

ÉCHELLE DE SENSIBILITÉ AU FLUOR

PAR

J. BOSSAVY

Ingénieur en Chef des Eaux et Forêts
à Lyon

Au cours des premières observations dans les massifs résineux soumis à une pollution d'origine industrielle, il est apparu que le seul examen des essences forestières était insuffisant.

Nous avons donc été rapidement amené à étendre nos observations à l'extérieur des zones boisées et à nous intéresser au comportement de tous les éléments de la végétation et notamment de la flore herbacée en forêt et hors forêt, ce qui nous a conduit dans le cas particulier à un examen de la flore des alpages.

Ces premières observations gardent un caractère limité, puisqu'elles concernent une Vallée des Alpes pour une tranche d'altitude de 600 à 1 600 m et se rapportent à un polluant bien précis, le fluor et ses composés. Sans doute serait-il nécessaire de généraliser de telles études de façon à mieux connaître par région naturelle soumise à une pollution le comportement des divers représentants de la flore spécifique de la zone étudiée.

Et cependant, ceci ne nous satisfait pas encore pleinement, il est en effet évident que les examens resteront toujours limités en ce qui concerne la flore herbacée à un court intervalle de temps compris entre la date de la reprise annuelle de la végétation et la période de fructification, soit en pratique aux seuls mois de mai et juin.

C'est la raison pour laquelle nous avons attaché un intérêt tout particulier aux premiers documents traitant du comportement des lichens et avons été ainsi conduit à présenter aux lecteurs l'aspect de cette question en fonction des renseignements en notre possession, bien que ceux-ci soient encore incomplets.

Le présent article a donc essentiellement pour but :

- 1° d'attirer l'attention de tous ceux qui s'intéressent à ces problèmes, sur la nécessité de procéder à un examen complet de la végétation en débordant largement les massifs boisés.

- 2° de provoquer de nouvelles observations en plaine et en montagne dans toutes les zones rurales soumises à une pollution en vue de compléter une documentation encore très fragmentaire.
- 3° de faire ressortir l'intérêt d'étendre ces observations à la flore lichénique avec le double objectif de préciser la sensibilité de ces épiphytes aux polluants gazeux et éventuellement de permettre d'étaler les observations sur des périodes moins limitées que celles imposées par le rythme annuel de la végétation.

Les observations poursuivies en Maurienne depuis quelques années, toujours dans la première quinzaine de juin, ont permis de relever avec une grande fidélité des atteintes au manteau végétal et plus particulièrement à la flore herbacée, ce qui permet de délimiter à cette saison (mai ou juin selon l'altitude et la précocité du printemps) un périmètre soumis aux fumées.

Les échelles de sensibilité spécifiques du fluor précédemment établies par MM. W. BORSORF, A. MAZEL, se réfèrent, soit à des plantes sauvages de prairies ou de bords de routes, soit à des plantes cultivées (fleurs, arbres fruitiers...) et pour le dernier à quelques végétaux d'alpages ou de forêts.

Nous nous sommes plus spécialement attachés à l'examen de la flore en milieu forestier ou dans la zone des alpages d'altitude (Tranche d'altitude de 800 à 1 600 m).

*
**

Nous présenterons en premier lieu plusieurs remarques :

I — La reproduction fidèle et la présence constante de nécroses sur certains végétaux, alors même que la différence d'altitude est marquée (1 000 m et plus) ou qu'une situation particulière permettrait de penser, soit à une concentration moins élevée en polluants, soit même à une pollution intermittente ou discontinue, autorisent le classement de tels végétaux comme particulièrement sensibles.

C'est ainsi qu'à (1 300-1 400 m) d'altitude au hameau de la Planchette (Commune de Beaune) dans un site abrité par une crête qui s'interpose entre la source d'émission et la station, on a pu relever début juin des nécroses déjà bien développées sur :

Berberis vulgaris
Gentiana lutea
Colchicum autumnale

alors que les atteintes n'étaient encore que faiblement marquées sur les :

Veratrum album
Silene inflata

on doit donc reconnaître l'extrême sensibilité des végétaux annuels portant des nécroses caractérisées dès le début juin en dépit d'une situation partiellement abritée et comme simplement sensibles les espèces portant à la même date des atteintes à peine marquées.

