels d'amine (triisopropanolamine et triéthanolamine respectivement), 65 g/litre d'éq. ac. du premier étant ajouté à 240 g/litre d'éq. ac. du second.

2.32. *Les époques.*

Trois stades du développement des essences forestières feuillues, de définitions suffisamment simples, sont retenues; elles permettent de préciser les époques d'application choisies pour ces essais :

- stade du complet développement du feuillage et du début de prise de la coloration estivale; à Nancy ce développement est atteint, pour le charme, en mai, et la période est ici définie comme le Printemps (P);

- stade qui suit immédiatement l'« aoûtement », courant ou fin août habituellement; c'est l'Été (E);

- stade de dormance que l'on constate vraiment tard en automne et tout à fait au début de l'hiver, des flux de sève importants se manifestant chez le charme, à la suite de quelques journées ensoleillées de février.

Les applications pratiquées pendant le stade de dormance sont dites d'Hiver (H).

Les mois de février, mars et avril n'ont pas été retenus : ils correspondent aux poussées de sève, rappelées ci-dessus. La quantité de sève qui s'écoule des entailles est alors suffisante pour entraîner le sylvicide hors du végétal.

Concrètement, les applications ont été réalisées en 1966 :

- les 26 mai, 30 août et du 14 au 16 décembre avec le piclorame et l'association piclorame + 2, 4-D;
- les 27 mai, 31 août du 19 au 21 puis les 26 et 27 décembre avec le 2, 4, 5-T et le 2, 4-D.

2.33. *Les doses.*

Les effets de la dévitalisation résultent de la quantité de matière active introduite dans le végétal et de la répartition, c'est-à-dire du fractionnement de cette matière active totale à l'application.

Il y a donc lieu d'indiquer successivement les volumes unitaires (que nous appellerons « doses » dans un but de simplification) et la règle de distribution des entailles.

2.331. *Les volumes unitaires — doses.*

Les études bibliographiques et les indications fournies par le fabricant ont conduit à retenir les doses de 0,5 et 1 ml (*); 0,5 ml est appelé « dose faible » et 1 ml « dose forte » dans la suite de l'étude.

2.332. *Le barème de distribution des entailles.*

En l'absence de données très précises et convergentes sur une règle de distribution des entailles, des observations courantes montrent une répartition régulière des tissus nécrosés sur la zone de développement des faisceaux libéro-ligneux atteints directement par le sylvicide (diffusion verticale forte) et des manifestations réduites ou nulles de part et d'autre de cette zone (diffusion latérale ou tangentielle faible).

Sur le plan du traitement, à la périphérie du tronc, l'équidistance des entailles est respectée au mieux. D'autre part, la distance qui sépare le bord d'une entaille au bord de l'entaille voisine est d'au moins la largeur de l'outil tranchant et, au plus, de deux fois cette largeur : les longueurs horizontales des secteurs non lésés de l'écorce sont donc comprises entre 4 et 8 cm.

Ces entailles sont distribuées au niveau du collet de l'arbre.

Les expériences précédentes de dévitalisation par badigeonnage ou pulvérisation ont montré que des arbres traités, aux cimes complètement détruites, peuvent rejeter sur la partie du tronc comprise entre la partie inférieure du traitement et le sol. Les rejets susceptibles d'apparaître après une application au niveau du collet sont alors au niveau du sol ou proviennent de bourgeons adventifs des racines (dragons); les uns et les autres sont capables de s'enraciner et d'assurer ultérieurement la reconstitution partielle d'un sous-étage feuillu intéressant.

(*) ml = millilitre, unité normalisée qui doit remplacer le centimètre cube « cc » (1 ml = 1 cc).

Pour éviter toute hésitation de la part de l'applicateur, les empattements ne présentant pas des formes absolument identiques, la relation entre la circonférence de la souche et la circonférence à 1,30 m a été calculée sur échantillons. Les mesures ont conduit à la régression linéaire :

$$C \text{ souche} = 1,2474 C_{1,30} + 6,56 \text{ (en cm)}$$

Le tableau suivant indique le nombre d'entailles pratiquées en fonction de la circonférence de l'arbre à 1,30 m :

Circonférence à 1,30 (en cm)	4 à 13	14 à 23	24 à 33	34 à 42	43 à 52	53 à 62	63 à 72	73 à 81	82 à 91	92 à 101	102 à 111
Nbre d'entailles	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

2.4. — Observations et notations

Pour faciliter les observations et les notations, plusieurs précautions ont été prises :

- ouverture d'un calepin répertoriant les arbres avec leurs caractéristiques dendrométriques et permettant le report des notations individuelles;
- croquis équipé du dispositif (arbres localisés);
 - fixation sur chaque arbre d'une étiquette portant les indications du traitement appliqué sous forme de deux lettres et d'un chiffre :
- la 1^{re} lettre pour l'époque = [P (printemps), E (été), H (hiver). Cf. 2.32 ci-dessus;
- la 2^e lettre renseigne sur le produit :

T = 2, 4, 5-T D = 2, 4-D K = piclorame

C = association piclorame + 2, 4-D

- le chiffre donne la dose : 1 (dose faible) — 2 (dose forte). Cf. 2.331. ci-dessus.

Les combinaisons représentant l'ensemble des traitements sont rappelées ci-après : chacune est suivie de la quantité de matière active, exprimée en éq. ac., déposée par entaille :

P (E ou H)	T ₁ ~ 0,2 g	d'éq. ac. du 2, 4, 5-T		
«	T ₂ ~ 0,4 g	« « « «		
«	D _{1,t} ~ 0,2 g	« « « 2, 4-D		
«	D ₂ ~ 0,4 g	« « « «		
«	K ₁ ~ 0,12 g	« « « piclorame		
«	K ₂ ~ 0,24 g	« « « «		
«	C ₁ ~ 0,325 g	« « « «	+ 0,12 g d'éq. ac. du 2, 4-D	
«	C ₂ ~ 0,065 g	« « « «	+ 0,24 g « « «	

Les effets des applications sylvicides se développent progressivement, parfois sur plusieurs saisons de végétation.

Venant en quelque sorte, en surimpression des manifestations vitales de l'arbre, ces effets peuvent être temporairement plus ou moins masqués : des observations rapprochées de ces aspects fugaces de la végétation fournissent de précieuses indications sur le mode d'action des sylvicides.

La notation ne doit intervenir qu'au moment où un certain équilibre est atteint. La période la plus favorable se situe entre la pousse d'août et le début des colorations automnales des premiers arbres, pour tenir compte des perturbations entraînées dans les cycles végétatifs par les conditions météorologiques... ou l'application de certains sylvicides.

Trois années sont généralement nécessaires pour juger objectivement des résultats = ceci apparaît nettement sur le tableau 1 (cf. ci-après).

Le système de notation est décrit dans les notices 25, page 11 (3) et 34, page 8 (4). Il permet de traduire simplement les principaux stades de dépérissement et donne de plus une idée de l'évolution du couvert. L'échelle est à cinq classes :

- 0 — effet nul ou foliaison sur plus des 2/3 de la cime,
- 1 — foliaison recouvrant du 1/3 aux 2/3 de la cime,
- 2 — foliaison sur moins du 1/3 de la cime,
- 3 — quelques feuilles disséminées ou rejets,
- 4 — mort.

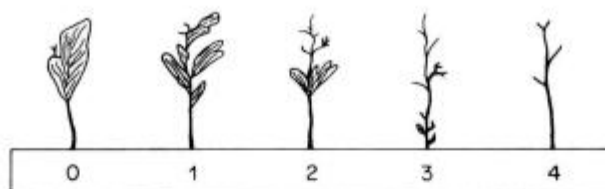


FIG. 1. — Échelle de notation

FIG. 1. — Scoring scale

Pratiquement, les notations ont été effectuées les 25 et 28 septembre 1967, les 30 septembre et le 1^{er} octobre 1968, les 17 et 18 septembre 1969.

Un contrôle des résultats relevés antérieurement a eu lieu à l'automne 1970.

III. — RÉSULTATS

Les résultats sont consignés dans les tableaux 1 et 2.

Le tableau 1 donne globalement pour chaque produit les effectifs de chaque classe de

TABLEAU 1 — TABLE I
Évolution des effectifs par note entre 1967 et 1970
Change of numbers of trees in classes from 1967 to 1970

Traitements	Année d'observation	Notation					Total
		0	1	2	3	4	
Σ des T (2, 4, 5-T)	1967	30	23	14	20	3	90
	1968	24	15	10	11	30	90
	1969	22	15	7	4	41	89*
	1970	22	14	6	3	44	89
Σ des D (2, 4-D)	1967	21	13	14	26	16	90
	1968	18	12	6	5	49	90
	1969	16	9	4	4	57	90
	1970	17	8	3	4	58	90
Σ des K (piclorame)	1967	4	6	7	41	32	90
	1968	8	3	3	6	70	90
	1969	8	3	3	4	72	90
	1970	7	4	0	6	73	90
Σ des C (piclorame + 2, 4-D)	1967	18	21	4	21	26	90
	1968	23	14	5	4	44	90
	1969	21	15	5	2	46	89*
	1970	21	13	6	2	47	89

* Arbres détruits accidentellement au cours de l'hiver 1968-1969.

note entre 1967 et 1970. Les calculs statistiques ont été faits sur les résultats de 1969, les faibles variations constatées en 1970 ne justifiant pas une remise en cause des résultats.

En 1970, on attendait un peu la quasi disparition des arbres entrant dans les classes 2 et 3, les conditions météorologiques locales, particulièrement favorables pour la forêt, ont peut-être ralenti l'évolution ainsi prévue.

Le tableau 2 rassemble les résultats des observations des 17 et 18 septembre 1969 par modalité de traitement.

