

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 140 (1989)

Heft: 5

Artikel: Le sélénium peut-il aider à la protection des jeunes plantations contre l'abroustissement? : Étude préliminaire

Autor: Picard, Jean-François / Clément, André

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764230>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Le sélénium peut-il aider à la protection des jeunes plantations contre l'abrutissement?

Etude préliminaire

Par Jean-François Picard¹ et André Clément²
avec la collaboration technique de Ch. Kieffer¹ et M. Bitsch²

Oxf.: 156.5:414

Introduction

C'est à la suite de la parution d'un article américain (*Allan et al.*, 1984) que nous est venue l'idée de cette première expérience. Il était en effet particulièrement élégant de résoudre le problème des dégâts d'abrutissement en utilisant une solution qui d'une part ne réduit pas la surface de gagnage disponible, et d'autre part a un caractère de quasi-permanence que n'offre aucun autre moyen de protection individuelle. S'il se vérifiait en effet que l'utilisation de sélénium, sous une forme qu'il restait à définir, pouvait éviter, ou en tout cas limiter les dégâts d'abrutissement, nous tenions là une solution que beaucoup recherchaient depuis longtemps...

D'autres études américaines, dont certaines sont déjà anciennes, ont montré cet effet dissuasif du sélénium, aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire: en présence de fourrage «normal», le bétail évite les espèces contenant du sélénium (*Moxon*, 1937; *Williams*, 1938; *Huffman et al.*, 1956; tous dans *Rediske et al.*, 1962).

Si le sélénium doit jouer un rôle dissuasif dans l'abrutissement du végétal, il ne peut le faire que s'il a été absorbé, puis métabolisé par celui-ci. Il ne doit toutefois pas pénaliser le jeune arbre au point de réduire sa croissance, ou, cas limite, entraîner sa mort. Il ne doit pas non plus incommoder l'animal qui le prélève: donc, pour jouer son rôle, il doit être présent dans le tissu foliaire à des teneurs faibles mais répulsives.

¹ INRA-CRF Nancy, laboratoire de phyto-écologie forestière.

² INRA-CRF Nancy, station de recherche sur le sol, la microbiologie et la nutrition des arbres forestiers; Champenoux, 54280 Seichamps, France.

Pour cette première expérimentation, notre but a été de tester la réaction du végétal à l'apport de sélénium dans le sol puis, dans un deuxième temps, d'essayer de tester son efficacité d'agent répulsif sur le terrain lorsqu'il est assimilé par la plante au niveau de son tissu foliaire.

Pour ce faire, nous avons choisi de travailler sur deux espèces résineuses, l'une facilement abrutie, le Sapin (*Abies alba* Mill.), l'autre beaucoup moins, l'Épicéa (*Picea abies* Karst.).

1. Matériel et méthode

1.1 Introduction du sélénium dans le sol — les différentes formes possibles; avantages et inconvénients

Pour cette première expérience, nous avons choisi deux formes minérales: le sélénium métal et le sélénium sous forme de sel.

1. Le sélénium métal: Lorsqu'il est introduit dans le sol, même en quantité importante, le sélénium métal n'est pas assimilé rapidement par la plante. En effet, de par sa nature, il est peu soluble dans la solution du sol et aura donc une action modérée. Cette action pourra par contre être longue, ce qui peut être un avantage, mais présentera l'inconvénient de ne pas être immédiate.

2. Le sélénium sous forme de sel: A l'inverse, le sélénium introduit dans le sol sous forme de sel soluble dans l'eau devrait avoir une action plus rapide mais de moins longue durée. Plus directement assimilable par le jeune arbre, on peut utiliser des teneurs moins élevées qu'avec le sélénium métal.

Pour circonscrire le problème posé, nous avons choisi trois modalités expérimentales d'apport du sélénium:

- une modalité sélénium métal avec une concentration unique de 0,5 g par pot contenant un plant, la mise en solution du métal dépendant peu de la quantité introduite, mais plutôt des agents présents dans le sol capable de le solubiliser (acidité organique).
- deux modalités où le sélénium est sous forme de sel soluble, le sélénate de sodium $\text{Na}_2 \text{SeO}_4$. Une modalité utilise une dose dite «faible» (0,1 g de sélénium par plant), l'autre, une dose dite «forte» (0,5 g de sélénium par plant). Ceci afin de fixer en premier lieu une échelle de tolérance des plants.

1.2 Dispositif expérimental — préparation du sol et conduite des plants

Les plants utilisés sont des 2+1 qui ont été élevés dans la pépinière de la station d'amélioration des arbres forestiers de l'INRA-CRF de Nancy. Les sapins venaient de Gérardmer et les épicéas du Jura.

