

Dynamique parasitaire de *Viscum album* L. sur pin noir dans le bassin du Saignon (préalpes françaises du sud)

Daniel Vallauri

Cemagref, secteur forêts de montagne, 2, rue de la papeterie, BP 76,
38402 Saint-Martin-d'Hères, France

(Reçu le 12 mai 1997 ; accepté le 30 septembre 1997)

Abstract – Parasite dynamics of *Viscum album* L. in Austrian black pine stands in the Saignon watershed (southwestern Alps). By mapping the infestation enlargement and counting the number of mistletoes implanted yearly on 30 Austrian black pine trees about 100 years old, the infestation dynamics is spatially (landscape, tree architecture) and temporally studied. It starts from the trees located along the paths followed to enter the watershed by the main vector of mistletoe dispersal, i.e. thrushes (*Turdus viscivorus*). For highly infested trees, the infestation presents a pluriannual cycle, starting at the end of the 1970s and reaching its maximum about 10 to 15 years later. The medium term effect on trees, on the on-going process of forest restoration and the silvicultural methods to prevent mistletoe are discussed through the example of the Saignon watershed. (© Inra/Elsevier, Paris.)

population dynamics / pest / mistletoe / *Viscum album* L. / *Pinus nigra* Arn. *nigricans* Host.

Résumé – À partir de la cartographie de l'infestation et du dénombrement des guis implantés chaque année sur un échantillon de 30 pins noirs d'environ 100 ans, la dynamique d'infestation de l'hémi-parasite est étudiée à la fois de façon spatiale et temporelle. Dans le bassin du Saignon, l'infestation n'est pas encore généralisée. Elle débute à partir des couloirs de pénétration dans le bassin du principal vecteur du parasite : les grives (*Turdus viscivorus*). Pour les arbres fortement parasités, l'infestation se présente sous la forme d'un cycle pluriannuel. Elle ne commence vraiment qu'à partir de la fin des années 70 et culmine en moyenne 10 à 15 ans plus tard. L'impact à moyen terme sur les arbres, la pérennité de la restauration engagée il y a un siècle avec le pin noir et les moyens sylvicoles appropriés de lutte sont discutés à partir de l'exemple du Saignon. (© Inra/Elsevier, Paris.)

dynamique / parasite / gui / *Viscum album* L. / *Pinus nigra* Arn. *nigricans* Host.

1. INTRODUCTION

Le gui a longtemps été considéré comme n'affectant que très rarement le Pin noir [20]. Toutefois, l'intensification récente de l'infestation des forêts par le gui dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur inquiète à juste titre les gestionnaires : en moyenne 25 % des peuplements de Pin noir y sont infestés (enquête Office national des forêts en cours de publication). Les difficultés de lutte en forêt et la présence de gui sur les jeunes semis de Pin noir obligent à définir différemment les objectifs sylvicoles [27] de ces forêts à fort rôle de protection (créées par la Restauration des terrains en montagne, RTM, pour lutter contre l'érosion). De plus, la forte et rapide mortalité induite dans certaines parcelles prend parfois de vitesse les gestionnaires et conduit à l'ouverture de ces peuplements pionniers, monospécifiques, équiennes et vieillis, alors que les alternatives de régénération ne sont pas bien connues.

Nous avons donc cherché à préciser quelques aspects de l'infestation en prenant l'exemple du site expérimental du Saïgon à La Motte-du-Caire (Alpes-de-Haute-Provence). Plus que de quantifier la mortalité induite, il nous a paru important de mieux comprendre le déterminisme écologique de l'infestation et de reconstruire la dynamique spatiale et temporelle du parasite. Comment et en combien de temps s'est développée l'infestation actuelle ? Augmente-t-elle avec le vieillissement des peuplements ? De combien de temps les gestionnaires disposent-ils pour régénérer ces peuplements ? La régénération est-elle envisageable en pin noir compte tenu de cette contrainte sanitaire ?

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Le gui (*Viscum album* L.)

Les différentes espèces de la famille des Loranthacées (*Viscum* sp., *Arceuthobium* sp.,

Loranthus sp.) parasitent de très nombreuses essences forestières à travers le monde. En France, l'hémiparasite le plus fréquent est *Viscum album* L. Il a été étudié sur deux principaux hôtes, le peuplier et le sapin [2, 6, 14, 17, 18], mais est aussi présent massivement sur les arbres fruitiers et sur pin sylvestre, dans les Alpes méridionales depuis fort longtemps [3, 9]. Trois sous-espèces sont identifiées (spp. *abietis* (Wiest.) Abrom., spp. *album* et spp. *austriacum* (Wiesb.) Vollm.) et sont respectivement considérées comme des parasites stricts du sapin, des feuillus et des pins ou mélèzes.

Les études de la biologie de *Viscum album* L. [7, 20] notent le rôle primordial des oiseaux dans la dissémination et la régulation du parasite. Il ne peut y avoir dissémination des graines de gui sans leur concours, notamment la grive draine (*Turdus viscivorus*) pour de longues distances et la fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*) localement. D'autres oiseaux, comme la mésange bleue (*Parus coeruleus*) et la sittelle (*Sitta europaea*), participent à la régulation des populations de gui en consommant de nombreuses graines.

La croissance et le développement juvénile d'un gui sont lents et suivent le cycle d'implantation présenté par Frochet et Lanier [6]. En moyenne, si la floraison et la pollinisation interviennent au printemps (mars à mai) de l'année n , les baies ne sont matures qu'en décembre de l'année n à janvier de l'année $n + 1$. Les mésanges et sittelles en consomment durant l'hiver $n + 1$ et les grives les déposent en majorité sur les branches au printemps $n + 1$. Le premier article et les deux premières feuilles apparaissent au printemps $n + 2$. Ensuite, le gui croît chaque année d'un article (*figure 1*).