TABLEAU 2 — TABLE 2
Observations des 17 et 18.09.69 (traitements de 1966)
« Effectifs par note »
Assessment : 17 and 18/09/69 (treatment 1966)
Numbers of trees per classes

Date d'application	Traitement	Dose	Notation					Total
			0	1	2	3	4	
26-27 mai	PT	1	7	1	1	0	6	15
	«	2	5	2	1	2	4	14*
(Mai-Juin)	PD	1	1	2	0	0	12	15
	«	2	0	0	1	0	14	15
<i>Printemps (P)</i>	PK	1	1	0	1	0	13	15
	«	2	0	0	0	1	14	15
	PC	1	2	3	1	1	8	15
	«	2	1	2	0	0	12	15
	Σ		17	10	5	4	83	119
30-31 août	ET	1	3	3	2	0	7	15
	«	2	2	1	2	1	9	15
(Août-Sept.)	ED	1	2	3	2	0	8	15
	«	2	2	3	0	1	9	15
<i>Été (E)</i>	EK	1	2	0	2	0	11	15
	«	2	1	1	0	2	11	15
	EC	1	7	4	1	0	3	15
	«	2	4	1	2	0	8	15
	Σ		23	16	11	4	66	120
14 au 27 décembre	HT	1	3	3	1	1	7	15
	«	2	2	5	0	0	8	15
(Déc.)	HD	1	5	1	0	2	7	15
	«	2	6	0	1	1	7	15
<i>Hiver (H)</i>	HK	1	2	2	0	1	10	15
	«	2	2	0	0	0	13	15
	HC	1	6	4	0	0	5	15
	«	2	1	1	1	1	10	14*
	Σ		27	16	3	6	67	119
Totaux (tous traitements)			67	42	19	14	216	358
Résultats en pourcentage (%) (valeurs arrondies)			19	12	5	4	60	100

* Arbres détruits accidentellement au cours de l'hiver 1968-1969.

IV. — INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

L'interprétation des résultats retient l'analyse de l'information comme méthode principale, un retour aux histogrammes étant conseillé chaque fois qu'un phénomène apparaît moins abstraitement sur le procédé graphique.

Les effets des produits sont comparés deux à deux, une analyse globale terminant l'étude.

4.1. — *Piclorame (K) et association piclorame + 2,4 - D (C)*

Les tableaux 3 à 7 inclus rassemblent les données de base de l'analyse statistique conduisant à la comparaison des effets des deux produits.

4.11. *Principes de l'analyse statistique adoptée.*

La méthode utilisée est celle du test $2 \hat{i}$ (ARBONNIER, 1969).

La logique de l'analyse est la suivante :

a) tester l'homogénéité globale;

Si elle n'est pas atteinte :

b) analyser l'influence de différents facteurs contrôlés pour faire apparaître les causes d'hétérogénéité ;

c) mettre en évidence, le cas échéant, des sous-groupes homogènes.

Pour l'ensemble des échantillons considérés comme susceptibles d'appartenir à une même distribution multinominale à 5 classes, le tableau 3 conduit à : $2 \hat{i} = 76,828$.

La probabilité attachée au χ^2 avec 44 degrés de liberté (d.d.l.) est inférieure à 0,05. L'ensemble ne peut donc pas être considéré comme homogène.

Pour mettre en évidence les causes de cette hétérogénéité, deux voies sont offertes :

— l'analyse par produit,

— l'analyse par époque d'application.

4.12. *Analyse par produit (Cf. tableaux 3 et 4).*4.121. *Piclorame (K).*

Pour l'ensemble des traitements K (tableau 3) :

$$2 \hat{i} = 24,600 \text{ avec } 20 \text{ d.d.l.}$$

ce qui se traduit par : $0,10 < \text{Prob.} (\chi^2) < 0,25$

On peut admettre l'homogénéité des échantillons, au moins pour l'ensemble des tiges: le résultat est indépendant de l'époque et de la dose d'application.

4.122. « *Piclorame + 2,4-D* » (C)

Pour l'ensemble des traitements C (tableau 3) :

$$2 \hat{i} = 30,444 \text{ avec } 20 \text{ d.d.l.}$$

soit : $\text{Prob.} (\chi^2) \neq 0,05$, puisque $\chi^2_{0,05} = 31,41$

Il y a ainsi peu de chance pour que les échantillons soient homogènes. L'analyse est alors poursuivie en prenant en considération la saison d'application (tableau 4).

a) *Printemps* (tableau 4)

$2 \bar{i} = 4,118$ avec 4 d.d.l., d'où : $0,25 < \text{Prob.} (\chi^2) < 0,50$.

L'effet de la dose n'est pas significatif au printemps.

b) *Été* (tableau 4)

$2 \bar{i} = 5,456$ avec 4 d.d.l. et : $0,10 < \text{Prob.} (\chi^2) < 0,25$.

L'effet de la dose n'est pas non plus significatif pour cette époque.

FORÊT DE HAYE — IV^e Série — Parcelle 27

Piclorame (K) et Piclorame + 2, 4-D (C)
TRAITEMENT de 1966 — Observation de septembre 1969

TABLEAU 3 — TABLE 3

Analyse par produit
Analysis of chemical effect

Composantes	$2 \bar{i}$	d.d.l.	Probabilité	Signification
Ensemble des traitements	76,828	44	$P < 0,005$	**
K tous traitements	24,600	20	$0,10 < P < 0,25$	NS
C tous traitements	30,444	20	$P \neq 0,05$	$\chi^2_{0,05} = 31,41$

Nota : Il reste 4 d.d.l. pour K contre C, mais C n'étant pas lui-même homogène, cette comparaison n'a pas de sens.

TABLEAU 4 — TABLE 4

Analyse des observations des traitements (C)
par saison et dose
Chemical (C). Analysis of season and rate effects

Composantes	$2 \bar{i}$	d.d.l.	Probabilité	Signification
PC ₁ : PC ₂	4,118	4	$0,25 < P < 0,50$	0,40 NS
EC ₁ : EC ₂	5,456	4	$0,10 < P < 0,25$	NS
PC (1 + 2) : EC (1 + 2)	9,942	4	$P \neq 0,05$	*
PC ₁ , PC ₂ , EC ₁ , EC ₂	19,516	12	$0,05 < P < 0,10$	$\chi^2_{0,05} = 21,03$
HC ₁ : HC ₂	10,328	4	$0,025 < P < 0,05$	

Nota : La comparaison HC (1 + 2) — (PC₁, PC₂, EC₁, EC₂) n'a pas de sens puisque leur homogénéité interne n'est pas assurée.

c) *Hiver* (tableau 4).

$2 \bar{i} = 10,328$ avec 4 d.d.l. et : $0,025 < \text{Prob.} (\chi^2) < 0,05$

En application d'hiver, les effets des doses sont significativement différents.

d) *Printemps/Été* (tableau 4).

Les traitements de printemps et d'été sont comparés sans considération de dose, sur des échantillons regroupés :

$2 \bar{i} = 9,942$ avec 4 d.d.l. et : Prob. (χ^2) \neq 0,05

puisque : $\chi^2_{0,05} = 9,49$

Il apparaît peu probable que les traitements de printemps et d'été pussent être considérés comme donnant des résultats comparables : la suite de l'analyse le confirme.

4.13. Analyse par saison (tableau 5).

4.131. Printemps (P).

L'homogénéité des 4 échantillons observés est testée par :

$2 \bar{i} = 17,340$ avec 12 d.d.l., d'où : $0,10 < \text{Prob.} (\chi^2) < 0,25$

Les résultats observés sont indépendants du produit *et* de la dose.

4.132. Été (E).

$2 \bar{i} = 27,208$ avec 12 d.d.l., soit : Prob (χ^2) $<$ 0,01.

Cette valeur est très significative et l'analyse du tableau 5 montre que l'hétérogénéité constatée doit être attribuée *au produit et non à la dose appliquée*.

4.133. Hiver (H).

$2 \bar{i} = 20,102$ avec 12 d.d.l. et : Prob (χ^2) \neq 0,05

puisque $\chi^2_{0,05} = 21,03$

FORÊT DE HAYE — IV^e Série — Parcelle 27 (Suite)

Piclorame (K) et « Piclorame + 2, 4-D » (C)
TRAITEMENT de 1966 — Observations de septembre 1969

TABLEAU 5 — TABLE 5
Analyse des observations par saison d'application
Analysis of season effects

Composantes	$2 \bar{i}$	d.d.l.	Probabilité	Signification
Printemps, tous traitements PK ₁ , PK ₂ , PC ₁ , PC ₂	17,340	12	0,10 < P < 0,25	NS
Été : EK ₁ : EK ₂	7,272	4	0,10 < P < 0,25	NS
EC ₁ : EC ₂	5,456	4	0,10 < P < 0,25	NS
(EK ₁ + EK ₂) : (EC ₁ + EC ₂)	14,480	4	P < 0,01	**
Été, tous traitements	27,208	12	P < 0,01	**
Hiver : HK ₁ : HK ₂	4,550	4	0,25 < P < 0,50	NS
HC ₂ : (HK ₁ + HK ₂)	2,966	4	0,50 < P < 0,25	NS
HK ₁ + HK ₂ + HC ₂	7,516	8	0,25 < P < 0,50	NS
HC ₁ : (HK ₁ + HK ₂ + HC ₂)	12,586	4	0,01 < P < 0,025	*
HK ₁ + HK ₂ + HC ₁ + HC ₂	20,102	12	P \sim 0,05	$\chi^2_{0,05} = 21,03$

TABLEAU 6 — TABLE 6

Comparaison entre K tous traitements et différentes modalités d'application de C
 Comparison between pooled K treatments and some C treatments

Composantes	2 \bar{i}	d.d.l.	Probabilité	Signification
K, tous traitements	24,600	20	0,10 < P < 0,25	NS
PC ₁ : PC ₂	4,118	4	0,25 < P < 0,50	NS
K : PC (1 + 2)	5,640	4	0,10 < P < 0,25	NS
Ensemble	34,358	28	0,10 < P < 0,25	NS
K, tous traitements	24,600	20	0,10 < P < 0,25	NS
EC ₁ : EC ₂	1,080	4	0,75 < P < 0,90	NS
Ensemble	25,680	24	0,25 < P < 0,50	NS
K, tous traitements	24,600	20	0,10 < P < 0,25	NS
EC ₁ : EC ₂	5,456	4	0,10 < P < 0,25	NS
K : EC (1 + 2)	25,256	4	P < 0,005	**
Ensemble	55,312	28	P < 0,01	*

L'analyse poursuivie sous forme progressive montre que l'hétérogénéité est due au traitement HC¹, association « piclorame + 2,4 - D » à la dose faible : elle diffère très significativement des autres.

