

Université de Bourgogne - Maîtrise de biologie des populations et des écosystèmes
Mémoire de stage de Maîtrise, année universitaire 2000-2001

Les Lichens corticoles autour du CEA/Valduc :
Recensement et mode de répartition
Recherche d'effets éventuels des rejets de tritium sur les associations
lichéniques

Par : Edith GAUDILLERE
Réalisé sous la direction de Catherine SAUT , chargée de mission à la Seiva

Durée du stage : 150 heures
Du 29 janvier au 14 mai 2001

Structure d'échange et d'Information sur VALduc
DRIRE – 15-17, avenue Jean Bertin – BP 16610 – 21066 DIJON Cedex
Tél. / Fax 03 80 29 41 36



Dans le cadre de mon stage de maîtrise, j'ai été accueillie par la SEIVA pour étudier l'impact du CEA / Valduc sur l'environnement .

Présentation de la SEIVA :

Pour répondre à la demande d'information des populations installées près des installations nucléaires françaises , les CLI (Commissions Locales d'Information) ont été créées en 1981 par une circulaire ministérielle .

Sur le modèle des CLI, la SEIVA a été mise en place le 29 janvier 1996 pour répondre aux interrogations sur l'impact environnemental et économique du centre CEA de Valduc et favoriser la communication avec ce centre .

La SEIVA est la seule CLI en France dont l'objet est une INBS (Installation Nucléaire de Base Secrète). Elle est membre de l'ANCLI (Association Nationale des CLI).

Constituée de 41 membres et associés, cette association loi 1901 réunit les parlementaires, conseillers généraux et maires concernés, des personnalités qualifiées des milieux scientifique, médical et associatif, des représentants du monde agricole, des représentants de la direction de Valduc et les services de l'état concernés (DIREN, DRIRE, DDASS, DDIS, DDAF...).

La SEIVA effectue ses propres analyses du marquage radioactif de l'environnement par le tritium rejeté par le centre de Valduc (lichens, eaux potables, champignons, poissons).

Elle édite un bulletin tri-annuel «Savoir et Comprendre » depuis 1996 sur les résultats d'analyses et rédige des articles divers sur le CEA et le nucléaire.

Différentes personnes m'ont aidée au cours de mon stage :

-Mlle Cécile GUEIDAN , chargée de mission à l'observatoire mycologique.

-Les membres du comité scientifique constitué de Maîtres de conférences, Professeurs, médecins, ingénieurs.

-J'ai également rencontré des personnes du CEA : Mr P.MARTY (Adjoint Chef SPR* du CEA/Valduc), Mr T.THEVENIN (assistant communication du Directeur), Mme C.PORTELLA, (chef groupe au SPR) et Mme A.WOILLARD (SPR/LMSE, responsable prélèvements). (*SPR= Service de Protection contre les Rayonnements).

J'ai été encadrée lors de ce stage par Mlle Catherine Saut, chargée de mission à la SEIVA, et Mr Gérard NIQUET, Président de la SEIVA.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

LES LICHENS

I. Définition	1
II. Critères d'identification	1
III. Propriétés	2
IV. Lichens et pollution	3

LE CEA/VALDUC ET LE TRITIUM

I. Présentation du CEA :	5
- Le site (géologie, hydrogéologie, pluies, vents)	6
- Que rejette le centre ?	6
II. Le tritium :	
- Généralités	7
- Le tritium et les végétaux	8
- Le tritium à Valduc	9

PLAN D'ECHANTILLONNAGE

I. Le transect	
II. Mode de recensement a chaque station	11,14
- Le choix des arbres	11
- Relevé des lichens	12
- Toxitolérance	13
III. Site de référence	13

RESULTATS

I. Les résultats du stage	
Situation des différentes stations sur l'échelle des IQA	15
Recensement	
- Indice de qualité de l'air et nombre d'espèces	16
- Courbe de richesse cumulée	17
- Tableau de présence/absence des différentes espèces	18
II. Résultats de la campagne d'analyse 2000 sur les lichens réalisée par la SEIVA et le CEA/VALDUC	dos p.20

DISCUSSION/PROPOSITIONS

I. Discussion sur les résultats du stage	19,20,21
II. Discussion sur les résultats de la campagne d'analyse 2000 sur les lichens	22
III. Propositions	23

CONCLUSIONS SUR L'ETUDE

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION

L'un des problèmes majeurs de notre fin de siècle est la pollution atmosphérique . Il est possible d'évaluer la qualité de l'air à l'aide d'appareils de mesure, cependant leur coût trop élevé ne permet pas de couvrir l'ensemble du territoire et d'étudier tous les polluants. C'est pourquoi l'utilisation d'organismes vivants bioindicateurs de la qualité de l'air doit être un outil à privilégier .

Les bioindicateurs sont des organismes réagissant à un polluant par une modification nette et spécifique de leurs fonctions vitales . Depuis plus de cent ans ce sont principalement les lichens corticoles qui ont été utilisés pour la bioindication de la pollution atmosphérique car ils se caractérisent par une grande sensibilité aux polluants et principalement aux polluants acides tel que le dioxyde de soufre (SO_2) . Celui-ci est produit par la combustion des combustibles fossiles et est considéré comme le polluant majeur des années 70 – 80.

VAN HALUWYN et LEROND ont mis au point en 1986 une échelle d'évaluation de la pollution acide par l'étude des associations lichéniques . Cette échelle comprend sept zones notées de A à G , A étant la zone de pollution maximale (+ de 150ug de SO_2 . m^3 d'air) et G la zone d'air « pur ».

Actuellement , le charbon est de moins en moins utilisé , ce qui entraîne une diminution très importante du SO_2 . Ceci s'explique par l'utilisation de plus en plus importante de l'énergie nucléaire . Le nucléaire est utilisé pour la production d'électricité mais aussi pour la fabrication d'armes militaires . Le CEA de Valduc est une installation nucléaire qui utilise le tritium pour ses activités puis le rejette dans l'atmosphère.

Le but de ce stage est de savoir si ce gaz radioactif est nocif pour les thalles lichéniques comme l'est le SO_2 . Agit-il comme lui sur la répartition des populations lichéniques ? Peut-on en élaborer une échelle de sensibilité des espèces selon la concentration atmosphérique en tritium ? En résumé, les lichens peuvent-ils être utilisés en tant que bioindicateurs de la pollution atmosphérique par le tritium ? La méthode de VICK selon la directive VDI (Verein Deutscher Ingenieure) permet d'évaluer le niveau global de la pollution . Cette méthode peut-elle être appliquée pour les radionucléides ? Ses résultats sont-ils en accord avec ceux des analyses réalisées récemment par la SEIVA et le CEA ? Enfin, en quoi les résultats de cette étude pourront-ils servir pour la réalisation des prochaines études scientifiques prévues sur les lichens ?

Pour répondre à ces nombreuses questions , il faut d'abord commencer par bien connaître les lichens et comprendre pourquoi ils sont utilisés dans la bioindication de la qualité de l'air . C'est le but de la première partie de ce compte-rendu .

LES LICHENS

I. DEFINITION

Les lichens ne constituent pas un groupe systématique comme les autres mais un groupe biologique réunissant des champignons et des algues vivant en symbiose .

Un lichen est une structure autonome résultant de l'association symbiotique entre deux catégories de partenaires : un partenaire fongique hétérotrophe appelé mycosymbiote (souvent un ascomycète) qui représente environ 90% de la masse et un partenaire autotrophe appelé photosymbiote (souvent une cyanobactérie). Les lichens ont donc une double nature .

Un lichen est une biomorphose c'est-à-dire une forme nouvelle qui résulte des interactions entre ses constituants.

C'est un Thallophyte car il ne possède ni tige, ni feuilles, ni racines, et n'est pas vascularisé .

13500 champignons sur 64200 sont lichénisés (soit 20%).

Selon la nature du substrat, on parle de :

- Lichens corticoles : sur les écorces des troncs et des branches des arbres.
- Lichens saxicoles : sur les rochers calcaires/ siliceux nus/ moussus/immergés, les vieux murs et les toits.
- Lichens terricoles et humicoles : dans les pelouses, les landes, les bois clairs.

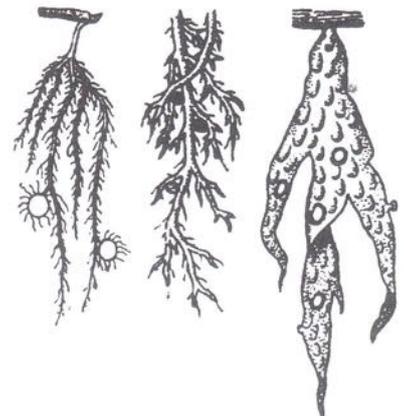
II. CRITERES D'IDENTIFICATION

Les thalles des lichens ont des formes très variées, mais parmi lesquelles on peut cependant distinguer plusieurs grands types morphologiques, tout en sachant qu'il ne s'agit là que d'une classification arbitraire, et que des types intermédiaires existent.

*Les thalles fruticuleux

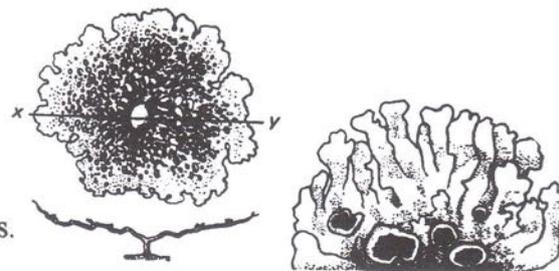
Ils forment des faisceaux de lanières plus ou moins ramifiées qui pendent au substrat ou parfois se dressent dessus .

Ce sont les plus longs des lichens (quelques centimètres à plus d'un mètre en France).



*Les Thalles foliacés

Ils ressemblent à de petites feuilles plus ou moins lobées, couchées sur le substrat auquel ils sont accrochés par des rhizines.



*Les thalles squamuleux

Ils sont formés de petites écailles plus ou moins imbriquées, accolées assez étroitement au substrat.



*Les thalles crustacés

Ils sont très étroitement appliqués au substrat et il est impossible de les en détacher, quelle que soit la nature de celui-ci. Le thalle est plus ou moins bien limité, fragmenté, enfoncé dans le substrat.