Viscum album L. est un hémiparasite et prélève donc à partir d'un réseau de suçoirs la sève brute ainsi qu'une partie sans doute de la nutrition carbonée nécessaire à sa croissance [20]. Toutefois, il présente aussi une capacité d'assimilation chlorophyllienne, avantage non négligeable en hiver sur un hôte caducifolié (peupliers, arbres fruitiers).

Quant aux conséquences sur l'hôte des différents guis, tous les auteurs rapportent une diminution de la croissance radiale ou en hauteur [5, 8, 12, 16, 17, 20, 23], une détérioration des propriétés mécaniques du bois produit (excroissance, bois dit « madré »), une augmentation de la sensibilité de l'arbre aux autres agents pathogènes, voire enfin la mort de l'arbre.

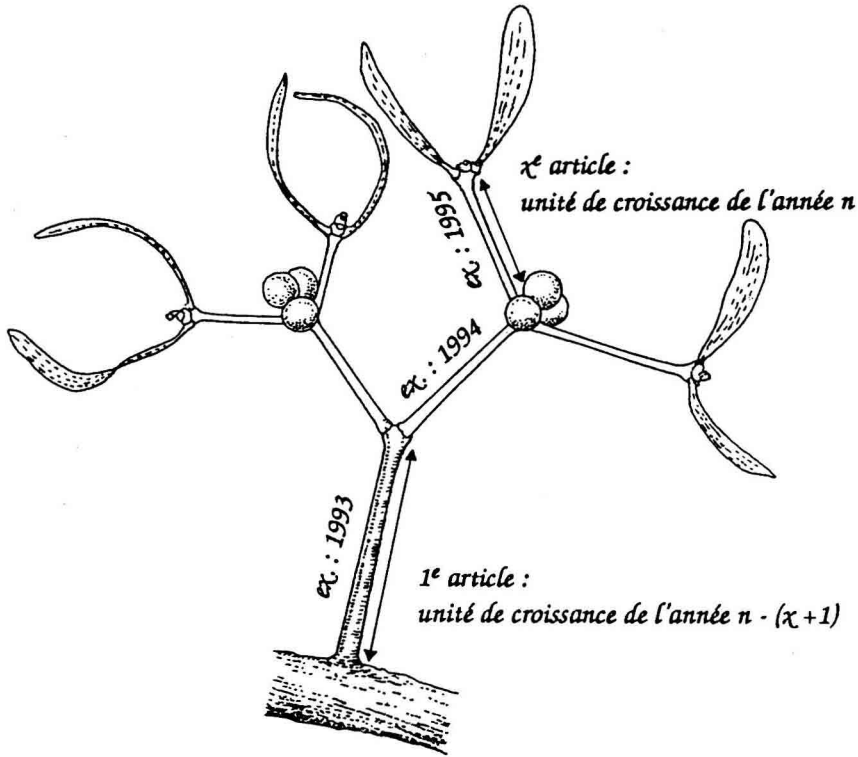


Figure 1. Chronologie de la croissance du gui : un article est formé chaque année à partir du stade deux feuilles (stade c de Frochot et Sallé, 1980). Dessin N. Sardat.

2.2. Zone d'étude

À 14 km au nord-est de Sisteron (Alpes-de-Haute-Provence), le bassin versant du Saignon couvre environ 380 ha. La pluviométrie est de 787 mm/an, sans mois sec au sens de Gaussen. Les pluies estivales (juin à août) sont égales à 168 mm. Le régime pluviométrique présente deux pics, l'un en automne, l'autre au printemps. Le climat thermique est de type subméditerranéen, avec 4 à 5 mois froids ($T < 7^{\circ}\text{C}$). La moyenne annuelle est de 10.2°C . La moyenne des maxima du mois le plus chaud est égale à 28.3°C . La moyenne des minima du mois le plus froid est égale à -4.2°C . L'altitude est comprise entre 730 et 1 474 mètres. L'exposition principale est sud, mais dans la zone basse marneuse, le microrelief est très varié. Les zones les plus dégradées (marnes noires) ont fait l'objet

d'importants travaux de restauration entre 1880 et 1914, avec reboisement en pin noir.

3. MÉTHODES

Dans un premier temps, une carte des pins noirs portant du gui a été réalisée en septembre 1995 à l'échelle du 1 : 5 000, par repérage à la jumelle à partir de plusieurs points de vue de tous les arbres infestés. Elle s'avère représenter principalement les arbres fortement infestés, en particulier en cime, seule partie de l'arbre réellement visible en peuplement dense.

De plus, sur un échantillon de 30 arbres choisis pour leur fort niveau d'infestation (plus de dix guis âgés vus à partir du sol), mais d'aspect sanitaire satisfaisant, la dynamique de la population parasitaire est reconstruite par dénombre-

ment exhaustif et estimation de l'âge de chaque axe de gui. Le terme d'axe est préféré à celui d'individu compte tenu de l'impossibilité d'exclure une proportion de gui ayant pour origine la multiplication végétative. Cette proportion marque la limite de la méthode de reconstruction des chronologies d'infestation. Elle est estimée très faible pour l'infestation récente étudiée ici ; elle devient plus importante pour des infestations anciennes ou récurrentes, comme celles connues sur sapin dans les Alpes par exemple.

Au total, les dénombrements réalisés en septembre 1995 portent sur 30 arbres de même essence, de même âge (environ 100 ans), situés dans des peuplements de classe de fertilité II, III et IV (12 à 20 mètres de hauteur dominante), équiennes, monospécifiques et relativement denses. Plus de 8 600 axes de gui et 1 600 branches infestées sont analysés. L'information est rassemblée en grim pant en cime puis en dénombrant les axes au cours de la descente pour les vingt premiers arbres et par abattage pour les dix restants (fût sans branches trop long pour grimper sans griffe). Cette dernière méthode s'avère fiable et plus rapide. Les axes jeunes, notamment en cime, sont arrachés au fur et à mesure du comptage afin d'éviter les erreurs, les doubles comptes et les oublis.