4.14. Conclusion des tests d'homogénéité.

Les résultats jusqu'ici fournis par l'analyse statistique peuvent se résumer comme suit :

a) En ce qui concerne le piclorame, les résultats sont indépendants de l'époque d'application et de la dose. On peut symboliser cette conclusion par :

$$(1) \quad K(P) \simeq K(E) \simeq K(H) \simeq K$$

Ce n'est pas le cas pour l'association piclorame + 2, 4-D.

b) L'influence de l'époque d'application ne s'exerce pas de la même manière suivant les autres facteurs mis en jeu, ce phénomène est symbolisé, avec la notation précédente, par :

$$(2) \quad K(P) \simeq C(P) \text{ et } K(E) \neq C(E)$$

En considérant les relations (1) et (2), on est amené à comparer les différents résultats obtenus, suivant l'époque d'application, avec l'association piclorame + 2, 4-D et l'ensemble des résultats — toutes saisons, toutes doses — observés avec le piclorame. On constate (tableau 6) :

— l'homogénéité entre les traitements K et les traitements PC :

$$2 \bar{i} = 34,358 \text{ à } 28 \text{ d.d.l., conduit à : } 0,10 < \text{Prob}(\chi^2) < 0,50,$$

— l'homogénéité entre le traitement d'hiver à la dose forte HC² et les traitements K :

$$2 \bar{i} = 25,680 \text{ à } 24 \text{ d.d.l., donne : } 0,25 < \text{Prob}(\chi^2) < 0,50,$$

— l'homogénéité non admissible pour les traitements d'été EC :

$$2 \bar{i} = 55,312 \text{ à } 28 \text{ d.d.l., donne : } \text{Prob}(\chi^2) < 0,01.$$

Le tableau 7 regroupe deux ensembles homogènes distincts qui sont apparus au cours des analyses :

— (G 1) d'une part, l'ensemble des applications de piclorame, quels que soient la dose et l'époque d'application, les traitements de printemps de l'association piclorame + 2, 4-D, quelle que soit la dose, le traitement d'hiver de cette association, à la dose forte seulement, constituant le groupe 1;

— (G 2) d'autre part, les traitements d'été de l'association piclorame + 2, 4-D aux deux doses et le traitement d'hiver de cette même mixture à la dose faible forment le groupe 2.

FORÊT DE HAYE — IV^e Série — Parcelle 27 (*Suite et fin*)
Piclorame (K) et Piclorame + 2, 4-D (C)
TRAITEMENT de 1966 — Observations de septembre 1969

TABLEAU 7 — TABLE 7
Analyse finale par groupe
Final analysis between sets of treatments

Composantes	2 Ī	d.d.l.	Probabilité	Signification
Groupe 1 : PK1, PK2, EK1, EK2 HK1, PC1, PC2, HC2	35,078	32	$P \approx 0,25$	NS
Groupe 2 : EC1, EC2, HC1	8,426	8	$0,25 < P < 0,50$	NS
Groupe 1 : Groupe 2	33,424	4	$P < 0,005$	**
Ensemble des observations	76,838	44	$P < 0,005$	**

Pour l'ensemble des échantillons regroupés qui constituent des estimations non biaisées de la répartition multinomiale, les fréquences observées sont respectivement les suivantes :

Classe	0	1	2	3	4	Total
Groupe 1 (G1)	12	9	5	6	102	13
Groupe 2 (G2)	17	9	3	0	16	45

Après 3 ans, les pourcentages de mortalité constatée (classe 4) sont de :

76,1 % dans le groupe 1

35,6 % dans le groupe 2

ce qui met en évidence la nette supériorité des traitements du groupe 1.

Remarque : Fin 1970, les effectifs du groupe 1 dans chacune des classes sont respectivement de 11, 9, 3, 7 et 104, ceux du groupe 2 de 17, 8, 3, 1 et 16; le seul pourcentage de mortalité ayant varié est celui du groupe 1 qui passe à 77,6.

4.2. — Ester du 2, 4, 5-T et amine de 2, 4-D (tableau 8)

4.21. Homogénéité globale des résultats.

La valeur de l'information attachée à l'ensemble des échantillons est un peu supérieure à la valeur correspondant à la probabilité 0,05 de χ^2 avec 44 degrés de liberté (60,49).

On peut admettre, sous les réserves attachées au caractère asymptotique de la convergence de la statistique χ^2 que, globalement, l'ensemble des résultats n'est pas homogène et alors poursuivre l'analyse.

4.22. Analyse des résultats par saison (tableau 8).

Printemps.

Les effets des traitements sont indépendants de la dose, mais il existe une différence significative entre les produits.

Le tableau des fréquences, par classe, indique alors nettement une efficacité supérieure pour le 2, 4-D.

Été.

Aucune différence significative ne permet de séparer les 4 échantillons qui peuvent appartenir à une même distribution.

Les effets sont donc indépendants de la dose et du produit.

Hiver.

Les conclusions sont identiques à celles formulées pour l'été.

4.23. Comparaison entre les saisons d'application.

4.231. *Été/Hiver* (tableau 8).

Les résultats des traitements appliqués sur l'ensemble des échantillons regroupés des applications estivales d'une part, hivernales d'autre part, ne sont pas significativement différents.

Les effets des traitements sont donc ici indépendants du produit et de la dose.

4.232. *Printemps/(Été + Hiver)*.

Les résultats des traitements regroupés de l'été et de l'hiver sont comparés à chacun des deux groupes isolés en application de printemps : le 2, 4, 5-T constitue un groupe homogène avec le regroupement précédent.

L'hétérogénéité de l'ensemble des observations peut alors être attribuée au fait que le seul groupe PD (1,2) est significativement distinct de l'ensemble des autres, ensemble qui fournit, par regroupement, une estimation sans biais de la distribution unique.

FORÊT DE HAYE — IV^e Série — Parcelle 26Traitements 2, 4, 5-T — 2, 4-D de 1966
Observations de septembre 1969

TABLEAU 8 — TABLE 8

Analyse des résultats par saison et produit
Analysis of season effects and chemical effects

Composantes	2 ĩ	d.d.l.	Probabilité	Signification
<i>Printemps : PT et PD</i>				
T 1 : T 2	3,820	4	0,25 < P < 0,50	NS
D 1 : D 2	5,698	4	0,10 < P < 0,25	NS
T (1 + 2) : D (1 + 2)	21,632	4	P < 0,005	**
Ensemble	31,150	12	P < 0,005	**
<i>Été : ET et ED ensemble</i>				
8,324	12	P ≠ 0,75	NS	
<i>Hiver : HT et HD ensemble</i>				
16,332	12	P ≠ 0,15	NS	
<i>(ET et ED) : (HT et HD)</i>				
5,070	4	P ≠ 0,30	NS	
<i>Ensemble des traitements « été + hiver »</i>				
29,726	28	P ≠ 0,35	NS	
<i>(ET, ED, HT, HD) : PT (1 + 2)</i>				
5,690	4	P ≠ 0,30	NS	
<i>PT 1 : PT 2</i>				
3,820	4	P ≠ 0,50	NS	
<i>Tous traitements sauf PD (1,2)</i>				
39,236	26	P ≠ 0,25	NS	
<i>D 1 : D 2</i>				
5,698	4	0,10 < P < 0,25	NS	
<i>Tous traitements sauf PD (1,2) : PD</i>				
18,722	4	0,005 < P	**	
<i>Ensemble</i>				
63,656	44	P ≈ 0,03	*	

Notes	0	1	2	3	4	Total
Effectifs (sauf PD 1 et 2)	37	22	10	8	72	149

Une mortalité de 48,3 % (= 72/149) constitue un échec que les 8 tiges notées 3 n'auto-risent pas à infirmer, surtout 3 saisons complètes de végétation après l'application (aux observations de 1970, les effectifs passent respectivement à 38, 20, 8, 7 et 76 et la mortalité à 50,6 %).

La persistance des effets systématiques qui a fait passer la mortalité de 38 à 48 % au cours de la saison de végétation 69 (68/69 = 13 et 8 notés 3, 57 et 72 notés 4) s'estompe d'une façon qui semble irréversible.

Il est intéressant de comparer la répartition des arbres traités au printemps à l'aide du 2, 4-D, avec l'échantillon précédent. La loi de distribution pour PD (1,2) est la suivante :

Notes	0	1	2	3	4	Total
Effectifs PD (1, 2)	1	2	3	0	26	30

La mortalité est passée de 73,8 % fin 1968 à 86,7 % fin 1969. En 1970, aucune modification ne s'est produite dans la répartition des effectifs entre les classes.

Ce dernier taux de mortalité (86,7 %) est comparable à celui obtenu pour l'ensemble des traitements au piclorame et à ceux reconnus équivalents de l'association piclorame + 2,4-D.

4.24. Conclusion sur les effets comparés du 2, 4, 5-T et du 2, 4-D.

Bien qu'elle soit à certains égards inattendue, la conclusion découle clairement de l'analyse précédente : seul le 2, 4-D en application de printemps et, ici, quelle que soit la dose mise en œuvre, a donné les résultats qui peuvent être considérés comme suffisants.

Les différences d'efficacité constatées entre le 2, 4, 5-T et le 2, 4-D résident probablement dans les solubilités dans l'eau des formulations employées — l'amine est hydrosoluble — une partie de l'eau ajoutée au printemps et en été à la spécialité à base de 2, 4, 5-T ayant d'autre part pu constituer un film isolant réduisant le contact des gouttelettes huileuses avec les parois de l'entaille.

Tel qu'il se présente, le résultat met en lumière des faits qui méritent l'attention :

- la formulation amine du 2, 4-D est supérieure à la formulation ester du 2, 4, 5-T ;
- pour le dépôt du 2, 4-D dans des entailles, le printemps est la période la plus favorable. L'opinion inverse prévaut pour la dévitalisation d'arbres sur pied jusqu'à présent préconisée pour le 2, 4, 5-T : le printemps est alors déconseillé.

4.3. — Comparaison des résultats obtenus avec les quatre produits (K, C, T et D).

Les résultats des analyses précédentes ont permis de rapprocher, d'une part, l'ensemble des traitements piclorame, toutes applications, et l'association piclorame + 2, 4-D de printemps aux doses 1 et 2, d'hiver à la dose 2, d'autre part, les traitements 2, 4-D de printemps aux doses 1 et 2.

Groupe 1 : PD (1 + 2) avec 4 d.d.l., et $2 \hat{i} = 3,974$ est un résultat non significatif, la probabilité étant comprise entre 0,25 et 0,50.