Ces plants, qui mesuraient entre 20 et 30 cm, ont été arrachés au printemps 1986 et replantés immédiatement en pots dans un mélange de terre formé de terre de bruyère ($2/3$) et de limon des plateaux ($1/3$). Au moment de la plantation, nous avons incorporé au mélange de terre une certaine quantité de sélénium sous les formes précédemment décrites.

Le sélénium métal a été incorporé au mélange de terre juste avant la plantation dans le pot, le sélénate de sodium a été incorporé sous forme de solution, après repiquage du plant dans le pot. Pour chacune des espèces, nous avons donc:

- 25 plants témoins
- 25 plants traités au sélénium métal
- 25 plants traités au sélénate (faible dose)
- 25 plants traités au sélénate (forte dose)

Ces plants ont été maintenus en serre durant une saison de végétation (de mars à novembre 1986) au cours de laquelle on les a régulièrement arrosés avec une solution nutritive. Des notations régulières ont permis de suivre l'évolution du débourrement ainsi que l'état des plants.

1.3 Notation des plants

Notations de débourrement

- B0 Bourgeon dormant.
- B1 Bourgeon gonflé; aiguilles non visibles.
- B2 Bourgeon avec une pointe de vert.
- B3 Bourgeon éclaté; aiguilles non étalées.
- B4 Aiguilles étalées; tige visible.

Notations d'état végétatif (Epicéa)

- E1 Vert; plant en bon état.
- E2 Vert jaunâtre.
- E3 Brun jaunâtre.
- E4 Brun.

Notations d'état végétatif (Sapin)

- S1 Vert; plant en bon état.
- S2 Vert grisâtre; pas de perte d'aiguilles.
- S3 Vert grisâtre; pertes d'aiguilles.
- S4 Plant sec.

1.4 Mise en place sur le terrain des plants traités en serre

Les plants ont été mis en place (en mottes) le 19 novembre 1986 dans une vieille sapinière en cours de régénération de la forêt domaniale de Saverne (sapinière à Canche flexueuse).

1.5 Expérience complémentaire

Il était également intéressant de tester l'effet répulsif, s'il existe, du sélénium appliqué au moment de la plantation, directement sur le terrain.

Ainsi, en même temps que nous mettions en place les plants traités en serre, nous avons introduit également pour chaque espèce 30 plants auxquels nous avons appliqué les traitements suivants:

- 10 plants témoins,
- 10 plants au pied desquels on a mis 0,1 g de sélénate de sodium sous forme de billes d'alginate³,
- 10 plants au pied desquels on a mis 0,5 g de sélénium métal sous forme de billes d'alginate.

Les plants utilisés étaient les «frères» de ceux utilisés au printemps (plants 2+2 au moment de la plantation). Cette expérience complémentaire avait pour objectif de voir si le sélénium métal (ou sous forme de sélénate) inclus dans des billes d'alginate diffusait suffisamment pour être réabsorbé par les plants et jouer, éventuellement, le rôle de répulsif.

Bien entendu, un certain nombre de prélèvements, sur individus en bon état comme sur individus morts, ont également été effectués pour mesurer la concentration en sélénium des aiguilles des deux espèces: les analyses ont été effectuées à notre laboratoire par spectrométrie d'émission par plasma inductif (torche à plasma).

2. Résultats

2.1 Comportement des plants en serre: phytotoxicité du sélénium

Cette phytotoxicité du sélénium a déjà été mise en évidence par plusieurs auteurs, dont *Angradi et Tzilkowski* (1986) sur *Prunus serotina* et *Fraxinus americana*: l'application de sélénite de Se sous forme de dimélamine sur des plantules

³ Nous avons emprisonné le sélénium sous forme métal ou sous forme de sel à l'intérieur de billes d'alginate (*Hackel et al.*, 1975; *Kierstan et al.*, 1977), le sélénium étant libéré progressivement.

de ces deux espèces a provoqué une mortalité de 50% pour des concentrations en Se dans les feuilles de 10 PPM pour *P. serotina* et 90 PPM pour *F. americana*. Cette phytotoxicité semble donc varier largement avec l'espèce cultivée.

Le sélénium, qu'il soit sous forme de métal ou de sélénate, a une incidence nette sur la vitesse de débourrement des deux espèces (*figure 1*).

Pour le Sapin, deux groupes de plants peuvent être individualisés: d'une part les témoins et le sélénate faible dose, d'autre part le sélénium métal et le sélénate forte dose. Les plants du premier groupe avaient pratiquement tous débourré le 5 mai (avec même une légère avance pour les plants traités au sélénate à faible dose), alors que ceux du deuxième groupe accusent un retard d'au moins une semaine.