Chaque axe est positionné dans l'arbre à partir d'un numéro de verticille (décompté depuis la cime), du type de support (branche ou tronc) et de l'orientation de cette combinaison (N, S, E, O). On attribue à chaque axe un âge égal au nombre d'articles qu'il possède (*figure 1*), c'est-à-dire depuis l'apparition du premier article sur la branche (décalage vis-à-vis de la dissémination et de la germination de la graine).

L'analyse des données fait appel à des méthodes classiques en statistiques ou en dendroécologie : moyennes et sommes par niveau architectural, chronologies d'infestation d'un arbre, analyse en composantes principales des chronologies et classification ascendante hiérarchique.

4. RÉSULTATS

4.1. Répartition spatiale de l'infestation dans le bassin

La cartographie des arbres infestés par le gui en cime (*figure 2*) fait apparaître que

les zones infestées les plus étendues sont situées sur le système de crête, entre les ravins du Saignon et de la Lauze. Cette crête est en position centrale du bassin et suit l'orientation Nord-Sud, clé de l'accès au bassin. Le gui est peu présent dans les autres peuplements (orientation Nord, petits sous-bassins isolés ou reboisement âgé d'une trentaine d'années seulement). Enfin, les arbres ou groupes d'arbres infestés sont très souvent dominants dans le peuplement.

4.2. Distribution spatiale du gui dans les arbres

L'intensité d'infestation est très variable (*tableau 1*). Celle-ci varie, en nombre, de moins de 100 axes de gui (arbres 8, 10, 11) à plus de 700 (arbre 30), ce qui exclut l'hypothèse d'une distribution aléatoire des axes sur les arbres ($p < 0,001$). La sous-population échantillon présente toutefois un continuum d'intensité d'infestation dont il n'est pas possible d'isoler des groupes d'arbres bien distincts.

Le nombre de branches infestées par arbre croît (pente égale à une branche nouvellement infestée tous les 6 axes) jusqu'à un nombre total d'axes d'environ 350 pour 80 branches infestées (*figure 3*). Pour ce même niveau d'infestation, la *figure 4* montre que la majorité des verticilles de l'arbre sont infestés. Au-delà de 450 axes, le nombre élevé d'axes est à mettre en relation avec une attaque plus localisée et intense.

L'étude de la distribution du gui à l'intérieur de l'arbre ne sera pas détaillée ici. Toutefois, notons quelques caractéristiques générales, valables pour la plupart des arbres :

- la grande majorité de l'infestation apparaît sur les 20 verticilles les plus hauts, représentant le 1/3 supérieur du houppier ;
- pour un tiers des arbres, l'infestation de la cime (les dix plus hauts verticilles) est plus récente de 3 à 5 ans que les verticilles immédiatement inférieurs ; ce fait