Comparons les résultats des applications de printemps du 2, 4-D aux doses 1 et 2 (PD1, PD2).

a) à ceux des applications de piclorame, toutes modalités :

$$2 \hat{i} = 4,038 \text{ avec } 4 \text{ d.d.l. donne } 0,25 < \text{Prob} < 0,50 \text{ (N. S.)}$$

b) à ceux obtenus avec l'association piclorame + 2, 4-D en application de printemps, aux doses 1 et 2 (PC 1 et PC 2) :

$2 \hat{i} = 4,546$ avec 4 d.d.l., d'où une probabilité également non significative puisque comprise entre 0,25 et 0,50;

c) à ceux obtenus avec cette dernière association (C), mais en application d'hiver à la dose 2 (HC 2) :

$2 \hat{i} = 3,142$ avec 4 d.d.l. et une probabilité voisine de 0,55, non significative.

L'hypothèse d'homogénéité entre les résultats obtenus dans la parcelle 26 avec le 2, 4-D appliqué au printemps et dans la parcelle 27 avec les traitements à base de piclorame rassemblés sous le terme « Groupe 1 » est ainsi acceptable puisque, avec $2 \hat{i} = 3,974$, la probabilité est un peu inférieure à 0,50.

Dans les conditions de l'expérience, les applications de printemps d'une formulation « amine » du 2, 4-D ont des effets comparables à celles réalisées avec le piclorame et avec les opérations de nature identique de l'association piclorame + 2, 4-D.

4.4. — *Étude de l'influence de la structure des échantillons*

Bien que la répartition des tiges en classes de diamètre dans les différentes séries d'arbres traités tienne compte de la réalité en accordant un poids supérieur aux tiges de faibles dimensions, plus nombreuses dans les dégagements ou les coupes d'abri, toute répartition peut, le cas échéant, biaiser les conclusions de l'analyse, en masquant, par exemple, l'insuccès de certaines modalités de traitement, notamment pour les tiges de fortes dimensions.

Pour illustrer l'influence de la dimension des tiges, nous avons rassemblé (fig. 2) les résultats obtenus avec les traitements qui, en première analyse, donnent des effets non significativement distincts.

En nous fondant sur l'évolution probable des tiges analysées dans des travaux précédents, nous n'avons retenu que 3 classes : (0, 1 et 2), 3 et 4, car seuls les arbres de la classe 3 ont des probabilités de survie faibles.

Un premier examen montre que la quasi totalité des arbres de la catégorie 10 a définitivement succombé aux différents traitements.

Pour la catégorie 15, la mortalité est également très forte, avec une légère tendance à la survie dans le cas des doses faibles et au fur et à mesure que la saison s'avance.

Par contre, pour les catégories 20 et 25, une certaine confusion se dégage des résultats et il apparaît souhaitable de recourir à une analyse statistique pour tenter de formuler des conclusions objectives.

Le regroupement de certaines classes permet d'utiliser à nouveau l'analyse de l'information avec les réserves attachées aux faibles effectifs des échantillons. Cette analyse est appliquée aux chiffres du tableau 9.

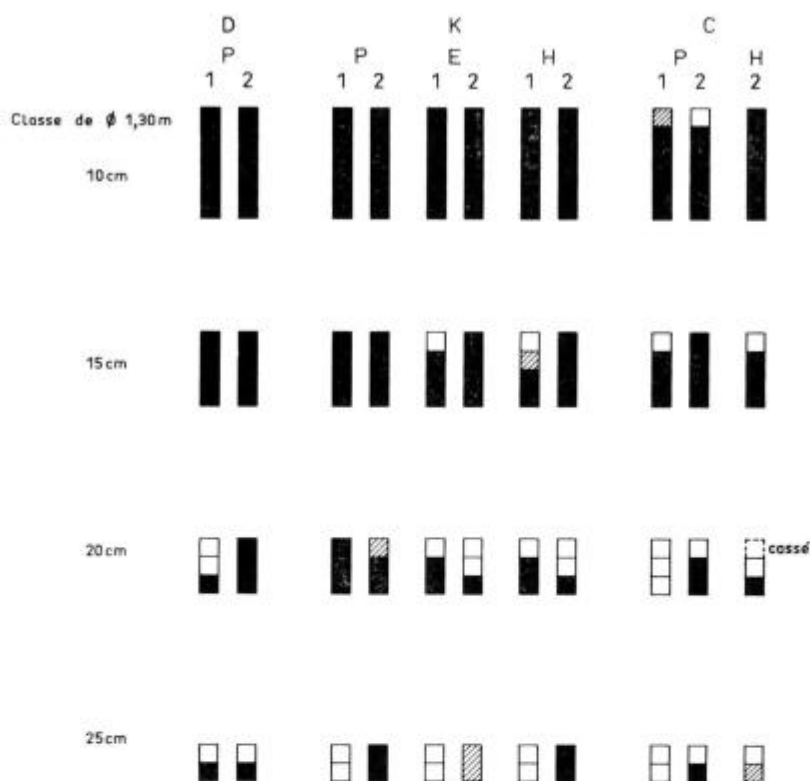
Le test $2 \hat{i}$ d'homogénéité sur l'ensemble des échantillons figurant au tableau 9 n'est pas significatif :

$$2 \hat{i} = 28,486 \text{ à } 20 \text{ d.d.l.}, \chi^2_{0,05} = 31,41$$

la valeur observée ayant une probabilité voisine de 0,10.

L'ensemble des traitements sur ces 54 tiges donne 48,2 % de mortalité, 44,4 % de survie et 7,4 % d'arbres à faible probabilité de survie.

Il est illusoire de vouloir entreprendre une analyse progressive : la faiblesse des effectifs



Légende :

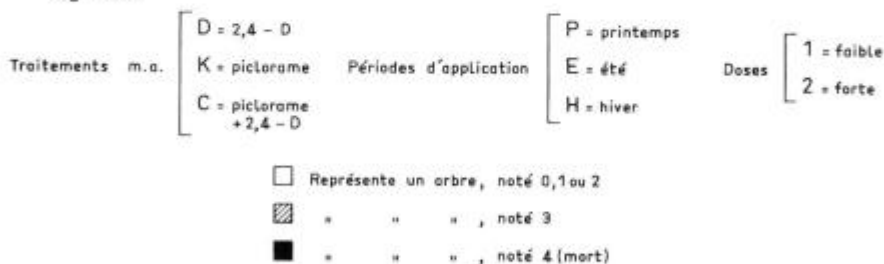


FIG. 2. — Influence de la structure des échantillons (page 374, 4.4)

FIG. 2. — Influence of samples arrangement (page 374, 4.4)

de chaque échantillon (n = 5) et la classe médiane à fréquence marginale 7,4 % malgré le regroupement ne permettent pas de mettre en évidence, de façon convaincante, des différences de comportement des arbres traités en fonction de la dose ou du produit utilisé et de son mode d'application.

On peut cependant remarquer :

— les 50 % de mortalité sur l'ensemble des traitements au piclorame;

— la bonne efficacité des applications printanières du 2, 4-D, les effectifs étant trop faibles pour que les 70 % de mortalité puissent être retenus;

— les difficultés d'interpréter les applications à base de l'association piclorame + 2, 4-D

Ces chiffres mettent une fois de plus en évidence l'influence très nette de la dimension, donc de l'âge, sur la résistance du charme aux phytocides : la multiplication du nombre des

TABLEAU 9 — TABLE 9

Fréquences regroupées des catégories 20 et 25 cm
Pooled frequencies for 20 and 25 cm d.b.h. classes

Produit	Époque	Dose	Classe de notes			Totaux
			0 + 1 + 2	3	4	
K	P	1	2	0	3	5
	»	2	0	1	4	5
	E	1	3	0	2	5
	»	2	2	2	1	5
	H	1	3	0	2	5
	»	2	2	0	3	5
D	P	1	2	0	3	5
		2	1	0	4	5
C	P	1	5	0	0	5
	»	2	2	0	3	5
	H	2	2	1	1	4
ENSEMBLE			24	4	26	54
K (tous) + PD (1,2)			15	3	22	40
PC 2 + HC 2			4	1	4	9
K (tous) + PD (1,2) + C [P 2 + H 2]			19	4	26	49

entailles suivant une fonction linéaire de la circonférence ne suffit pas à compenser l'accroissement de vigueur qui, sur un sujet bien sain et en plein développement, suit une progression plus rapide.

La faible diffusion des produits toxiques dans le sens tangentiel du « bois » épargne des secteurs non négligeables de vaisseaux. Les branches et les racines que ces derniers desservent sont peu atteintes par les produits de migration et elles conservent leur activité. Cela favorise les arbres de plus gros diamètre dont les zones restant vivantes assurent un niveau d'assimilation encore suffisant pour permettre la survie.

Ces injections de phytocides confirment les rapports étroits et assez individualisés existant entre une branche et une ou plusieurs racines principales. Des praticiens utilisent déjà ces phénomènes dans des milieux extra-forestiers. Des études plus fines de physiologie devraient permettre d'en démontrer plus à fond le mécanisme.

4.5. — Conclusion d'ensemble sur les traitements

Le 2, 4-D, en formulation amine et appliqué à l'époque la plus favorable, s'est révélé être aussi efficace que le piclorame, seul ou associé à lui, aux doses expérimentées.

Il n'en demeure pas moins que, du point de vue efficacité, le piclorame reste d'un emploi plus souple dans le temps.

L'échec du 2, 4, 5-T reste à expliquer : l'hypothèse émise en 4.24 ci-dessus sur le rôle de l'eau est à lever, ainsi qu'est à déterminer la formulation la plus efficace.

L'influence de l'époque d'application, très nette avec le 2, 4-D, transparait derrière les résultats illustrés par la figure 2, bien que l'analyse statistique ne permette pas de la mettre en évidence : au fur et à mesure que la saison s'avance, on observe une légère régression des résultats obtenus avec les doses faibles.

Cette efficacité décroissante des produits quand on s'éloigne du printemps peut s'expliquer : l'hydrolyse de la matière active précède la diffusion, un fort flux de sève favorise à la fois hydrolyse et transport des substances phytocides et conditionne l'efficacité du traitement.

Enfin, la dimension de l'arbre traité se traduit par une plus ou moins grande sensibilité, liée, de plus, à la nature de la matière active.