Il est en effet permis d'admettre que parmi ces dernières, certaines pourraient montrer à l'automne des nécroses plus développées, ceci est surtout valable pour les essences feuillues (arbres ou arbustes) chez lesquelles l'effet cumulatif pourrait se marquer à l'automne par la présence de nécroses étendues et caractéristiques.

Sur les végétaux herbacés par contre, le stade avancé de la végétation, l'état de vie ralentie qui suit la fructification peuvent entraîner certains dépérissements des feuilles qui pourraient être confondus avec les effets de la sécheresse, ce qui ne permet pas de tirer des conclusions certaines d'observations faites trop tardivement.

II— Les chercheurs américains de l'Institut de Riverside (Californie) ont plus spécialement étudié et expérimenté en laboratoires ou en serres l'influence d'une pollution fluorée sur les plantes cultivées, fleurs, légumes, fruits et plantes de grande culture (céréales diverses, légumineuses...).

Une échelle de sensibilité a donc été établie pour ces différents végétaux.

La même échelle de sensibilité relative a été établie en laboratoire et par fumigation pour les pollutions dues aux composés du soufre. mais ces deux échelles citent rarement des espèces végétales ligneuses ou herbacées de la flore des forêts. Il faut d'ailleurs reconnaître la difficulté que présente une telle expérimentation sur les essences ligneuses, au delà d'une certaine taille.

III — Au cours de leurs recherches en laboratoires et en chambres de fumigation, les chercheurs américains ont montré que de fortes concentrations appliquées pendant un temps suffisamment court ralentissent la photosynthèse sans que des nécroses ne soient apparues, la fonction reprend son cours normal quelques heures ou quelques jours après l'arrêt de la fumigation selon la durée de l'expérience. Il s'agit là en fait de pollutions de caractère artificiel qui se présentent assez rarement à l'extérieur des laboratoires, sauf toutefois à l'occasion de pollutions aiguës mais accidentelles dont la durée est souvent telle qu'elles provoquent des dégâts très spectaculaires.

IV — La sensibilité des végétaux paraît pour certaines espèces assez différente selon le stade de développement du sujet examiné. Ainsi les jeunes plants de frêne portent des nécroses bien développées d'origine fluorée dès le début juin, alors que les sujets adultes sont encore indemnes.

Il en est de même du hêtre considéré par J. FERDA comme sensible à SO_2 dans sa jeunesse (semis ou rejets de taillis).

En ce qui concerne les résineux, on peut signaler la sensibilité des jeunes aiguilles de Pins à SO_2 et la résistance relative des aiguilles des années précédentes, pour le fluor au contraire les nécroses sont déjà bien développées au printemps sur les vieilles aiguilles de sapin pectiné (*Abies alba*) au moment où les jeunes pousses de l'année en voie de développement se présentent encore indemnes de toute atteinte.

V — Certains observateurs ont remarqué que les lichens étaient pratiquement absents à l'intérieur d'un périmètre soumis à une pollution de l'air.

A. MAZEL considère comme très sensibles au fluor les :

Parmelia perlata et *caperata*
Usnea hirsuta et *barbata*

Une étude très complète a été réalisée dans la région de Belfast (Irlande) par FENTON, elle traite de la sensibilité des lichens à une pollution par composés du soufre.

Lorsque la concentration atteint 3,5 parties pour 100 millions les lichens sont absents.

Ensuite apparaissent successivement au fur et à mesure que la concentration en polluant décroît, les lichens à thalle crustacé (thalle étroitement appliqué sur le substratum écorce, pierre) puis les thalles foliacés reliés au support par des rhizoïdes et enfin les lichens à thalle fruticuleux fixés par un point d'insertion toujours très réduit et souvent ponctuel, le thalle se présentant sous la forme pendante (*Usnea*) ou dressée.

Il convient de préciser que ces observations donnent lieu à plusieurs interprétations :

- L'une attribue la pauvreté de cette flore à l'intérieur des villes quelle que soit leur importance, aux effets du microclimat qui se caractérise en milieu urbain par une réduction de l'humidité de l'air, une augmentation des radiations solaires, et des températures.