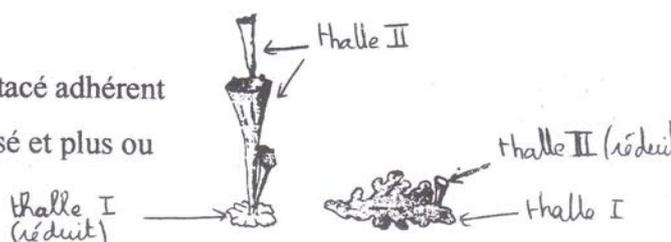
*Les thalles gélatineux

Lorsqu'ils sont hydratés, ils forment des lames gélatineuses et sont souvent confondus avec des algues ; à l'état sec, ils sont très friables.



*Les thalles composites

Sur un thalle « primaire » foliacé, squamuleux ou crustacé adhérent au substrat, se développe un thalle « secondaire » dressé et plus ou moins ramifié.



Les principaux critères d'identification des lichens sont essentiellement basés sur le type de thalle mais aussi sur sa couleur, les organes portés sur le thalle et les caractères microscopiques de l'appareil reproducteur.

La reconnaissance est souvent instantanée mais elle nécessite parfois de longues recherches avec utilisation de la loupe, du microscope et de produits réactifs comme l'eau de javel, la potasse et le paraphénylènediamine.

(« Les Lichens témoins de la pollution »; « Guide des Lichens »)

III. PROPRIETES

L'association lichénique apporte des propriétés structurales et biologiques qu'on ne trouve pas chez l'un ou l'autre des partenaires :

**La reviviscence* : capacité à passer rapidement, réversiblement, répétitivement de l'état sec à l'état hydraté.

**La résistance aux températures extrêmes* : on les trouve en montagne et dans le désert.

**Elaboration de substances spécifiques appelées acides lichéniques.*

Caractéristiques des lichens :

**Absence de système excréteur* : pas de stomates pour contrôler les échanges avec l'atmosphère

**Absence de barrière physique* à l'absorption de l'eau atmosphérique et ses éléments

**Très peu d'échanges lichen/substrat* : les éléments accumulés dans les lichens ne proviennent que de l'atmosphère.

**Durée de vie très longue .*

**Période d'activité durant toute l'année .*

**Croissance très lente* de l'ordre du millimètre par an et qui dépend du climat, du sol, et du type de thalle. On suppose que l'âge du lichen est égal à celui de l'arbre du support.

Si des cas de symbiose existent dans le monde animal et végétal, seuls les lichens sont capables de se reproduire.

Pour leur nutrition, les lichens sont entièrement sous la dépendance atmosphérique qui leur apporte l'eau et les sels minéraux.

IV.LICHENS ET POLLUTION

Les lichens épiphytes dont la nutrition est étroitement tributaire de l'atmosphère, sont des végétaux qui réagissent à des doses infimes de polluants.

Cette remarquable toxisensibilité des lichens est utilisée pour estimer la teneur de l'atmosphère en polluants .Par leur activité continue, les lichens sont plus soumis à la pollution que les autres végétaux qui perdent leurs feuilles l'hiver .Leur grande longévité permet de suivre l'évolution de la pollution. Leur productivité réduite est attribuée à la faible quantité de chlorophylle qu'ils possèdent et qui limite leur pouvoir de récupération après une intoxication par les polluants. Les lichens accumulent de façon non sélective des quantités très importantes de substances prélevées dans l'atmosphère comme le soufre , le fluor, le plomb, les éléments radioactifs, etc. Leur capacité d'accumulation permet de déceler la présence actuelle ou passée d'éléments traces de l'atmosphère. Dans l'ensemble, la faculté d'accumulation des divers espèces s'inscrit dans un même ordre de grandeur.

C'est pour ces raisons que l'on utilise les lichens comme indicateurs biologiques de la pollution atmosphérique même faible .

'La présence de certaines espèces ou de certaines associations lichéniques particulièrement toxitolérantes, nous permet d'évaluer le taux de pollution de la région

considérée. De même, l'étude du dynamisme de ces associations permet d'estimer la progression ou au contraire la régression de la pollution dans certains secteurs '(Les lichens et la bioindication de l'air ; p.17)

'En conclusion, les lichens constituent un matériel de choix pour la bioindication des pollutions. Quelle que soit leur nature , les lichens sont capables de la révéler(ce sont des bioindicateurs), de la quantifier c'est-à-dire de l'estimer par une valeur absolue ou relative (ce sont des bioestimateurs) et/ou de l'accumuler (ce sont des bioaccumulateurs).En quelque sorte, leur infériorité relative les avantage en matière de bioindication.' (Guide des Lichens)

*Comparaison entre les végétaux supérieurs et les lichens :
(extrait de « Les lichens et la bioindication de la qualité de l'air » p.16)

VEGETAUX	LICHENS
Feuilles recouvertes d'une cuticule protectrice et imperméable	Pas de cuticule . Contact direct avec l'atmosphère
Pas d'activité l'hiver	Actif toute l'année après chaque pluie
Puisent l'eau et les sels minéraux dans le sol	Alimentation sous la dépendance de l'air et de l'eau de pluie
Stomates des feuilles capables de se fermer aux agents polluants	Absence de système de régulation des entrées et des sorties
Reproduction par graines protégées d'une enveloppe coriace / pas de contacts avec les polluants de l'air	Reproduction par des structures aériennes : soralies, isidies, spores, ayant un contact immédiat avec les pollutant de l'air
Germination des graines dans le sol.pas de contact avec les polluants de l'air	Hyphes issues de la germination immédiatement au contact de l'air
croissance rapide	Croissance lente

Contrairement aux végétaux supérieurs, les lichens ne possèdent pas les structures leur permettant de limiter les conséquences de la pollution atmosphérique.

Lichens et tritium :

Les lichens donnent une cartographie du marquage et un résultat représentatif sur plusieurs années . Ils accumulent le tritium organique pendant 5 à 10 ans. A Moloy en 1996, des résultats d'analyse montraient 120 Bq/Kg sec et 60 Bq/Kg en 2000, soit la moitié de moins en quatre ans. (poly « Rencontre avec Mr. O .Daillant »)

LE CEA/VALDUC ET LE TRITIUM

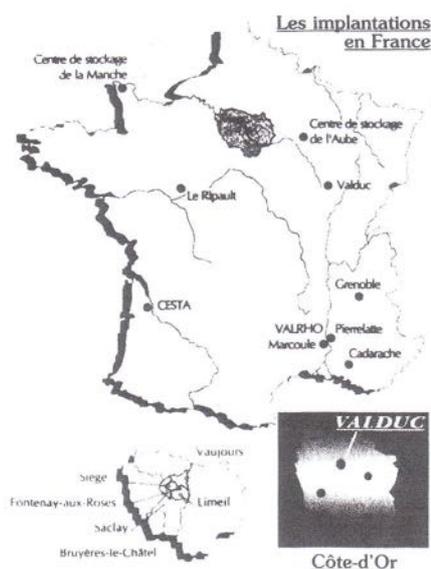
I. PRESENTATION DU CEA

(Savoir et Comprendre n°1)

Le centre de Valduc est l'un des sept centres de province du Commissariat à l'Energie Atomique(CEA) . Il se situe à 40Km au Nord-Ouest de Dijon, sur le territoire de la commune de Salives , au cœur d'un massif forestier de 727 hectares. Les bâtiments sont installés sur le plateau de Langres à 450m d'altitude et occupent 180 hectares.

Le centre de Valduc travaille pour la direction des applications militaires du CEA. Le rôle du CEA est d'étudier le comportement à long terme des matières nucléaires et de proposer aux autorités les meilleurs choix de conditionnement et de stockage des déchets radioactifs ultimes, afin de préserver l'environnement. Le CEA est un organisme de recherche ses déchets n'entrent donc pas dans les filières traditionnelles de traitement .

Le CEA/Valduc produit certains composants de l'arme nucléaire, traite les matières nucléaires constituant ces armes (Plutonium, Tritium ,Uranium) et abrite des activités de recherche sur les matériaux nucléaires. Il est soumis à la réglementation générale en matière de sûreté et d'environnement et à des règles spécifiques du fait de son activité « Défense » ; en effet le centre de Valduc est une INBS(Installation Nucléaire de Base Secrète).



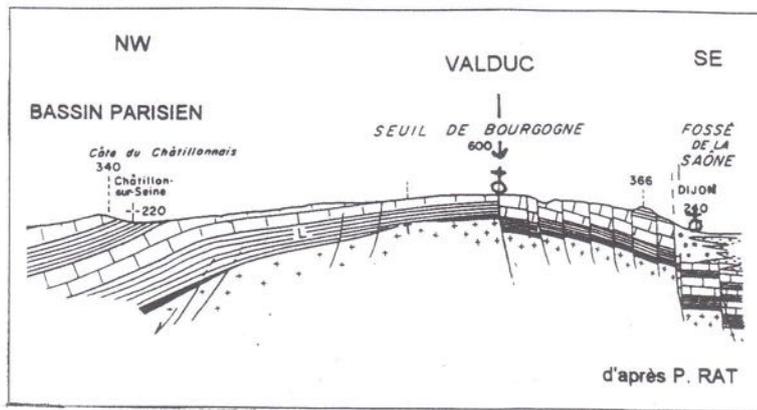
LE SITE

(Dossier de synthèse sur la contamination du centre d'études de Valduc ; 2^{ème} partie)

-géologie :

La commune de Salives est située au bord du bassin parisien. Les roches à l'affleurement sont des calcaires du Jurassien moyen. La région présente des failles de direction Nord-Est / Sud-Ouest. Le centre est situé sur la charnière de la voûte anticlinale dissymétrique du seuil de Bourgogne, zone déprimée entre le Morvan et les Vosges. Le flan Sud, plus raide et faillé, descend en marches d'escalier vers la vallée de la Saône.

(Schéma extrait de Savoir et Comprendre n° spécial de juin 97)



-Hydrogéologie :

L'hydrogéologie est typique des régions calcaires ; les eaux de ruissellement issues de pluies légèrement acides s'infiltrent dans les fissures et conduisent à la formation et au développement d'aquifères karstiques dans lesquels se déroulent les circulations souterraines.

