

Office fédéral des forêts et de la protection du paysage, Berne
Institut fédéral de recherches forestières, Birmensdorf

Rapport Sanasilva sur les dégâts aux forêts 1987

Berne et Birmensdorf, novembre 1987

Diffusion:
Institut fédéral de recherches forestières, Bibliothèque, 8903 Birmensdorf

Responsables scientifiques

Résultats de l'inventaire de 1987	Felix Mahrer	IFRF
Evolution des dégâts à Zofingue, Altdorf et Flims	Bernhard Oester	IFRF
Analyses des cernes annuels La sécheresse de 1985 responsable des dégâts aux forêts?	Otto U. Bräker Richard Volz	IFRF OFPP
Dégâts dus au gel, aux insectes et aux champignons Regard par-dessus les frontières	Erwin Jansen Bruno Stadler	IFRF OFPP
Recherches sur la qualité du bois	Jürgen Sell	EMPA
La diversité du patrimoine génétique	Ernst Fürst	OFPP

Rédaction	Coordination du Programme Sanasilva
Composition du texte	Margrith Heeb
Composition des tableaux et maquette	Kurt Rauber
Graphiques et couverture	Mirek Sebek Doris Pichler

Couverture: Les quatre classes de dégâts chez l'épicéa:
gravement atteint ou sec (en haut à gauche),
moyennement atteint (en haut à droite),
légèrement atteint (en bas à gauche),
sans dégâts (en bas à droite).

Table des matières

1. Résumé	5
2. Résultats de l'inventaire de 1987	7
- Ampleur et évolution des dégâts pour l'ensemble des arbres de plus de 12 cm de diamètre	7
- Evolution par essences	10
- Répartition régionale des dégâts et situation dans les régions de montagne	12
- Evolution individuelle des dégâts depuis 1985	14
- Evolution des jeunes peuplements	15
- Accroissement en diamètre et taux de défoliation	16
- Evolution des dégâts depuis 1983	17
3. Evolution des dégâts aux forêts à Zofingue, Altdorf et Flims	19
4. Analyse des cernes annuels	21
5. Recherches sur la qualité du bois	25
6. Dégâts dus au gel, aux insectes et aux champignons	28
7. La diversité du patrimoine génétique	31

1. Résumé

Evolution des dégâts depuis 1986

Par rapport à l'année précédente, l'état de santé des forêts suisses a encore empiré.

En une année, la proportion des arbres atteints a passé de 50 à 56 pour-cent. Avec une hausse de 12 pour-cent, les feuillus sont les principaux responsables de cette aggravation de la situation; les résineux atteints ont progressé de 3 pour-cent. Les dégâts ont fortement augmenté dans le Jura (plus 15 pour-cent d'arbres atteints), sur le Plateau (plus 10 pour-cent) et dans les Préalpes (plus 11 pour-cent). En revanche on a constaté un léger mieux dans les Alpes (moins 4 pour-cent) et sur le versant Sud des Alpes (moins 3 pour-cent). Cependant la proportion des arbres atteints en zone de montagne est, avec ses 60 pour-cent, toujours supérieure à celle de plaine (48 pour-cent).

Chez les résineux et les feuillus, la détérioration est un peu moins accusée que l'année précédente (1985/86) où on avait enregistré une hausse de 16 pour-cent chez les seconds et de 13 pour-cent chez les premiers.

Les analyses de vues aériennes infrarouges des forêts de Zofingue (AG), Altdorf (UR) et Flims (GR) révèlent une tendance à la dégradation analogue, mais avec de sensibles variations régionales de l'évolution de l'état sanitaire.

Autres recherches

Les mesures annuelles du diamètre des arbres inventoriés montrent que, par rapport aux sujets sains, ceux qui ont perdu des aiguilles ou des feuilles subissent une réduction d'accroissement en fonction du taux de défoliation. Elle est la plus grave chez les épicéas, et les résineux en général.

Les analyses de cernes annuels sur environ 900 épicéas et sapins donnent des résultats similaires corroborant l'hypothèse de l'intervention, pendant les 20 à 30 dernières années, d'un facteur de stress supplémentaire. Malgré l'extrême complexité des interactions en cause, on doit admettre en fonction des connaissances acquises grâce aux recherches sur les dégâts aux forêts, que ce facteur de stress est dû à la pollution de l'air.

Le présent rapport a pour but de renseigner sur l'état et l'évolution de la santé des forêts suisses. Il doit fournir aux autorités responsables les données nécessaires pour ordonner à temps les mesures de lutte contre les dégâts aux forêts. Par l'intermédiaire des médias, il cherche à transmettre à un large public un tableau de l'état de nos forêts.

Comme ce fut le cas chaque année depuis 1984, les données sur l'état et l'évolution de la santé des forêts occupent la première place. On a ajouté des rapports concernant d'autres recherches sur ce sujet et sur les conséquences des dommages.

On a craint parfois que le dépérissement des forêts n'entraîne une dégradation de la qualité du bois. Les recherches du Laboratoire fédéral d'essais des matériaux (EMPA) ont démontré que les propriétés technologiques déterminantes du bois d'épicéa et de sapin ne subissaient pas de changements désavantageux.

Cette année aussi, le Service d'observation et d'information phytosanitaire a observé divers dommages dus au gel, aux insectes et aux champignons.

Ils ont provoqué des coupes prématuées en plusieurs endroits.

Les généticiens forestiers n'excluent pas la probabilité d'influences négatives de la pollution de l'air sur le patrimoine génétique des arbres de nos forêts. On est donc en train de préparer des mesures pour sauvegarder des forêts autochtones et garantir le stockage et la production de semences.

2. Résultats de l'inventaire de 1987

Augmentation des dégâts - nette aggravation de l'état des feuillus

Pendant l'année écoulée, la proportion des arbres atteints a passé de 50 à 56 pour-cent. Avec 12 pour-cent d'augmentation, les feuillus, et notamment ceux moyennement atteints, sont les principaux touchés par cette aggravation de la situation. Chez les résineux, on compte "seulement" 3 pour-cent de plus d'arbres atteints. Sur le Plateau, malgré une hausse de 10 pour-cent, cette proportion est toujours la plus faible du pays (45 pour-cent). Sur le Jura et dans les Préalpes, l'état de santé a fortement empiré (56 à 62 pour-cent d'arbres atteints).

Dans l'ensemble, un tiers des arbres est plus endommagé tandis qu'un dixième présente des signes de guérison. Grâce à des mesures de diamètre, on a constaté que les arbres atteints produisent moins de bois; en cas de forte défoliation, l'accroissement baisse de 25 à 80%.

Ampleur et évolution des dégâts pour l'ensemble des arbres de plus de 12 cm de diamètre

Par rapport à l'année passée, la situation s'est dégradée chez les feuillus surtout, mais aussi chez les résineux. Ceux-ci présentent une augmentation des dégâts surtout parmi les "légèrement atteints" avec un taux de défoliation de 15 pour-cent (cf. graphique "Résineux Proportion des arbres atteints en pour-cent"); dans les catégories avec des pertes d'aiguilles plus grandes, il n'y a pas de changements importants.

Chez les feuillus, les dégâts augmentent nettement dans les catégories de pertes de feuilles moyennes et élevées (cf. graphique "Feuillus Proportion des arbres atteints en pour-cent"); il est alarmant de voir toutes les catégories de taux de défoliation de 20 pour-cent et plus être en hausse; certaines doublent même.

L'examen par classes de dégâts (cf. tableau "Proportion des classes de dégâts en 1986 et 1987") montre que la proportion des arbres atteints a de

Buts de l'inventaire des dégâts aux forêts

Les inventaires Sanasilva enregistrent l'état actuel et l'évolution des dégâts dans les forêts suisses. Ce sont en premier lieu des instruments de surveillance de l'état sanitaire de celles-ci. Ils renseignent sur la situation dans le Jura, sur le Plateau, dans les Préalpes, dans les Alpes et sur le versant Sud des Alpes, ainsi que sur la répartition de l'ensemble des dégâts par classes de dégâts et par essences.

Les inventaires se bornent à constater l'état sanitaire; ils ne sont pas destinés à étudier simultanément d'autres sujets de recherches, par exemple sur les causes des dommages.

Exécution de l'inventaire des dégâts aux forêts

L'inventaire se fait par échantillonnage en utilisant le réseau des placettes de l'Inventaire forestier national (IFN), disposées sur une trame à mailles carrées de 1 km de côté. Il tient compte de 1 placette sur 16, soit une placette tous les 4 km. Les 703 placettes visitées ont été inventoriées du 6 juillet au 28 août par 5 équipes de deux taxateurs qui ont pu ainsi taxer plus de 8000 arbres.

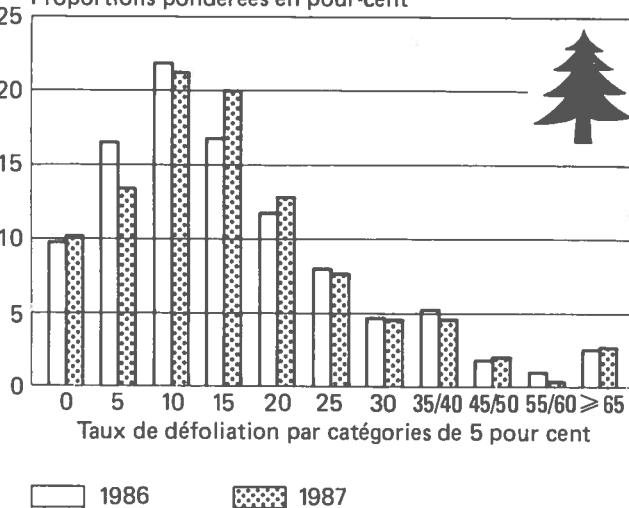
La placette est circulaire et mesure 5 a (500 m^2). On détermine l'emplacement de chacun de ses arbres, dont on mesure le diamètre à 1,30 m au-dessus du sol. On peut ainsi suivre l'évolution des dégâts arbre par arbre.

Le critère principal de l'état de santé est la densité du feuillage. Les taxateurs spécialement instruits estiment le taux de défoliation par catégories de 5 pour-cent en s'aideant de séries de photos qui leur servent d'étalon. Ils inspectent chaque arbre séparément avec des jumelles.

En plus des pertes d'aiguilles ou de feuilles, on note d'autres indications relatives à la structure du peuplement et aux conditions de croissance sur l'emplacement des placettes. On accorde une attention particulière à l'inventaire de tous les dégâts aux causes connues visibles, telles que morsures du gibier, insectes, champignons, neige, foudre, exploitation des bois, etc. (cf. encadré "Dégâts avec d'autres causes connues"). Les pertes d'aiguilles ou de feuilles imputables à des causes connues visibles ne sont pas incluses dans les taux de défoliation indiqués.

Résineux

Proportions pondérées en pour-cent



Proportions pondérées des résineux et des feuillus en fonction des taux de défoliation en 1986 et 1987.

nouveau nettement augmenté (de 50 à 56 pour-cent). L'état sanitaire s'est détérioré surtout chez les feuillus: alors que la proportion de ceux sans dégâts a diminué de 12 pour-cent, celle des légèrement, moyennement et gravement atteints a augmenté de 5, 6 et respectivement 1 pour-cent (pour la définition des classes de dégâts: cf. encadré "Définition des classes de dégâts").

Les valeurs correspondantes des résineux sont plus faibles; le nombre des sujets sains a baissé de 3 pour-cent. Seule la part des "légèrement atteints" a augmenté nettement, de 5 pour-cent.

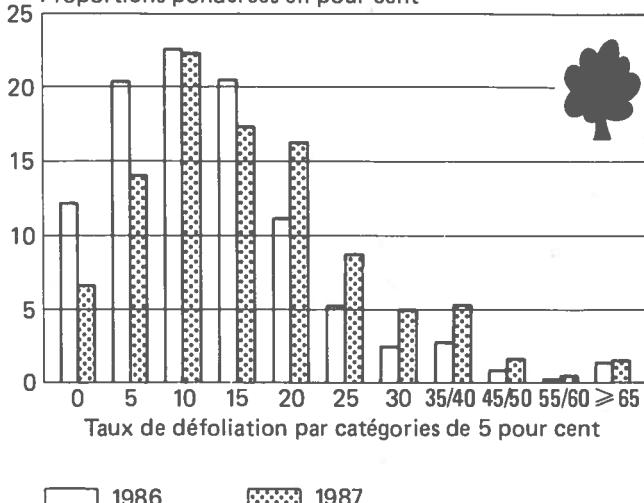
Photographies en couleur pour standardiser la procédure d'estimation

Pour évaluer les pertes d'aiguilles ou de feuilles, on dispose d'un auxiliaire important, une série de photographies de couronnes. Déjà utilisées en 1986, elles ont été publiées entre-temps ("Sanasilva Couronnes d'arbres", en vente chez F. Flück-Wirth, Buchhandlung, 9053 Teufen). Les taxateurs doivent les consulter régulièrement sur le terrain pour éviter les écarts d'estimation vers le haut ou vers le bas.

