

Utilisation de la modification de la biodiversité lichénique sur résineux pour détecter la pollution azotée d'origine routière

Use of lichen biodiversity on coniferous to detection of nitrogenous pollution from road traffic

Claude REMY*

Résumé

Plusieurs études réalisées dans le département des Hautes-Alpes par l'association Arnica Montana, basées sur une cartographie et un inventaire de la végétation lichénique, ont abouti à mettre en évidence l'exposition aux oxydes d'azote des milieux naturels. Ainsi, la présence et le développement de la végétation lichénique nitrophile sur résineux et la disparition d'espèces sensibles à l'azote semblent bien être dus à une eutrophisation de l'écorce par les oxydes d'azote due à la circulation routière. Pour un coût financier réduit, cette méthode permet une mise en évidence globale de la pollution azotée sur une surface importante sur laquelle il serait difficile financièrement d'implanter un nombre suffisant de capteurs. Des propositions de gestions des espaces naturels peuvent être faites sur la base de ces résultats.

Mots-clés

Lichen. Pollution azotée. Trafic automobile. Hautes-Alpes. Eutrophisation.

Abstract

Several studies in the Hautes-Alpes made by the association Arnica Montana, based on mapping and inventory of lichen vegetation has led to identify exposure to nitrogen oxides on natural environments. Thus, presence and development of nitrophilous lichen vegetation on softwood and the loss of sensitive species to nitrogen appear to be due to eutrophication of the bark by nitrogen oxides due to road traffic. With reduced financial cost, this method provides a comprehensive demonstration of nitrogen pollution over a large area on which it would be difficult financially to implement a sufficient number of sensors. Some proposals for management of natural areas can be made, based on these results.

Keywords

Lichen. Nitrogenous pollution. Car traffic. Hautes-Alpes. Eutrophication.

Introduction

Dans un communiqué de presse du 2 septembre 2009, l'AFFSET s'inquiète des taux persistants de dioxydes d'azote (NO₂) dans l'atmosphère, en particulier à proximité des voies de circulation.

En effet, si depuis les années 1990, on observe une diminution du taux de certains polluants atmosphériques comme le SO₂ (qui était dans les années 1970 le polluant le plus représentatif des grandes agglomérations), on constate une augmentation importante des niveaux de dioxyde d'azote à proximité des voies de circulation routière, en particulier dans les villes.

La médiatisation récente des problèmes de réchauffement climatique attribué à l'augmentation dans l'atmosphère des gaz à effet de serre d'origine anthropique, notamment le dioxyde de carbone (CO₂) est au moins en partie à l'origine d'une certaine focalisation sur la pollution par le CO₂, oubliant d'autres polluants comme le NO₂.

La fiscalité avantageuse sur le gasoil et les mesures incitatives pour l'acquisition de véhicules neufs rejetant moins de CO₂ (« bonus écologique ») ont entraîné une augmentation de la proportion des véhicules diesel par rapport aux véhicules essence (actuellement, au moins 74 % des véhicules neufs particuliers vendus sont des véhicules diesels, contre

* Président d'ARNICA MONTANA – 35, rue Pasteur – 05100 BRIANÇON – cr.remy@wanadoo.fr
Professeur agrégé de SVT au lycée de Briançon – membre de l'Association Française de Lichénologie.

50 % en 2000). En effet, l'augmentation des taux de NO₂ est favorisée par l'installation de filtres à particules peu performants sur les véhicules diesels [1].

Si la pollution azotée d'origine agricole est également médiatisée par les problèmes d'eutrophisation entraînant une prolifération d'algues vertes en Bretagne, la pollution azotée d'origine routière semble être oubliée des débats.

Le NO₂ étant un gaz irritant pour les voies respiratoires, l'augmentation de sa concentration risque d'entraîner un problème de santé publique, en particulier pour les personnes sensibles (insuffisants respiratoires, asthmatiques...). Il est donc nécessaire de sensibiliser le public et les décideurs sur la présence de la pollution azotée et, en particulier, la pollution azotée d'origine routière.