-Vents :

Ils sont plutôt faibles et leur direction locale est influencée par la topographie ondulée. Les vents dominants vont en direction du Nord-Est. Il faut une rose des vents moyenne sur cinq ans pour obtenir une direction significative des vents dominants. (voir annexe n°1)

-Pluies :

Les précipitations sont estimées à 10 000 mm/an et sont assez bien réparties dans l'ensemble.

QUE REJETTE VALDUC ?

(Savoir et Comprendre n°1 et3)

Le travail de l'Uranium et du Plutonium ne pose pas de problèmes particuliers. Ces radio-nucléides ne sont susceptibles d'être relâchés qu'en cas de situation accidentelle.

Seul le tritium marque Valduc et son environnement en quantités faibles mais mesurables .
L'absence de risques sanitaires associé au tritium a été affirmée par les autorités en charge de la santé publique. De plus , Valduc effectue plus de 10 000 analyses par an.
Le centre n'est plus autorisé à rejeter des déchets liquides depuis le 3 mai 95.

II. LE TRITIUM (H-3)

1) GENERALITES :

- 'Le tritium est un isotope instable de l'hydrogène(son atome possède 1 proton et 2 neutrons). Un atome de tritium en se désintégrant émet des rayonnements bêta de faible énergie et devient un atome stable d'hélium He-3. Il est très proche de l'hydrogène qui a une forte affinité avec l'eau . Par conséquent , le tritium a également une grande affinité avec l'eau et sera très rapidement intégré dans son cycle'.(Savoir et comprendre n°1)

- 'Le tritium est présent naturellement dans l'environnement sous forme d'eau tritiée et participe au cycle normal de l'eau. Il provient des réactions nucléaires entre les rayonnements cosmiques et les atomes d'oxygène et d'azote des couches supérieures de l'atmosphère . La réserve mondiale de tritium naturel est estimée à $1,3 \cdot 10^6$ TBq dont 99% sous forme d'eau tritiée.

A cette source s'est ajouté le tritium produit par les essais nucléaires atmosphériques des années 50 et 60 ; mais ces quantités ont déjà fortement baissé puisque la période radioactive du tritium est de 12,3 ans.

Aujourd'hui, les installations nucléaires sont les principales sources de tritium .Les rejets sont cette fois localisés et les concentrations de tritium sont par conséquent les plus élevées autour des installations. La production civile de tritium est environ égale à un tiers de la production naturelle. Ces essais nucléaires ont momentanément entraîné une augmentation de la teneur en tritium des eaux de surface (0.2 à 0.9 Bq/l à 1 à 6 Bq/L) ; ils ont augmenté d'un facteur 200 environ la teneur en tritium sur l'ensemble de la planète'.(Dossier du CEPN du 5 Nov. 97)

- Les formes les plus abondantes du tritium dans l'atmosphère sont par ordre d'importance l'eau tritiée (HTO), le tritium moléculaire(HT) et le méthane tritié (CH3T).

En tant que gaz radioactif , il se diffuse très facilement et se piège difficilement . Les effluents contenant de l'hydrogène sont stockés pendant plusieurs semaines dans des réservoirs particuliers. Puis, après décroissance radioactive, contrôle et comptabilisation de

l'activité, il sont filtrés et rejetés par l'intermédiaire de cheminées d'évacuation. On ne peut pas le stocker dans des réservoirs même inoxydables.

- 'Les formes de rejets radioactifs sont les produits de fission, les produits de corrosion et le tritium produit dans le combustible . Le tritium est un « sous-produit » de fission .Il est retenu dans une majeure partie par le gainage du combustible sous forme d'hydrures' .(Session d'études sur la radioécologie ; prise en compte de l'environnement dans la conception des installations nucléaires)

- ' Bien qu'utilisé par les industriels et «recherché » par les militaires, le tritium est avant tout un déchet . C'est l'élément radioactif le plus rejeté sur la planète. Il empoisonne progressivement air , nappes phréatiques et cours d'eau '.(Session d'études sur la radioécologie ; photocopiés)

'Le tritium a une durée de vie de 12.35 ans, ce qui signifie que 5.6% du tritium disparaît chaque année.

Le tritium rejeté par les cheminées d'évacuation se disperse d'abord à petite échelle et n'est généralement décelable qu'à proximité de l'installation. Lorsque le tritium est relâché dans l'atmosphère , il est transporté et dispersé comme n'importe quelle autre substance gazeuse à l'état de traces et suit fidèlement les mouvements de l'air dans lequel il se mélange . En effet sa concentration dans l'air n'est pas suffisante pour que des effets de densité puissent apparaître et induire un comportement particulier .Une fois déposé à la surface du sol ou de la végétation , il y reste relativement vite ou retourne en partie dans l'atmosphère '.(Dossier du CEPN)

Il y a trois formes de tritium :- l'eau tritiée libre reste 10 jours dans l'organisme (90% du tritium de l'organisme).

- le tritium organique échangeable (liaison O-H) = labile :il reste un mois dans l'organisme.

- le tritium organique non échangeable (liaison C-H) = non labile : il reste à vie.

2) LE TRITIUM ET LES VEGETAUX

Expérimentation du transfert foliaire

(La Radioécologie : « le transfert des radioéléments en milieu terrestre »)

Les études du transfert foliaire se font dans des enceintes étanches équipées de dispositifs de régulation des paramètres climatiques (température, pluviométrie,

concentration en CO₂, photopériodisme) ou agronomiques. Les dépôts secs de l'air à la végétation se font par diffusion gazeuse ou dissolution s'il y a présence d'eau liquide à la surface. Les dépôts humides se font par lessivage du panache de gaz par la pluie. Ce lessivage dépend de la taille des gouttes, de l'intensité de la pluie et de ses caractéristiques (pH).

Les transferts foliaires dépendent

-de la date du dépôt :

- * présence/absence de végétation
- * âge de la végétation
- * météorologie (1)

-de la nature du nucléide

- * forme physique(gaz, aérosols)
- * solubilité

(1)La température, l'ensoleillement, l'humidité influencent pour une grande part sur les mécanismes nutritionnels et le métabolisme des végétaux en commandant en partie les processus d'échanges gazeux. D'autre part, l'existence de conditions météo particulières (brouillards, rosée ..) aura un effet positif sur la pénétration des éléments en favorisant à la fois les mécanismes d'absorption et la mise en solution des dépôts foliaires. La pureté de l'eau favorise les phénomènes d'absorption.

Les échanges gazeux entre l'atmosphère et les végétaux font partie des phénomènes de transpiration et d'assimilation des plantes.

La contamination interne d'un végétal est le résultat de deux mécanismes : une absorption directe par la surface où s'est effectué le dépôt et une translocation à travers l'ensemble de la plante. La pénétration des radionucléides dans les plantes à partir de leurs organes aériens est un phénomène intermittent sous la dépendance du régime des vents et des pluies. Il est donc susceptible de cesser ou du moins de s'atténuer dès l'instant où cessent les rejets de polluants dans l'atmosphère.

3) LE TRITIUM A VALDUC

(Dossier de synthèse sur la contamination du centre d'étude de Valduc ; p.7 à 16)

Dans les années passées, les activités ont atteint au maximum 21000 TBq (Téra becquerels) en 1975 puis ont continuellement baissé pour atteindre 1200 TBq en 1995 et 310TBq en 1997. (1 TBq = 10E12 Bq et Ci = Curie avec 1Ci = 3.7. 10^E10Bq)

En 1991 et 1994, deux rejets atmosphériques accidentels de tritium hors des bâtiments (7300Ci et 6900Ci) sont susceptibles d'avoir entraîné une contamination de l'environnement.

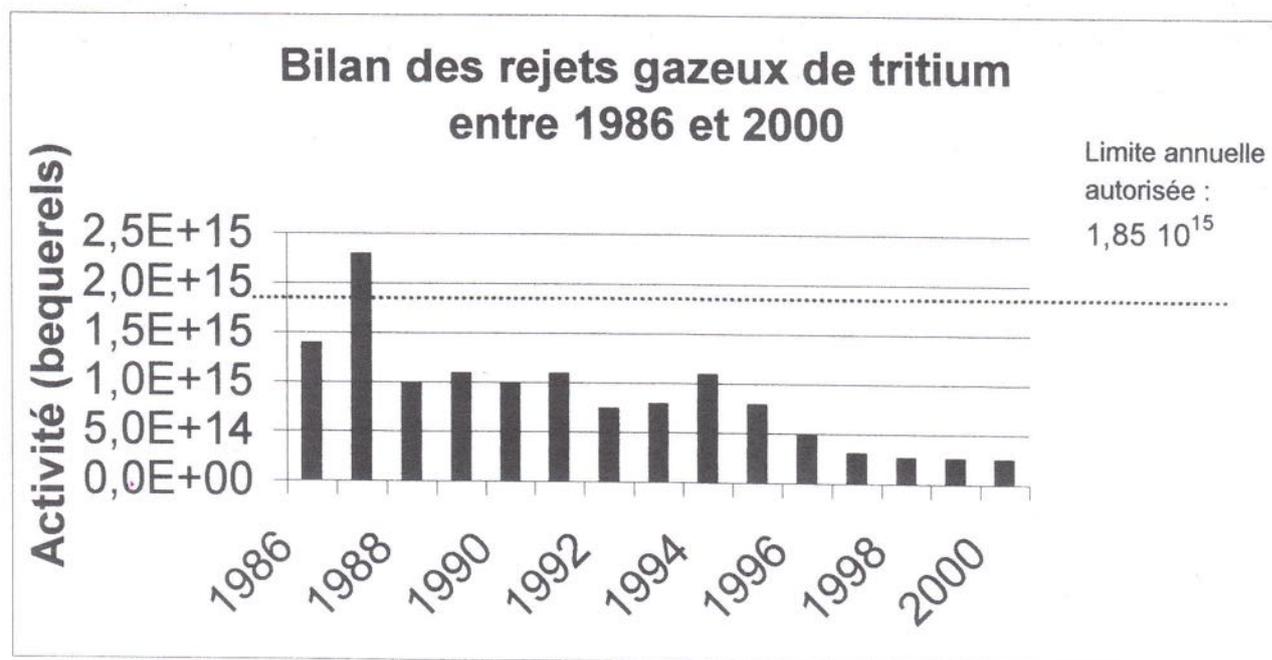
De plus, de 1968 à 1975, lors du brûlage des déchets tritiés, l'activité du tritium de l'air a atteint au maximum $1\text{MBq}/\text{m}^3$ dans le panache à proximité immédiate du foyer.