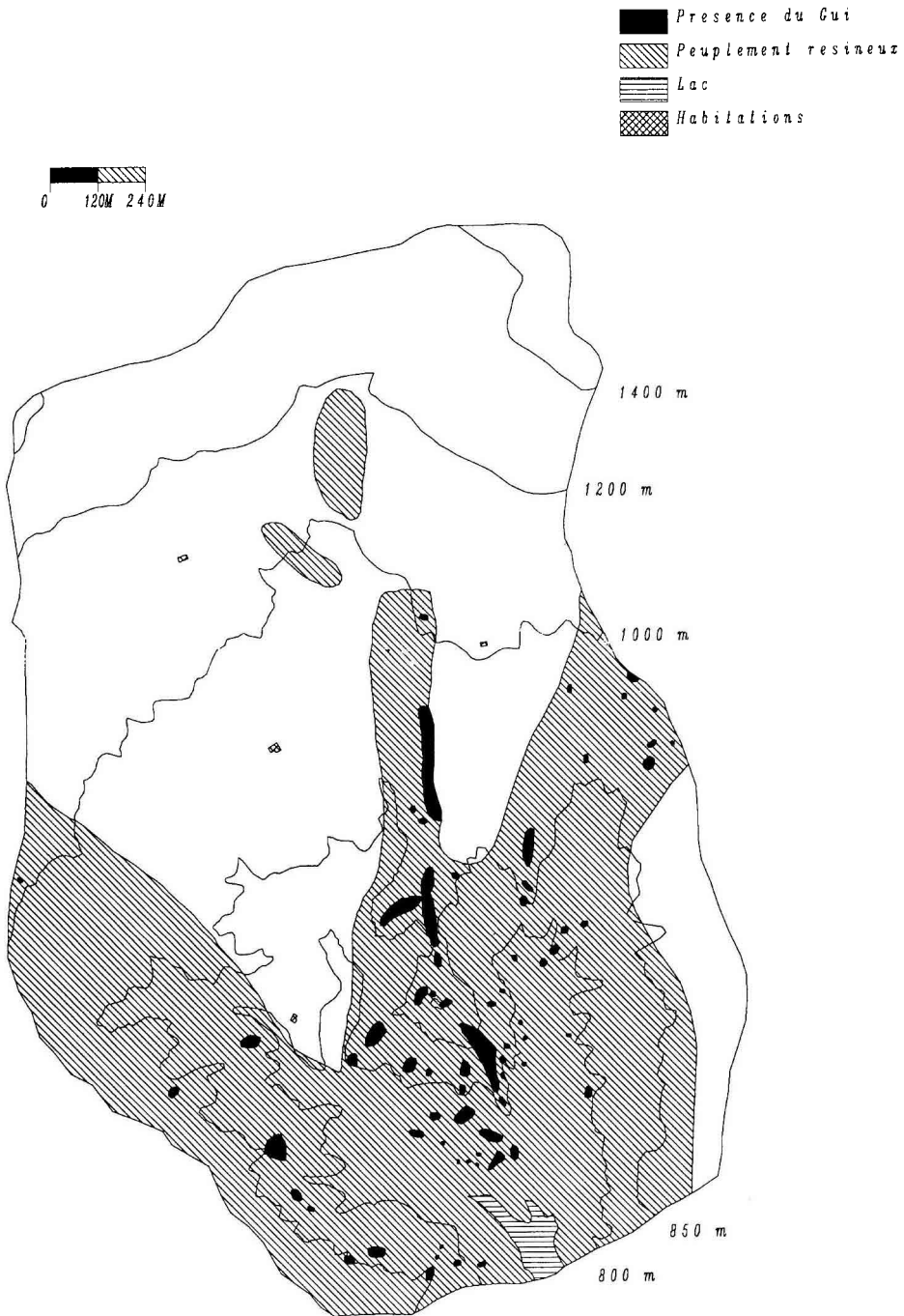


Figure 2. Répartition de l'infestation visible en cime en septembre 1995 dans le bassin du Saignon. Position par rapport à la topographie (crête, altitude) et aux limites des peuplements de Pin noir (Infographie M. Delorme).

Tableau I. Principales caractéristiques de l'infestation par le gui pour les 30 arbres échantillonnés.

Numéro d'arbre	Intensité d'infestation		Âge des infestations		Maximum d'infestation	
	Nombre total d'axes	Nombre d'axes en cime ¹	Âge du plus vieil axe	Âge moyen des axes de gui	Maximum annuel	Année du maximum
1	580	155	30	7,1	81	1993
2	284	61	21	5,4	67	1993
3	152	47	19	7,8	20	1990
4	101	50	16	6,0	15	1991
5	247	121	20	8,8	29	1988
6	155	31	21	6,1	28	1993
7	204	43	21	9,9	30	1988
8	71	18	15	5,0	16	1993
9	113	38	24	8,2	19	1993
10	64	9	26	8,6	8	1986
11	75	23	20	6,3	23	1993
12	211	75	33	5,9	61	1992
13	315	65	19	8,8	47	1990
14	427	81	21	6,7	55	1991
15	362	33	24	8,0	53	1989
16	185	52	16	5,5	29	1992
17	317	82	19	8,0	52	1992
18	132	46	17	7,0	22	1991
19	383	103	32	6,7	81	1992
20	223	14	14	5,3	35	1995
21	123	55	20	6,7	24	1990
22	339	98	13	5,3	73	1992
23	345	81	22	6,1	42	1991
24	507	93	21	7,4	61	1986
25	521	45	18	6,6	79	1992
26	329	52	17	4,9	61	1992
27	474	71	16	5,4	67	1992
28	315	67	21	7,4	45	1988
29	349	26	16	6,1	49	1994
30	720	68	17	5,2	110	1994

¹ Le nombre d'axes de gui en cime est défini comme la somme des axes portés par les 10 plus hauts verticilles.

peut être expliqué en partie par la jeunesse de la branche hôte ;

- 10 % au plus des axes portés par un arbre sont implantés sur le tronc ; cette proportion d'axes sur le tronc augmente sensiblement sur les 15 plus hauts verticilles ;
- il n'y a pas d'effet notable de l'orientation des supports sur l'implantation du gui à l'échelle « arbre » et « peuplement ». Plusieurs effets semblent ici se conjuguer à l'exposition, dont la position de l'arbre

dans le versant et la proximité d'ouvertures dans le peuplement.

4.3. Dynamique temporelle de l'infestation sur les arbres échantillonnés

L'âge moyen des axes (*tableau I*) varie significativement d'un arbre à l'autre ($p < 0,001$). Il est compris entre 4,9 ans

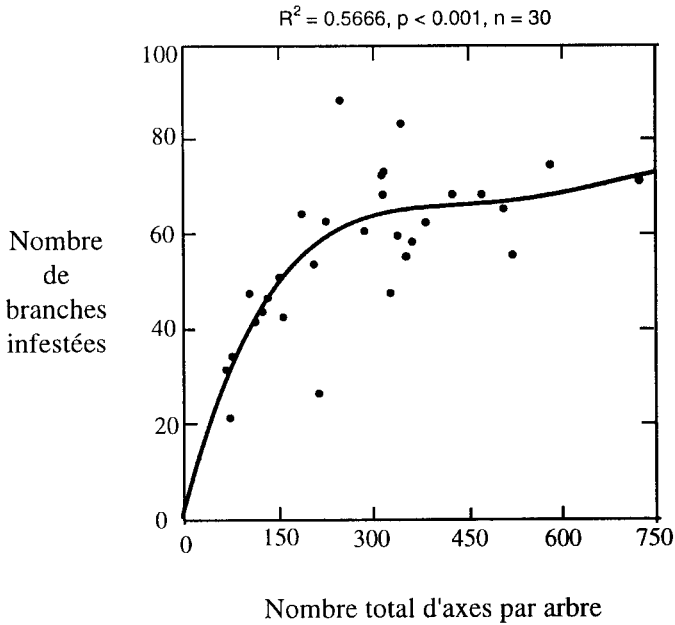


Figure 3. Nombre de branches infestées en fonction du nombre total d'axes par arbre. Ajustement polynomial d'ordre 4.