Cet ouvrage contient des vues de 6 résineux (épicéa, sapin, pin sylvestre, mélèze, arole, pin de montagne) et de 8 feuillus (hêtre, chêne, frêne, érable sycomore, tilleul, orme commun, bouleau, châtaignier). Pour chaque essence, 4 photographies montrent les taux de défoliation des classes "sans dégâts" à "gravement atteint". Pour l'épicéa on distingue en outre trois types de ramifications (en peigne, en brosse, type étalé) et chez le mélèze et le sapin un type normal et un type de montagne.

Feuillus

Proportions pondérées en pour-cent



Proportion des classes de dégâts en 1986 et 1987 chez les résineux et les feuillus

(les marges d'erreur pour 1987 oscillent entre 1 et 2 pour cent)

	sans dégâts		légèrement atteint		moyennement atteint		gravement atteint ou sec	
	1986	1987	1986	1987	1986	1987	1986	1987
Résineux	48%	45%	36%	41%	13%	11%	3%	3%
Feuillus	55%	43%	37%	42%	7%	13%	1%	2%
Tous les arbres	50%	44%	37%	41%	11%	12%	2%	3%

Définition des classes de dégâts

Les taxateurs estiment le taux de défoliation par catégories variant de 5% en 5% qui sont groupées comme suit pour former les classes de dégâts:

Les quatre classes de dégâts formées à partir des catégories de défoliation (de 5 pour cent en 5 pour cent)

Pertes d'aiguilles ou de feuilles en pour-cent	Classe de dégâts
0 / 5 / 10	sans dégâts
15 / 20 / 25	légèrement atteint
30 / 35 / 40 / 45 / 50 / 55 / 60	moyennement atteint
65 pour cent et plus	gravement atteint ou sec

Les arbres inventoriés sont représentatifs de l'ensemble des forêts

Les jeunes arbres sont beaucoup plus serrés que les vieux. Pour obtenir un échantillon représentatif, on peut réduire la surface des placettes d'échantillonnage dans les jeunes peuplements. Les sujets jeunes dès 30 cm de hauteur et ceux d'un diamètre à hauteur de poitrine inférieur à 12 cm sont pris sur un cercle de 3 m de rayon, ceux dès 12 cm sur un cercle de 200 m² et ceux dès 36 cm sur un cercle de 500 m². Ces trois surfaces sont concentriques.

Dans l'interprétation on tient compte du fait que, selon le diamètre, la probabilité de tomber dans une placette n'est pas la même. Les estimations sont donc exemptes de distorsions et représentatives de l'ensemble des forêts.

Voici le nombre de données recueillies sur ces bases au cours de l'inventaire des dégâts de 1987:

Nombre de placettes 766
dont accessibles et inventoriées : 703

Nombre d'arbres inventoriés
dès 12 cm de diamètre 8 068
dont résineux 5 183
dont feuillus 2 885

Nombre d'arbres par essence
Épicéa 3 422
Sapin 911
Pin 374
Mélèze 351
Autres résineux 125

Hêtre 1 517
Erable 266
Frêne 249
Chêne 125
Autres feuillus 728

Nombre de placettes
dans les jeunes peuplements 170

Jeunes arbres dès 30 cm de hauteur
et arbres jusqu'à 12 cm de diamètre 2 631
dont résineux 1 268
dont feuillus 1 363

Evolution par essences: grave détérioration chez les érables; dégâts nettement plus élevés chez le sapin, le hêtre et le frêne; nette régénération chez le mélèze

La proportion des arbres atteints a augmenté pour toutes les essences sauf pour le mélèze. Pour l'épicéa, le pin et le chêne la différence se situe dans la marge d'erreur et n'est pas significative du point de vue statistique. L'évolution varie suivant les essences.

Le nombre des épicéas atteints a progressé de 2 pour-cent. Toutes les modifications se trouvent dans la marge d'erreur, y compris la hausse de 3 pour-cent des "légèrement atteints".

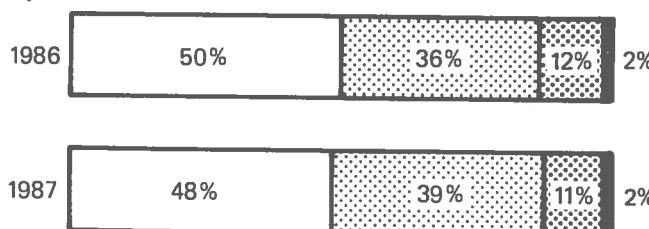
Le sapin enregistre 8 pour-cent de plus de sujets atteints, 7 pour-cent allant au compte de la classe "légèrement atteint".

Le pin reste l'essence la plus touchée. Cette année, on n'en a plus classé que 30% comme "sans dégâts" (taux de défoliation 0 à 10 pour-cent), soit 4 pour-cent de moins qu'en 1986, mais toutes les différences sont dans la marge d'erreur.

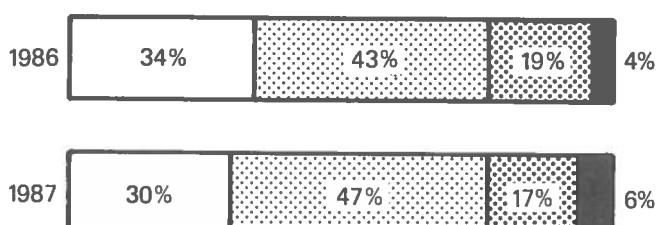
Depuis 1986, les pertes d'aiguilles du mélèze ont bien baissé: la part des arbres sans dégâts a progressé de 8 pour-cent et arrive au niveau des épicéas. La baisse la plus sensible est enregistrée chez les "légèrement atteints".



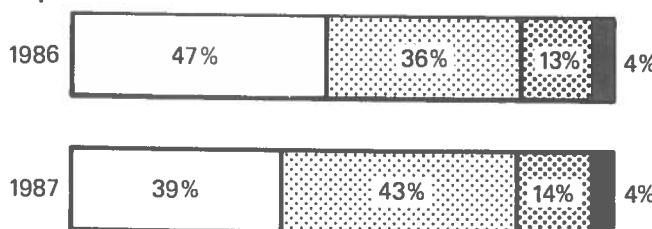
Epicéa



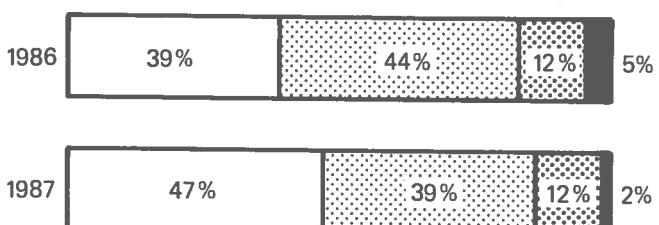
Pin



Sapin



Mélèze



Comparaison de la proportion des classes de dégâts en 1986 et 1987 chez l'épicéa et le sapin.

(Pour 1987, les marges d'erreur oscillent entre 1 et 3 pour cent.)

Comparaison de la proportion des classes de dégâts en 1986 et 1987 chez le pin et le mélèze.

(Pour 1987, les marges d'erreur oscillent entre 2 et 4 pour cent.)

Quant aux feuillus, on a observé la pire dégradation de l'état sanitaire chez le hêtre et l'érable. D'après l'inventaire de cette année, presque 60 pour-cent des hêtres sont atteints. Les hausses de 11, respectivement 9 pour-cent des arbres légèrement et moyennement (taux de défoliation 30 à 60 pour-cent) atteints est significative du point de vue statistique.

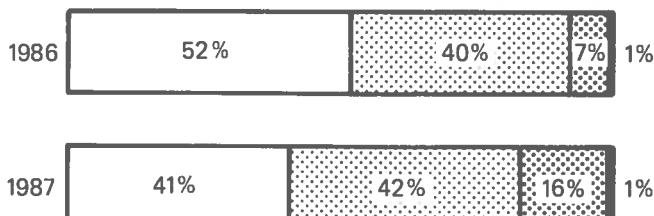
Le nombre des chênes atteints a aussi tendance à grandir, mais comme en n'en observe que 125, la marge d'erreur est supérieure au changement constaté.

La forte progression des érables atteints, de 17 pour-cent, se limite pratiquement à la classe "légèrement atteint"; celle "moyennement atteint" a aussi augmenté un peu. Avec le frêne, cette essence reste encore la moins touchée.

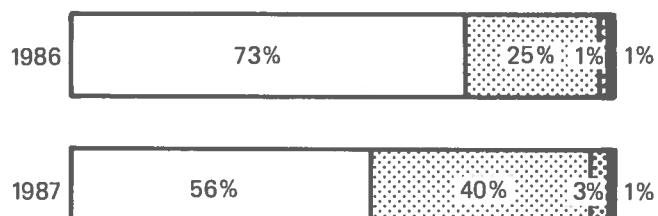
On a taxé la moitié des frênes comme atteints, soit 7 pour-cent de plus qu'en 1986. La plus forte hausse concerne les "légèrement atteints".



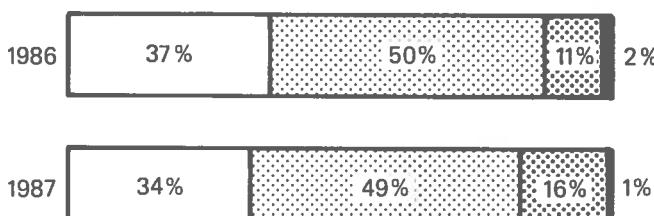
Hêtre



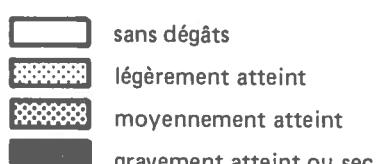
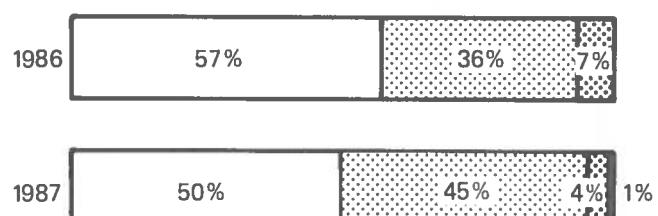
Érable



Chêne



Frêne



Comparaison de la proportion des classes de dégâts en 1986 et 1987 chez le hêtre et le chêne.

(Pour 1987, les marges d'erreur oscillent entre 1 et 3 pour cent pour le hêtre et 1 et 7 pour cent pour le chêne.)

Comparaison de la proportion des classes de dégâts en 1986 et 1987 chez l'érable et le frêne.

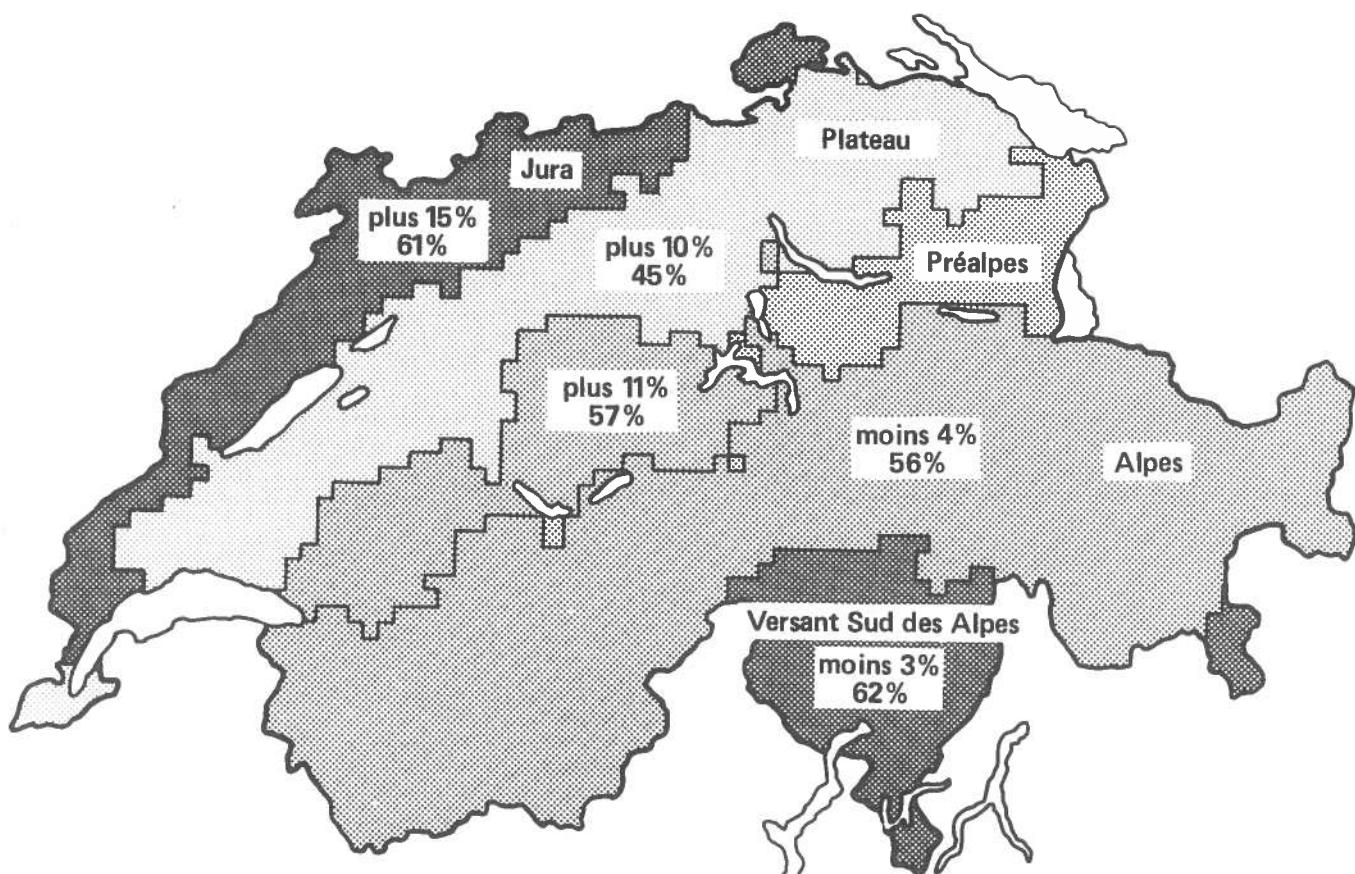
(Pour 1987, les marges d'erreur oscillent entre 1 et 5 pour cent.)