L'utilisation de lichens nitrophiles présents sur l'écorce de résineux permet de révéler aisément ce type de pollution.

Effets de la pollution azotée sur la biodiversité

Si la pollution azotée présente un risque pour la santé de l'Homme, elle peut également être à l'origine de perturbation de la biodiversité.

Les oxydes d'azote, en particulier le NO₂, se forment à partir du NO rejeté lors de réaction de combustion de combustibles fossiles à haute température, en particulier par les véhicules à moteur.

Par réaction d'oxydation, les oxydes d'azote peuvent former des acides nitriques à l'origine d'une acidification des sols et des eaux. La pollution par les produits ammoniacés d'origine agricole peut également entraîner une acidification du sol et des eaux, et l'absorption de NH₄⁺ peut entraîner l'excrétion de protons (2007, Garrec J.-P., Gillot P., Remy C. [7]).

La pollution azotée entraîne également une eutrophisation des milieux, un déséquilibre minéral à l'origine de modifications de la biodiversité (prolifération des espèces nitrophiles, disparition des espèces sensibles à l'azote).

La pollution azotée, notamment le NO₂, peut également être à l'origine, par réactions photochimiques, de nouveaux polluants comme l'ozone.

Les vallées alpines qui voient une augmentation du trafic routier, aussi bien automobiles que poids lourds, ne sont pas épargnées par l'effet négatif de la pollution azotée d'origine routière.

Des lichens révélateurs de la pollution azotée

En 1966, le botaniste finlandais Nylander remarque que les lichens⁽¹⁾ disparaissent lorsque l'on s'approche du centre des villes. Il en déduit que les

lichens peuvent servir « d'hygiomètres très sensibles ». La sensibilité des lichens à la pollution atmosphérique permet de les utiliser pour estimer la qualité de l'air. Plusieurs méthodes utilisant les lichens ont été mises au point pour cartographier la pollution atmosphérique. Ces méthodes sont le plus souvent basées sur la disparition des espèces sensibles et la persistance ou le développement des espèces résistantes à la pollution (essentiellement par le SO₂), ou sur l'estimation de la biodiversité lichénique.

Si la plupart des lichens disparaissent lors de l'apparition de faibles doses de polluants, certaines espèces, au contraire, apparaissent ou se développent lors de l'enrichissement du support en azote. C'est le cas des lichens nitrophiles dont le développement excessif peut révéler une pollution azotée, aussi bien par épandages d'engrais (1979, Déruelle S., Lallement R., Roux C., [5]) que par les rejets d'échappement des véhicules.

Des études d'estimation de la qualité de l'air à l'aide de lichens poussant sur écorces de feuillus à Lyon (2000, Khalil K. [11]), à Grenoble (1999, Gombert [8]), à Gap (2003, Chosson [3]) ont montré une augmentation du nombre d'espèces de lichens nitrophiles, en relation avec une augmentation de la pollution par les oxydes d'azote due à la circulation routière, aussi bien dans l'espace (augmentation de la végétation lichénique nitrophile à proximité des voies de circulation) que dans le temps (augmentation des lichens nitrophiles en relation avec une augmentation de la pollution azotée à plusieurs années d'intervalle).

Les vallées d'altitude qui voient une augmentation du trafic routier, aussi bien automobile que des poids lourds, ne sont pas épargnées par l'effet négatif des oxydes d'azote sur leurs écosystèmes (2002, Deletraz G [4]).

Lichens nitrophiles sur écorces de résineux et détection de la pollution routière dans les Hautes-Alpes

Plusieurs études réalisées dans le département des Hautes-Alpes par l'association Arnica Montana ont permis d'élaborer une méthode simple permettant de détecter la pollution azotée en relation avec l'augmentation de la circulation automobile et des poids lourds dans les vallées alpines.

Les premières observations ont été faites dans le Nord du département, en particulier le Briançonnais, dans des secteurs non urbanisés.