Pour l'Épicéa, dont le débourrement a été légèrement plus tardif que celui du Sapin, seul le traitement au sélénate forte dose a provoqué un retard dans le débourrement des plants; là encore, le traitement sélénate faible dose entraîne un débourrement légèrement plus précoce.

L'état général des plants a également été affecté par les traitements, et plus particulièrement par le traitement sélénate forte dose avec l'Épicéa. Des notations d'état général en cours de végétation et peu avant la mise en place des plants en forêt montrent en effet que ce traitement, sur cette espèce, amène à classer (16/05/86) 50% des individus dans les classes E3 et E4. Pour le Sapin, à cette même date, ce ne sont que 20% des individus qui appartiennent à la classe S3. Par contre, un comptage effectué début septembre montre que le Sapin a eu une mortalité encore plus forte que l'Épicéa.

Le comptage effectué avant la mise en place en forêt montre (*tableau 1*):

- une toxicité élevée du sélénate forte dose, aussi bien pour le Sapin que pour l'Épicéa,
- une faible toxicité, pour l'Épicéa, du traitement sélénate faible dose,

Tableau 1. Répartition, en %, des plants de Sapin et d'Épicéa, en fonction du traitement.

	<i>Épicéa</i>			<i>Sapin</i>	
	<i>mort</i>	<i>1/2 sec</i>	<i>vert</i>	<i>mort</i>	<i>vert</i>
Témoin	4%	12%	85%	0%	100%
Sélénium métal	8%	8%	84%	4%	96%
Sélénate faible	4%	33%	63%	16%	84%
Sélénate fort	56%	12%	32%	64%	36%

- aucune toxicité, pour les deux espèces, du sélénium métal.

Du fait de cette phytotoxicité, nous n'avons pas pu mettre en place en forêt autant de plants que nous l'aurions souhaité par traitement. En particulier, pour le traitement sélénate forte dose, nous ne disposions plus que de 3 sapins et de 7 épicéas...