Il n'y a pas eu de « point zéro » avant l'implantation du centre et la surveillance de l'environnement a commencé en 1963.

La valeur annuelle moyenne de l'activité volumique du tritium au droit du site est au maximum de l'ordre de quelques $10\text{Bq}/\text{m}^3$ (gaz H et eau tritiée). A l'extérieur, cette activité volumique n'est que de quelques Bq/m^3 .

Les rejets atmosphériques de tritium ont baissé d'un facteur 100 depuis 1975, ce qui a entraîné une baisse du marquage de l'environnement immédiat du site. « Les rejets du CEA sont 1000 fois moins importants que la radioactivité naturelle ambiante » (*Erratum Savoir et Comprendre n°10*). Aujourd'hui, le CEA rejette 14% de l'autorisation de rejet fixée par l'arrêté du 3 mai 1995 (contre 29.9% en 1995).

Les rejets de tritium se font en continu, indépendamment des conditions météorologiques.



(Document CEA)

PLAN D'ECHANTILLONNAGE

Le but de l'étude est de recenser et d'étudier le mode de répartition des espèces lichéniques autour du CEA/Valduc afin de déterminer par comparaison avec un site de référence si certaines espèces semblent plus sensibles que d'autres aux rejets atmosphériques de tritium. Les résultats obtenus seront mis en relation avec ceux d'analyses déjà effectuées par la SEIVA .

I. LE TRANSECT :

Comme vu précédemment, le tritium suit parfaitement les mouvements atmosphériques . Il apparaît alors judicieux d'effectuer des recensements selon un transect sous les vents dominants (Nord-Est) là où la radioactivité est la plus élevée.

On pourra ainsi déjà comparer la répartition des lichens de la partie Sud-Ouest (stations I à VI) avec ceux de la partie Nord-Est (stations 1 à 7)pour déterminer l'influence des vents. Le transect prévu s'étend des Sources de la Seine à Grancey-le- Château-Neuve en passant par le CEA ; soit une longueur totale de 30 Km.. J'ai réalisé un recensement très approximativement tous les 2 kilomètres soit 14 stations au total . Sur la carte je me suis arrangée pour que chaque relevé ait lieu proche d'un « point repère » (chemin de randonnée, route, bordure de forêt, rivière, plateau ...) pour être sûre de la bonne position du relevé sur le transect et pour éviter le plus possible d'en dévier. Trois types d'habitats sont rencontrés sur le transect : l'habitat « forêt », l'habitat « culture » et l'habitat « village ». Il semble intéressant d'étudier les associations lichéniques dans ces trois types d'habitats pour y déceler éventuellement des différences en les comparant. J'ai donc « dévié » certains points de station du transect pour pouvoir effectuer des recensements dans chacun des différents habitats (surtout pour les villages). Pour l'habitat cultures l'étude des lichens a eu lieu sur les arbres isolés ou sur les arbres entre une forêt et un champ (lisière) .

II. MODE DE RECENSEMENT A CHAQUE STATION

(D'après la directive VDI,1995)

1) Choix des arbres

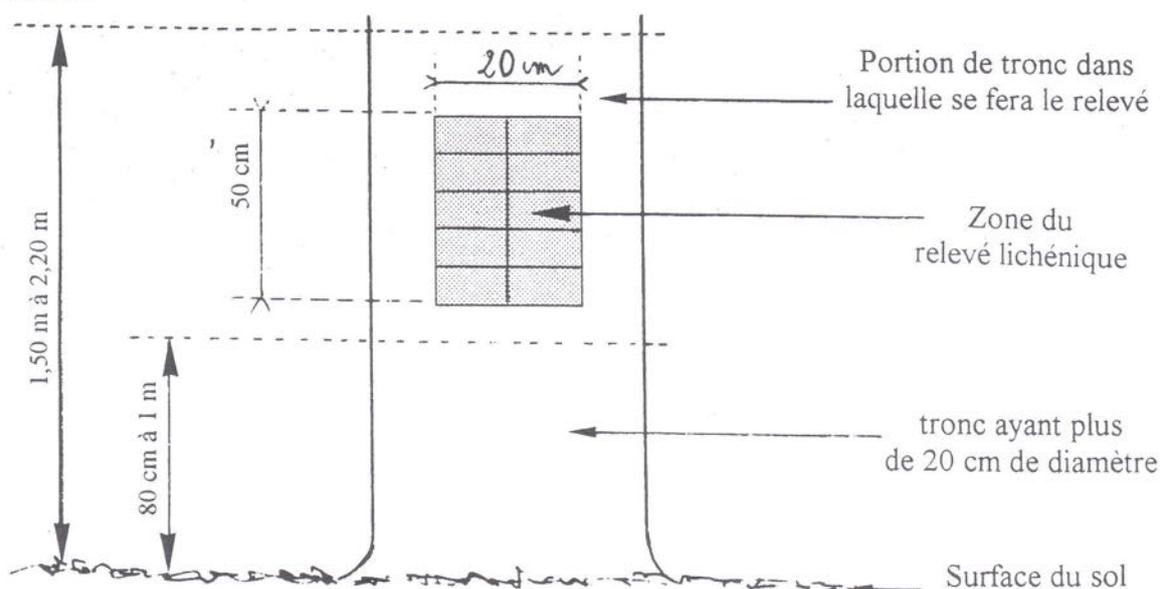
Plus les paramètres climatiques et substratiques sont constants et plus la corrélation entre la qualité de l'air et la végétation épiphyte sera étroite. C'est pourquoi la directive VDI (Verein

Deutscher Ingenieure = Association des Ingénieurs Allemands) attache beaucoup d'importance à la standardisation de ces paramètres, ce qui explique que son champ d'action soit limité à l'Europe tempérée.

Dans la mesure où les caractéristiques de l'écorce diffèrent selon les essences d'arbres, il convient de réaliser la cartographie des lichens en utilisant une seule espèce de phorophyte. Mais dans la pratique, cette condition ne peut être remplie, on doit donc utiliser des arbres ayant des caractéristiques analogues. De plus, le diamètre du tronc doit être supérieur à 20 cm. Il est évident qu'il faut veiller à ce que les arbres soient représentatifs de la zone d'étude et montrent des caractéristiques comparables.

2) Relevé des lichens

La saisie qualitative (nature des espèces) et quantitative (fréquence des espèces) des lichens sur le tronc est également réalisée en suivant un protocole très rigoureux : les lichens sont recensés à l'intérieur d'une surface de relevé bien définie sur la partie du tronc la plus colonisée.



Sur une fiche lichénologique, on note le nombre de case de la grille dans lesquelles une espèce donnée est présente. Cette procédure est répétée pour toutes les espèces présentes à l'intérieur de la grille. La fréquence d'une espèce varie donc de 0 à 10. Cette méthode ne prend en compte que les lichens qui sont relativement fréquents en Europe tempérée. Les espèces faciles à confondre sont regroupées en espèces collectives ce qui permettra d'éviter les erreurs de détermination (ex : *Lecanora* sp).

L'indice de qualité de l'air d'une station est calculé de la manière suivante : tout d'abord, on calcule la fréquence moyenne de chaque espèce de lichens présente sur les 5 arbres ; ensuite

on additionne les fréquences des différentes espèces observées. On obtient la somme des fréquences = Indice de la qualité de l'air = IQA.

La directive VDI propose un nouveau procédé d'estimation des classes de qualité de l'air. En se basant sur un nombre important de cartographies réalisées en Europe tempérée, on a pu déterminer une amplitude moyenne représentative du secteur géographique concerné. Une amplitude de classe de 12.5 permet d'identifier 6 zones de qualité de l'air corrélées à une échelle de couleurs ainsi qu'à une estimation relative de la pollution correspondante.

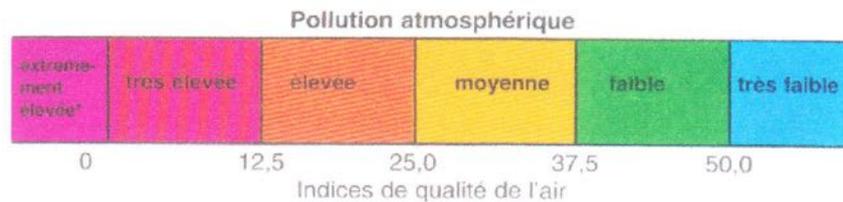


Fig. 7 : échelle d'évaluation des classes de qualité de l'air pour l'Europe tempérée (amplitude des classes : 12,5).