À l'écart des voies de circulation, sur les écorces de conifères (tronc et branches), poussent des groupements lichéniques acidiphiles, plus ou moins photophiles (1980, J. Asta [2]) et peu nitrophiles avec,

1. Les lichens (actuellement classés parmi les champignons) sont constitués par l'association d'une algue microscopique (ou d'une cyanobactérie) et de filaments d'un champignon.

parmi les espèces principales, *Pseudevernia furfuracea*, *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, diverses *Usnea* et *Bryoria*, *Letharia vulpina* (essentiellement sur écorce de mélèze dans l'étage subalpin), *Parmelia exasperatula* (espèce photophile se développant fréquemment sur la face supérieure des branches).

C'est sur certaines écorces de feuillus, plus ou moins chargées en matières nutritives que l'on peut rencontrer des lichens nitrophiles, avec essentiellement diverses espèces de *Physcia*, *Physconia*, *Phaeophyscia*, *Xanthoria*.

En 1997, à quelques kilomètres au nord-est de Briançon, l'auteur de l'article remarque à plusieurs reprises la présence inhabituelle de plusieurs espèces de lichens nitrophiles (divers *Physciacées* et *Xanthoria*) poussant sur écorce de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), à proximité de la Route Nationale 94 reliant la sous-préfecture des Hautes-Alpes à Montgenèvre. L'absence d'une agriculture intensive excluant une pollution par engrais azotés, permettait d'envisager une pollution d'origine routière sur cette route très fréquentée par les poids lourds et les automobiles (station de sports d'hiver).

En 1999, un inventaire des lichens sur écorces de résineux est réalisé par notre association, de part et d'autre de la Route Nationale 94, entre Briançon et Montgenèvre, entre 1 400 et 2 200 mètres d'altitude (1999, Gracia M. [9] ; 2003, Remy C., Gracia M., Jouglard S. [14]). La route est entourée essentiellement de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) dans la partie inférieure du tracé, puis de mélèze (*Larix decidua*) dans la partie supérieure.

La zone d'étude est découpée en mailles de 500 m sur 250 m (correspondant à des mailles au 1/2 centigrade du système NTF). La flore lichénique est inventoriée sur au moins 10 arbres par maille à plus de 1,5 m au-dessus du sol. Les relevés sont localisés sur la carte, le nombre d'espèces de lichens nitrophiles est précisé sur la pastille représentant chaque relevé. Le recouvrement de chaque espèce est également précisé. La présence de lichens nitrophiles sur les écorces de pin sylvestre et de mélèze est localisée à proximité de la voie de circulation. Dès que l'on s'éloigne de quelques dizaines de mètres de la route, les lichens nitrophiles sont de moins en moins présents et l'on retrouve une végétation lichénique acidiphile habituelle de ce type d'écorce. La présence de trois espèces nitrophiles sur mélèze au nord de Montgenèvre à quelques mètres de la route (à 2 200 m d'altitude) peut s'expliquer par la présence d'engins de dommages à l'arrêt dont le moteur continue de tourner au ralenti plusieurs heures par jour.

Aucun lichen n'a été noté dans les secteurs où la pollution semble être la plus importante (écorce recouverte de particules fines et noires).

Un inventaire de lichens a également été réalisé de part et d'autre d'une bande de 50 mètres de pin sylvestre située à environ 100 mètres de la Route Nationale 94 et parallèle à la voie de circulation. Le

nombre et le recouvrement de lichens nitrophiles sont plus importants du côté orienté vers la route que du côté opposé.

Le même travail a été effectué toujours par ARNICA MONTANA de part et d'autre de la route RD 1091 (ex-N 91) dans la vallée de la Guisane au nord-ouest de Briançon, entre Monétier-les-Bains et le col du Lautaret, essentiellement sur écorce de mélèze (2001, Jouglard [10]). La zone d'étude est située à proximité du parc national des Écrins, et incluse dans un site Natura 2000.