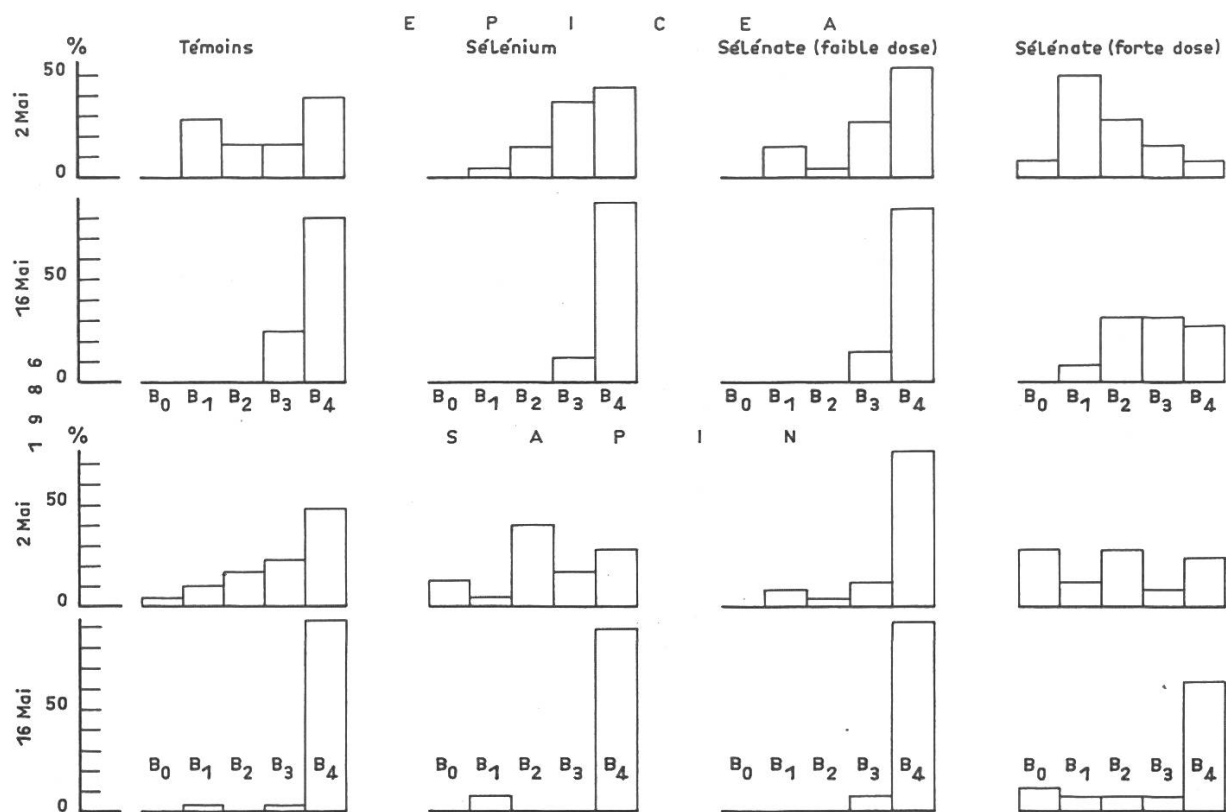


Figure 1. Etat d'avancement du débourrement à deux dates (2-05-86 et 16-05-86) de l'Épicéa et du Sapin, selon le traitement.

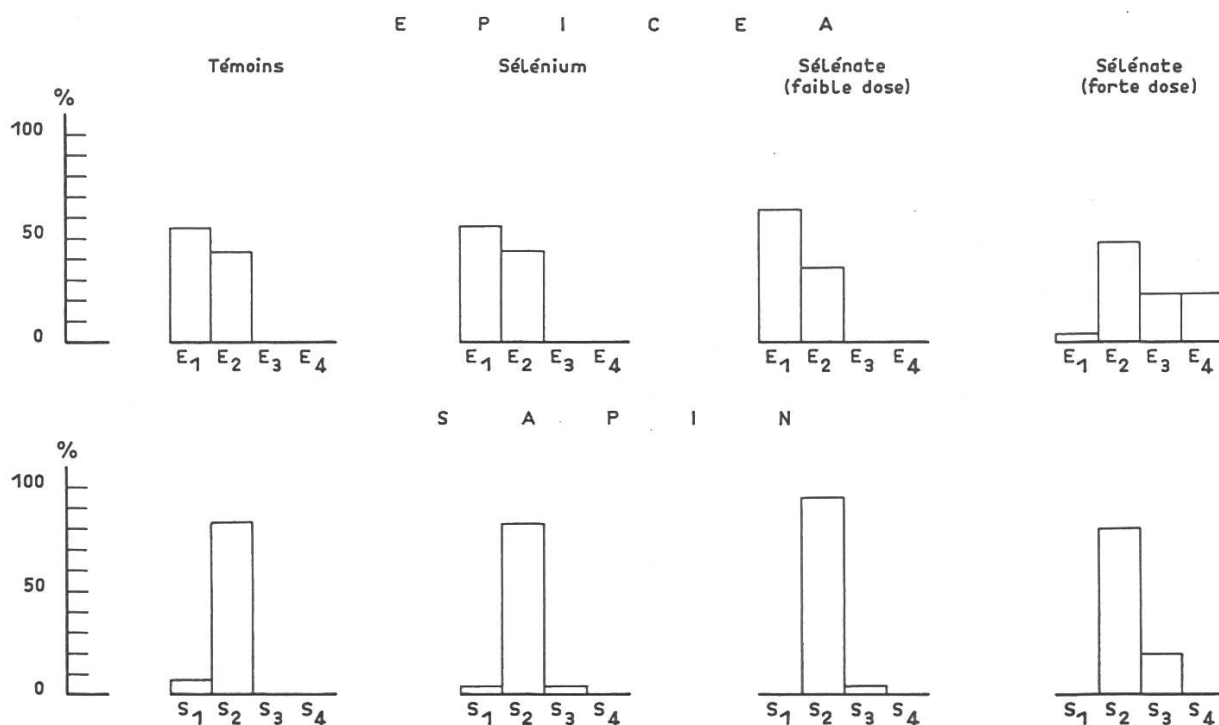


Figure 1 (suite): Etat végétatif des Épicéas et des Sapins au 16 mai 1986, en fonction du traitement.

2.2 Les teneurs des tissus foliaires des arbres sélénisés

Une première investigation de la teneur des aiguilles en Se des arbres morts (*tableau 2*) montre que le Se sous forme de sélénate est absorbé de façon importante, voire exceptionnelle, en particulier par les aiguilles âgées (2 ans) d'Epicéa. Cependant, ces premiers résultats doivent être considérés comme indicatifs et ne peuvent être pris comme critère de toxicité de l'élément chez les deux espèces. Il semble en effet que les teneurs en Se observées ne soient pas l'unique facteur ayant causé la mort des arbres. Une synergie entre la toxicité de l'élément et différents facteurs inhérents à la transplantation des plants étant hautement probable (système racinaire traumatisé, volume du pot réduit...).