V. — DÉLAIS NÉCESSITÉS PAR LA DÉVITALISATION

La phytotoxicité d'un produit dévitalisant, appliqué sur un végétal ligneux, se manifeste plus ou moins rapidement et plus ou moins durablement. Une feuillaison de remplacement, une levée de dormance de bourgeons, souvent groupés par plages, peuvent aussi très bien succéder à une défeuillaison plus ou moins complète.

Or, ce dernier phénomène se constate également après des destructions de feuillages par des méthodes ou des moyens manuels ou mécaniques. La consommation par des phytophages entre dans cette définition, ainsi que les effets des herbicides de contact, bien que ces derniers aient souvent une action par pénétration des tissus superficiels.

La détermination de la cause des défeuillaisons reste basée sur des phénomènes caractéristiques des applications chimiques : prolifération anarchique des tissus du cambium accompagnés de destruction totale ou partielle de la charpente ligneuse.

Suivant les cas, le forestier réclame, soit une limitation du développement de la végétation indésirable pendant le temps nécessaire à l'installation de ses essences précieuses, soit une destruction d'un nombre suffisant d'adventices. Il craint les modifications trop brutales et absolues du milieu.

Il n'est pas déraisonnable d'espérer un contrôle dosé de l'intervention par la mise en œuvre de quantités calculées de phytocides ou d'association de ces substances.

En attendant cette maîtrise du produit, il est intéressant de diagnostiquer rapidement quels seront, en fin de compte, les effets du traitement, aussi bien pour éviter de répéter inutilement une application efficace à terme que pour intervenir rapidement si l'échec est probable.

L'examen des figures 3 à 10, transcriptions graphiques des relevés de calepin, rendent compte de l'évolution des effets des quatre phytocides pendant les trois saisons de végétation 67, 68 et 69 qui ont suivi les applications de 1966 et fournissent une réponse partielle à nos préoccupations.

Sur ces histogrammes, chaque arbre est représenté par un rectangle disposé horizontalement ou verticalement pour des commodités de mise en page (*).

5.1. — Analyse des histogrammes

5.11. Piclorame aux doses faibles et fortes (fig. 3 et 4).

L'évolution du traitement est rapide. Les passages de la note 3 à la note 4 en 1967 sont en réalité des « levées d'indéterminations », un arbre totalement défeuillé n'étant pas nécessairement mort (son phelloderme conserve souvent plusieurs mois sa coloration chlorophyllienne).

Pratiquement, les résultats des traitements sont concrètement inscrits sur le terrain dès la fin de la saison de végétation qui suit l'application; quelques exceptions sont à faire, dans nos essais à dose faible, pour les arbres notés 2 qui passent à 3 en 1970.

— Dose faible: 80 % des arbres traités en mai 1966 sont morts en septembre 67
94 % « « « en août et décembre 66 sont morts en septembre 67.

Il reste 8 % d'arbres notés 2 fin 69 et 15,5 % pour l'ensemble (0,1).

— Dose forte: seuls des arbres des catégories 20 et 25 cm de diamètre, des traitements d'été et d'hiver, subsistent.

Graphiquement, le printemps semble bien être la saison de plus grande efficacité.

5.12. Association piclorame + 2, 4-D (fig. 5 et 6).

Les effets des traitements se font sentir assez rapidement, surtout pour les applications à la dose forte. Les brins des catégories 10 et 15 cm disparaissent des classes 2 et 3 dès 1968 avec la dose 2, en 1969 seulement avec la dose 1.

Les échecs des applications d'été (doses 1 et 2) et d'hiver (dose 1) sont nettement visibles.

5.13. « 2, 4-D amine » (fig. 7 et 8).

Deux saisons complètes de végétation après l'année d'application sont nécessaires pour juger des résultats de la méthode, l'année 1970 n'ayant apporté que des changements mineurs.

La classe des 4 — arbres morts — occupée en 67 par des arbres de 10 cm, recrute ensuite progressivement dans les catégories supérieures.

5.14. « 2, 4, 5-T ester » (fig. 9 et 10).

Les deux histogrammes sont assez voisins et ce qui surprend est la densité du réseau des transferts sur celui correspondant à la dose 2.

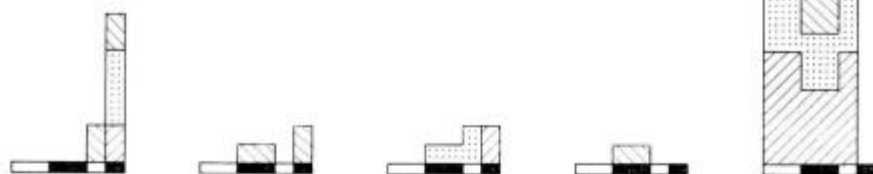
Les effets se manifestent lentement pendant 2 saisons de végétation. L'évolution se poursuit même en 1970 pour la seule dose forte.

(*) Pour chaque classe de note, un socle, à 4 secteurs inégaux tenant compte des disparités dans les catégories de diamètre, supporte l'empilement des effectifs stratifiés.

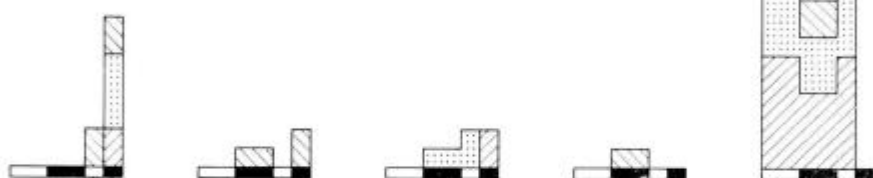
Trois représentations typographiques permettent de distinguer les périodes d'application: elles sont en caractères gras lorsqu'il y a changement de classe de note dans la saison qui suit l'observation, en caractères fins quand l'arbre conserve sa note d'une observation à la suivante.

Enfin, les transferts d'une classe à une autre sont matérialisés par une flèche, à raison d'une par catégorie de diamètre s'il y a lieu. La densité des faisceaux rend compte approximativement de la rémanence des effets phytocides.

9 / 1969



9 / 1968



9 / 1967

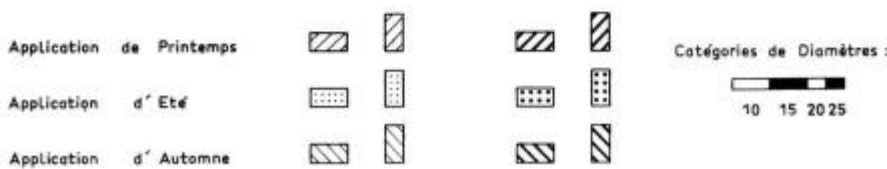
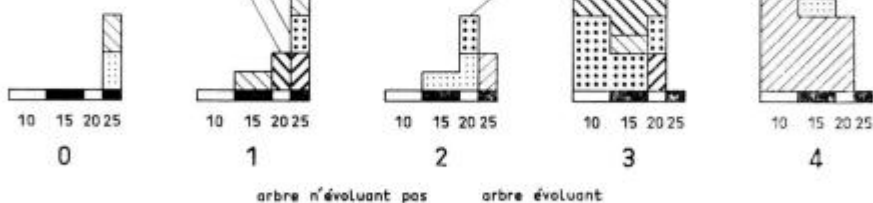


FIG. 3 à 10 (légende commune) (de la page 379 à la page 386 incluse)
 Évolution des effectifs par note, dans chaque catégorie de diamètre, au cours des observations successives effectuées en 1967-68 et 69 (septembre).
 (Les arbres dont la note a changé entre deux observations successives sont représentés par des signes topographiques gras, le sens de l'évolution l'étant par une flèche.)
 — Change of number, in each class of diameter, between two successive assessments during the years 1967-68 et 69 (September).
 (The trees whose score changed between two successive assessments, are represented by means of an arrow).