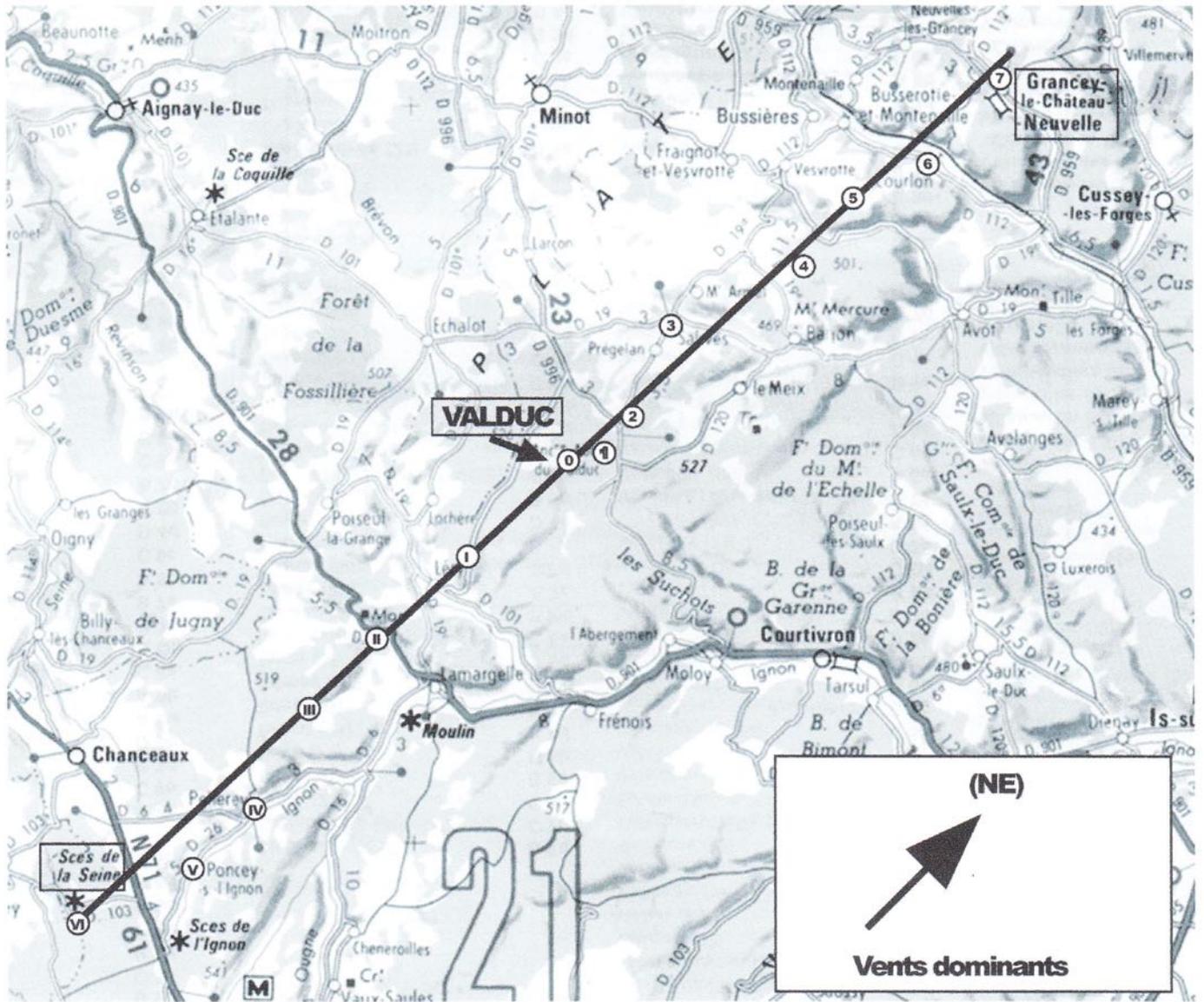
3) Toxité

Une première estimation de la pollution de l'air peut être donnée à partir de l'indice de toxicité (1 à 9) de chaque espèce. Cette valeur est d'autant plus basse que l'espèce correspondante est sensible et caractérisera d'autant mieux l'état de la qualité de l'air. A l'inverse, une valeur élevée ne peut permettre de conclure à une forte pollution car la plupart des espèces résistantes apparaissent également sous une pollution plus faible. Naturellement, il n'existe aucune situation standard en matière de pollution, de plus, les différents polluants agissent à des degrés très variables sur les lichens. C'est pourquoi ces valeurs ne sont à utiliser qu'à titre indicatif. (voir tableau au dos p14)

III. SITE DE REFERENCE :

Théoriquement, il faudrait également réaliser un transect régulier sous les vents dominants d'un site le plus semblable possible de celui où est placé le centre de Valduc (même sol, même type de végétation, même altitude, même ensoleillement, même pluviométrie) mais à une distance suffisamment éloignée des rejets de tritium de Valduc. Or ceci ne semble guère possible puisque nous n'aurons jamais la même variation d'altitude, les mêmes successions cultures/forêts/villages, etc... Il m'a semblé alors préférable de réaliser des relevés dans des habitats semblables à ceux rencontrés sur le terrain mais qui ne seront pas situés sur un même transect. Par exemple pour l'habitat « village » j'effectuerai des relevés dans des villages similaires aux villages rencontrés sur le transect comme Salives ou Courlon.

TRANSECT DES POINTS DE RECENSEMENT DES LICHENS AUTOUR DE VALDUC



Références

Lecanora conizaeoides	9	Pseudovernia furfuracea	6
Lepraria sp	9	Evernia prunastri	5
Buellia punctata	6	Parmelia tiliacea	5
Hypogymnia physodes	9	Platismatia glauca	5
Parmelia sulcata	8	Ramalina farinacea	5
Phaeophysia orbicularis	8	Xanthoria candelaria	5
Physcia adscendens	8	Bryoria fuscescens	4
Physcia tenella	8	Pertusaria albescens	4
Physconia grisea	8	Pertusaria amara	4
Xanthoria parietina	7	Pertusaria pertusa	4
Xanthoria polycarpa	7	Physcia aipolia/stellaris	4
Candellaria xanthostigma	7	Unea sp	3
Hypogymnia tubulosa	6	Parmelia caperata	3
Lecidella alaeochroma	6	Parmellia pastillifera	3
Parmelia acetabulum	6	Anaptychia ciliaris	2
Parmelia subrudecta	6	Ramalina fastigiata	2
Phlyctis argena	6	Ramalina fraxinea	2
Lecanora sp (moy)	6		

Indices de toxicotolerance des lichens

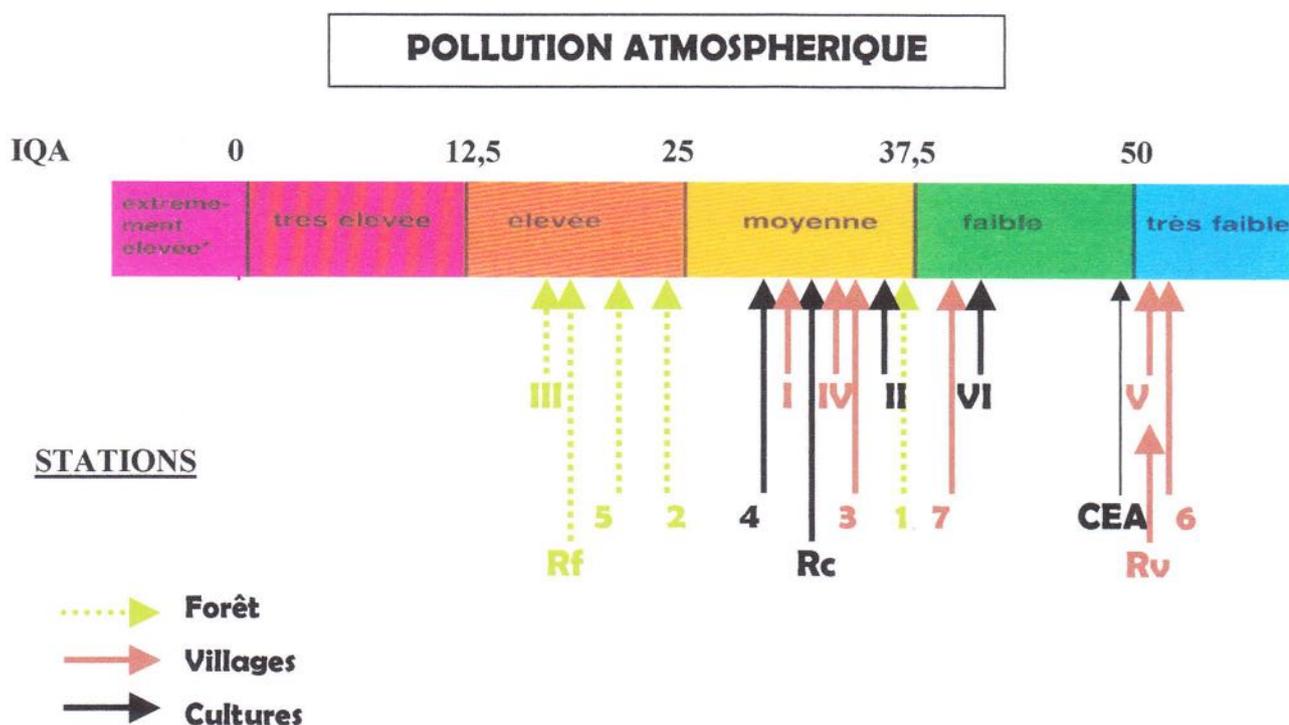
RESULTATS

RESULTATS DU STAGE

Lorsque l'on fait la moyenne des IQA (Indice de la qualité de l'air), on s'aperçoit que dans l'ensemble, l'air de la région de Valduc est de bonne qualité. (IQA moyen sans les forêts = 41).

Théoriquement, plus la pollution atmosphérique est grande, moins il y a de lichens sur les arbres mais ceci n'est pas applicable pour l'habitat « forêt » où d'autres facteurs interviennent. En effet, la faible lumière et la présence de mousse et de lierre empêchent l'installation des lichens sur le tronc. Les lichens sont alors présents en haut des troncs nus et ne peuvent être recensés sur la grille de relevé. C'est pourquoi l'indice de qualité de l'air est faible dans les forêts (aux alentours de 17 ce qui correspond normalement à un niveau de pollution élevé). Dans la station « zone château », les lichens ont été recensés sur des arbres situés sur une zone à découvert au milieu de la forêt. Les quelques arbres conservés sont isolés les uns des autres et exposés au soleil. Les conditions sont meilleures pour l'installation des lichens et l'IQA remonte à 42.2 alors que c'est un habitat forêt .Ceci confirme le fait que les forêts ne sont pas des milieux plus pollués mais des milieux particuliers où l'application de cette méthode ne donne pas des résultats représentatifs.