M. Jan RYDZAK qui a procédé à de nombreuses observations dans différentes régions de la Pologne (petites villes de la Province de Beskedy, de Basse-Silésie, Zakopane...) est l'un des partisans de cette thèse.

- D'autres chercheurs ont une opinion très différente, le Frère Fabius LEBLANC notamment, à la suite d'observations faites à Montréal, Canada, Eryk SKYE en Suède, attribuent l'absence ou la pauvreté de la flore des lichens à l'anhydride sulfureux (SO_2) l'un des polluants les plus connus pour sa nocivité à l'égard des végétaux en général.

— M. WILLWOCK (Allemagne Fédérale) enfin, faisant état d'observations précises dans la ville de Hambourg, adopte une position intermédiaire, s'il retient en effet l'influence de SO_2 durant l'hiver, il admet également en ville et pendant l'été une influence de la sécheresse de l'air.

Si les études auxquelles nous venons de faire allusion traitent du comportement des lichens en milieu urbain, il semble qu'en milieu forestier soumis à une pollution par fumées industrielles, on pourrait éliminer les effets d'un microclimat spécifiquement urbain en ne laissant subsister que le seul facteur pollution.

Il serait alors possible, à la suite d'observations suffisamment nombreuses de préciser quel est le facteur dominant (microclimat urbain, ou gaz nocifs) susceptible d'entraîner la disparition ou l'appauvrissement de cette flore.

En milieu forestier, l'intérêt de telles études résiderait, pensons-nous, dans le fait que les observations ne seraient plus tributaires de la saison, mais pourraient être poursuivies toute l'année.

*

**

Les différents relevés effectués en juin 1963 et 1964 dans la Vallée de la Maurienne permettent de dresser en accord avec M. HUCHON, Ingénieur Principal des Eaux et Forêts à Grenoble, qui a bien voulu nous accompagner au cours de notre reconnaissance, une liste de plantes indicatrices d'une pollution due au fluor, comprenant quelques espèces arbustives et herbacées les plus courantes en forêt ou dans les Alpes.

Végétation arbustive (1)

SENSIBLES (Traces de nécrose dès le mois de juin).	RÉSISTANTES (aucune atteinte en juin)
+ <i>Acer monspessulanum</i>	<i>Alnus glutinosa</i>
+ <i>Berberis vulgaris</i> S (2)	<i>Alnus incana</i>
<i>Fraxinus excelsior</i> (jeunes plants)	<i>Cerasus mahaleb</i>
+ <i>Lonicera alpigena</i>	<i>Cornus mas</i>
<i>Viburnum opulus</i>	<i>Cotoneaster integerrima</i>
<i>Viscum album</i> (Var <i>abietis</i>)	<i>Crataegus oxyacantha</i> S
	<i>Crataegus monogyna</i>
	<i>Evonymus vulgaris</i> S
	<i>Ligustrum vulgare</i> S
	<i>Rhamnus cathartica</i>
<i>Amelanchier rotundifolia</i>	<i>Ribes alpinum</i>
indemne en 1963 portait en 1964	<i>Ribes uva crispa</i>
quelques traces de nécrose en certains emplacements seulement.	<i>Rosa canina</i> S
	<i>Sambucus racemosa</i>
	<i>Sorbus aucuparia</i>
	<i>Sorbus aria</i>

NOTA. — (1) Flore de Fournier 1961.

(2) sont suivis de la lettre S les végétaux dont certains auteurs étrangers ont déjà signalé le comportement (W. BORSDDORF, A. MAZEL, E. BOVAY).