FIG. 3. — Dose faible de piclorame
 FIG. 3. — Low level of picloram

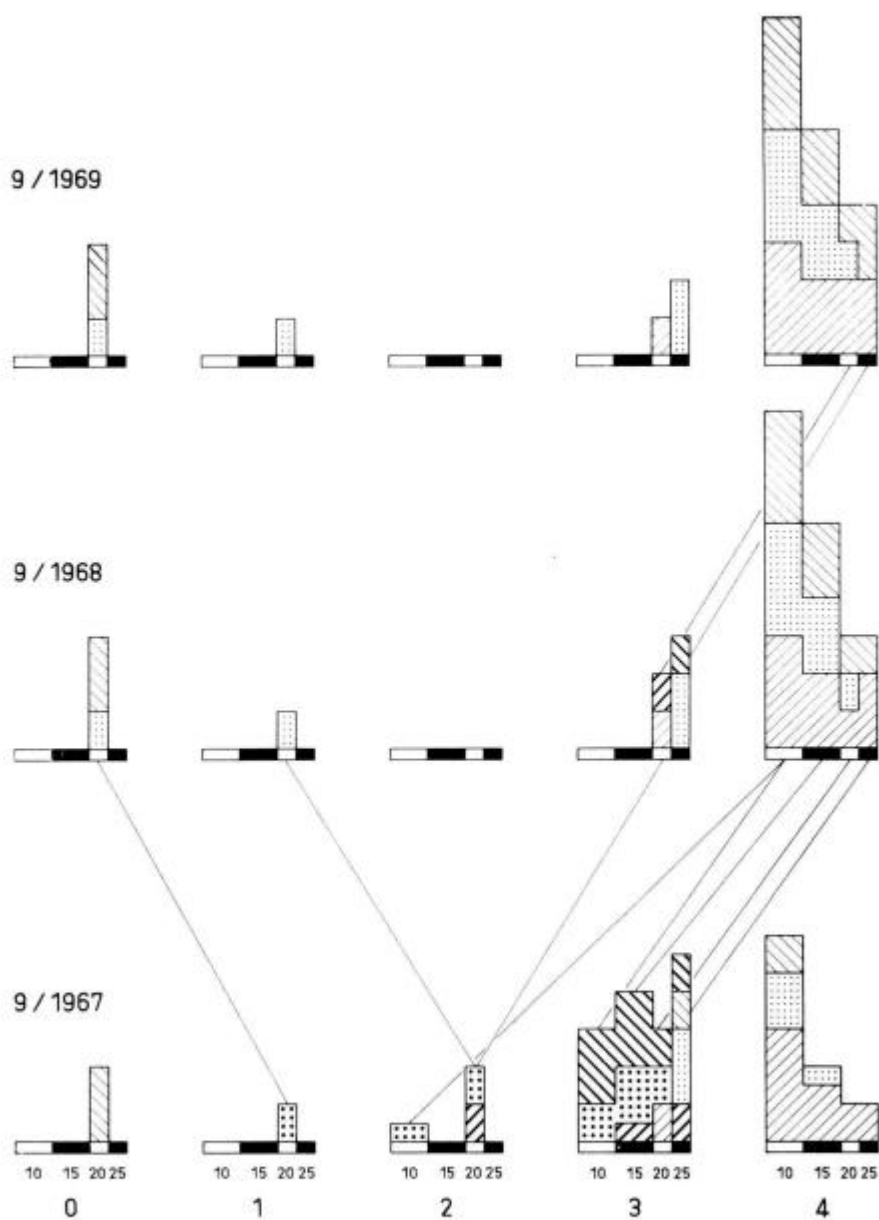
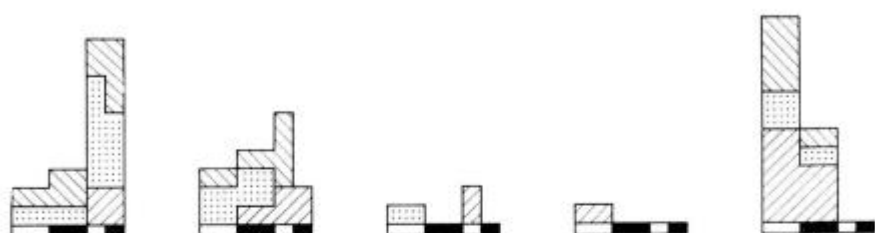
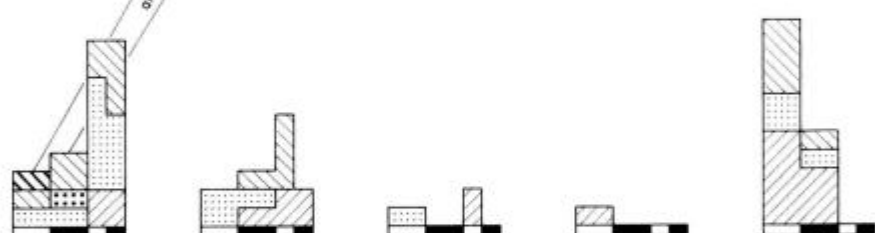


FIG. 4. — Dose forte de piclorame
 FIG. 4. — High level of picloram

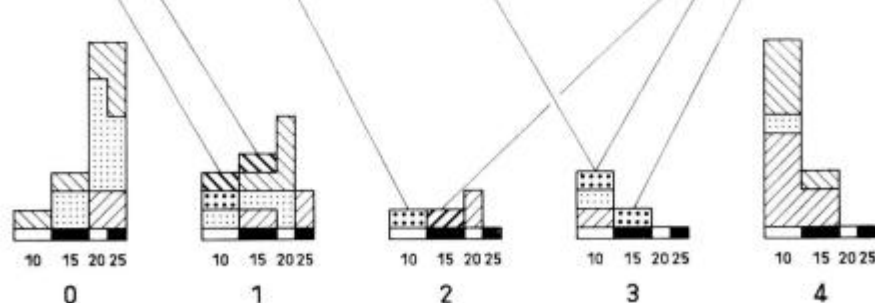
9 / 1969



9 / 1968



9 / 1967



orbes 0 en 1967

FIG. 5. — Dose faible de l'association piclorame + 2,4-D
 FIG. 5. — Low level of picloram + 2,4-D mixture

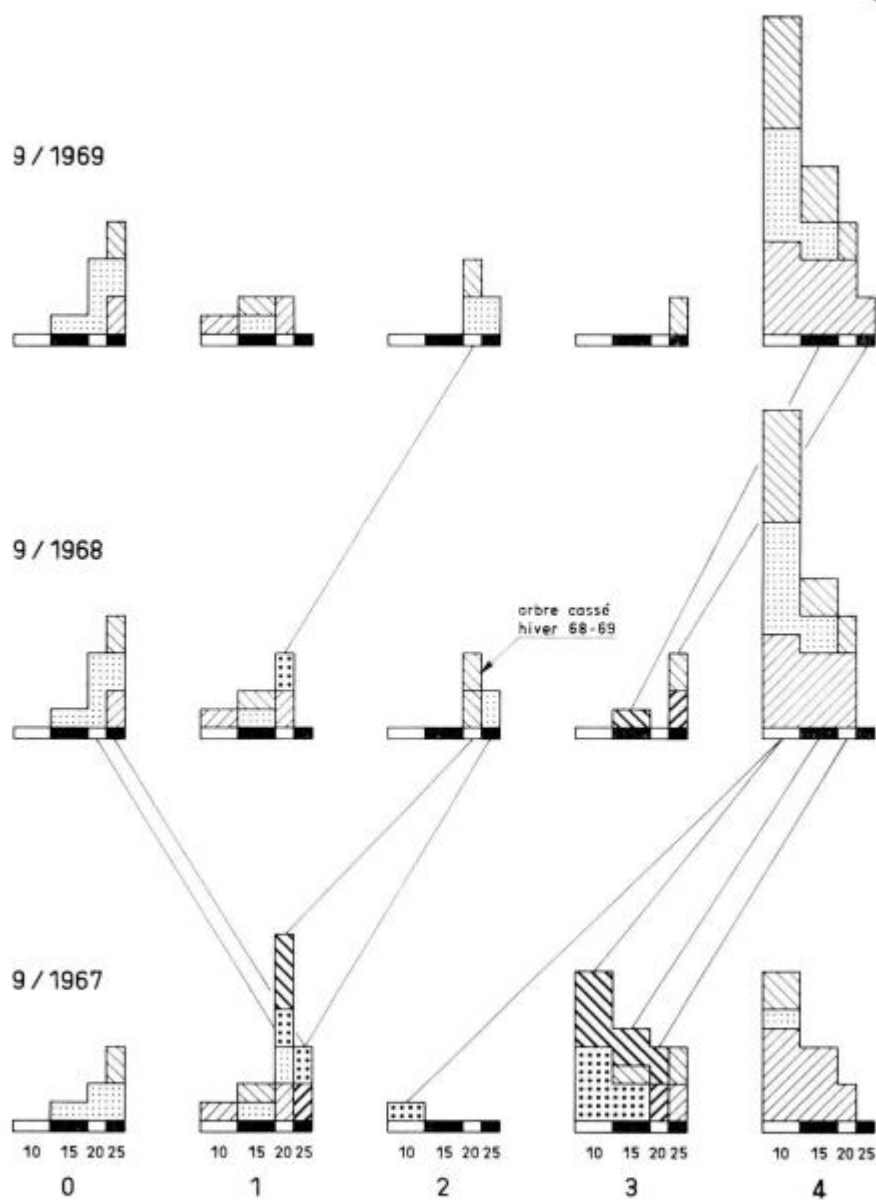


FIG. 6. — Dose forte de l'association piclorame + 2, 4-D
 FIG. 6. — High level of picloram + 2, 4-D mixture

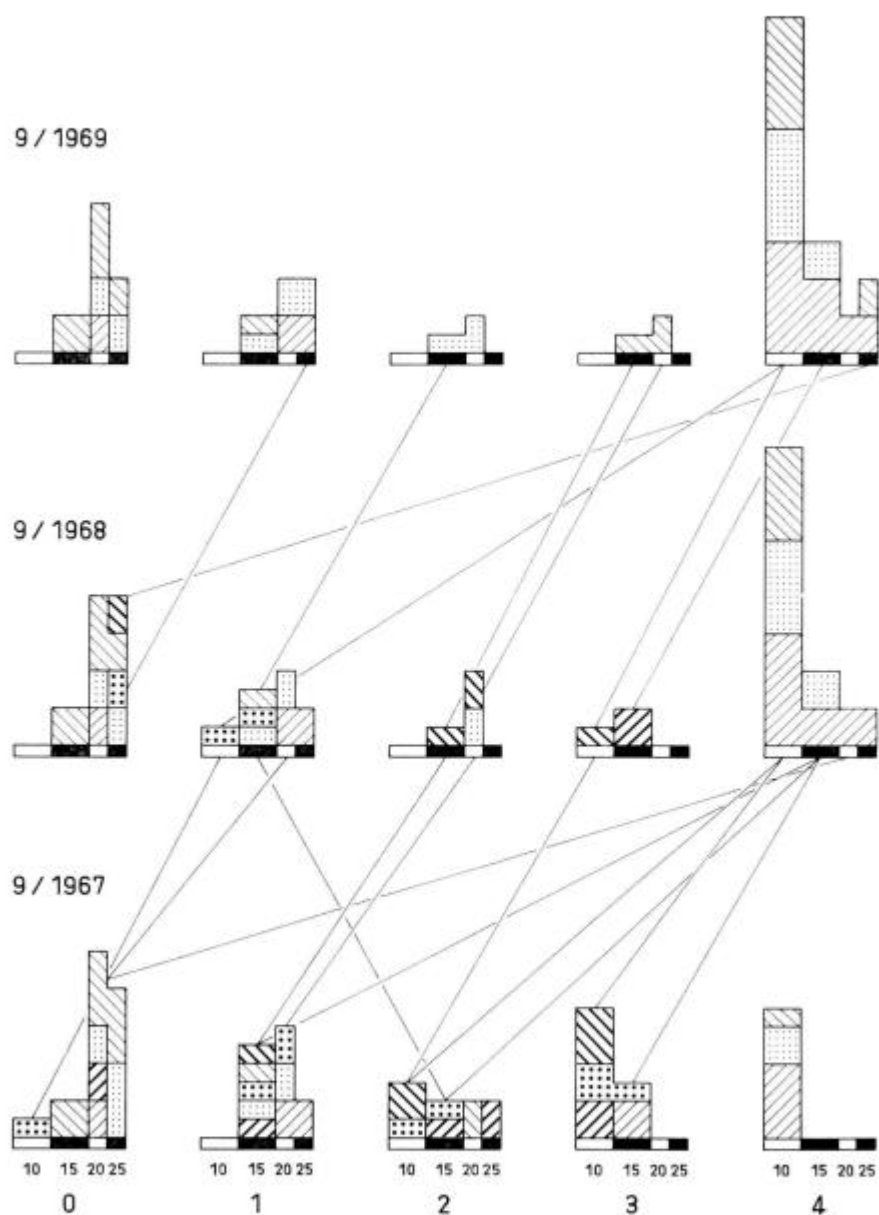


FIG. 7. — Dose faible de 2, 4-D (sel d'amine)
 FIG. 7. — Low level of 2, 4-D (amine salt)