Situation des différentes stations sur l'échelle des IQA :



VI :	Sources de la Seine	IQA=44.4 ; zone G
V :	Poncey –sur-Ignon	IQA=50.2 ; zone G (81 hbts)
IV :	Pellerey-sur-Ignon	IQA=34.2 ; zone F (103 hbts)
III :	forêt les Chafauds	IQA=17.7 ; zone F
II :	Le crot aux Pommiers	IQA=37.8 ; zone G
I :	Lery	IQA=31.8 ; zone G (235 hbts)
CEA		IQA=50 ; zone F
1 :	Zone château	IQA=42.2 ; zone F
2 :	forêt Bois brûlé	IQA=24.4 ; zone F
3 :	Salive	IQA=34.8 ; zone G (232 hbts)
4 :	culture près de Barjon	IQA=29 ; zone F
5 :	forêt près de Vesvrotte	IQA=21.8 ; zone F
6 :	Courlon	IQA =52.4 ; zone G (50 hbts)
7 :	Grancey-le-Château	IQA=42.8 ;zone F (202hbts)
Rc=	Référence Culture	IQA=33.2 ; zone G
Rf=	Référence forêt	IQA=18.2 ;zone F
Rv=	Référence Village	IQA=50.2 ; zone F (441hbts)

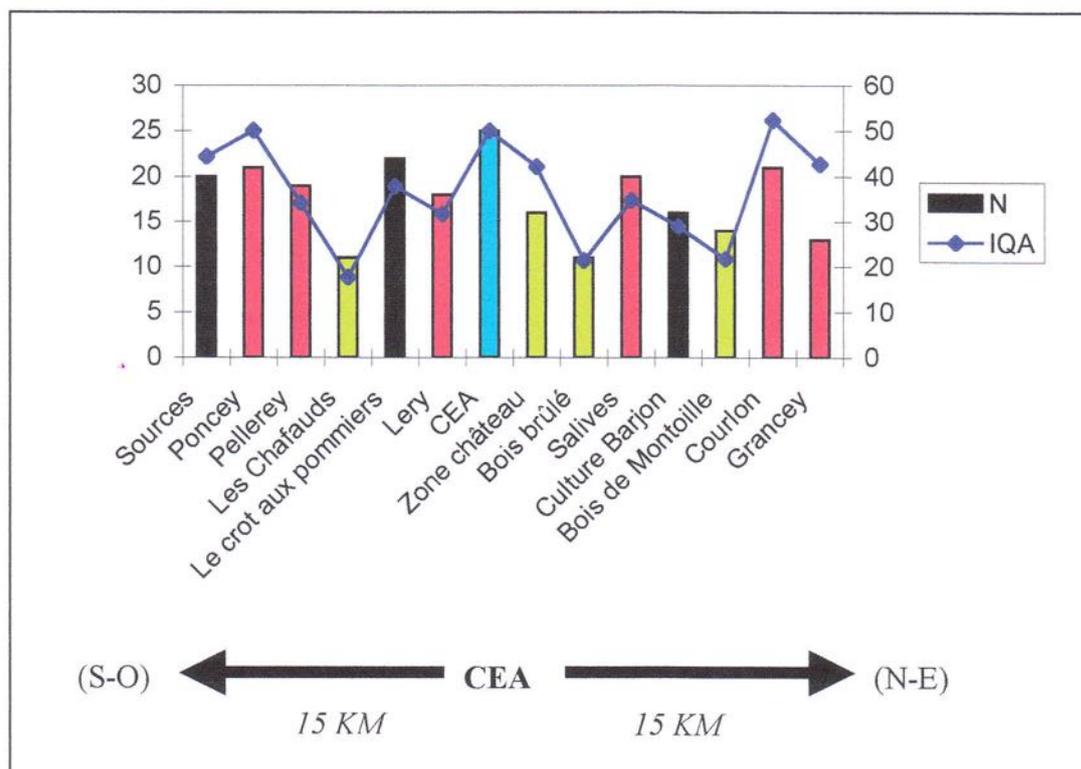
IQA moyen pour chaque type d'habitat :

Habitat « Village » : IQA=41
Habitat « Cultures » : IQA=37
Habitat »Forêt » : IQA=21.3

En moyenne, l'air semble de meilleure qualité dans les villages que dans les cultures.

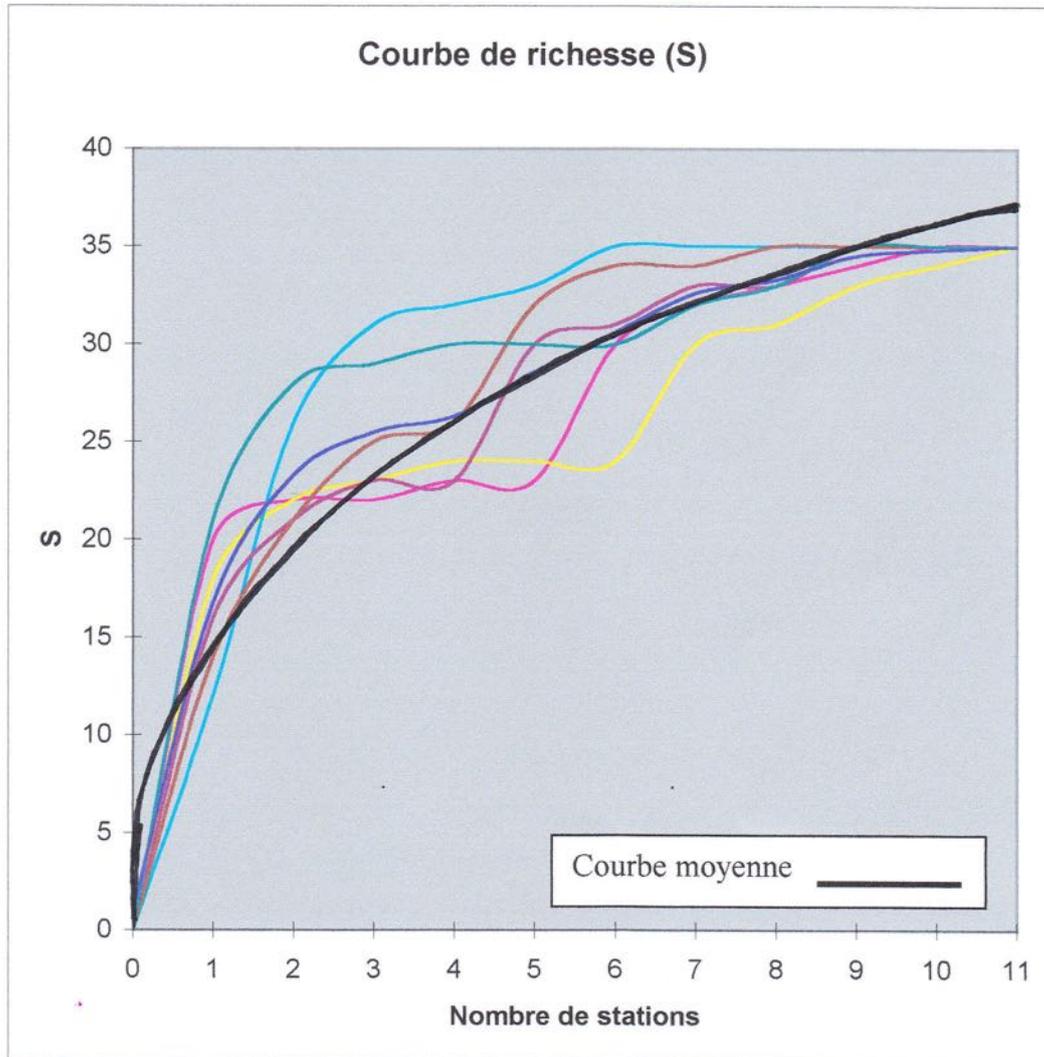
RECENSEMENT DES ESPECES :

1- Indice de qualité de l'air (IQA) et nombre d'espèces (N) à chaque station :



L'indice de qualité de l'air est en fonction du nombre d'espèces présentes (N) et du nombre d'individus de chaque espèce . Plus la diversité et l'abondance sont grandes, plus l'indice de qualité de l'air sera grand. Ce graphique montre bien la relation entre N et IQA : les deux variables évoluent dans le même sens (plus N est grand, et plus l'IQA est grand) . L'IQA au CEA est grand car il y a beaucoup d'individus et beaucoup d'espèces ; l'IQA à Courlon est plus grand qu'au CEA alors qu'il y a moins d'espèces : il y a en fait plus d'individus par espèces.

Courbe de richesse cumulée :



La courbe de richesse cumulée tend vers un plateau. Si on extrapole la courbe on s'aperçoit que le plateau semble atteint vers 45 ; on en déduit que dans la région du transect on peut recenser environ 45 espèces de lichens.

3- Tableau de présence/absence des différentes espèces lichéniques

	VI	V	IV	II	I	CEA	1	3	4	6	7	Remarques
Espèces toujours présentes												
Lecanora sp												
Lepraria sp												
Parmelia sulcata												
Evernia prunastri												
Ramalina farinacea												
Parmelia sp brun												
Parmelia caperata												
Lecidella alaeochroma												
Phlyctis argena												

Espèces souvent présentes

Parmelia acetabulum												
Parmelia albescens												
Ramalina fastigiata												

Espèces irrégulières

Hypogymnia physodes												
Parmelia subrudecta												
Parmelia tiliacea/pastillifera												
Parmelia amara												

Espèces rarement présentes

Parmelia grisea												
Pleurococcus viridis												
Buelia punctata												
Lecanora conizaeoides												
Parmelia revoluta												
Parmelia reticulata												
Parmelia soledians												
Parmelia pulverulacea												
Xanthoria candelaria												
Candellaria xanthostigma												
Physcia tenella												
Hypogymnia tubulosa												
Xanthoria polycarpa												
Parmelia perlata												
Parmelia aipola/stellaris												

a
a
a
b'
b'
b'
b'
b'
b
c
d
b
b

Espèces à répartition particulière

Parmelia furfuracea												
Parmelia orbicularis												
Physcia adscendens												
Ramalina fraxinea												
Xanthoria parietina												
Anaptychia ciliaris												
Pertusaria pertusa												

e
f

a: espèces généralement présentes dans les lieux pollués comme les villes, à la base des troncs.

b: espèces absentes ou confondues avec d'autres semblables (b': non mentionnées dans le livre de détermination des lichens que j'avais à disposition)

c: espèce présente en montagne, d'où sa présence uniquement au CEA dont le site est placé sur un plateau à environ 500 m d'altitude.

d: espèce peu fréquente

e: espèce très sensible située sur les troncs exposés au vent

f: espèce surtout présente en forêt sur les troncs lisse (hêtre)

DISCUSSION/PROPOSITIONS

I. DISCUSSION SUR LES RESULTATS DU STAGE

Un niveau moyen de pollution faible dans la région de Valduc est un résultat cohérent puisqu'il n'y a pas de bâtiments industriels dans cette région de la Côte d'Or où la densité de population est faible. L'écart type de 12.5 des différentes classes n'apporte pas une grande précision mais permet d'avoir un ordre d'idée sur le niveau de pollution de l'air.