Répartition régionale des dégâts et situation dans les régions de montagne: toutes celles-ci subissent des dommages élevés

La répartition régionale des dégâts (cf. graphique "Augmentation des dégâts par rapport à 1986 et proportion des arbres atteints par régions") montre de nettes différences par rapport à 1986. Les régions de montagne, Jura, Préalpes, Alpes et versant Sud des Alpes ont des proportions semblables d'arbres atteints (56 à 62 pour-cent). Entre elles s'étend le Plateau, la seule région avec moins de 50 pour-cent d'arbres atteints (45 pour-cent exactement).

Dans les Alpes, où la proportion de résineux est de 88 pour-cent, celle des arbres atteints a baissé depuis 1986 de 4 pour-cent. Il en va de même sur le versant Sud des Alpes (moins 3 pour-cent) bien que ces essences ne forment ici que 40 pour-cent du total. Il faut cependant tenir compte du fait que la marge d'erreur est de 2 pour-cent dans les Alpes et de 4 pour-cent sur leur versant Sud.

Les placettes d'échantillonnage situées à plus de 900 m d'altitude ou sur une pente dépassant 40% sont groupées en une zone de montagne, qui englobe 69 pour-cent des forêts suisses.



Evolution des dégâts par rapport à 1986 et proportion des arbres atteints en 1987 pour les régions Jura, Plateau, Préalpes, Alpes et versant Sud des Alpes.

(Les marges d'erreur de la proportion des arbres atteints en 1987 oscillent entre 2 et 4 pour cent.)

Dans la zone de montagne, l'évolution des dommages est la suivante: les arbres atteints sont en hausse de 4 pour-cent. La part des résineux étant restée stationnaire, cette détérioration de l'état sanitaire provient des feuillus qui comptent 15 pour-cent supplémentaires de sujets atteints et qui, contrairement à 1985 et 1986, sont actuellement plus touchés que les résineux. En deux ans, la proportion de feuillus sans dégâts a baissé de 63 à 37 pour-cent!

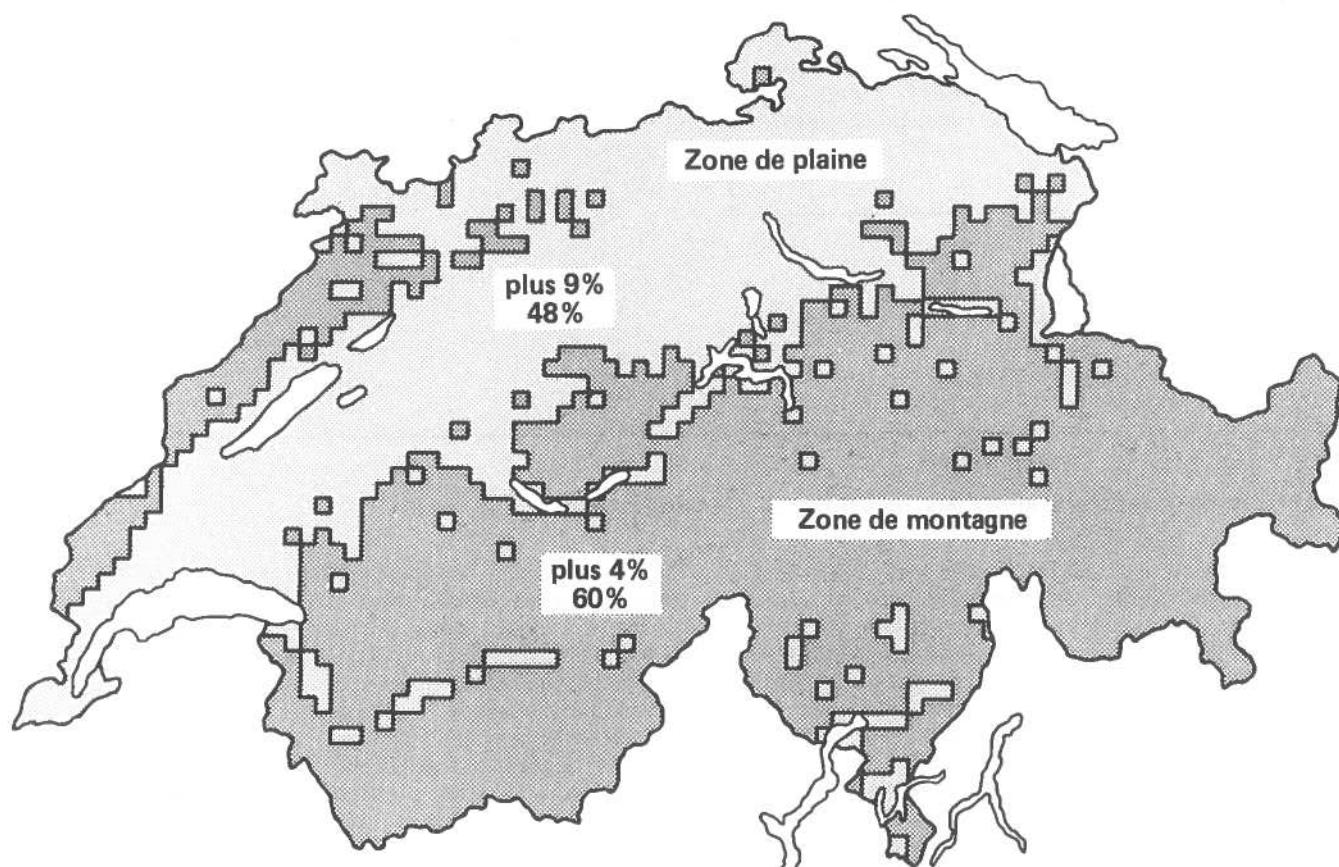
Dans la zone de plaine, la situation s'est plus dégradée qu'en montagne (9 pour-cent de sujets atteints en plus) mais elle est toujours meilleure (48 pour-cent d'arbres atteints contre 60 pour-cent en montagne). Les résineux et les feuillus ont contribué également à l'évolution; chez ceux-ci, la proportion des "moyennement atteints" a cependant progressé un peu plus (cf. graphique "Evolution des dégâts par rapport à 1986 et proportion des arbres atteints en 1987 pour la zone de montagne et celle de plaine").

Comparaison de la proportion des classes de dégâts en 1986 et 1987 chez les résineux et les feuillus dans la zone de montagne
(les marges d'erreur pour 1987 oscillent entre 1 et 3 pour cent)

	sans dégâts		légèrement atteint		moyennement atteint		gravement atteint ou sec	
	1986	1987	1986	1987	1986	1987	1986	1987
Résineux	42%	42%	40%	42%	15%	13%	3%	3%
Feuillus	52%	37%	39%	44%	7%	17%	2%	2%
Tous les arbres	44%	40%	39%	43%	14%	14%	3%	3%

Comparaison de la proportion des classes de dégâts en 1986 et 1987 chez les résineux et les feuillus dans la zone de plaine
(les marges d'erreur pour 1987 oscillent entre 1 et 3 pour cent)

	sans dégâts		légèrement atteint		moyennement atteint		gravement atteint ou sec	
	1986	1987	1986	1987	1986	1987	1986	1987
Résineux	63%	54%	29%	37%	6%	7%	2%	2%
Feuillus	59%	49%	35%	41%	5%	9%	1%	1%
Tous les arbres	61%	52%	32%	39%	6%	8%	1%	1%



Evolution des dégâts par rapport à 1986 et proportion des arbres atteints en 1987 pour la zone de montagne et celle de plaine.

(Les marges d'erreur de la proportion des arbres atteints en 1987 oscillent entre 1 et 2 pour cent.)

Dégâts ayant d'autres causes connues

La défoliation due à d'autres causes nettement visibles (p.ex. manque de lumière, frottement des rameaux fouettés par le vent) n'a pas été notée en tant que perte de feuillage; elle n'est donc pas comprise dans le calcul des taux de défoliation.

Lors de l'inventaire de 1987, on a observé 32% d'arbres avec des **dégâts aux causes identifiables**, p.ex. attaques d'insectes ou de champignons, bris de neige ou de vent, blessures dues aux chutes de pierres ou à l'exploitation des bois, etc. Cette proportion n'a pas changé depuis 1986. Comme en 1986, on n'a pas remarqué que ces arbres aient subi une plus grande défoliation. L'état de santé dégradé des forêts suisses ne s'explique donc guère par des causes connues.

Au printemps 1987, on a signalé, surtout sur des **feuillus** entre 900 et 1100 m d'altitude, des **dégâts de gel tardif** sur de grandes surfaces (cf. chapitre "Dégâts aux forêts dus au gel, aux insectes et aux champignons: la vigilance s'impose!"). Les taxateurs n'ont pas inclus dans l'estimation des dégâts ceux dus à ce gel tardif. Vu la difficulté à les identifier, on peut se demander si l'aggravation de la défoliation des feuillus depuis 1986 ne lui est pas imputable. Une analyse détaillée de la zone touchée donne une augmentation des feuillus atteints de 15% contre 12% pour l'ensemble des forêts. La surface des forêts dans la zone d'altitude concernée ne formant que 13% de l'aire boisée totale du pays, on peut déduire que les dégâts de ce gel tardif n'ont pas beaucoup influencé les résultats de l'inventaire national.

Evolution individuelle des dégâts depuis 1985:
l'état sanitaire de 10 arbres est stationnaire dans 6 cas, pire dans 3 et meilleur dans un.

Comme en 1987 on a taxé le taux de défoliation des mêmes arbres qu'en 1986 et 1985, il est possible de comparer l'évolution individuelle. On a fait figurer dans le tableau "Evolution individuelle du taux de défoliation des arbres de 1985 à 1987" tous les cas où celui-ci s'est amélioré ou détérioré de 10 pour-cent au moins (proportions calculées sans pondération).

Par rapport à 1985, 6 arbres sur 10 sont dans un état stationnaire, 3 ont perdu des aiguilles ou des feuilles et un a une cime plus fournie.

Evolution du taux de défoliation des arbres de 1985 à 1987 (données non pondérées, en pour-cent du nombre d'arbres) (les marges d'erreur oscillent entre 1 et 2 pour cent)

	Amélioration (Diminution du taux de défoliation)	Etat stationnaire (Taux de défo- lation inchangé)	Aggravation (Augmentation du taux de défoliation)
Résineux	10%	61%	29%
Feuillus	9%	53%	38%
Tous les arbres	10%	58%	32%

Limites de l'interprétation des résultats de l'inventaire

L'inventaire des dégâts aux forêts est conçu comme **instrument de surveillance à grande échelle**: les arbres et placettes enregistrés ne représentent la forêt suisse que jusqu'à un certain degré. Leur densité étant faible, l'inventaire ne peut pas renseigner sur les situations locales. Ses données sont valables à l'échelon régional pour le Jura, le Plateau, les Préalpes, les Alpes ou le versant Sud des Alpes, mais pas à l'échelon cantonal, où elles ne sont pas significatives du point de vue statistique.