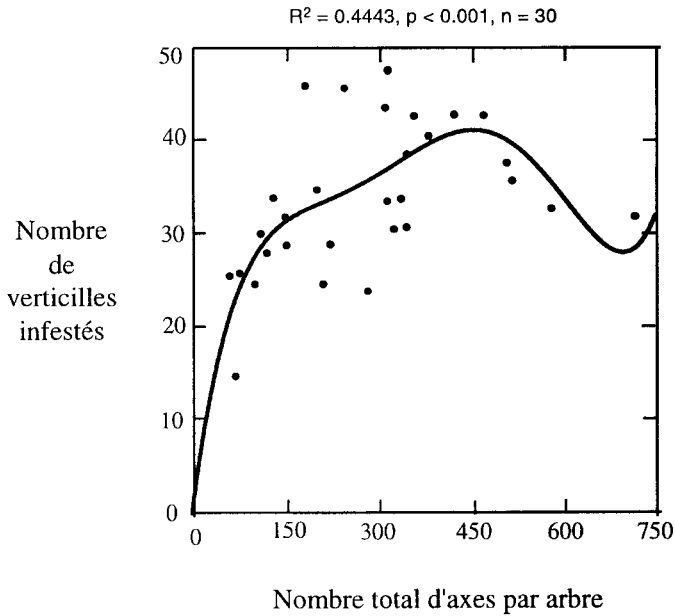


Figure 4. Nombre de verticilles infestés en fonction du nombre total d'axes par arbre. Ajustement polynomial d'ordre 5.

(arbre 26) et 9,9 ans (arbre 7). Le nombre total d'axes ne croît pas linéairement avec l'ancienneté de l'infestation.

Une analyse en composantes principales sur les chronologies par arbre du nombre de branches nouvellement infestées (branche sans gui à l'année $n-1$ et infestée par au moins un axe à l'année n) a été réalisée pour regrouper les arbres (variables centrées, réduites). Pour illustrer les chronologies d'infestation, la *figure 5* présente les profils moyens des trois principaux groupes d'arbres, les quatre autres groupes se situant en position intermédiaire entre ceux-ci :

- groupe 1, les arbres 2, 8, 11, 12, 16 constituent une sous-population pour laquelle l'infestation des branches saines s'exprime sous la forme proche d'une courbe normale culminant en 1984 ;
- groupe 3, les arbres 19, 20, 23, 27 présentent une forme identique mais l'infestation, décalée, culmine en 1988. Elle

n'est probablement pas entièrement terminée ;

- groupe 7, les arbres 7, 13, 25 présentent une infestation réalisée presque entièrement dans les dix dernières années, avec un maximum de branches nouvellement infestées en 1990/91.

En résumé, l'infestation des branches saines d'un arbre suit un cycle pluriannuel qui, dans les conditions de notre étude, débute à la fin des années 70 pour les premiers arbres et atteint un taux maximal 10 ans environ après le début de l'infestation (*figure 5*).

D'autre part, une seconde analyse en composantes principales sur les chronologies par arbre du nombre d'axes de gui (variables centrées, réduites) distingue six groupes d'arbres à chronologies proches. Les profils moyens des trois groupes d'arbres qui suivent sont illustrés à la *figure 6* ; les autres groupes se situent en position intermédiaire entre ceux-ci :

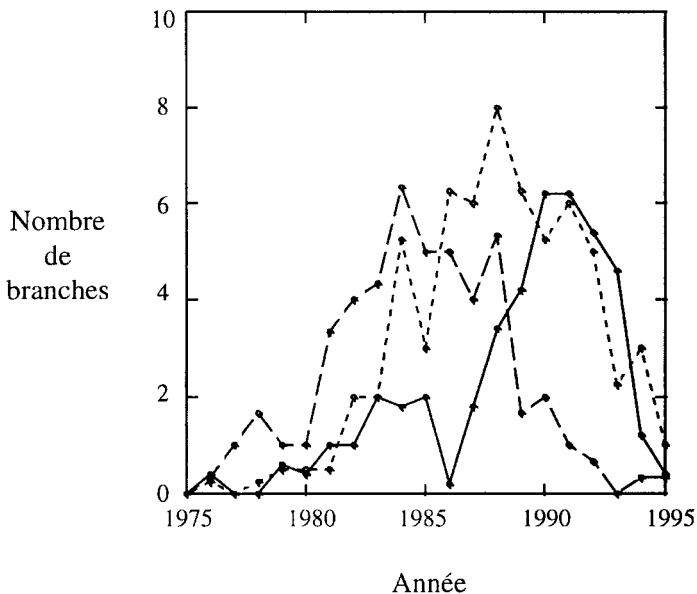


Figure 5. Chronologie moyenne du nombre de branches nouvellement infestées pour les arbres des groupes 1 (---), 3 (----) et 7 (—).

- groupe 1, les arbres 5, 7, 10, 13 où l'infestation est ancienne et terminée. Le maximum d'intensité d'infestation a été atteint avant 1990 ;
- groupe 4, les arbres 1, 14, 19, 23, 27, 29 où l'intensité d'infestation est encore très forte en 1995, bien qu'ayant beaucoup diminué depuis le maximum d'infestation atteint entre 1991 et 1993 ;
- groupe 6, les arbres 2, 8, 26 pour lesquels l'infestation n'a débuté qu'en 1983 et atteint son maximum en 1992 ou 1993.

Ainsi, le nombre total d'axes de gui sur un arbre suit également un cycle à fluctuations pluriannuelles qui ne devient important qu'à la fin des années 70 et atteint son maximum d'intensité 10 à 15 ans plus tard suivant les arbres (*figure 6*). Ce maximum d'intensité annuelle d'infestation est variable suivant les arbres (de 8 à 110 axes de gui par an).

4.4. Dynamique de l'infestation à l'intérieur de l'arbre

Le facteur d'augmentation d'infestation, entre l'année de la première infestation d'une branche et l'année 1995, est défini pour chaque branche par la formule suivante :

$$F(1995) = ((N(1995) - N(x))/N(x))$$

où $N(1995)$ est le nombre d'axes de gui supportés par la branche en 1995

x est l'année des premières infestations de la branche

$N(x)$ est le nombre d'axes apparus lors de l'année x

Ce facteur représente donc une estimation de l'attractivité et de la résistance de la branche à l'infestation. Il est égal à 0 si, sur la branche considérée, il n'y a pas eu de nouvelle infestation depuis l'année de la (les) première(s) infestation(s).