Végétation herbacée

SENSIBLES		RÉSISTANTS	
<i>Alopecurus pratensis</i>		<i>Ajuga reptans</i>	S
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		<i>Anemone alpina</i>	
<i>Asphodelus albus</i>	S	<i>Aruncus silvaster</i>	
+ <i>Colchicum autumnale</i>	S	<i>Astrantia major</i>	
<i>Convallaria maialis</i>	S	<i>Centaurea montana</i>	
<i>Cypripedium calceolus</i>		<i>Dentaria digitata</i>	
<i>Epilobium spicatum</i>		<i>Digitalis lutea</i>	S
<i>Festuca spadicea</i>		<i>Filipendula ulmaria</i>	
+ <i>Gentiana lutea</i>		<i>Fragaria vesca</i>	
+ <i>Hypericum perforatum</i>	S	<i>Geranium robertianum</i>	
<i>Hypericum pulchrum</i>		<i>Lactuca muralis</i>	
+ <i>Hypericum maculatum</i>	S	<i>Melampyrum nemorosum</i>	
<i>Iris germanica</i>	S	<i>Phyteuma spicatum</i>	
+ <i>Lilium martagon</i>		<i>Plantago</i>	S
<i>Listera ovata</i>		<i>Polygonum bistorta</i>	
<i>Luzula nivea</i>		<i>Polygonum viviparia</i>	
<i>Luzula maxima</i>		<i>Renonculus aconitifolius</i>	
+ <i>Maianthemum bifolium</i>	S	<i>Rhinanthus augustifolius</i>	
<i>Narcissus pseudo narcissus</i>		<i>Salvia pratensis</i>	S
<i>Orchis maculata</i>		<i>Saxifraga aizoon</i>	
<i>Paris quadrifolia</i>		<i>Saxifraga cuneifolium</i>	
<i>Plantathera bifolia</i>		<i>Trollius europeus</i>	
+ <i>Polygonatum odoratum</i>		<i>Urtica dioica</i>	
<i>Pyrola secunda</i>		<i>Valeriana montana</i>	
+ <i>Silena inflata</i>	S	<i>Veronica latifolia</i>	
<i>Vaccinium myrtillus</i>		<i>Vincetoxicum officinale</i>	
+ <i>Veratrum album</i>	S		

Sont marquées d'une croix les espèces considérées comme les plus sensibles les nécroses étant déjà très développées dès le mois de juin, soit après 1 mois 1/2 à 2 mois de végétation.

NOTA. — On peut remarquer que certaines familles, et notamment les liliacées sont particulièrement sensibles, d'autres au contraire telles les ombellifères ne le sont point, les raisons d'un tel comportement n'ont pas été déterminées, car en fait les recherches sur ce point particulièrement délicat ne semblent pas avoir été entreprises.

Certaines de ces observations ont été confirmées en 1964 lors de l'étude d'un peuplement résineux effectuée dans le Département des Hautes-Alpes aux abords d'une usine d'aluminium.

Les Bouleaux verruqueux, épine vinette, sceau de salomon portaient des traces de nécroses, de même que certains genévriers (commun, thurifère, sabine), alors que les représentants des familles suivantes se montraient indemnes (*Cerasus*, *Sorbus*, *Cornus*, *Rhamnus*, *Evonymus*, *Ligustrum*...).

Il est à remarquer que nous n'avons inséré aucune graminée dans ces différents tableaux, bien que certaines variétés soient considérées comme très sensibles tels le (*Dactyle glomerata*, *Arrhenatherum elatius*) W. BORS DORF.

Comme le constate en effet E. BOVAY de la Station Fédérale d'essais agricoles de Lausanne, si ces plantes portent des brûlures, elles

présentent également dans les zones à climat sec et notamment dans le Valais un dessèchement naturel des pointes des feuilles.

Le climat de la Maurienne, très voisin de celui du Valais, peut également faciliter des dessèchements précoces, c'est la raison qui nous a conduit à exclure les graminées de ces échelles de référence.

BIBLIOGRAPHIE

- A.F.G. FENTON. — Irlande du Nord.
O.M.S. Who - E.B.L., 3-19 juin 1962 (Anglais).
- I. WILLWOCK. — Der Städteinfluss Hamburgs auf die Verbreitung epiphytischer Flechten. NF, Bd VI, 1961.
- Fabius LEBLANC. — Influence de l'atmosphère polluée des grandes agglomérations urbaines sur les épiphytes corticoles.
Rev. Canad. Biol., vol. 20, n° 4, 1961.
- J. RYDZAK. — Annales Universitatis Marie Curie. Sklodowska. Lublin, Pologne.
Différents articles parus de 1956 à 1958.
- Eryk SKYE. — The influence of air pollution on the fruticulous and foliaceous lichen flora around the shale-oil.
Works at Kvarntorp in the province of Närke.
Sv - Bot - Tidskr - 52 (1958) I Uppsala.
- DES ABBAYES. — Traité de lichénologie.