C'est pourquoi en 1987 plusieurs cantons (Zurich, Berne, Fribourg, Schaffhouse, Saint-

Gall, Thurgovie, Neuchâtel) ont inventorié les dégâts sur un réseau de placettes plus dense. Grâce à l'emploi des données de l'Inventaire forestier national (IFN) ainsi qu'à une instruction des taxateurs et à une analyse des résultats communes, les inventaires cantonaux et national sont coordonnés.

Les dégâts à l'échelon local peuvent être constatés à l'aide d'un réseau de placettes encore plus serré ou à l'aide de **vues aériennes infrarouges** (cf. chapitre "Evolution des dégâts à Flims, Altdorf et Zofingue").

Evolution des jeunes peuplements: les résineux sont plus touchés que les feuillus; évolution stationnaire depuis 1986

Depuis le début des inventaires systématiques des dégâts aux forêts en 1985, on examine aussi les **jeunes arbres** dans les placettes où ils forment le peuplement principal et dans celles où le peuplement est d'âges multiples. On taxe toutes les tiges à partir de 30 cm de hauteur et jusqu'à 12 cm de diamètre.

On les classe dans les catégories de dégâts suivantes:

- . 'aucun dégât visible',
- . 'dégâts dus à des causes connues',
- . 'dégâts dus à des causes inconnues'.

Cette dernière catégorie est subdivisée en:

- . 'pertes d'aiguilles ou de feuilles',
- . 'nécroses des aiguilles ou des feuilles'
(aiguilles ou feuilles en partie mortes),
- . 'autres dégâts dus à des causes inconnues'.

La grande majorité des dégâts observés a des causes connues: morsures du gibier, neige, gel, insectes, champignons, chutes de pierres, etc. On en a peu vus sans cause connue. Depuis 1985, leur proportion a passé de 1 à 3 pour-cent (en 1986 2 pour-cent). Les résineux sont plus touchés; 1 plante sur 16 présente un dommage de cause inconnue: chute ou nécrose des aiguilles dans 60 pour-cent, respectivement 40 pour-cent des cas (cf. Tableau "Dégâts parmi les jeunes arbres en 1986 et 1987").

Erreurs aléatoires et systématiques

Les résultats de l'inventaire des dégâts sont entachés d'une **erreur aléatoire** susceptible d'être calculée: plus les données mesurées sont homogènes et nombreuses (c.-à-d. plus le nombre de placettes et d'arbres observés est grand), plus elle est faible. Les tableaux de ce rapport indiquent toujours cette marge d'erreur. Par exemple, l'affirmation qu'en 1987 44 pour-cent des arbres ne sont pas endommagés est grevée d'une erreur de 1 pour-cent. Cela signifie que les arbres sains forment entre 43 et 45 pour-cent du total avec une probabilité de 68 pour-cent.

Des **erreurs systématiques** peuvent fausser les résultats:

- . Malgré une instruction très soignée, il arrive qu'une équipe estime le taux de déforestation trop haut ou trop bas. Pour exclure cette erreur, on a effectué un second relevé de contrôle sur 820 arbres. Les estimations de 4 des 5 équipes s'écartaient de moins de 2,5 pour-cent en plus ou en moins de celles des contrôleurs. La cinquième équipe surestimait les pertes d'aiguilles des épicéas. On a corrigé ses chiffres en fonction de ceux des contrôleurs. Après cette correction, l'écart moyen de toutes les équipes n'était plus que de 0,6 pour-cent au-dessus des valeurs des contrôleurs.
- . Le service forestier s'efforce d'abattre au fur et à mesure les **arbres atteints** pour éviter les dégâts secondaires d'insectes ou de champignons. On ne peut donc plus observer l'évolution des cimes de ces sujets. L'inventaire risque donc de donner une image meilleure que la réalité. La proportion des arbres abattus étant minime, (1,6 pour-cent des arbres relevés en 1986) cette erreur n'est pas très importante.

Dégâts parmi les jeunes peuplements en 1986 et 1987 (données non pondérées, en pour-cent du nombre d'arbres)

Proportion des catégories de dégâts chez les résineux et les feuillus
(les marges d'erreur pour 1987 oscillent entre 1 et 5 pour cent)

	sans dégâts		cause des dégâts identifiable		cause des dégâts non identifiable	
	1986	1987	1986	1987	1986	1987
Résineux	59%	60%	35%	34%	6%	6%
Feuillus	49%	51%	51%	48%	0%	1%
Tous les arbres	52%	54%	46%	43%	2%	3%

Accroissement en diamètre et taux de défoliation: les arbres atteints poussent moins

Les aiguilles et les feuilles participent directement à la croissance des arbres: elles produisent la matière organique à partir de l'air, de l'eau et des sels minéraux mis à disposition par la nature. Une réduction de la quantité de feuillage risque de provoquer une réduction de la croissance. Si l'arbre produit moins de bois, on doit admettre que tous ses processus vitaux sont ralentis, qu'il forme notamment aussi moins de radicelles, primordiales pour l'absorption de l'eau et des éléments

nutritifs, et que sa vitalité et sa santé sont compromises.

Les mesures annuelles du diamètre d'arbres-témoins dès 12 cm de grosseur, ont mis en évidence une diminution d'accroissement (cf. graphique "Accroissement en diamètre de 1985 à 1987 par classes de dégâts"). La réduction de la largeur des cernes annuels des arbres ayant perdu des aiguilles ou des feuilles est significative du point de vue statistique pour l'ensemble des arbres, pour les

Comment pondère-t-on les données individuelles de chaque arbre?

On calcule la proportion de certaines catégories par rapport à l'ensemble des données (p.ex. proportion des arbres atteints par région ou par classes de dégâts). Lors de ce calcul, on pondère les données individuelles par le carré du diamètre de l'arbre concerné. Les gros sujets ont donc plus de poids que les petits. Cette pondération se justifie par le fait que les gros arbres occupent plus de place et sont plus importants pour la structure et la stabilité des peuplements.

Tous les résultats de l'inventaire des dégâts de 1987 sont donnés avec des propor-

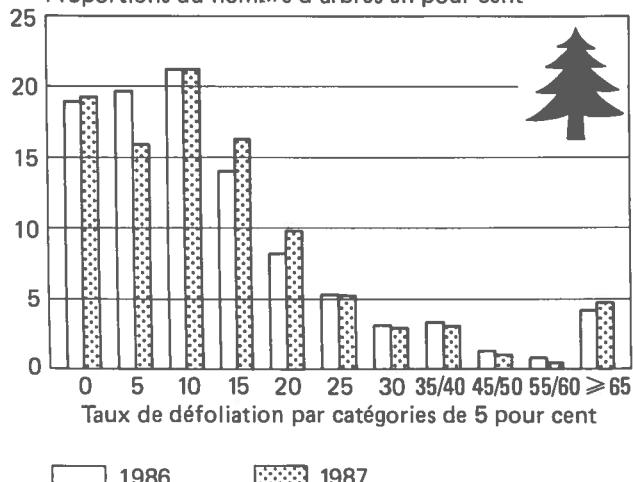
tions pondérées, sauf dans "L'évolution individuelle des dégâts" et dans "L'évolution de l'état des jeunes arbres d'avenir".

La pondération influence peu les données sur l'évolution des dégâts. Par exemple, les valeurs pondérée et non pondérée de l'augmentation de la proportion des arbres atteints de 1986 à 1987 sont toutes les deux de 6%.

Ce mode de calcul a été adopté en 1984 d'entente avec d'autres experts étrangers pour permettre la comparaison des inventaires des différents pays.

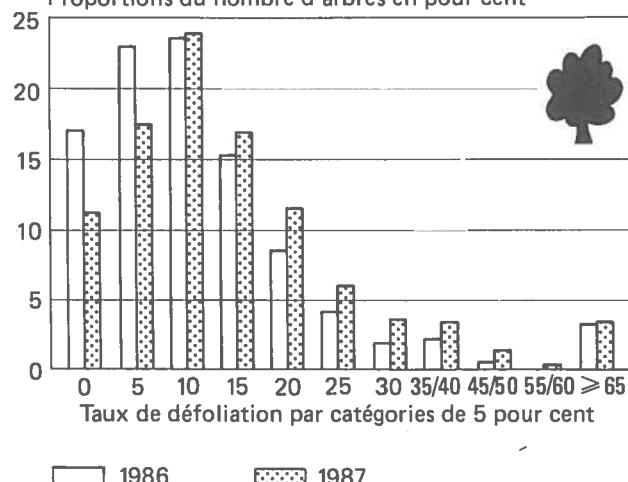
Résineux

Proportions du nombre d'arbres en pour-cent



Feuillus

Proportions du nombre d'arbres en pour-cent

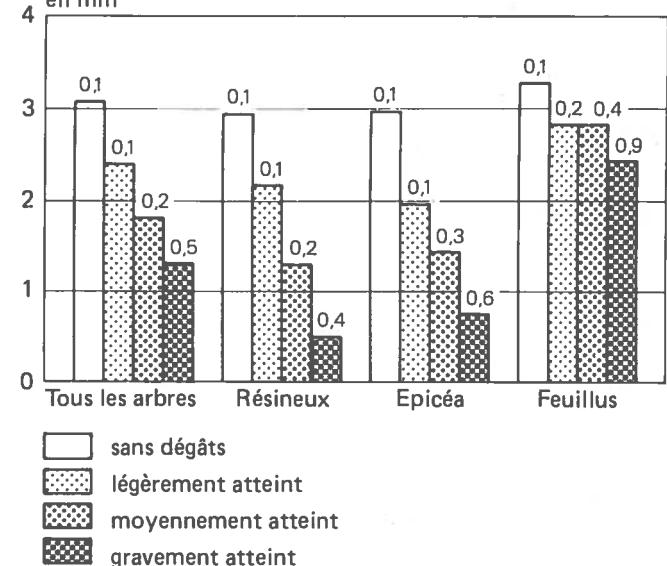


Proportions non pondérées des résineux et des feuillus en fonction des taux de défoliation en 1986 et 1987.

résineux, l'épicéa et les feuillus. Cette corrélation peut être masquée par divers facteurs: station, forme de la cime, âge, position dans le peuplement, diamètre, mais grâce au calcul d'un modèle, on a eu la confirmation qu'elle existe aussi après élimination de ces facteurs.

Cette réduction de l'accroissement est la plus nette sur les épicéas et les résineux atteints; elle est moins accusée chez les feuillus.

Accroissement annuel moyen en diamètre de 1985 à 1987 en mm



Accroissement en diamètre de 1985 à 1987 par classes de dégâts.

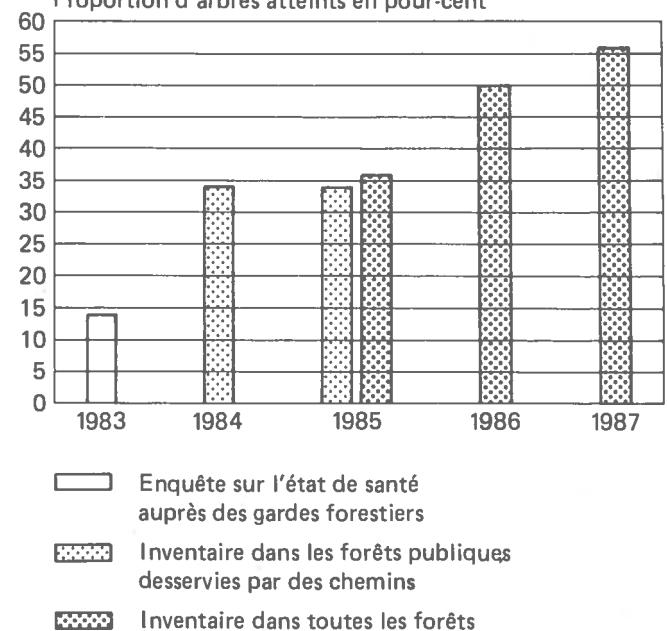
(Les chiffres au-dessus des colonnes indiquent la marge d'erreur en mm.)

Evolution des dégâts depuis 1983

La première estimation des dégâts s'est faite en 1983 au moyen d'une enquête auprès des gardes forestiers. Elle a été suivie d'un inventaire systématique par échantillonnage: en 1984 et 1985 dans les forêts publiques desservies par des chemins et dès 1985 dans toutes les forêts en utilisant les placettes de l'Inventaire forestier national (IFN). En 1985 on a donc effectué simultanément deux inventaires.

L'évolution des dégâts aux forêts est illustrée dans le graphique "Proportion des arbres atteints d'après les inventaires des dégâts de 1983 à 1987". Dans le tableau "Méthode d'inventaire de 1983 à 1987 et possibilités de comparaison des résultats", on récapitule les éléments essentiels de ces diverses enquêtes.

Proportion d'arbres atteints en pour-cent



Proportion des arbres atteints d'après les inventaires des dégâts de 1983 à 1987.

(Dès 1984, proportions pondérées.)