Des relevés de lichens ont également été effectués le long de transects perpendiculaires à la voie de circulation. Ce travail a également montré une corrélation entre la présence de lichens nitrophiles sur écorce de résineux et la voie de circulation. En s'approchant de la route, on observe un remplacement progressif des lichens poussant habituellement sur mélèze (ex. *Parmelia exasperatula*), par des espèces nitrophiles (ex. diverses *Physciacées* et *Xanthoria*).

Des relevés de lichens sur résineux, à proximité de parking à Embrun (2004, Dupeuble M. [4] ; 2005, Dupeuble M., Remy C. [13]) et dans le Champsaur (2003, Rémy C.) ont également montré un développement important de la végétation lichénique nitrophile attribuable aux oxydes d'azote d'origine automobile. À Embrun, la cartographie des lichens nitrophiles, poussant sur pin sylvestre, réalisée autour et dans le parking du plan d'eau, souligne les endroits les plus fréquentés par les véhicules (proximité du plan d'eau, itinéraire de circulation des voitures).

À proximité de plusieurs routes de montagne, dans des secteurs préservés d'altitude, où la circulation automobile en période estivale est importante, nous avons pu noter également la présence anormale de lichens nitrophiles sur résineux.

La présence et le développement de lichens nitrophiles sur résineux a également été notée à proximité de voies de circulation dans plusieurs agglomérations des Hautes-Alpes, à Briançon, Embrun, Gap, Laragne.

Conclusion : intérêt de la cartographie des lichens nitrophiles sur conifères

La présence et le développement de la végétation lichénique nitrophile sur résineux et la disparition d'espèces sensibles à l'azote semblent bien être dus à une eutrophisation de l'écorce par les oxydes d'azote due à la circulation routière.

La simple observation de ces lichens facilement repérables (la majorité des espèces sont jaune-orangé ou blanc grisâtre) sur des écorces où elles ne sont habituellement pas présentes permet déjà une première mise en évidence et une visualisation de la pollution azotée d'origine routière ou agricole (lors d'épandages d'engrais azotés : travail en cours dans le Laragnais dans le Sud des Hautes-Alpes).

L'inventaire des lichens nitrophiles sur écorce de résineux permet ensuite de cartographier l'étendue de la pollution et de faire un suivi dans le temps.

L'inventaire prenant en compte un nombre restreint d'espèces significatives et facilement identifiables peut être réalisé par des personnes non spécialistes en lichénologie (une formation d'une journée peut être largement suffisante pour un naturaliste habitué à travailler sur le terrain).

Pour un coût financier réduit, cette méthode permet une mise en évidence globale de la pollution azotée sur une surface importante sur laquelle il serait difficile financièrement d'implanter un nombre suffisant de capteurs. Elle permet également de cibler des zones présentant un problème de pollution azotée sur lesquelles il serait intéressant de mettre en place des capteurs ou des tubes à diffusion passive. Très visuelle, cette méthode permet de sensibiliser le public et les décideurs à la présence de pollution azotée et à son impact sur la modification de la biodiversité. Facile à mettre en œuvre, elle peut également être utilisée avec des scolaires et pourrait être également utilisée dans les pays émergents. Un document didactique a d'ailleurs été mis au point (2007, Garec J.-P., Gillot P., Remy C. [7]). Dans un but de simplification, la méthode proposée reste une approche globale au niveau de l'ensemble des lichens nitrophiles

uniquement sur écorce de résineux, et ne prend pas en compte les échelles de sensibilité des lichens à l'azote (NO_2 et composés ammoniacaux) qui ont été proposées par plusieurs auteurs. En effet, ces échelles donnent parfois des résultats différents en fonction des régions étudiées (1999, Gombert [8]). Il est alors nécessaire de faire une étude plus précise de la végétation lichénique pour en déduire une échelle de sensibilité adaptée aux conditions environnementales locales (conditions climatiques, support, autre source de pollution...).

La contrainte est, bien entendu, la nécessité de présence de conifères dans le milieu étudié.