Les résultats sont difficiles à analyser car plusieurs facteurs ont pu les biaiser :

-Les erreurs d'échantillonnage

Plus de 40 espèces de lichens sont à reconnaître dans la fiche lichénologique. Certaines se ressemblent beaucoup et nécessitent l'utilisation des réactifs chimiques. La pluie entraîne un changement de la forme et de la couleur des thalles ce qui rend encore plus difficile la détermination (voir photo en annexes). Certains thalles sont broutés par des chenilles ou parasités par des champignons parasites et ne ressemblent plus au thalle d'origine. Quelques erreurs dans la détermination des différentes espèces ont donc certainement été commises. Moins probable, des erreurs ont également pu avoir lieu dans le comptage des fréquences.

-L'orientation

Selon l'orientation du tronc, la population lichénique sera différente(exposition au vent, effet de lisière en bordure des forêts où les lichens poussent du côté ouvert). Sur chaque arbre il faut choisir la partie du tronc la plus intéressante avant d'y fixer la grille c'est-à-dire la partie où le recouvrement du tronc et où la diversité spécifique sont les plus importantes. Les résultats seront différents selon le choix du lieu de pose de la grille. Mais dans tous les cas toutes les espèces sont recensées puisque les espèces se situant hors du cadre sont notées sur la fiche. Ce sont les fréquences qui varient.

-Le type d'arbre

Bien qu'il n'y ait pas d'échanges entre les lichens et leur support, on ne trouve pas les mêmes espèces sur deux arbres de la même station. En effet, certaines espèces(ex *Lecanora conizaeoides*) de lichens s'installent préférentiellement sur les troncs acides comme le chêne, d'autres sur les troncs subneutres comme le pommier (ex *Parmelia acetabulum*). On ne prend pas les conifères car ils portent généralement peu de lichens. Globalement, les arbres les plus intéressants du point de vue lichens sont les arbres d'alignement à écorce rugueuse. On peut donc penser que pour une même station géographique, on n'aura pas la même flore lichénique selon les arbres présents. On observe même des différences entre deux arbres de la même

espèce et du même âge , côte à côte dans la même station. En général, on retrouve les mêmes espèces de lichens et ce ne sont que les fréquences qui changent. Par exemple pour la fiche « référence culture » tous les arbres sont des noyers du même âge, alignés le long de la bordure d'un pré. Sur les 19 espèces recensées dans la station, aucune n'est présente sur tous les arbres et cinq ne sont présentes que sur un seul des arbres.

Quelques stations intéressantes :

-La station « CEA » montre un IQA fort malgré les véhicules qui circulent sur le centre (rappelons qu'il y a entre 1000 et 1500 employés).L'air y est d'une bonne à très bonne qualité d'après les résultats mais il n'y a pas d'espèces présentant une faible toxitolérance. Puisque c'est sur le site du Centre qu'il y a le plus de tritium dans l'air, on ne peut pas conclure à un effet néfaste du tritium sur la flore lichénique qui y est riche.

-Entre Salives et le CEA, nous avons observé quelques grands arbres d'alignement le long de la route D996. Ceux-ci montraient une forte densité d'*Anaptychia ciliaris* aux thalles qualifiés d'exceptionnels en direction du sud-ouest c'est-à-dire face aux vents dominants provenant du CEA. Ces observations confirment tout d'abord la préférence de cette espèce à s'installer dans des endroits bien ventilés et humides. De plus, cette espèce présente un indice de toxitolérance très faible (=2) et n'est présente que dans les zones indemnes de la pollution. Le tritium ne serait donc pas à assimiler à un polluant au niveau des lichens.

-L'IQA de Courlon est plus grand que celui de Grancey-le-Château, ce qui s'explique certainement par une population plus faible(50 contre 292).Par contre l'IQA de Gancey est plus grand que celui de Salives où il y a 230 habitants. Peut-on en conclure que l'air à Salives est plus pollué que celui de Grancey ?

-Le village choisi en référence montre un IQA fort ce qui paraît un peu surprenant puisque la région est plus peuplée que celle de Valduc et recouverte de vignobles (habitat « culture »). Mais on peut remarquer sur la fiche lichénologique qu'il n'y a pas d'espèces sensibles à la pollution ; c'est une zone F, comme le CEA.

Un faible IQA est plus difficile à analyser. En effet, même si l'on peut montrer par cette technique qu'un site semble plus pollué qu'un autre, on peut difficilement en expliquer les causes, puisqu'elle n'indique pas la nature du polluant.

Tableau des présences/absences des espèces lichéniques :

Quelque espèces apparaissent intéressantes dans ce tableau : certaines ne sont présentes que dans les stations de la partie sud-ouest du CEA puis ne réapparaissent dans la partie nord-est

que plus loin du CEA ; c'est le cas pour *Ramalina fraxinea* et *Phaeophyscia orbicularis*. On observe la même chose pour *Physcia adscendens* et *Xanthoria parietina* mais ces deux espèces sont présentes sur le site du CEA où il y a le plus de tritium. Le tritium n'expliquerait pas cette répartition. On ne peut pas en déduire que le mode de répartition de certaines espèces s'explique par une sensibilité plus grande au tritium. Un classement des espèces lichéniques selon leur sensibilité aux concentrations de tritium ne semble alors pas possible à réaliser.

II. DISCUSSION SUR LES RESULTATS DE LA CAMPAGNE D'ANALYSE 2000 SUR LES LICHENS

D'après- « Recherche de tritium organiquement lié dans les lichens des environs de Valduc » par O.Daillant, C.Gueidan, G.Pigree)

-« Confrontation des résultats de la campagne d'analyse 2000 » (réunion CEA/SEIVA)

-« Campagne 2000 Lichens » (O.Daillant)

Tout d'abord, on considère que les différences observées ne sont pas significatives et que les résultats sont similaires. Elles peuvent être dues à un mauvais partage de l'échantillon en deux parts (homogénéisation) ou à un mode de calcul différent du pourcentage d'eau de combustion.

D'après les résultats, on peut distinguer plusieurs zones :

- Une zone proche du centre où la contamination des lichens est élevée : elle a pour ordre de grandeur le millier de Becquerels par Kg de masse sèche.
- Une zone sous les vents un peu éloignée du CEA où la contamination des échantillons jeunes a pour ordre de grandeur la centaine de Bq/Kg.
- Une zone sous les vents plus éloignée du CEA (15 Km) où la contamination reste sensible
- Une zone plus au sud assez éloignée où la contamination tourne autour de 70 Bq/Kg.

Etendue géographique des retombées tritiées :

Le nombre d'échantillons analysés est insuffisant pour envisager une véritable cartographie de la charge en tritium. Les éléments disponibles permettent néanmoins de penser à une zone proche du centre contaminée dans toutes les directions, à des degrés divers selon l'éloignement, mais indépendamment de la direction du vent ; cela pourrait correspondre à des émissions en l'absence de vent et à des remises en circulation, avec un niveau d'activité décroissant de façon concentrique.

Un second mode de retombée semble avoir suivi de façon classique le panache des émissions des vents en direction du nord-est, comme en témoignent les contaminations plus importantes à Salives. Cette contamination semble décroître avec l'éloignement, comme on le constate à Grancey-le-Château. Elle continue sans doute au-delà en diminuant, mais sans que nous n'en connaissions les limites.

L'exploitation des résultats permet de déduire le niveau d'activité minimum de l'eau de pluie ou de la vapeur d'eau auxquels les lichens ont été exposés. L'étude du mécanisme d'absorption du tritium par les lichens sous forme HT et HTO est une piste qu'il convient de suivre pour relier les concentrations trouvées aujourd'hui dans les lichens aux teneurs de l'environnement à l'époque. Ainsi, près de l'Etang de Valduc, les exemplaires « vieux » sont pour la plupart moins contaminés que les « jeunes »(20ans). Ils étaient sans doute déjà bien développés au moment des pics d'émission de tritium. Ailleurs, les exemplaires jeunes présentent régulièrement des activités inférieures à celles des lichens vieux. Ces considérations semblent confirmer que les retombées dont témoignent les lichens ont été les plus fortes entre le milieu des années 70 et celui des années 80.

Normalement, plus le lichen est âgé, plus il a accumulé, mais les résultats obtenus ne permettent pas de relier de façon nette la mesure avec l'âge des lichens. Ceci peut être expliqué par le phénomène de période effective. En effet, à la demi-vie physique, il faut associer la demi-vie biologique de l'hydrogène (tritium) dans les tissus et les réserves des lichens. La prise en compte de ces deux période conduit à la notion de période effective. Le « turnover » des réserves ou des structures membranaires du mycobionte est mal connu mais sans doute beaucoup plus long que chez la plupart des organismes supérieurs.

Au vue de ces résultats, il est opportun d'approfondir les recherches afin de connaître la période effective du tritium dans les lichens et donc d'appréhender plus précisément les niveaux dans le temps. Ainsi, des transplants de lichens contaminés vers des zones « pures » et des analyses échelonnées dans le temps permettront-elles de connaître mieux le temps de résidence du tritium dans les lichens(période effective) et donc l'activité moyenne de l'eau de pluie et de la vapeur d'eau dans le passé. Ceci permettrait également de savoir si cette période est exponentielle ou se décompose en paliers.