Méthode d'inventaire de 1983 à 1987 et possibilités de comparaison des résultats

Année	Méthode d'inventaire	Volume des données	Résultats de l'inventaire	Possibilités de comparaison
1983	Enquête auprès des gardes forestiers	1429 questionnaires	14 pour cent des arbres maladifs, malades, dépréssants ou secs	Enquête unique, pas comparable avec les inventaires de 1984 à 1987
1984	Inventaire par grappes dans les forêts publiques desservies par des chemins (48 pour cent de l'aire forestière suisse)	371 grappes, 26 927 arbres	34 pour cent des arbres atteints	Comparable avec l'inventaire par grappes de 1985
1985	Répétition de l'inventaire par grappes dans les forêts publiques desservies par des chemins	361 grappes, 25 467 arbres	34 pour cent des arbres atteints	Comparable avec l'inventaire par grappes de 1984
1985	Inventaire utilisant les placettes d'échantillonnage de l'IFN; premier inventaire dans toutes les forêts	766 placettes, 8065 arbres; dont 5211 résineux, 2854 feuillus	36 pour cent des arbres atteints	Comparable avec l'inventaire de 1986
1986	Inventaire utilisant les placettes d'échantillonnage de l'IFN; second inventaire dans toutes les forêts; premier constat de l'évolution dans l'ensemble des forêts	766 placettes, 8059 arbres; dont 5179 résineux, 2880 feuillus	50 pour cent des arbres atteints	Comparable avec l'inventaire de 1985
1987	Inventaire utilisant les placettes d'échantillonnage de l'IFN; troisième inventaire dans toutes les forêts	766 placettes, 8068 arbres; dont 5183 résineux, 2885 feuillus	56 pour cent des arbres atteints	Comparable avec les inventaires de 1985 et 1986

Publications

Une description détaillée des résultats de l'inventaire des dégâts aux forêts de 1987 paraîtra dans le numéro de janvier du Journal forestier suisse sous la plume de F. Mahrer.

E. Müller/Service photographique IFRF: "Sana-silva Couronnes d'arbres": Editeur Dr. W. Boss-hard, IFRF, Birmensdorf. En vente chez F. Flück-Wirth, Buchhandlung, 9053 Teufen.

3. Evolution des dégâts aux forêts à Zofingue, Altdorf et Flims

Appréciation des arbres un par un sur la base de vues aériennes infrarouges à l'échelle 1:3000

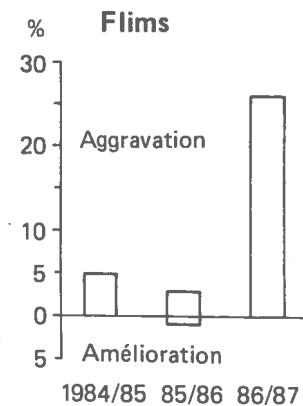
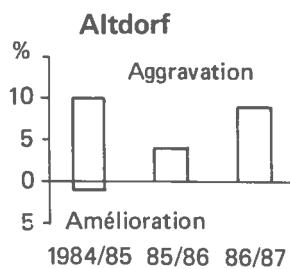
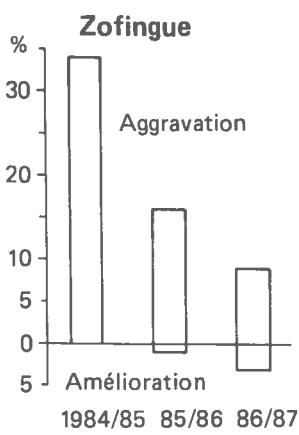
L'état de santé de ces forêts a continué d'empirer. Dans les trois régions étudiées, 14 pour-cent en moyenne des arbres sont en plus mauvais état, 4 pour-cent ont été renversés par le vent ou exploités et un seul pour-cent s'est amélioré. Comme les années précédentes, l'évolution de 1986 à 1987 se caractérise par de grandes variations locales.

Les principaux résultats de l'évolution de 1984 à 1987 figurent dans les graphiques "Evolution des dommages dans des forêts près de Zofingue, Altdorf et Flims".

Comme lors de l'inventaire terrestre des dégâts, on constate une détérioration générale de l'état sanitaire. Les différences locales de l'évolution dans les trois régions sont frappantes.

A Altdorf, pendant l'année écoulée, des 484 arbres examinés 9 pour-cent se sont détériorés et moins de 1 pour-cent, c.-à-d. 2 arbres, se sont améliorés.

A Zofingue, tout autre tableau: après la dégradation considérable de 1984 à 1985 (34 pour-cent), on n'enregistre cette année "que" 9 pour-cent d'arbres en moins bon état. Mais en plus, on a dû abattre pendant l'hiver dernier 6 pour-cent des arbres étudiés. Par bonheur, 3 pour-cent des arbres, surtout des hêtres, se rétablissent: sur la vue aérienne, la coloration automnale prématurée du feuillage est moins prononcée que l'année passée et a été interprétée comme un bon signe.



Evolution des dommages dans des forêts près de Zofingue, Altdorf et Flims.
Proportion des arbres dont l'état s'est amélioré ou aggravé depuis 1984.

Détection des dégâts à l'aide de vues aériennes infrarouges

Sur la base de vues aériennes infrarouges au 1:3000, on a jugé l'état de santé de plus de 1000 arbres. En comparant les vues de 1987 avec celles de 1986, on a déterminé arbre par arbre dans quelle mesure il était resté le même ou avait changé en mal ou en bien. Simultanément, on a noté les arbres renversés par le vent ou exploités. Les régions témoins de Zofingue, Altdorf et Flims ont été photographiées pour la quatrième fois en 1987 si bien qu'on a pu analyser l'évolution pendant trois ans.

On désigne comme "en moins bon état" les arbres ayant perdu des aiguilles ou des feuilles: cette perte se manifeste par un changement de couleur: les rouges diminuent d'intensité tandis que les gris s'accentuent. La plupart du temps, les résineux prennent un aspect tacheté, marbré. Plus la défoliation augmente, plus le regard pénètre dans les cimes, les branches se distinguent nettement et la struc-

ture et la texture de l'image se modifient. On remarque également une coloration automnale prématuée du feuillage et on l'interprète comme une dégradation de l'état de santé.

On interprète comme amélioration de la santé une modification positive clairement visible de la texture, de la structure et de la couleur des arbres photographiés.

On examine les vues aériennes à l'aide d'un appareil spécial (BC 2 S de la maison Wild) permettant d'orienter simultanément deux paires de vues aériennes, de les comparer et de juger si un arbre a changé d'aspect en l'espace d'un an.

Un deuxième interprète a apprécié 60 pourcent des arbres. Il en a trouvé en moyenne 2 % de cas de dégradation en moins. Lors d'un troisième examen, on a corrigé les divergences d'interprétation et utilisé les données ainsi obtenues pour les calculs.

A Flims, le 1^{er} juillet 1987, une tempête a renversé 6 pour-cent des arbres; fait intéressant, ce sont aussi bien des sujets sains que légèrement, moyennement ou gravement atteints. Il est inquiétant de voir qu'en plus des chablis, un quart des arbres est en plus mauvais état. Cette aggravation dépasse de loin celle des deux dernières années pendant lesquelles elle n'avait été que de 5, respectivement 3 pour-cent.

Publication

Schwarzenbach F. H., Oester B., et al.: Flächenhafte Waldschadenerfassung mit Infrarot-Luftbildern 1:9000, Methoden und erste Erfahrungen (résumé en français), Rapport No. 285, 1986, Institut fédéral de recherches forestières

4. Analyses des cernes annuels

Les arbres à cime claire produisent moins

Une grande étude des cernes annuels montre que les épicéas et les sapins à cime claire ont une croissance réduite. A partir d'une perte d'aiguilles de 15 à 25%, on a mesuré une réduction moyenne de l'accroissement à long terme de 13% chez l'épicéa et même de 24% chez le sapin. On discerne nettement l'impact des conditions météorologiques; la sécheresse en été et les gels tardifs notamment déclenchent de brèves périodes de régression de la croissance. Ces épisodes n'ont jamais duré longtemps avant 1966 chez l'épicéa et 1956 chez le sapin. A partir de ces dates, les étés secs provoquent de longues perturbations de la croissance. La plupart des arbres atteints de tous âges n'ont pas récupéré complètement. Ces résultats viennent appuyer l'hypothèse de l'irruption d'un facteur de stress nouveau pendant les 20 à 30 dernières années. L'étude visait avant tout à repérer d'éventuelles chutes de croissance. Elle ne peut donc pas expliquer clairement pour quelles raisons les arbres ont perdu des aiguilles et réduit leur croissance.

Déjà avant le début des inventaires des dégâts, les forestiers se servaient de l'**aspect extérieur** comme critère sûr de la santé et de la vitalité des arbres. Mais on peut aussi analyser l'**intérieur** de l'arbre vivant, bien que ce travail soit beaucoup plus dispendieux (cf. encadré: Analyse de cernes annuels à l'aide de carottages à la tarière). La productivité ou, en langage forestier, l'accroissement d'un arbre se manifeste dans la largeur variable des cernes annuels, c'est-à-dire de la couche de bois qui s'ajoute chaque année tout autour du tronc. Pendant l'inventaire Sanasilva de 1984, on a prélevé dans chaque placette d'échantillonnage une carotte de bois sur un résineux dont on avait taxé le taux de défoliation. Il était ainsi possible d'établir une relation entre un symptôme extérieur, la perte d'aiguilles, et un symptôme interne, la largeur des cernes, expression de la production de bois ou de l'accroissement.

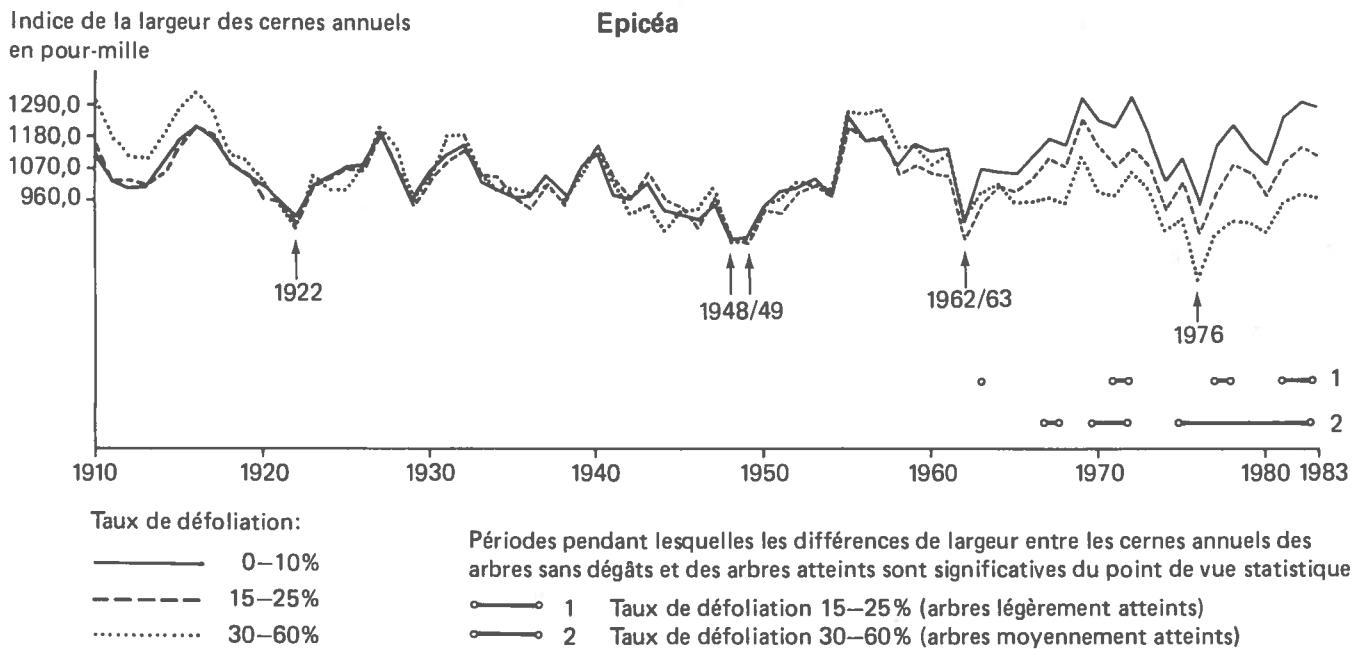
Les quelque 900 arbres étudiés étaient tous dominants ou codominants; ils faisaient donc partie de l'étage supérieur des cimes. Leur âge variait de

25 à 250 ans; 40% des épicéas et 30% des sapins dépassaient 120 ans. Un peu plus de 60% furent taxés "sans dégâts"; un petit tiers avait perdu 15 à 25% des aiguilles et un 8%, 30 à 60% déjà.

Les données furent dépouillées de façon à faire ressortir l'influence des **conditions météorologiques** et de l'**état des cimes** (pertes d'aiguilles, influences des conditions du milieu). Pour cela une grande partie des effets de l'âge, de l'altitude, de la fertilité du sol et de la position dans le peuplement put être éliminée par des méthodes d'analyse statistique.