Tableau 2. Teneurs en sélénium des plants morts ayant reçu une application de Se. Teneurs exprimées en $\mu\text{g/g}$ de matière sèche (PPM).

Modalités	Epicéa		Sapin	
	aiguilles de l'année	aiguilles de 2 ans	aiguilles de l'année	aiguilles de 2 ans
Se métal 0,5 g/pot	pas de mortalité		pas de mortalité	
Se sélénate 0,1 g/pot	30			40
0,5 g/pot	18	544	24	33

Le *tableau 3* indique quelques teneurs en Se et S des plants restés vivants et apporte des enseignements sur la manière dont les espèces supportent les différentes formes de Se.

Tableau 3. Teneurs en sélénium et en soufre des plants ** en pots ayant reçu une application de Se. Teneurs exprimées en $\mu\text{g/g}$ de matière sèche (PPM) pour les aiguilles de 1986.

Modalités	Epicéa aiguilles de l'année		Sapin aiguilles de l'année	
	Sélénium	Soufre	Sélénium	Soufre
Témoins	Tr*	2088	Tr	1940
Se métal 0,5 g/pot	26,8	2000	7,6	1714
Se sélénate 0,1 g/pot	31,5	1750	31,6	1874
0,5 g/pot	58,5	1567	41,0	1205

* Tr: teneurs inférieures à 1 PPM.

** Volume des pots: 1,5 l; âge des plants: 2 + 1.

La première remarque que nous formulerons concerne l'aptitude des plants à absorber les formes solubles donc très assimilables de Se sans qu'il y ait mortalité systématique. Les teneurs paraissent particulièrement élevées chez l'Epicéa pour la modalité Se^{6+} 0,5 g/pot. Le Se métal semble être plus absorbé par l'Epicéa que par le Sapin, mais ceci reste à confirmer.

L'impact de l'absorption et de l'assimilation du Se sur le métabolisme nutritionnel du plant est réel. L'intoxication sélénée a pour conséquence un effondrement des teneurs en soufre des tissus foliaires (*tableau 3*). Lorsque l'on connaît le rôle du soufre dans la synthèse des protéines de ces résineux (*Clément et Gessel, 1985*), il paraît très probable que le Se intervienne de manière significative sur leur croissance. Etudier le seuil à partir duquel se manifestent des perturbations physiologiques ayant pour conséquence principale une réduction de croissance paraît tout aussi important que la définition d'une dose létale pour le plant. Ces deux points seront parmi nos futures préoccupations. Notons que les teneurs très basses en Se, inférieures ou égales à 1 PPM, ne peuvent être certifiées. Une modification méthodologique nous permettra par la suite de discriminer de telles teneurs.

Les teneurs des aiguilles des plants sélénés en serre puis transplantés en motte et des plants non sélénés repiqués sur le terrain avec une dose de Se sous forme d'alginate permettent les observations suivantes (*tableau 4*):

- Les plants des deux espèces repiqués avec la motte (sélénés en serre) génèrent de nouvelles aiguilles avec des teneurs en Se plus élevées que dans le témoin. Ce sont les formes solubles de Se qui se révèlent être les plus mobiles. Les plants sélénés en serre avec le Se métal laissent apparaître des teneurs en Se peu différentes du témoin. Il existerait une certaine pérennité dans l'effet du Se sous forme soluble d'une année sur l'autre. Le Se métal paraît moins efficace. Ces résultats demandent toutefois confirmation.
- Les plants non sélénés au départ et repiqués à racines nues en présence de Se soluble et métal sous forme de billes d'alginate n'ont pas ou peu absorbé de Se. Les faibles teneurs en S observées dans les aiguilles de l'année ne sont pas la conséquence de l'absorption de Se, mais du métabolisme protéique défaillant des plants en pleine crise de transplantation. Ces plants, peu aptes à absorber les éléments nutritifs du sol, ne pouvaient significativement absorber le Se qui s'y trouvait. Ces résultats montrent que l'on aura intérêt à sélénier les plants avant leur installation en forêt si l'on veut un effet répulsif immédiat.

Tableau 4. Teneurs en sélénium et en soufre des aiguilles de plants de Sapin et d'Epicéa transplantés en forêt après un an de végétation. Les plants sont d'une part des plants sélénisés en motte avec le sélénium métal (Se^0) et le sélénate (Se^{6+}), d'autre part des plants à racines nues sélénisés au moment de la plantation par des granules d'alginate renfermant du Se^0 ou du Se^{6+} . Les résultats sont exprimés en PPM par rapport à la matière sèche.