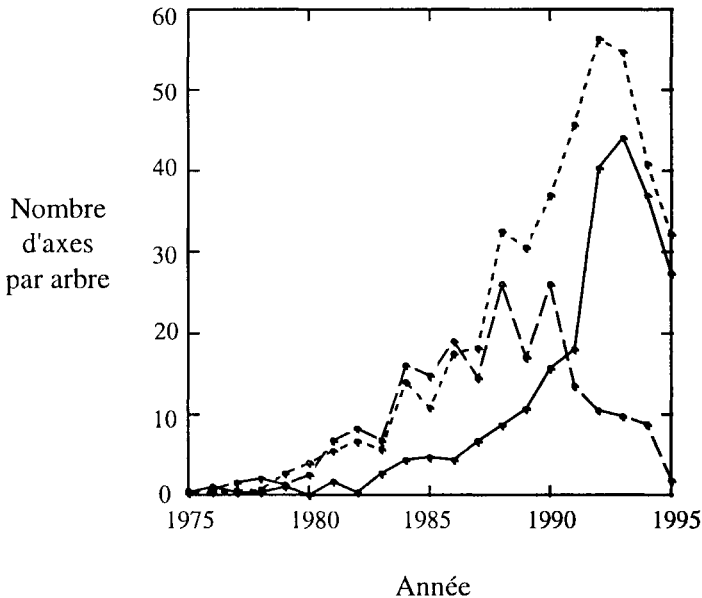


Figure 6. Chronologie moyenne de l'intensité d'infestation pour les arbres des groupes 1 (---), 4 (-----) et 6 (—).

Ce facteur est très variable selon les branches. Ainsi, si certaines branches infestées portent 22 ans plus tard toujours un seul axe de gui, d'autres passent en 10 ans à plus de 50 axes. Le facteur d'augmentation d'infestation est nul pour 31,8 % des branches infestées. L'orientation de ces branches n'est pas significativement différente des autres. En revanche, les branches infestées sur les cinq plus hauts verticilles ont pour 53,6 % des cas un facteur d'augmentation d'infestation nul (infestation récente ?). Enfin, le facteur d'augmentation d'infestation est strictement supérieur à 15 pour seulement 3,4 % des branches. La proportion de branches à $F > 15$ dépasse 7 % pour certains arbres (1, 24, 29, 30) alors qu'elle est nulle pour beaucoup d'autres (3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 16, 17, 18).

5. DISCUSSION

5.1. Le cycle d'infestation du gui dans un arbre

La dynamique de la population de gui sur les arbres exposés et sensibles se présente sous la forme d'un cycle parasitaire pluriannuel. Sur un arbre, le maximum d'infestation (nombre de guis ou de branches nouvellement infestées) est atteint entre 10 et 15 ans après le début du cycle. Toutefois, l'intensité maximale annuelle est très variable d'un arbre à l'autre.

Il est difficile de connaître le déterminisme de ce cycle, ainsi que son éventuelle période de retour. Il ne semble pas qu'il soit le fait d'une augmentation avec l'âge de la sensibilité des arbres hôtes, comme ce fut avancé sur sapin [18]. Son début correspond-il à une modification dans les populations d'oiseaux portant les premières baies de gui (grives) ? D'autre part, la fin du cycle est-elle à mettre en relation avec un seuil de résistance de l'arbre (?), la perte d'attractivité d'un arbre fortement infesté et/ou le déplacement des oiseaux sur d'autres

arbres... (?), la question reste également ouverte.

5.2. La répartition spatiale de l'infestation

Un tiers des arbres étudiés est infesté en cime avec un retard de 2 à 5 ans par rapport au reste de l'arbre. Dans les peuplements actuels, un certain nombre d'arbres peuvent ainsi être infestés alors qu'ils paraissent encore sains en cime. La carte de l'infestation dans le bassin du Saignon, représentative principalement des arbres infestés en cime, sous-estime donc la distribution actuelle réelle du gui. De plus, elle présente un stade initial de l'infestation dans ce bassin où elle est encore peu importante et très localisée.

Elle souligne le rôle majeur des oiseaux (grives notamment) dans l'introduction du parasite dans le bassin. L'infestation se réalise à partir des zones les plus attractives pour les oiseaux, c'est-à-dire les arbres dominants situés sur les axes de pénétration dans le bassin. L'effet attractif ou « perchoir » de certains arbres ou groupes d'arbres sur le passage des oiseaux semble être la principale cause de la distribution actuelle.

Compte tenu du développement de l'infestation dans d'autres forêts du département, on est en droit de s'attendre à une extension de l'infestation. Ainsi, une étude précise des couloirs de déplacement des passereaux (suivant l'exemple de Lanternier, 1944, [14]) permettrait sans doute de mieux évaluer quels sont véritablement les arbres et les stations forestières exposés au parasite. Il semble que les zones infestées tendraient à s'élargir à partir des zones primo-infestées.

Le rythme d'extension spatiale de l'infestation à partir des zones de primo-infestations n'est pas quantifiable à partir des relevés effectués. À titre de comparaison, il fut estimé à moins de 70 centimètres par an

pour les guis nains nord-américains, à dissémination principalement par projection, dans des peuplements de Douglas et de *Pinus contorta* [11, 25]. Dooling et al. [4] rapporte en revanche sur ces deux mêmes essences, respectivement le doublement et le triplement du nombre d'arbres infestés en 13 ans. Dans le bassin du Saignon, l'extension de *Viscum album* L. semble plus rapide car facilitée par les oiseaux, à courte distance par la fauvette à tête noire, et à longue distance par la grive.

5.3. L'impact de l'infestation

De multiples facteurs (niveaux d'infestation, conditions écologiques et stationnelles, âge des peuplements, résistance génétique) entrent en conjonction et déterminent l'importance de la mortalité constatée.