Le graphique "Evolution de 1910 à 1983 de la largeur moyenne des cernes annuels" montre nettement l'impact des conditions météorologiques. Les chutes d'accroissement dues aux étés secs se remarquent chez les deux essences en 1922, 1948/49, 1962/63 et 1976. Le sapin a de plus souffert du gel tardif de 1956 (au début de la période de végétation). La sécheresse de 1983 n'a pas affecté le cerne de l'année, mais on n'a pas pu mesurer celui

Indice de la largeur des cernes annuels
en pour-mille



Evolution de 1910 à 1983 de la largeur moyenne des cernes annuels d'épicéas en fonction des classes de dégâts constatées en 1984.

de 1984 car la croissance n'était pas finie au moment du carottage.

On a constaté d'une manière nette et significative du point de vue statistique que la moyenne suisse de l'accroissement des résineux étudiés est d'autant plus basse que le taux de défoliation est grand (cf. aussi article "Accroissement en diamètre et taux de défoliation", au premier chapitre). Les accroissements moyens mesurés par classes de taux de défoliation pour 1983 figurent dans le tableau

"Relation entre le taux de défoliation de 1984 et l'accroissement moyen de 1983".

Le graphique de l'évolution de la largeur moyenne des cernes permet de bien fixer le début du recul de l'accroissement (Tableau "Dates moyennes du début du recul de l'accroissement").

Les valeurs individuelles peuvent s'écartez fortement des moyennes ci-dessus. Néanmoins on fait des constatations analogues chez les sujets jeunes et vieux. On voit sur les graphiques qu'après l'an-

Analyses de carottes de bois et taxation des cimes

L'inventaire Sanasilva des dégâts aux forêts se concentre sur une **taxation annuelle des taux de défoliation** de plus de 8000 feuillus et résineux forestiers. Il est possible d'en publier les résultats 3 mois après la fin des relevés sur le terrain. Le volume de travail par arbre est relativement modeste mais on n'obtient qu'une vision de l'état momentané des arbres et de sa modification par rapport à l'année précédente. Pour suivre l'évolution des dommages, on doit répéter périodiquement l'inventaire.

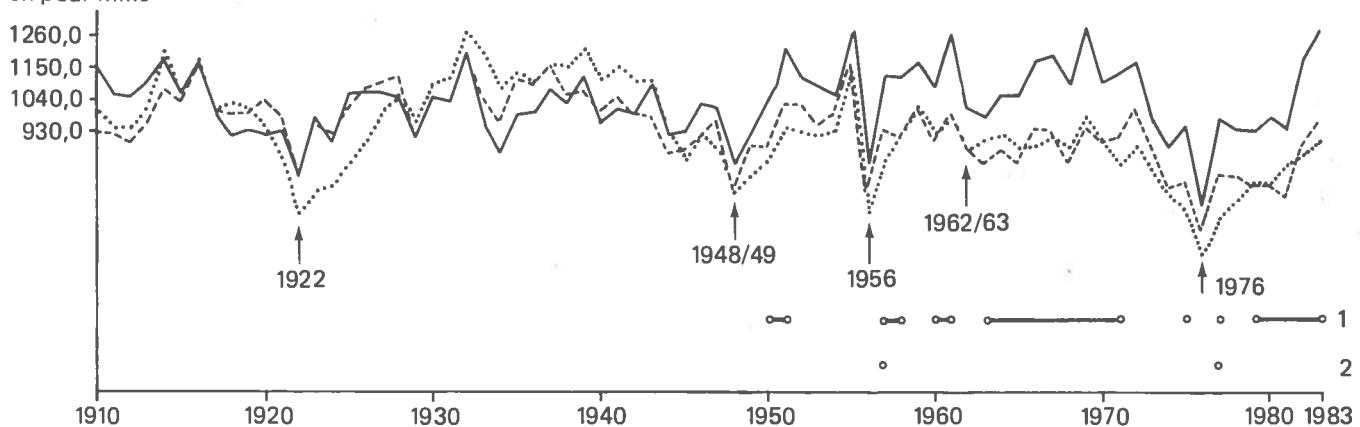
Les analyses de carottes de bois demandent énormément de travail à tel point que les

résultats de la présente étude ne sont disponibles que trois ans après la fin des carottages, mais elles renseignent exactement sur l'accroissement des arbres sondés pour une période portant jusqu'à 100 ans en arrière.

Les deux méthodes ont ceci de précieux qu'elles autorisent la **mise en corrélation de leurs données**. Ensemble elles permettent de comparer l'état des cimes et l'accroissement, indicateur important de la santé et de la vitalité de l'arbre et, possibilité unique refusée au forestier contemplant la cime, elles renseignent sur le passé des arbres actuellement sains ou atteints.

Indice de la largeur des cernes annuels
en pour-mille

Sapin



Taux de défoliation:

- 0–10%
- - - 15–25%
- 30–60%

Périodes pendant lesquelles les différences de largeur entre les cernes annuels des arbres sans dégâts et des arbres atteints sont significatives du point de vue statistique

- 1 Taux de défoliation 15–25% (arbres légèrement atteints)
- 2 Taux de défoliation 30–60% (arbres moyennement atteints)

Evolution de 1910 à 1983 de la largeur moyenne des cernes annuels de sapins en fonction des classes de dégâts constatées en 1984.

Relation entre le taux de défoliation de 1984 et l'accroissement moyen de 1983

(en pour-cent de l'accroissement des arbres sans dégâts)

Taux de défoliation en 1984	Accroissement relatif en pour-cent (entre parenthèses marge-d'erreur)	
	Epicéa	Sapin
0–10%	100% (6%)	100% (8%)
15–25%	87% (5%)	76% (11%)
30–60%	76% (9%)	71% (29%)

Dates moyennes du début du recul de l'accroissement des épicéas et sapins de diverses classes de dégâts

Taux de défoliation	Epicéa	Sapin
15–25%	dès 1970	dès 1956
30–60%	dès 1966	dès 1956

née "déclenchante", la perte d'accroissement subit une certaine rémission mais, même après des années, les arbres ayant perdu des aiguilles restent loin derrière les sujets sains. Les études accomplies au Bade-Wurtemberg et dans les Vosges parviennent à des résultats analogues.

Les baisses d'accroissement observées reflètent les résultats de la taxation des cimes: les arbres ayant perdu des aiguilles grossissent moins. D'autre part on voit sur les graphiques qu'à partir du

Analyse de cernes annuels à l'aide de carottages à la tarière

Les carottes sont prélevées à l'aide d'une tarière creuse d'un diamètre de 5 mm à une hauteur de 1,3 m au-dessus du sol. Avec cet instrument pratique on sonde le tronc jusqu'au centre. Après avoir retiré la carotte, on traite l'intérieur du trou avec un désinfectant prévenant les attaques de pourriture et champignons et on bouche l'orifice avec du mastic d'arboriculteur.

Avant d'analyser les carottes, on les colle sur un support et on les polit pour rendre plus visibles les cernes, qu'on date ensuite à l'aide des années-témoins, séquences typiques connues de cernes étroits ou larges (p.ex. de 1974 à 77: cernes étroit - large - très étroit - étroit; cf. graphique de l'évolution de l'épicéa). Dans une installation ad hoc, on mesure la largeur des cernes et on la reporte graphiquement en fonction du temps. On peut comparer les valeurs de chaque arbre avec la moyenne, contrôler et éventuellement corriger la datation.

milieu des années 50 au plus tard, un nouveau facteur de stress se manifeste indépendamment des conditions météorologiques. Le genre d'étude entrepris ne permet pas d'indiquer avec certitude la cause

des dégâts observés dans les forêts. Sur la base des connaissances actuelles, on peut supposer que les pertes d'aiguilles et de croissance constatées sont très probablement en relation avec la pollution de l'air.

Les moyennes obtenues concernent des arbres pris individuellement. Les utiliser telles quelles pour calculer le déficit de production de peuplements ou de massifs forestiers entiers constituerait une interprétation abusive des résultats de cette étude.

Publications

F. Kienast, H. Flühler, F.H. Schweingruber: "Etude dendrochronologique du dépérissement de la forêt à Saxon dans le Valais Moyen (Suisse)", pp. 415-431, Mémoires IFRF, Vol. 57, Fasc. 4, 1981.

F.H. Schweingruber: "Der Jahrring", Paul Haupt, Frauenfeld, 1983.

La sécheresse de 1985 responsable des dégâts aux forêts?

L'inventaire de l'année passée ayant révélé une nette aggravation des dégâts en 1985/86 après l'été sec de 1985, l'Office fédéral des forêts et de la protection du paysage a ordonné une étude climatologique pour déterminer si la sécheresse de 1985 doit être considérée comme exceptionnelle. Les experts mandatés arrivent à la conclusion que la sécheresse de 1985 fut accusée mais pas extrême.

La période sèche effective commença vers mi-septembre et dura de 46 à 52 jours suivant les régions. Des périodes pauvres en précipitations d'une durée semblable ou supérieure ont déjà été enregistrées: p. ex. une de 72 jours à Davos au printemps 1946 ou une de 57 jours en automne 1920 à Zurich.

En beaucoup d'endroits, les pluies de juillet et août furent inférieures à la moyenne, causant durant la deuxième moitié de la période de végétation une pénurie progressive de l'eau disponible dans le sol. Du 1^{er} septembre au 31 octobre, il n'a jamais aussi peu plu à Sion et Neuchâtel depuis 1900. Par contre on a enregistré deux fois des valeurs égales ou plus basses à Zurich et Davos.

Comme déjà plusieurs fois auparavant, on a constaté des différences régionales en 1985: alors que les pluies d'août ne faisaient que

75 pour-cent de la normale à Zurich, elles atteignaient 160 pour-cent à Davos.

Les années à dégâts de sécheresse furent en général celles avec un printemps et un été secs: 1911, 1921, 1947, 1949 et 1976, années pendant lesquelles on a exploité plus de bois secs et observé une chute précoce des feuilles. Les dégâts se manifestaient surtout dans les recrûs, les plantations et sur les stations superficielles ensoleillées.

Il est vraisemblable que la sécheresse de 1985 provoquera un recul de l'accroissement mais ce phénomène ne peut pas être sans autre assimilé à un dommage (cf. influence des conditions météorologiques avant 1950 dans le graphique sur l'évolution de la largeur des cernes annuels). Il paraît improbable que la détérioration de l'état des forêts en Suisse soit imputable seulement à la sécheresse.

Publication

Volz R., Rickli R., 1987: "Zum Ausmass der Trockenheit von Juli bis Oktober 1985 aus klimatologischer Sicht"; Etude Meteotest, 36 pages, Office fédéral des forêts et de la protection du paysage

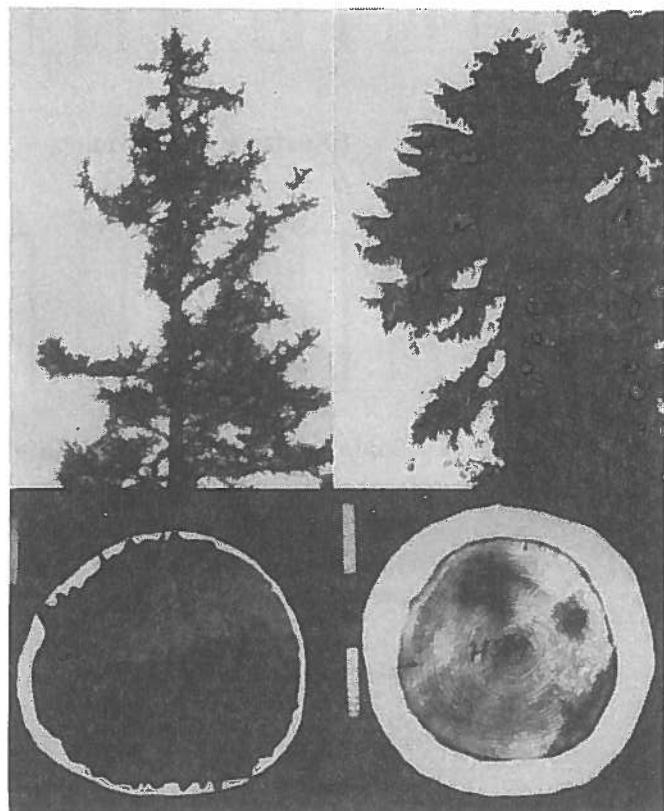
5. Recherches sur la qualité du bois

Le bois des arbres atteints n'est pas déprécié

Les forestiers et les utilisateurs de bois peuvent être rassurés: les recherches effectuées jusqu'ici indiquent que les propriétés technologiques du bois des arbres atteints sont manifestement aussi bonnes que celles des arbres sains. Par rapport à ceux-ci, le bois des épicéas ou des sapins atteints a une proportion d'aubier (couche extérieure du tronc où circule la sève) fortement réduite, de 30 à 40%, un symptôme de l'alimentation en eau précaire des cimes ayant perdu une partie de leurs aiguilles; en revanche les coefficients de résistance mécanique et la densité mesurés dans cette partie du bois sont un peu supérieurs. On n'a décelé aucune caractéristique nuisible restreignant l'emploi du bois. Les recherches en République fédérale d'Allemagne sur le pin et le hêtre ont donné des résultats semblables.