Age Aiguilles	Modalités Traitement		Motte		Sapin Racines nues	
			Se	S	Se	S
1 an	Témoin		Tr*	1302	1	877
	Se^0	0,5 g	1,5	1325	1	900
	Se^{6+}	0,1 g	8,4	1481	1	1107
2 ans	Témoin		Tr	2170	—	—
	Se^0	0,5 g	2,6	2196	—	—
	Se^{6+}	0,1 g	25,3	2066	—	—
Age Aiguilles	Modalités Traitement		Motte		Epicéa Racines nues	
			Se	S	Se	S
1 an	Témoin		Tr	1884	1,0	872
	Se^0	0,5 g	2,5	1603	1,0	950
	Se^{6+}	0,1 g	8,6	1421	2,2	934
	Se^{6+}	0,5 g	16,5	1172	—	—

* teneurs inférieures ou égales à 1 PPM.

2.3 Observation des dégâts d'abrouissement

A ce jour, trois campagnes de notation des dégâts ont été effectuées:

- une campagne en hiver (janvier 1987) où nous avons surtout cherché à voir si des prélèvements avaient été pratiqués par les cervidés après les premières chutes de neige: cette notation a un caractère purement qualitatif,
- une campagne en avril 1987, au début du printemps,
- une campagne au début de l'été (mi-juillet 1987) pour vérifier s'il y avait eu des abrouissements sur la nouvelle pousse de l'année.

Notation d'hiver:

Elle a eu lieu le 13 janvier 1987, époque à laquelle il faisait très froid (-15°C) et où une mince couche de neige recouvrait le sol (7 cm). Une visite assez rapide du dispositif nous a permis de nous rendre compte:

- que des cervidés avaient parcouru la plantation depuis sa mise en place,
- que les sapins présentaient d'assez nombreuses traces d'abrouissement alors que les épicéas étaient intacts,
- que ces dégâts paraissaient surtout localisés à la partie haute du dispositif,
- que la répartition de ces dégâts ne paraissait pas tenir compte des traitements: les témoins, mais aussi les plants traités (sélénium métal, sélénate de sodium; plants à racines nues au pied desquels on avait mis des billes d'alginate) étaient plus ou moins abrouistis,
- enfin, que ces dégâts paraissaient s'être produits hors période de neige, au moment des premiers froids (pas de traces d'abrouissement avant la mi-décembre, première vague de froid accompagnée de fortes chutes de neige qui ont recouvert les plants qui n'ont donc pu être attaqués que quand la neige a fondu).

Notation de début de printemps:

Elle a eu lieu le 17 avril 1987, à une époque où l'hiver était terminé, et avant que le débourrement ait commencé. Chaque plant s'est vu affecter une note d'abrouissement et nous avons noté le nombre de pousses abrouisties.

Le Sapin: On ne constate pas de différences particulièrement nettes entre les différents traitements: on rencontre des sapins abrouistis dans tous les traitements. En regardant les résultats d'un peu plus près, il semble cependant que:

- les témoins sont plus fréquemment abrouistis que les autres: 10% de plants intacts chez le témoin, contre 30% pour le traitement sélénate faible dose et 42% pour le traitement sélénium métal.
- L'abrouissement moyen des plants abrouistis, estimé à partir de la note d'abrouissement, ne laisse pas apparaître de différences importantes entre les plants élevés en serre: il est de 8,3% pour le témoin, de 6,5% pour le sélénate et de 11,7% pour le sélénium métal. Quand les plants sont touchés, ils le sont, en moyenne, de façon relativement peu importante et apparemment avec une intensité peu dommageable d'un point de vue sylvicole. Mais il est probable que ce résultat soit dû à la faible hauteur des plants: en effet, les plants introduits à racines nues et traités au moment de la plantation, qui étaient en moyenne plus grands que ceux ayant passé une année en serre, ont subi un abrouissement beaucoup plus important: 31,7% pour les témoins, 29,5% pour le sélénium métal et 18,9% pour le sélénate. Remarquons également que parmi ces plants à racines nues, ce sont ceux traités au sélénate qui ont été les moins touchés: les très faibles teneurs en Se relevées dans ces plants ne semblent pas corroborer ces observations puisqu'elles ne se discriminent pas du témoin (*Tableau 4*). Cette contradiction apparente entre les taux d'abrouissement et les teneurs en Se des plants mérite d'être confirmée. Elle peut signifier que notre méthode d'identification du Se doit

être affinée pour permettre cette discrimination des très faibles valeurs entre elles (précision inférieure au PPM). Si l'animal était capable de discerner des différences avec ces teneurs très faibles, l'utilisation du Se comme répulsif ne devrait avoir aucune conséquence sur la physiologie de la plante ni sur l'environnement. Nos expérimentations futures ainsi qu'une méthode d'identification adaptée aux faibles teneurs devraient permettre de répondre à la question.