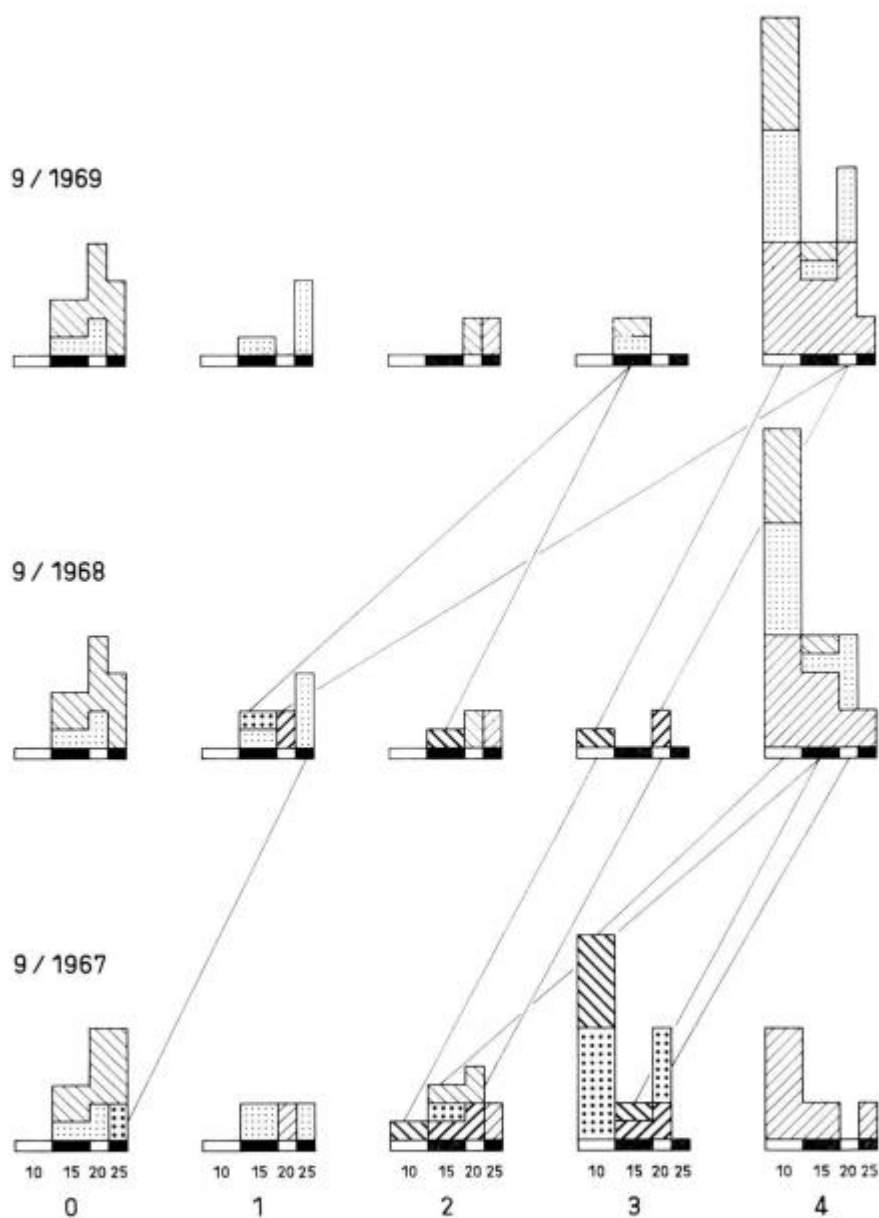


FIG. 8. — Dose forte de 2, 4-D (sel d'amine)

FIG. 8. — High level of 2, 4-D (amine salt)

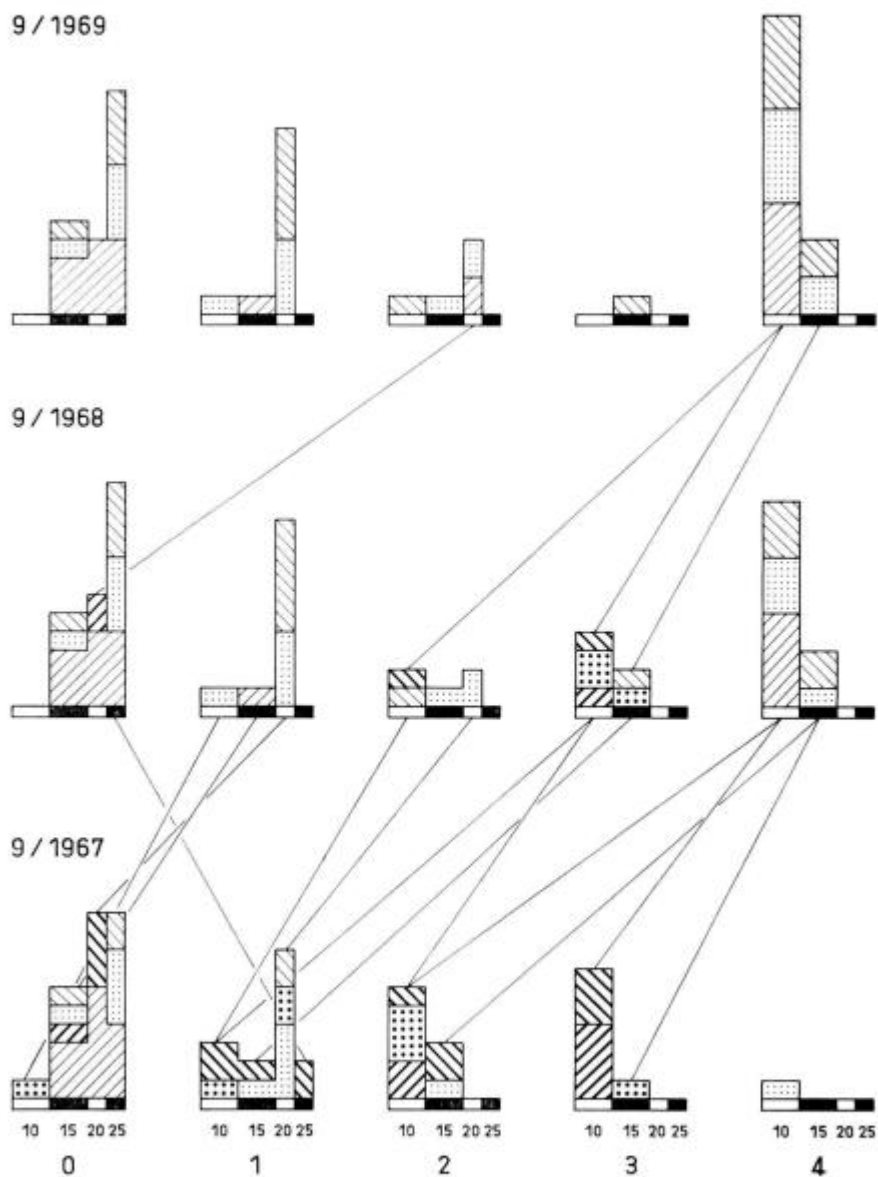


FIG. 9. — Dose faible de 2, 4, 5-T (ester)
 FIG. 9. — Low level of 2, 4, 5-T (ester)

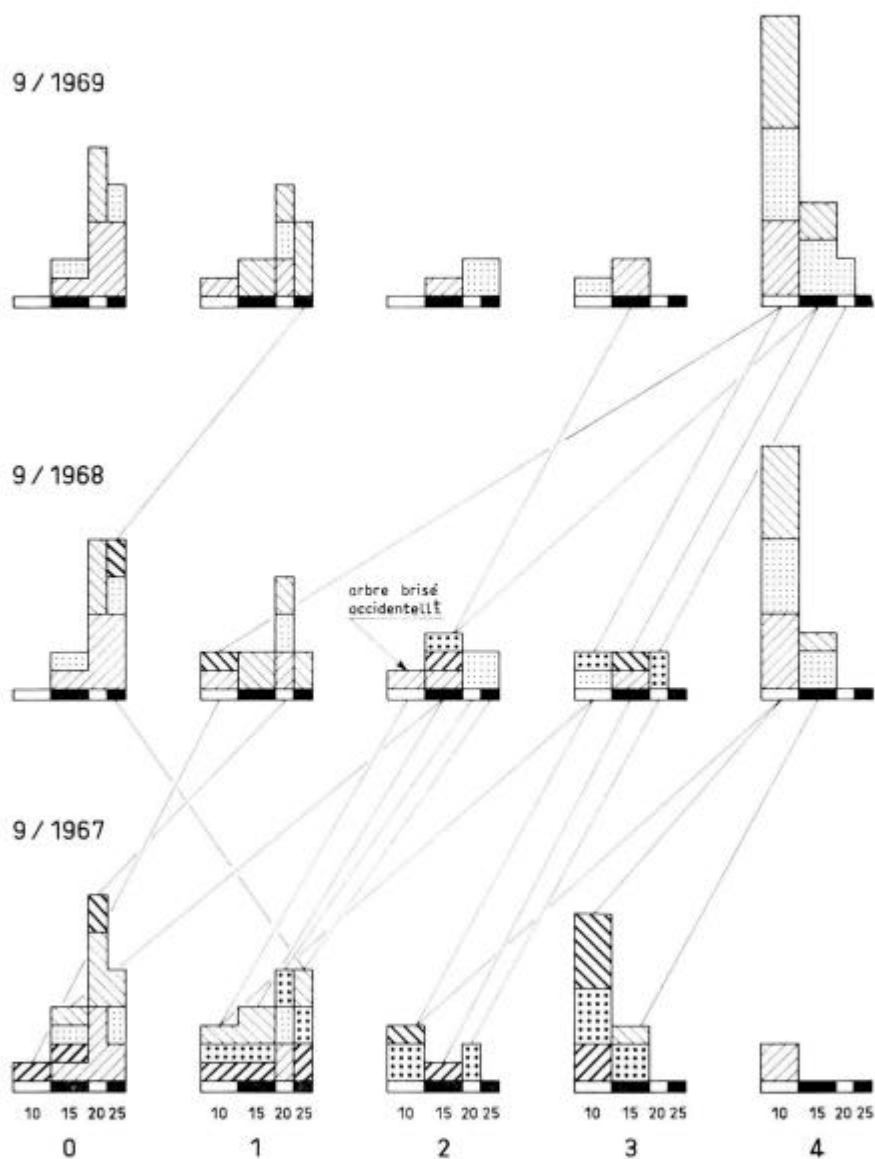


FIG. 10. — Dose forte de 2, 4, 5-T (ester)
 FIG. 10. — High level of 2, 4, 5-T (ester)

5.2. — *Conseils pratiques*

La conclusion d'ensemble (4.5) du chapitre IV indique ce qui est à retenir sur les produits, les doses et les périodes d'application.