Malgré les forts niveaux d'infestation atteints pour certains arbres, tous ceux de l'échantillon présentaient un état sanitaire normal. Les pics d'infestation sont toutefois récents. Ils datent en majorité de moins de 5 ans ; aucun ne dépasse 10 ans. Une étude complémentaire sur des arbres dépérissants, stratifiée suivant les conditions stationnelles et la valeur du maximum d'intensité d'infestation, est à entreprendre afin d'évaluer la durée de vie d'un pin noir après le maximum de l'infestation.

Même si les potentialités de la station forestière n'interviennent pas pour orienter l'infestation à cette échelle de l'analyse, elles sont à prendre en compte au niveau de son développement et de la mortalité induite [13, 24]. De nombreux auteurs notent que les dommages causés par les guis (*Viscum* sp. ou *Arceuthobium* sp.) sont importants sur les stations médiocres à sol superficiel. Or, les peuplements de pin noir d'origine RTM étudiés se situent exclusivement sur des régosols sur marnes noires, sols peu épais, secs en été et asphyxiant en hiver. D'autre part, leur histoire écologique particulière les a conduits à vivre dans les conditions écologiques drastiques des marnes noires en

érosion (« roubines » ou « badlands »), en position pionnière.

Enfin, notons que le développement de l'infestation est aussi très variable dans l'arbre et d'un arbre à l'autre, et laisse donc espérer une résistance, d'origine mécanique et/ou physiologique et/ou génétique, plus ou moins grande d'une partie des branches et des arbres. D'autres auteurs ont montré également une sensibilité variable en relation avec les caractéristiques mécaniques des branches ou des arbres [10, 21, 26].

5.4. Quelle lutte possible dans les peuplements RTM ?

Préalablement, il semble utile de réaliser un zonage de la sensibilité à l'infestation. Cela conduit à distinguer des zones fortement infestées, des zones potentiellement exposées à l'infestation, éventuellement des zones faiblement exposées à l'infestation. Un zonage fin est délicat compte tenu du peu de connaissances actuelles sur l'écologie du gui et les déplacements des oiseaux. Pour le bassin du Saignon, il semble que pratiquement tous les peuplements de pin noir se situent dans des zones exposées à l'infestation.

Compte tenu des difficultés d'utiliser sur de vastes surfaces une méthode de lutte (phytocides, arrachage manuel) et, de plus, de l'intérêt écologique possible du gui dans l'écosystème forestier (voir l'exemple présenté par Bennetts et al. [1], concernant les guis nains nord-américains, la biodiversité aviaire et ses implications), le parasite est à considérer comme un des éléments de biodiversité de l'écosystème forestier à gérer. Aussi, une sylviculture propre à ces pineraies gütées est à développer. Elle est notamment basée sur la régénération en essences moins sensibles au gui du pin, afin de maintenir la couverture forestière nécessaire pour lutter contre l'érosion.

L'infestation oblige en effet à remettre en perspectives l'objectif sylvicole et RTM

donné à ces peuplements de pin noir sur marnes [27]. Le caractère pionnier et donc transitoire du pin noir, seul capable de s'accommoder de la pauvreté des terrains érodés fut annoncé par Lauvaden dès 1933 [15]. La diversification des essences est souhaitable à de multiples titres en favorisant, dans les stations où cela est possible, le mélange avec les feuillus indigènes. La régénération en pin noir est à essayer en mélange et est envisageable dans les zones faiblement exposées à l'infestation.

Toutefois, comment régénérer les peuplements des zones fortement infestées ou potentiellement exposées à l'infestation ? Comment agir pour ralentir l'extension du gui dans les zones potentiellement exposées à l'infestation ?

L'éclaircie ou la coupe de régénération éliminant en priorité les arbres infestés semble conduire à un résultat contraire. En supprimant les arbres les plus attractifs et en augmentant la pénétration dans le peuplement, ces interventions reportent l'infestation sur les arbres qui restent, accélérant ainsi la dynamique du parasite. Ce même phénomène a été également noté sur sapin [17] et dans les peuplements nord-américains infestés par les guis nains [4, 19, 22]. Aussi, toute opération d'éclaircie est à considérer avec précautions dans les zones fortement infestées, mais surtout dans les zones potentiellement exposées à l'infestation et à l'interface entre les deux. Elle ne peut se concevoir sans dommages que si la régénération en feuillus est acquise ou rapide (meilleures stations) et si la coupe définitive peut donc intervenir peu de temps après.

La non-intervention peut être une solution pour ne pas accélérer l'infestation. En maintenant une densité forte, l'infestation ne progresse dans un premier temps qu'à partir des arbres exposés (dominants, proches de trouées naturelles, en crête). Une influence négative de la densité du peuplement sur la rapidité de propagation de l'infestation a d'ailleurs été notée dans les peuplements nord-américains infestés par les guis nains

[4, 22]. La non-intervention peut être envisagée notamment à l'interface entre les zones potentiellement exposées à l'infestation et les zones fortement infestées.

La coupe à blanc est sans doute la meilleure façon pour limiter l'infestation dans toutes les zones. Toutefois, si l'objectif est une régénération en pins, il serait souhaitable de ne pas la pratiquer à proximité des zones fortement infestées pour éviter l'infestation des pins de la régénération. D'autre part, elle pose le problème de la taille de la coupe à réaliser, mais aussi de son impact vis-à-vis de l'érosion et du choix de l'alternative « feuillus », deux problèmes à analyser en fonction des types de station.

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Actuellement, la poursuite de la restauration écologique sur les substrats marneux des préalpes du sud sensibles à l'érosion cherche à engager au mieux la régénération et la diversification des peuplements de pin noir, afin de pérenniser la protection acquise. Il est nécessaire d'intégrer le gui comme une contrainte à la fois écologique et de gestion de cette période de transition. Le diagnostic sur les interventions sylvicoles à conseiller est à définir par conséquent à partir de la confrontation de la dynamique de régénération (contraintes stationnelles, présence de semis et potentiel de dissémination des feuillus), de la contrainte parasitaire, de la contrainte reprise d'érosion et des contraintes de gestion *sensu stricto* (exploitation, desserte).