Nous avons enfin cherché à savoir si les plants broutés étaient répartis au hasard ou selon un gradient identifiable: en fait, on ne voit pas, en cartographiant les dégâts, de secteur plus abrouiti que d'autre et il paraît certain que la répartition des plants n'a pas eu d'incidence sur leur abrouissement.

L'Epicéa: L'Epicéa n'a pratiquement pas été touché au cours de l'hiver: tous traitements confondus, on recense 11 arbres abrouitis. En proportion, nous avons 20% de plants abrouitis chez les témoins, 14% chez le sélénate faible dose, 5% chez le sélénium métal et 0% chez le sélénate forte dose. Il se pourrait donc que les traitements aient eu un effet, mais le nombre de plants abrouitis est trop faible pour que ces résultats présentent une garantie suffisante.

Notation d'été:

Elle a été faite le 27 juillet 1987, peu après la fin du débourrement. Cette notation avait pour but d'une part de noter l'état des plants au début de la période estivale, d'autre part, de vérifier qu'aucun abrouissement n'avait eu lieu depuis le relevé de printemps.

Très peu d'arbres ont été touchés, et, à chaque fois, les animaux avaient brouté la pousse fraîchement débourrée. Trois sapins avaient été broutés (1 témoin et 1 sélénate élevés en pots, 1 témoin racines nues) et six épicéas (1 témoin élevé en pot, 3 témoins racines nues et 2 sélénates racines nues).

Ces résultats montrent qu'au printemps, les cervidés (surtout chevreuil: seules ses traces ont été relevées sur le terrain) s'attaquent très peu à ces essences et aucun effet répulsif d'un quelconque traitement ne peut être mis en évidence.

Conclusion

Les observations que nous venons de rapporter ne constituent qu'une expérience préliminaire qui est encore loin d'avoir donné tous ses résultats.

Malgré tout, il nous a semblé intéressant de faire un premier point sur cette expérience qui, dès à présent, apporte un certain nombre d'éléments explicatifs:

- Le premier concerne une première approche de la phytotoxicité du sélénium utilisé sous certaines des formes possibles. Nous avons eu la chance de choisir des doses «fourchettes» qui ont montré que, sous forme soluble, le sélénium était toxique pour le plant à la dose relativement faible de 0,5 g/plant. Par contre, on ne retrouve pas cette toxicité à une dose de 0,1 g/plant: c'est donc dans cette fourchette qu'il faut rechercher la dose susceptible de jouer un rôle répulsif vis-à-vis des animaux sans perturber le plant au niveau de son métabolisme. Nous avons mis en effet en évidence un antagonisme S-Se d'autant plus marqué que les teneurs en Se étaient importantes.
- Le deuxième concerne l'action du sélénium sur la phénologie des plants. Nous avons vu que, pour le Sapin comme pour l'Epicéa, le sélénate de sodium provoque un débourrement légèrement plus précoce des plants; ceci pourrait être un inconvénient dans les régions à gelées tardives.
- Le troisième concerne l'effet répulsif du sélénium. Bien qu'il soit encore trop tôt pour se prononcer, nos premiers résultats sont plutôt encourageants. Il semble bien en effet que les plants traités en pots soient, en nombre, moins abrutis que les témoins. Par contre, la pression moyenne d'abrutissement sur les plants attaqués ne paraît pas dépendre du traitement.

Un traitement appliqué au moment de la plantation sur des plants à racines nues avec un système «retard» ne paraît pas immédiatement efficace. Ceci est probablement dû à la difficulté qu'a le plant, alors en pleine crise de transplantation, à absorber les éléments nutritifs du sol, dont le sélénium. L'activité du système retard doit aussi être étudiée. Si un traitement au sélénium apparaît comme ayant une certaine efficacité répulsive, il pourrait être logique d'envisager un conditionnement des plants dès l'élevage en pépinière, avec complément au moment de la plantation.

Soulignons pour terminer que nous n'avons utilisé que deux formes de sélénium (métal et hexavalent), mais qu'il serait intéressant de tester le sélénium tétravalent, la forme hexavalente étant considérée par certains comme la plus phytotoxique, sans qu'il y ait unanimité sur cette question. Une deuxième étude, mise en place récemment, nous permettra de préciser l'action de cette forme tétravalente en relation avec les formes métalliques et hexavalentes étudiées précédemment. Elle nous permettra également d'apprécier le degré de toxicité du sélénium sur la croissance des plants, et ce pour trois espèces: Sapin pectiné, Chêne sessile et Pin maritime.