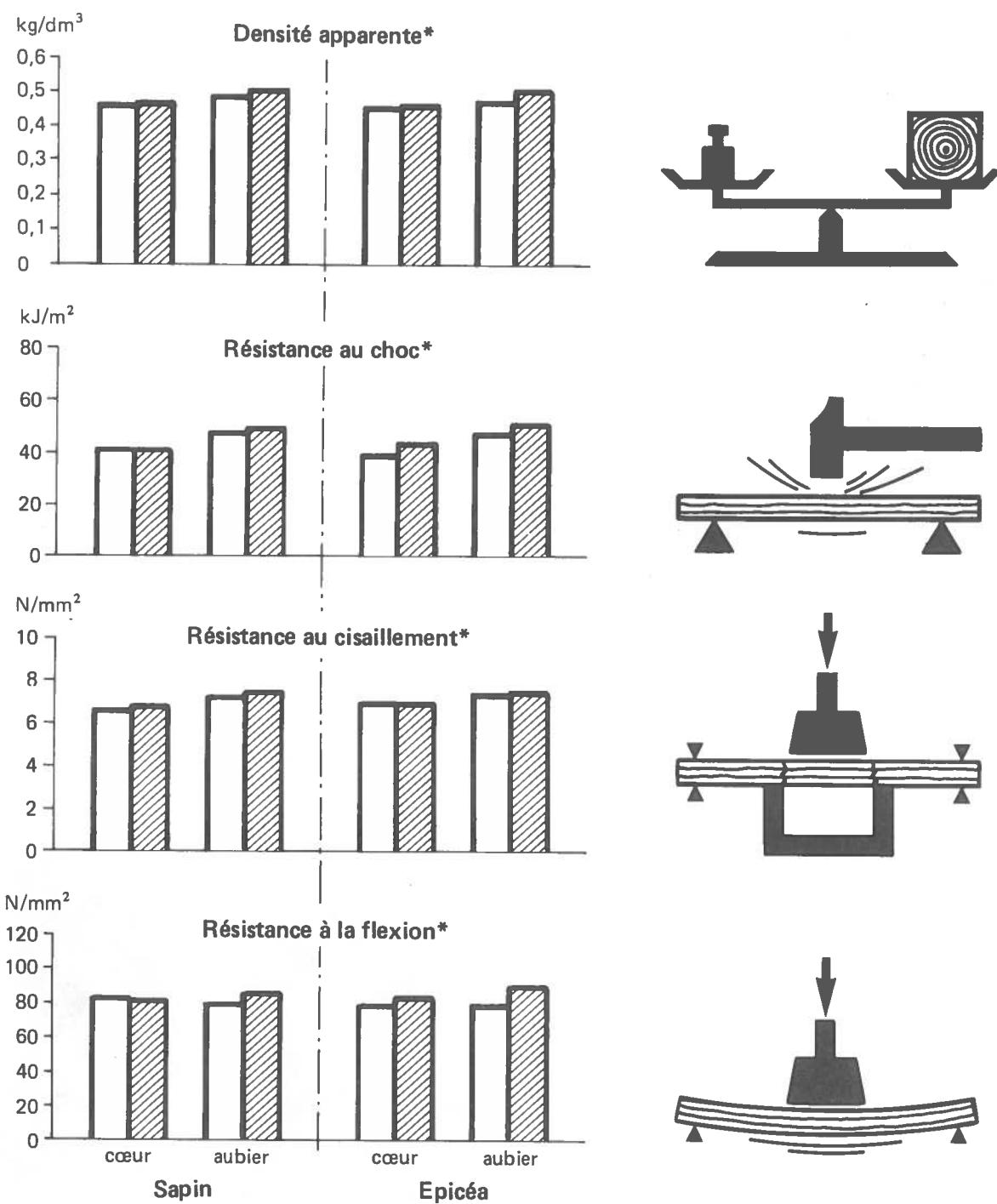
Dans le cadre du projet Sanasilva "Qualité du bois", l'EMPA (Laboratoire fédéral d'essais des matériaux) a mesuré et comparé les propriétés technologiques de 25 000 éprouvettes prélevées sur 80 arbres sains et 80 atteints des quatre principales régions du pays, Alpes, Préalpes, Plateau et Jura. On a considéré comme atteints les arbres avec une perte d'aiguilles de plus de 10%. On n'a pas inclus de sujets cassés ou blessés par des chutes de pierres, etc. ou visiblement malades du fait d'attaques de bactéries, de champignons ou d'autres ravageurs. Tout le matériel étudié provenait donc de sujets apparemment "sains".

On a constaté une nette différence dans la largeur moyenne de l'aubier, une donnée qui permet d'apprécier indirectement l'alimentation en eau des arbres testés. Sur les épicéas et les sapins atteints, l'aubier est 30 à 40% plus étroit. Au lieu d'avoir 4 à 4,5 cm, l'épaisseur de bois imprégnée de sève n'a que 2,5 à 3 cm (cf. fig. "Relation entre la proportion d'aubier et les pertes d'aiguilles") sur les arbres à cime claire. Elle est spécialement faible sur les épicéas atteints des Alpes et des Préalpes. En revanche la teneur en eau de l'aubier de toutes les éprouvettes varie très peu.



Relation entre la proportion d'aubier et les pertes d'aiguilles.

A gauche: arbre avec une forte perte d'aiguilles et un aubier nettement rétréci; à droite: arbre indemne avec aubier normal (la surface claire des rondelles de bois correspond à l'aubier, où circule la sève).



- arbres sans perte d'aiguilles
- arbres ayant perdu plus de 10 pour cent de leurs aiguilles

Résultats des mesures comparatives de la densité apparente et de divers coefficients de résistance du bois d'arbres sains et atteints.

On a constaté que la réduction de l'épaisseur de l'aubier n'exerce pas d'influence nette sur la qualité du bois des arbres atteints, si ce n'est que les produits de conservation des bois imprégnés à l'état vert pénétreront moins profondément, en proportion de la largeur de l'aubier.

Les recherches ont surtout porté sur les résistances mécaniques, facteur décisif de la qualité du bois. D'après les essais de laboratoire, celles des arbres atteints ne diffèrent que faiblement de celles des arbres sains (cf. la représentation graphique du résultat des mesures comparatives). On a constaté une résistance légèrement plus élevée chez les arbres atteints. Elle provient paradoxalement de la vitalité réduite de ces sujets qui produisent une plus forte proportion de bois d'automne plus dense; elle ne doit pas être surestimée car elle n'apparaît pas partout et n'est dans la plupart des cas pas significative du point de vue statistique.

On a contrôlé d'autres propriétés influençant l'utilisation technique, dans la mesure où elles se laissaient quantifier d'une manière satisfaisante. On a constaté que le bois des arbres atteints ne présentait pas de défauts menaçant sa résistance aux intempéries et son aptitude à être collé ou à subir des traitements de surface.

Les recherches faites dans le cadre du projet Sanasilva "Qualité du bois"

On a prélevé les échantillons à analyser dans le tronc et les cimes des 160 arbres testés. On en a tiré environ 25 000 éprouvettes pour mesurer les coefficients étudiés.

La confection des éprouvettes pour les essais de résistance a été spécialement délicate: les propriétés mécaniques et technologiques dépendant beaucoup de la direction des fibres, on a cherché à fendre le bois pour que les fibres soient aussi parallèles que possible aux faces longitudinales déterminantes des éprouvettes.

On a mesuré les grandeurs suivantes, en majorité d'après des procédés normalisés:

- propriétés structurelles: répartition des densités, largeur des cernes annuels, proportion et teneur en eau de l'aubier
- propriétés physiques: densité apparente, retrait et gonflement, pouvoir d'absorption de l'eau
- propriétés mécaniques et technologiques: résistance à la flexion, au cisaillement, au choc; module d'élasticité
- propriétés relatives à l'utilisation et au travail du bois: aptitude au collage et au traitement de surface; résistance aux intempéries.

Publications

Les résultats des essais sont publiés au fur et à mesure dans les rapports internes de l'EMPA sur les recherches et travaux en cours. A paru le rapport sur "Wassergehalt und Splintanteil"; sont attendus pour fin 1987 le rapport sur "Festigkeiten" et pour le printemps 1988, celui sur "Verarbeitungstechnische Eigenschaften".

6. Dégâts dus au gel, aux insectes et aux champignons

La vigilance s'impose

En 1987, le Service phytosanitaire d'observation et d'information (SPOI) a enregistré des dégâts spectaculaires: gel hivernal de résineux *sempervirens* (c'est-à-dire verts toute l'année) sur de grandes surfaces et divers nécroses de feuilles et gels tardifs de hêtres. Les résineux les plus atteints ont dû être abattus prématurément et l'on ignore encore si d'autres devront l'être.

Malgré le printemps humide, il a encore été nécessaire d'exploiter des chablis bostrychés. Cette période riche en pluie a favorisé l'apparition de la maladie de la défoliation chez les feuillus et de la pourriture grise sur les jeunes rameaux de résineux.

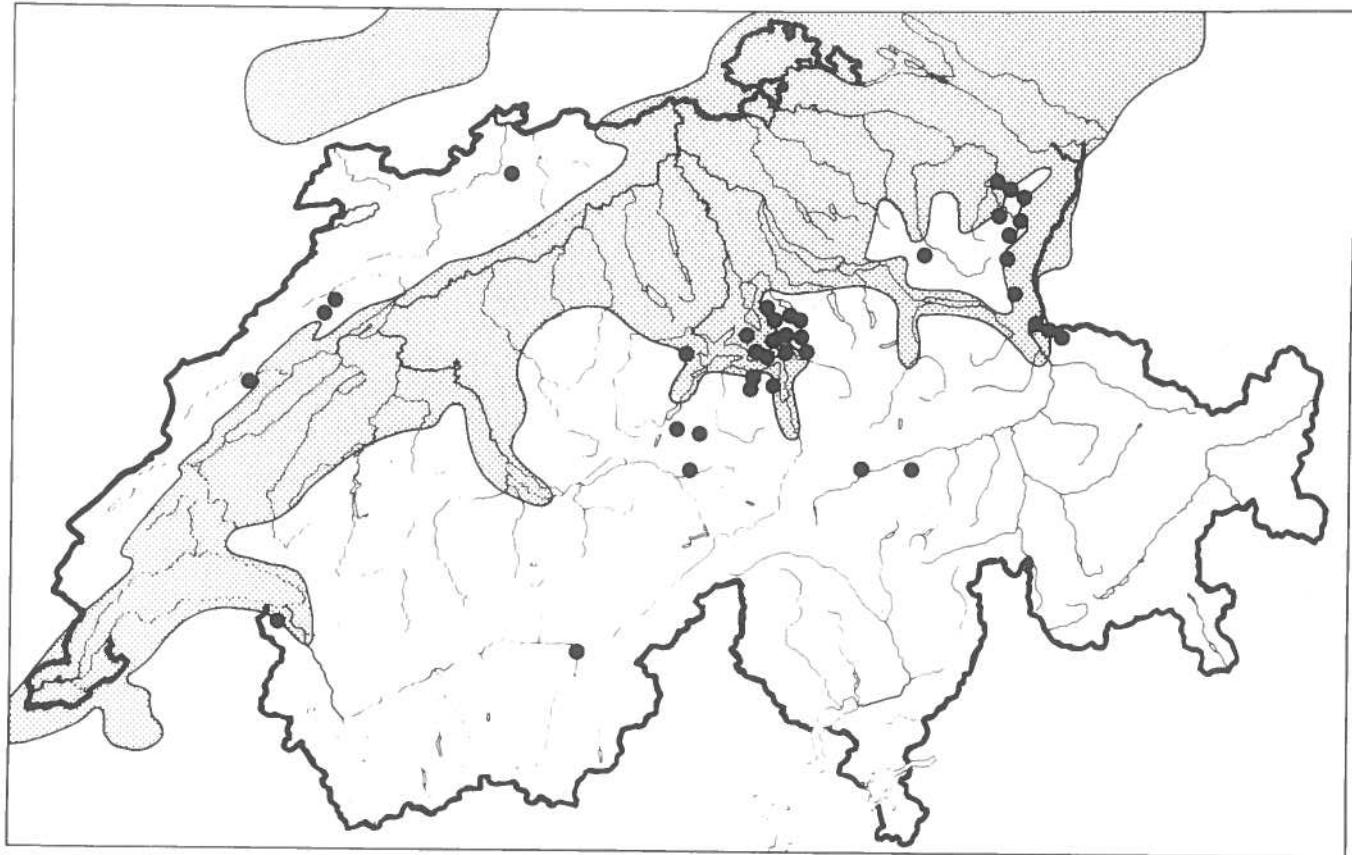
A une époque où les arbres forestiers sont exposés à des nuisances actives sur de vastes territoires, la détection précoce et la surveillance des ravageurs sont essentiels pour prévenir autant que possible les épidémies.