De nombreuses incertitudes demeurent concernant la dynamique du gui sur pin noir : quelle est la vitesse de progression spatiale à partir des zones fortement infestées ? Quelle est la durée de survie d'un pin gûité ? Quelle est la délimitation fine des zones exposées à l'infestation ? Des compléments d'études sont donc à réaliser et à valider en vraie grandeur.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier ici F. Tamboloni, E. Mermin et A. Peillex, techniciens de recherche, pour leur contribution à la phase, parfois acrobatique, de prise de données sur les arbres infestés.

RÉFÉRENCES

- [1] Bennetts R.E., White G.C., Hawksworth F.G., Severs S.E., The influence of dwarf mistletoe on bird communities in Colorado ponderosa pine forests, *Ecol. Appl.*, 6 (1996) 899–909.
- [2] Brossier J., Réflexion sur le gui du sapin, *Revue forestière française*, n°21 (1959) 558–561.
- [3] Demontzey G.L.P. Étude sur les travaux de reboisement et de gazonnement des montagnes, Imprimerie nationale, 1878, 418 p. + ill.
- [4] Dooling O.J., Johnson R.R., Eder R.G., Growth impact, spread and intensification of dwarf mistletoe in Douglas-fir and lodgepole pine in Montana, *USDA For. Ser. Rep.* 86 6 (1986) 1–11.
- [5] Filip G.M., Colbert J.J., Shaw III C.G., Hessburg P.F., Hosman K.P., Influence of dwarf mistletoe and western spruce budworm on growth and mortality of Douglas-fir in unmanaged stands, *For. Sci.* 39 (1993) 465–477.
- [6] Frochot H., Lanier L., Implantation du gui (*Viscum album* L.) sur différentes provenances de sapin pectiné (*Abies alba* Miller), *Ann. Sci. For.* 37 (1980) 147–157.
- [7] Frochot H., Sallé G., Modalités de dissémination et d'implantation du gui, *Revue forestière française*, t. XXXII, (1980) 505–519.
- [8] Geils B.W., Mathiasen R.L., Intensification of dwarf mistletoe on southwestern Douglas-fir, *For. Sci.* 36 (1990) 955–969.
- [9] Guinier P., Les dommages causés par le gui. *Ann. École nationale des eaux et forêts et de la station de recherche expérimentale de Nancy*, 5 (1934) 221–231.
- [10] Hariri E.B., Jeune B., Baudino S., Urech K., Sallé G., Élaboration d'un coefficient de résistance au gui chez le chêne. *Can. J. Bot.*, 70 (1992) 1239–1246.
- [11] Hawksworth F.G., Rate of spread and intensification of dwarf mistletoe in young lodgepole pine stands, *J. For.* 56 (1958) 404–407.
- [12] Hawksworth F.G., Wiens D., Dwarf mistletoes : biology, pathology and systematics. *USDA For. Ser. Agric. handbook* 709 (1996) 410 p.
- [13] Hawksworth F.G., Geils B.W., How long do mistletoes-infected ponderosa pines live ? *Western J. Appl. For.* 5 (1990) 47–48.
- [14] Lanternier M., Le gui sur sapin pectiné dans le département de la Savoie, *Revue forestière française*, 82 (1944) 460–469.
- [15] Lauvaden L., Instruction sommaire sur les reboisements dans les Basses-Alpes, Digne, (1933) 7 p.
- [16] Peter-Contesse J., Gui et possibilité, *Journal forestier suisse*, 82 (1931) 221–227.
- [17] Plagnat F., Le gui du sapin. *Ann. École nat. eaux et forêts et de la station de recherche expérimentale de Nancy*, 12 (1950) 157–231.
- [18] Plagnat F., Brossier J., Les sapinières à gui. *Revue forestière française*, t. XXI, (1969) 553–557.
- [19] Reich R.M., Mielke P.W. Jr, Hawksworth F.G., Spatial analysis of ponderosa pine trees infected with dwarf mistletoe, *Can. J. For. Res.*, 21 (1991) 1808–1815.
- [20] Sallé G., Frochot H., Andary C., Le gui, *La Recherche*, 24, (1993) 1334–1342.
- [21] Sargent S., (1995) Seed fare in tropical mistletoe : the importance of host twig size, *Funct. Ecol.*, volume 9 (2) : 197–204.
- [22] Shaw C.G., Hennon P.E., Spread, intensification and upward advance of dwarf mistletoe in thinned, young stands of western hemlock in southeast Alaska, *Plant Dis.* 75 (1991) 363–367.
- [23] Smith R.B., Development of dwarf mistletoe (*Arceuthobium*) infections on Western Hemlock, Shore pine and Western Larch. *Can. J. For. Res.* (1971) 35–42.
- [24] Smith R.B., Relation of topography and vegetation to the occurrence of Douglas-fir mistletoe at its northern limits in British Columbia, *Ecology* 53 (1972) 729–734.
- [25] Smith R.B., Baranyay J.A., Dwarf mistletoes in British Columbia, *Can. For. Ser.*, Victoria, Br. Columbia, BC-M3-71, 8 p., 1970.
- [26] Smith R.B., Wass E.F., Meagher M.D., Evidence of resistance to hemlock dwarf mistletoe (*Arceuthobium tsugense*) in western hemlock (*Tsuga heterophylla*) clones, *Eur. J. For. Pathol.*, 23 (1993) 163–170.
- [27] Vallauri D., Chauvin C., Mermin E., La restauration écologique des espaces forestiers dégradés dans les Alpes du Sud. *Chronique de 130 ans de restauration et problématique actuelle des forêts recréées en pin noir. Revue forestière française*, 5 (1997) 433–449.