La mise en évidence d'une pollution azotée d'origine routière dans des espaces naturels protégés peut permettre de proposer des solutions visant à réduire la circulation automobile comme, par exemple, la mise en place de navettes avec autocars (de telles navettes ont été mises en place pendant la période de forte fréquentation dans la vallée du Frounel, près de l'Argentière-la-Bessée (site Natura 2000), dans la haute vallée de la Clarée, sur la commune de Névache, au nord de Briançon (vallée classée au titre de la loi 1930, site Natura 2000, Grand site).

Références

- [1] Communiqué de presse de l'Afsset (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail) du 1^{er} septembre 2009.
- [2] ASTA J. Flore et végétation lichénique des Alpes Nord-occidentales. Thèse, université Joseph Fourier, Grenoble 1980 : 250 p.
- [3] CHOSSON S. Détermination de la qualité globale de l'air de l'agglomération de Gap à l'aide de lichens. Stage maîtrise-licence Métiers de la montagne. ARNICA MONTANA/IUP Gap 2003 : 62 p.
- [4] DELETRAZ G. Géographie des risques environnementaux liés aux transports routiers en montagne. Incidence des émissions d'oxydes d'azote dans la vallée d'Aspe et de Biriadou (Pyrénées), Thèse, université de Pau 2002 : 564 p.
- [5] DERUELLE S., LALLEMENT R., ROUX C. La végétation lichénique de la Basilique Notre Dame-de-l'Épine (Marne). Documents phytosociologiques, Lille, N.S 1979, Vol. 4 : 729-32.
- [6] DUPEUBLE M. Détermination de la qualité de l'air de l'agglomération d'Embrun à partir de lichens. Stage maîtrise-licence Métiers de la montagne. ARNICA MONTANA/IUP Gap 2004 : 57 p.
- [7] GARREC J.-P., GILLOT P., REMY C. Apprenez à détecter la pollution azotée à l'aide de lichens. ARNICA MONTANA, Ass. française de lichénologie. Laboratoire Pollutions atmosphériques de l'I.N.R.A. 2007, dépliant didactique.
- [8] GOMBERT S. Utilisation de la bio-indication lichénique dans l'estimation de la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise : étude à différents niveaux d'organisation biologique. Thèse de doctorat, université Joseph Fourier, Grenoble 1999 : 287 p.
- [9] GRACIA M. Bio-indication de la qualité de l'air dans le Briançonnais. Stage maîtrise, université Paul Sabatier, Toulouse, ARNICA MONTANA 1999 : 57 p.
- [10] JOUGLARD S. Étude de la qualité de l'air dans le Briançonnais au moyen de bio-indicateurs végétaux. Stage 1^{re} année I.U.P. Aix-en-Provence. ARNICA MONTANA 2001 : 18 p.
- [11] KHALIL K. Utilisation de bio-indicateurs végétaux (lichens et tabacs) dans la détection de la pollution atmosphérique de la région lyonnaise. Thèse de doctorat, université Joseph Fourier, Grenoble 2000 : 284 p.
- [12] MALATAVERNE N. Bio-indication de la qualité de l'air sur l'agglomération de Briançon. Stage licence IUP Métiers de la montagne. ARNICA MONTANA/IUP Gap 2006 : 62 p.
- [13] MARCO A. Bio-indication de la qualité de l'air dans le Briançonnais. Stage licence de biologie des organismes, université de Poitiers, ARNICA MONTANA, 2002 : 67 p.
- [14] REMY C., GRACIA M., JOUGLARD S. Lichens nitrophiles sur écorces de résineux et pollution azotée d'origine routière dans le Briançonnais. *Bull. Inform. Ass. Fr. Lichénologie* 2003 ; 28 (2) : 53-9.
- [15] REMY C., DUPEUBLE M., Cartographie de la qualité de l'air de l'agglomération d'Embrun à l'aide de lichens, ARNICA MONTANA 2005 : 27 p.
- [16] REMY C., CHOSSON S., Cartographie de la qualité globale de l'air de l'agglomération de Gap à l'aide de lichens. ARNICA MONTANA 2006 : 17 p.