Au début de 1987, on a signalé en Suisse et dans les régions limitrophes d'Autriche, du Liechtenstein, d'Allemagne du Sud et de France un rougissement spectaculaire des résineux *sempervirens*, suivi d'une chute des aiguilles, affectant spécialement le sapin et l'if, mais aussi l'épicéa, le douglas et les pins. Dans un rapport intermédiaire, un groupe d'experts de l'IFRF ("Untersuchungen über Waldschäden in der Schweiz im Frühjahr 1987") a attribué ce phénomène à des gelures, imputables avant tout aux conditions météorologiques inhabituelles, caractérisées par une alternance de gels et dégels due à des sautes de température fréquentes et accusées au niveau supérieur de la nappe de brouillard et d'inversion de température. L'extension de ces dommages, qui se sont manifestés sur un millier d'hectares, est exceptionnelle (cf. carte "Dégâts de gel hivernal sur les résineux *sempervirens*"). En collaboration avec les services forestiers des cantons de Schwyz, Nidwald et des Grisons et de la Principauté du Liechtenstein, le SPOI observe l'évolution ultérieure des dégâts et la

Le Service phytosanitaire d'observation et d'information (SPOI)

Il est primordial de prévenir toute atteinte supplémentaire de l'écosystème forestier dont l'équilibre est perturbé. L'économie forestière peut participer à ces efforts en veillant à la détection précoce et à la surveillance des maladies et des parasites. A l'aide des crédits Sanasilva, un Service phytosanitaire d'observation et d'information (SPOI) a été créé à l'Institut fédéral de recherches forestières de Birmensdorf.

Le SPOI enregistre la présence des ravageurs forestiers et renseigne sur leurs manifestations et les moyens de les combattre. Il conseille les services forestiers cantonaux et participe au perfectionnement de leurs agents.



nappe de brouillard

● zone de dégâts annoncée par les services forestiers cantonaux, situation en juin 1987

Dégâts du gel hivernal sur les résineux *semperfiores*.

Le rougissement des aiguilles fut observé surtout à la limite supérieure de la nappe de brouillard.
(Carte: atlas climatologique de la Suisse, feuille 2.6, cas typique d'inversion.)

Regard par-dessus les frontières

En 1987 on a adjoint à l'Office fédéral des forêts et de la protection du paysage (OFPP) un Service phytosanitaire forestier à la frontière pour éviter l'introduction de ravageurs importés avec des produits forestiers (plantes vivantes, bois et produits ligneux). Ce service se préoccupe aussi des parasites et maladies observés dans les régions limitrophes.

Alors que le dépérissement du chêne semble en recul en France, en Allemagne et en Europe orientale, la graphiose de l'orme (*Ceratocystis ulmi*) continue de causer des dégâts considérables au centre et au Sud de l'Europe. Dans notre pays aussi, la présence d'ormes dépérisants est malheureusement un phénomène quotidien.

Un nouveau parasite, la cochenille du pin maritime (*Matsucoccus feytaudi*) a causé de

gros dégâts sur plusieurs espèces de pin en Italie et en France.

On peut craindre un envahissement de nos régions par l'écailler fileuse (*Hyphantria cunea*) et le chancre du platane (*Ceratocystis fimbriata*), présents au Sud de l'Europe. L'écailler fileuse est un papillon blanc dont les Chenilles dénudent totalement le feuillage des feuillus en cas de pullulation. Elle a été observée autour de Milan en 1986. Le chancre du platane, champignon provoquant un flétrissement à ne pas confondre avec la maladie de la défoliation, très fréquente au printemps 1987, n'est apparu jusqu'ici en Suisse qu'au Tessin, mais il risque de se répandre bientôt dans le reste du pays.

réaction des arbres sur une centaine de sujets atteints.

Le hêtre a aussi subi des dégâts anormaux. Dans une grande partie de son aire de distribution, ses feuilles ont bruni ou ont été enroulées ou perforées par divers parasites tels que le puceron du hêtre, la maladie de la défoliation ou l'orcheste danseur. Ces dommages se sont manifestés spécialement entre 900 et 1200 m environ d'altitude, formant souvent une zone nettement visible, dans laquelle le jeune feuillage avait été endommagé préalablement par des gels tardifs au début de mai. Les arbres les plus gravement atteints ont renouvelé leur feuillage plus ou moins, suivant qu'ils étaient sains ou déjà affaiblis par d'autres dégâts. Les feuilles de remplacement sont partout restées plus petites.

Grâce aux informations et demandes de renseignements parvenues au SPOI et aux observations personnelles de ses collaborateurs et des spécialistes de l'IFRF, on a enregistré en 1986 et en 1987 des attaques spécialement visibles de plusieurs parasites et maladies forestiers (cf. encadré). Seules les enquêtes sur les bostryches et autres ravageurs

donneront en fin d'année une vue d'ensemble sur l'apparition et les dégâts des principaux parasites forestiers. Néanmoins on peut déjà dire que divers bostryches provoqueront des coupes de chablis à l'avenir aussi, surtout en montagne.

Publications

Kaufmann E., Maksymov J.K., Bucher J., 1985: Enquête sur les bostryches, 11 pages, Institut fédéral de recherches forestières

Groupe d'experts de l'IFRF, 1987: Untersuchungen über Waldschäden in der Schweiz im Frühjahr 1987 (résumé en français), 25 pages, Institut fédéral de recherches forestières

Meier F., Jansen E., 1987: Enquête sur les bostryches en 1986 (en préparation), Institut fédéral de recherches forestières

En 1986/87, les parasites et maladies suivants se sont manifestés spécialement:

- . **Bostryche typographe** (*Ips typographus*): principal bostryche de l'épicéa; provoque encore beaucoup de chablis dans quelques régions de montagne.
- . **Bostryche chalcographe** (*Pityogenes chalcographus*): bostryche de l'épicéa; ses attaques augmentent depuis 1985 dans beaucoup de régions en Suisse.
- . **Bostryche liseré** (*Trypodendron lineatum*): dégâts importants sur des bois abattus.
- . **Bostryche curvidenté du sapin** (*Pityokteines curvidens*): toujours fréquent sur le Plateau et le Jura.
- . **Hylésine du pin et hylésine mineur** (*Blastophagus sp.*): dégâts surtout au Valais et dans les Grisons.
- . **Bostryche japonais** (*Xylosandrus germanus*): premiers dégâts en 1986 au Nord-Ouest de la Suisse; extension sur le Plateau en 1987.
- . **Puceron du hêtre** (*Phyllaphis fagi*): fortes attaques des feuilles dans une grande partie de l'aire du hêtre en Suisse.
- . **Maladie de la défoliation** (*Apiognomonia sp.*): apparitions fréquentes et violentes sur le hêtre, le tilleul et le platane en raison du printemps humide.
- . **Pourriture grise** (*Botrytis cinerea*): répandue sur de jeunes rameaux de résineux dans une grande partie de la Suisse à cause du temps humide au printemps.
- . **Rouille de l'épicéa** (*Chrysomyxa rhododendri*): en 1987, forte attaque de l'épicéa dans l'aire de répartition du rhododendron.
- . **Maladie des taches de la feuille du peuplier** (*Marssonina sp.*) apparition fréquente de taches sur les feuilles et chute prématurée de celles-ci.

7. La diversité du patrimoine génétique

Primordiale pour la forêt, elle est menacée par l'homme

La diversité du patrimoine génétique est primordiale pour la perpétuation de toute collectivité d'êtres vivants. Une population ne sera apte à supporter des modifications de l'environnement et à survivre que si elle possède une assez large base génétique. Les individus dotés d'une hérédité "inadéquate" sont victimes de la sélection. Plus la diversité du patrimoine génétique est grande, plus il y a de chances qu'une espèce possède le capital héréditaire "adéquat" qui lui permet de subsister.

Les généticiens forestiers redoutent que la pollution de l'air ne restreigne fortement la diversité des caractères héréditaires des essences forestières et diminue par là l'adaptabilité des forêts. On peut tenter de remédier à l'appauvrissement du patrimoine génétique par des réserves génétiques, des stocks de semences ou des vergers à graines.

L'information génétique d'une espèce est soumise à un processus dynamique permanent. La sélection et les mutations la modifient constamment. La dernière glaciation est certainement l'événement qui a le plus appauvri le capital génétique des forêts européennes. Pendant cette période et au cours de leur retour à partir de leurs refuges, les espèces ont subi une sélection rigoureuse par le climat et la concurrence. Certaines comme le douglas et le séquoia ont disparu et n'ont été réintroduites que récemment en Europe à partir de l'Amérique du Nord.

L'homme a aussi influencé la diversité du patrimoine héréditaire. Ses nombreuses interventions, défrichement, pacage, chasse, exploitation du bois, de la litière et des feuilles, ainsi que la promotion des essences de rapport ont changé l'écosystème forestier.

Ces derniers temps, la biocénose forestière est sérieusement menacée. La pollution de l'air, de l'eau et du sol a tant progressé depuis la deuxième guerre mondiale que certains experts craignent un appauvrissement du capital génétique des peuplements et une diminution de leur adaptabilité. On a

démontré expérimentalement que la germination du pollen des arbres forestiers est inhibée par des concentrations d'anhydride sulfureux égales à celles mesurées par endroits en Suisse. Ce phénomène diminue la capacité de régénération. Ces dernières années, on a aussi observé en forêt une fructification anormalement fréquente. On doit encore étudier ce phénomène, notamment pour contrôler la qualité des graines.

Avant l'apparition de dommages aux conséquences imprévisibles, il s'agit de préparer et d'exécuter des mesures de conservation. Que la régénération naturelle à l'aide des semis spontanés des essences forestières soit une vieille tradition en Suisse pourrait se révéler être une grande chance, car elle a contribué à maintenir un patrimoine génétique assez diversifié et permettra de le sauvegarder facilement pour autant que les conditions du milieu n'empêchent pas la croissance et la fructification des plantes. On devra malgré tout recourir à la régénération artificielle pour remplacer des peuplements purs non conformes à la station ou replanter des vides ouverts par le vent ou les insectes.

A l'étranger aussi, on prévoit des mesures de sauvegarde

Dans toute l'Europe on accorde beaucoup d'importance à la diversité du patrimoine génétique des forêts. Dans plusieurs pays on prévoit ou on exécute des mesures de sauvegarde. En République fédérale d'Allemagne, par exemple, une commission d'experts a élaboré un plan global de conservation des ressources génétiques forestières (patrimoine génétique d'une région donnée), prévoyant entre autres:

la conservation de peuplements choisis,
la régénération naturelle,
le stockage de pollens et de semences,
la création de vergers à graines,
la multiplication végétative par boutures
ou cultures tissulaires.

En Suisse deux types de mesures de sauvegarde du patrimoine génétique sont envisageables: **conservation de forêts autochtones** ainsi que **production et stockage de semences**. La première consiste à garder dans leur milieu naturel des forêts composées d'essences autochtones issues autant que possible de régénération naturelle, puis à les cultiver dans le strict respect des critères de ce mode de traitement. La Conférence des inspecteurs forestiers cantonaux a désigné un groupe de travail pour élucider la question du choix des forêts à conserver à titre de **réserves génétiques**.

Pour garantir la régénération artificielle, il serait assez facile d'**augmenter les stocks existants**

tants de semences des pépinières publiques et privées. La conservation de longue durée des graines et fruits de quelques résineux et de la plupart des feuillus pose des problèmes qui doivent encore être résolus par la recherche. Une solution qui faciliterait la livraison des semences de ces essences consisterait à créer des **vergers à graines**, composés d'arbres sélectionnés en vue de cette production.

A long terme, d'autres mesures s'imposent: il faut encourager encore plus la recherche et la formation dans les domaines de la génétique forestière, de la récolte et du stockage des graines, de la production de plants. On s'efforcera d'approfondir la collaboration interdisciplinaire entre forestiers, généticiens, biologistes, agronomes et autres chercheurs, au niveau international aussi. On doit prévoir déjà aujourd'hui les dispositions nécessaires à long terme pour avoir plus tard les bases et le personnel compétent pour réaliser des mesures de sauvegarde plus coûteuses et d'une technique plus délicate.

Publications

Erhaltung des Erbgutes unserer Waldbäume, Rapport d'un séminaire du projet Sanasilva "Formation et perfectionnement des praticiens forestiers", 1985, Institut de recherches sur la forêt et le bois de l'EPFZ, 84 pages.