Zusammenfassung

Selen — ein Beitrag zum Schutz der Verjüngung vor Wildverbiss?

Die hier vorgetragenen Ergebnisse über die Rolle von Selen als systemisches Abschreckmittel gegen Verbiss durch Rotwild von jungen Forstpflanzen sind vorläufiger Art: Selen kann daher gegenwärtig noch nicht als sicheres Verhütungsmittel betrachtet werden.

Es erscheint uns jedoch interessant, zu diesem Zeitpunkt des Versuchs eine erste Bestandesaufnahme zu machen. Dabei wurden folgende Punkte untersucht:

- Die Phytotoxizität von Selen gegenüber Weisstanne und Fichte: In löslicher Form ist Selen für die Pflanze bereits in einer relativ geringen Dosis von 0,5 g/Pflanze schädlich. Hingegen kann bei einer Dosis von 0,1 g/Pflanze keine Toxizität festgestellt werden. Innerhalb dieses Rahmens muss also für diese Form die Dosis gefunden werden, die auf das Wild abweisend wirkt, ohne den Stoffwechsel der Pflanze zu beeinträchtigen. Tatsächlich konnte ein Antagonismus S-Se festgestellt werden, der sich mit zunehmendem Gehalt an Se verstärkt.
- Die Wirkung von Selen auf die Phänologie der Pflanze: Wir haben festgestellt, dass sowohl bei Tanne als auch bei Fichte Natriumselenat bei den jungen Pflanzen einen frühzeitigeren Knospenausbruch bewirkt, was sich in Regionen mit Spätfrost ungünstig auswirken könnte.
- Die wildabweisende Wirkung von Selen: Obwohl eine definitive Aussage zu diesem Zeitpunkt noch nicht gemacht werden kann, scheinen die beim Vertopfen behandelten Pflanzen zahlenmässig weniger verbissen zu sein als die unbehandelte Vergleichsgruppe. Hingegen scheint der durchschnittliche Verbissdruck auf die betroffenen Pflanzen nicht von der Behandlung abzuhängen.

Bei der Verpflanzung wurde eine Anzahl wurzelnackter Pflanzen einer Behandlung mit Langzeitwirkung unterzogen, die jedoch nicht sofort wirksam zu sein scheint.

Wenn eine Selen-Behandlung eine gewisse abweisende Wirkung zu haben scheint, könnte logischerweise in Betracht gezogen werden, die jungen Pflanzen bereits in der Baumschule zu konditionieren und beim Verschulen ergänzend zu behandeln.

Wir haben uns in dieser Untersuchung auf zwei Formen von Selen beschränkt (metallisch und sechswertig) und vorerst die vierwertige Form absichtlich ausgeschlossen. Ein zweiter kürzlich begonnener Versuch soll die Wirkung dieser vielwertigen Form in bezug auf die vorher untersuchten metallischen und sechswertigen Formen feststellen. Der Versuch soll überdies über die toxische Wirkung von Selen auf das Pflanzenwachstum Auskunft geben, und zwar für drei Arten: Weisstanne, Traubeneiche und Strandkiefer.

Übersetzung: R. Louis

Bibliographie

- Allan, G. G., Gustafson, D. I., Mikels, R. A., Miller, J. M., Neogi, S., 1984. Reduction of deer browsing of Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) seedlings by quadrivalent selenium. Forest ecology and management, Vol. 3, pp. 163—181.
- Angradi, Th. R., Tzilkowski, W. M., 1986. Uptake and phytotoxicity of selenium in Black Cherry and White Ash seedlings. Forest science, Vol. 32, No 3, pp. 806—811.
- Clément, A., Gessel, S., 1985. N,S,P, status and protein synthesis in the foliage of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.) and Austrian Black Pine (*Pinus nigra* Arn. *nigricans*). Plant and soil, 85, pp. 345—359.
- Hackel, U., Klein, J., Megnet R., Wagner, F., 1975. Immobilization of microbial cells in polymeric matrices. European J. Appl. Microbiol., I, pp. 291—293.
- I.N.R.S., 1980. Fiche toxicologique No 150. Sélénium et composés minéraux. Cahiers de note documentaires, No 98. 1er trimestre 1980.
- Kierstan, M., Bucke, C., 1977. The immobilization of microbial cells, subcellular organelles, and enzymes in calcium alginate gels. Biotechnology and bioengineering, Vol. XIX, pp. 387—397.
- Rediske, J. H., Lawrence, W. H., 1962. Selenium as a Wildlife repellent for Douglas-fir seedlings. Forest science, Vol. 8, No 2, pp. 142—148.