Les modalités respectées, *des injections de rappel sont conseillées* :

— dès la saison végétative qui suit l'application initiale, sur les arbres notés 0, 1 et 2, des traitements à base de piclorame ou de l'association piclorame + 2, 4-D;

— dès le début de la 3^e saison végétative qui suit l'année de la première application, sur les arbres notés 0, 1 et 2, des traitements à base de 2, 4-D ou de 2, 4, 5-T.

Incidentement, le choix judicieux de l'un de ces produits permet de fixer la progressivité d'un dégageage pour une même intensité finale.

VI. — CONCLUSION

L'injection ou le dépôt dans des entailles ouvertes au niveau du collet et distantes de 8 à 12 cm d'axe en axe, de spécialités à base de piclorame, de 2, 4-D (amine) ou de l'association de ces deux matières actives permet la dévitalisation des brins de charme de 10 et 15 cm de diamètre à hauteur d'homme avec un pourcentage de réussite très satisfaisant lorsque sont respectées les recommandations suivantes, formulées en tenant compte des doses les plus économiques :

— 0,5 ml par entaille de la spécialité à base de piclorame, quelle que soit la saison;

— 0,5 ml par entaille de la spécialité à base de 2, 4-D en application de mai-juin, au stade feuillage terminant son développement;

— 1 ml par entaille de la spécialité associant le piclorame et le 2, 4-D, en application de printemps (fin mai) et d'hiver.

La condamnation du 2, 4, 5-T telle qu'elle découle des essais présentés ne saurait être sans recours. Une expérimentation de la formulation amine permettrait notamment d'observer si les effets saisonniers sont aussi marqués qu'avec le 2, 4-D amine.

En raison de son faible prix, le 2, 4-D apparaît le plus économique d'emploi et peut être recommandé aux forestiers de terrain pour leurs premières tentatives.

Si l'on veut, par prudence, être moins restrictif, on peut conseiller d'appliquer au printemps le 2, 4-D, en hiver le piclorame + 2, 4-D, le piclorame seul étant utilisé lorsque les précédents ne sont pas retenus.

Le barème fixant la fréquence des entailles doit faire l'objet d'études complémentaires pour les arbres atteignant le diamètre 20 cm et pour ceux qui le dépassent. D'autres essais en cours laissent prévoir que le simple rapprochement des entailles suffit à améliorer l'efficacité et s'avère moins coûteux qu'une augmentation des quantités injectées par entaille, mesure qui n'apporte aucune amélioration à une meilleure répartition du produit sur toute l'étendue de la périphérie du tronc.

Dans les essais décrits, aucun phénomène de phytotoxicité n'a été enregistré sur la végétation voisine des arbres traités, constituée, il est vrai, dans la majorité des cas, d'arbres de haute futaie.

Il est par contre possible que la végétation accompagnatrice subisse quelques dégâts à la suite d'applications de piclorame : ces phénomènes, limités sur le terrain, sont en cours d'étude.

Ces résultats nancéiens sont-ils immédiatement extrapolables?

Des adaptations des traitements aux essences sont nécessaires, les comportements présentant des différences quelquefois importantes... D'autres sont la conséquence du milieu.

Quels sont les facteurs favorables aux traitements? Quels sont ceux qui sont susceptibles de provoquer ces dégâts? Quelles sont les précautions à prendre?

a) la lumière : elle est susceptible d'avoir des effets opposés selon son intensité et le stade phénologique atteint par le végétal au moment où se déclenchent certains phénomènes dus aux phytocides ; favorable au rétablissement d'arbres anciennement « traumatisés », elle accélère souvent l'apparition d'effets défanants et des dessèchements mortels ;

b) l'eau : les arbres des stations sèches et chaudes sont souvent plus sensibles que leurs homologues des stations irriguées et fertiles. C'est un peu un cas d'espèce. De plus, ces réactions sont quelquefois masquées parce qu'entre deux stations traitées à la même date, les stades végétatifs ne sont pas les mêmes et que les réceptivités se trouvent être très différentes pour des traitements effectués aux mêmes dates calendaires ;

c) la forme individuelle des arbres : les formes spécifiques varient d'un arbre à l'autre, dans une même catégorie de grosseur. Les individus à empattement développé reçoivent donc les doses totales les plus importantes ; ils n'ont pas pour autant des volumes de houppier, et probablement de racines, différents.

d) le choix des brins francs de pied, pratiquement imposé par le caractère scientifique de l'étude, est certainement favorable à la diffusion des phytocides : système racinaire et houppier sont naturellement équilibrés.

Au contraire, dans une cèpe, outre une accessibilité difficile de tous les points des brins, les cals et les enchevêtrements de faisceaux libéroligneux ne favorisent guère l'application, puis la diffusion du phytocide. La qualité de l'exploitation antérieure intervient, de plus, dans la pratique.

La disparition des arbres dévitalisés s'effectue progressivement, des brindilles aux ramifications de plus en plus importantes des charpentes. Concurrément, des nécroses étendues se développent sur les troncs.

Ces tissus nécrosés paraissent recéler des constituants qui diffèrent d'un traitement à l'autre : le développement des champignons saprophytes est très fréquent sur les arbres traités au piclorame, et beaucoup plus discret sur ceux dévitalisés aux phénoxyacides. Les premiers dépérissent plus rapidement et ce peut être une explication. Est-elle suffisante? Des relevés répétés permettront seuls de nous éclairer sur ce point.

Reçu pour publication en juin 1971.

SUMMARY

KILLING HORNBEAM (« CARPINUS BETULUS » L.) WITH PHYTOCIDES USING TREE INJECTOR

Basal injections of chemicals were recently experimented to control hornbeam (*Carpinus Betulus* L.); tree-injector was used for this purpose.

Four commercial formulations containing 2, 4-D (amine salts), 2, 4, 5-T (esters), picloram (potassium salt) and picloram + 2, 4-D mixture (amine salts) as active ingredients were injected at rates of 0,5 and 1 ml in evenly spaced basal notches.

The experimental design takes into account following factors : herbicide, season of treatment, rate of injection (per notch) and size of the trees.

Similar and positive results (death of trees) were obtained with picloram — irrespective of season

and rate — and, in spring application with picloram + 2, 4-D mixture. The ester formulation of 2, 4, 5-T appeared poorly effective, whatever the season of treatment.

Effectiveness of 2, 4-D as amine salt depends upon the season of application and is apparently decreasing along the season from the beginning of spring — This trend is less obvious for picloram.

Tree dimension markedly affects the efficacy : irregular effects and evident failures were observed for the highest classes (20 and 25 cm d.b.h.). It is apparently necessary to make the notches closer as the d.b.h. increases.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE ABTÖTUNG STEHENDER HAINBUCHENSTÄMME MIT EINEM INJEKTIONSAPPARAT

Die vorliegende Arbeit betrifft die Entwicklung einer Abtötungsmethode zur Bekämpfung der Hainbuche (*Carpinus Betulus* L.).

Vier verschiedene Präparate, die als wirksame Substanzen 2, 4-D (Aminosalze), 2, 4, 5-R (Ester), Piclorame (Kalisalze) oder eine Mischung von Piclorame und 2, 4-D (Aminosalze) enthalten, wurden in am Stammfuss in regelmässigen Abständen angelegte Kerben injiziert.

Die Anlage des Versuches erlaubt den Einfluss des Einbringungszeitpunktes, der Wirkstoffart und-Menge und der Baumdimension zu analysieren.

Brauchbare und vergleichbare Ergebnisse (völlige Abtötung) wurden mit Piclorame während des ganzen Jahres und unabhängig von der Wirkstoffmenge erzielt; dieselbe Wirkung erhält man mit den übrigen Präparaten mit Ausnahme des 2, 4, 5-T (Ester), welcher allgemein nur eine geringe Wirkung zeigt — bei einer Frühjahrsbehandlung oder bei Herbstbehandlung mit der grössten Wirkstoffmenge.

Desweiteren, 2, 4, 5-T ausgenommen, scheint die Wirkung nachzulassen je später im Jahr die Ausbringung erfolgt; dies ist besonders deutlich bei 2, 4-D (Aminosalz) während Piclorame weniger darauf anspricht.

Der Einfluss der Baumdimension ist besonders deutlich und unregelmässige oder nicht zufriedenstellende Ergebnisse zeigten sich bei den höheren Stärkeklassen (20 bis 25 cm BHD). Es scheint daher notwendig die Anzahl der Kerben bei den starken Durchmesserklassen zu erhöhen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- P. ARBONNIER, Dévitalisation du charme sur pied, *Ann. Sci. forest.*, 1967, **24** (1), 5-44.
 P. ARBONNIER, *L'analyse des tableaux de fréquence et des tables de contingence par le test 2.i.*
 Janvier 1969. I.N.R.A. Département de Biométrie et de calcul automatique. (Texte ronéotypé remis aux participants du Séminaire de Biométrie de la Commission des Essais Biologiques).
 Commission des Essais Biologiques : Notice n° 25 — septembre 1966. *Principes généraux d'étude de l'efficacité herbicide et de la phytotoxicité d'un produit en sylviculture.*
 Commission des Essais Biologiques : Notice n° 34 — août 1969. *Méthodes d'essai d'efficacité pratique d'herbicides destinés à la dévitalisation des espèces ligneuses : arbres et souches.*