III. PROPOSITIONS

1-L'idéal serait une combinaison entre la méthode utilisée par la SEIVA lors de la campagne d'analyse sur les lichens et celle de cette étude. Il faudrait prélever la même espèce

lichénique à chaque station du transect et mesurer la contamination par le tritium en laboratoire. Les résultats de ce stage peuvent aider au choix de l'espèce à prélever. En effet, le tableau des présences/absences montre que seuls les groupes *Lecanora* sp. et *Lepraria* sp. sont présents dans toutes les stations. Mais ce sont des thalles de type crustacé et on ne peut les prélever sans enlever l'écorce du tronc ; or il ne faut que le thalle seul pour l'analyse en laboratoire. De plus, ce sont des groupes qui rassemblent plusieurs espèces : même si le groupe est toujours présent, toutes les espèces qu'il regroupe ne le sont certainement pas. Si l'on ne tient pas compte de l'habitat forêt qui n'est pas représentatif, 5 espèces sont alors présentes dans toutes les stations : *Ramalina farinacea*, *Evernia prunastri*, *Parmelia sulcata* et *Parmelia caperata* (et *Parmelia* sp. brun mais qui est un groupe). De plus, ce sont des thalles de type fruticuleux (*Evernia prunastri* et *Ramalina farinacea*) et foliacés (*Parmelia caperata* et *Parmelia sulcata*) ; ce sont les deux types de thalles les moins attachés au substrat. Elles apparaissent même dans quelques une des stations en forêt et ont déjà été utilisées lors de la campagne d'analyse. Un dernier avantage : ces espèces sont facilement identifiables.

En conclusion, le prélèvement régulier le long de ce même transect de *Ramalina farinacea* par exemple et suivi de son analyse en laboratoire serait une étude très intéressante pour étudier la variation de la concentration en tritium dans les lichens avec la distance au Centre.

2-Autre étude proposée par l'observatoire mycologique : le transplant de lichens « vierges » (sans marquage de tritium) dans la zone proche du Centre soumise aux rejets de tritium avec suivi en parallèle des teneurs en HT/HTO dans l'atmosphère pendant le temps d'exposition. Ces lichens seraient des lichens à cyanobactéries qui dépendent de l'eau de pluie et qui n'absorbent le tritium que sous sa forme HTO liquide.

CONCLUSION SUR L'ETUDE

La directive VDI utilise les lichens corticoles en tant que bio-indicateurs de la qualité de l'air . Elle nous a permis de classer et de comparer les différentes stations sur l'échelle d'évaluation de la qualité de l'air . Cette méthode est relativement facile à réaliser bien qu'elle nécessite une bonne capacité de reconnaissance des différentes espèces lichéniques . Elle ne s'applique pas aux forêts où d'autres facteurs interviennent . De nombreuses variables entrent en jeu dans ce genre d'étude et l'interprétation des résultats est alors délicate (nature, âge et orientation de l'arbre, type de station ,erreurs de manipulation...) . Mais dans l'ensemble les résultats semblent cohérents puisqu'ils montrent une bonne qualité de l'air dans la région de Valduc où , rappelons-le , la densité de population est faible.

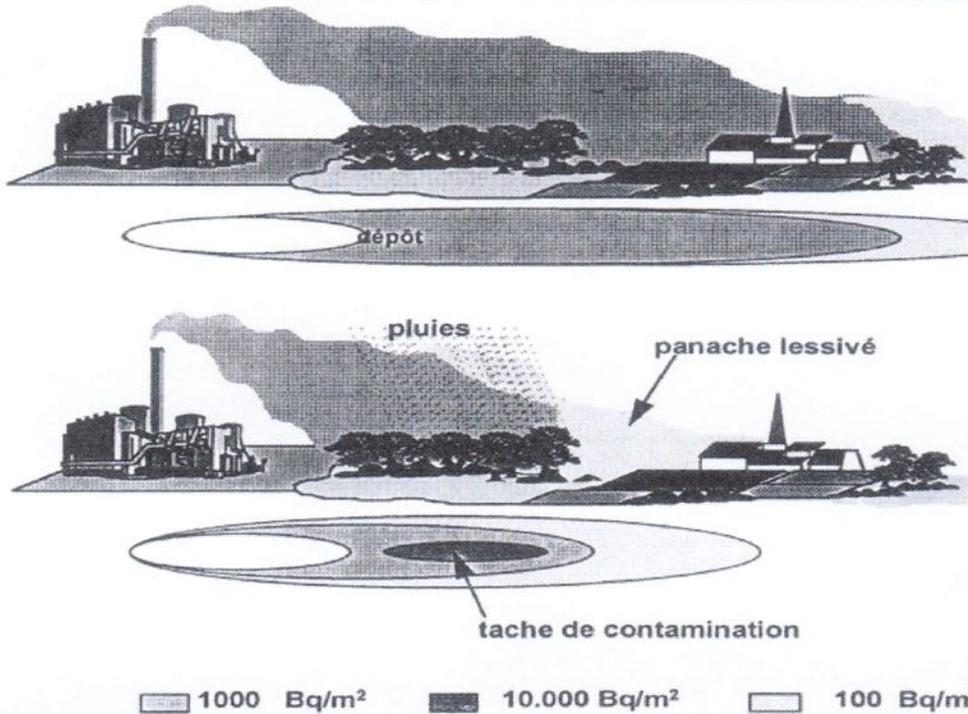
Les différentes récentes études sur les lichens ont montré que le tritium s'accumule dans les thalles des lichens et qu'il y est présent à plus forte concentration dans ceux situés à proximité du centre que dans ceux situés plus loin comme à Grancey- le- Château . Or , l'application de cette méthode montre un niveau de pollution atmosphérique très faible sur le site du CEA alors que c'est là où la teneur atmosphérique en tritium est la plus forte . On peut donc poser deux hypothèses : cette méthode s'applique aux polluants comme le SO₂ mais ce n'est pas le cas pour le tritium ou alors celui-ci est en trop faible quantité pour entraîner des modifications de la répartition des espèces lichéniques . On peut juste remarquer sur la fiche lichénologique qu'il n'y a pas d'espèces très sensibles à la pollution atmosphérique (zone G) présentes sur le site . Quoiqu'il en soit , un classement des espèces selon leur sensibilité aux différentes concentration de tritium, comme il a déjà été fait pour le SO₂, ne semble alors pas possible à réaliser . Ces résultats sont donc à titre indicatif et nécessitent certainement d'autres expérimentations plus poussées ; ils permettent d'avoir un ordre d'idée sur la qualité de l'air locale.

Le recensement des espèces lichéniques corticoles le long de ce transect pourra aider à la réalisation d'autres projets scientifiques puisqu'il a permis de savoir quelles espèces seraient les plus intéressantes à prélever. Ces prochaines études portées sur les lichens réalisées par le CEA et la SEIVA ou par d'autres organismes tels que l'Observatoire mycologique ou encore l'Association Française de Lichénologie pourront peut-être apporter plus d'informations sur l'interaction tritium/lichens et ainsi confirmer ou infirmer les différentes hypothèses amenées par les résultats de cette étude.

En conclusion, cette étude sur le tritium et les lichens corticoles peut être considérée comme une ouverture à d'autres études plus poussées qui auront lieu par la suite.

BIBLIOGRAPHIE

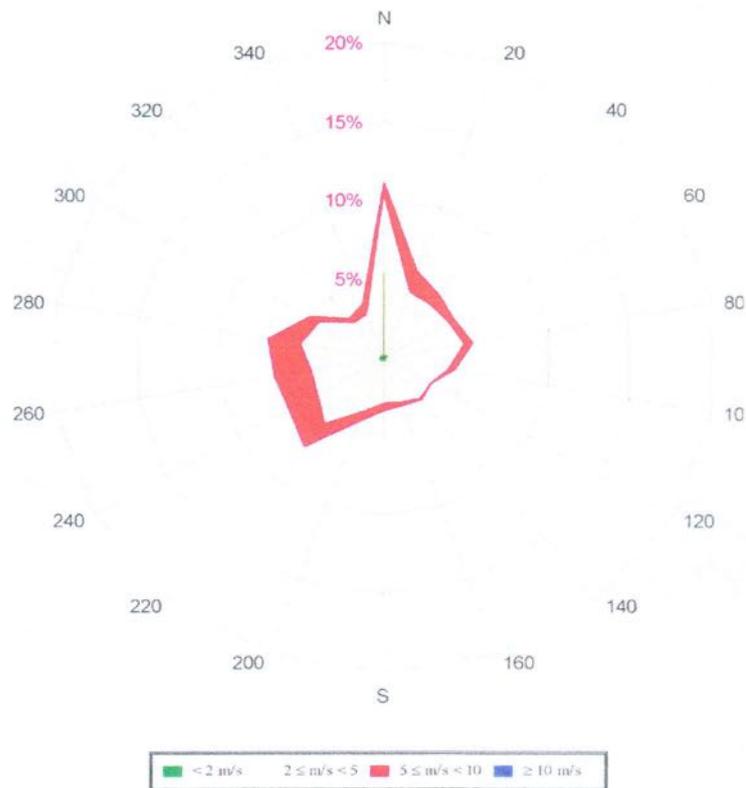
- 1) VAN HALUWYN.C.&.M.LEROND-1993-Guide des Lichens ;Lechevallier,344p.
- 2) KIRSCHAUM.U.&.U.WIRTH-1997-Les Lichens bioindicateurs.Les reconnaître, évaluer la qualité de l'air. (traduit de l'allemand par C. Van Haluwyn et JP.Gavériaux),128p.
- 3) GAVERIAUX.JP.-1999-Les lichens et la bioindication de la qualité de l'air (guide technique à l'usage des professeurs des collèges et des Lycées),58 p.
- 4) LALLEMAND.R.&.DERUELLE.S-1983-Les lichens témoins de la pollution ;thèmes Vuibert Université,biologie,108p.
- 5) BELOT.Y.&.ROY.M.&.METIVIER.H.Le tritium de l'environnement à l'homme ;édité par l'IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire),191p.
- 6) Session d'études :La Radioécologie- du 4 au 15 décembre 2000 à Cadarache- édité par l'INSTN (Institution Nationale des Sciences et Techniques Nucléaires) et le CEA :
 - *DESCAMPS.B.Etudes de sites en milieu terrestre
 - *DEVILLE-CAVELLIN.G. Le transfert des radionucléides dans le milieu atmosphérique
 - *ROUSSEL-DEBET.S & COLLE .C.Le transfert des radioéléments en milieu terrestre
 - *BAUER.E. Prise en compte de l'environnement dans la conception des installations nucléaires (complément)
 - *RENAUD.PH.L'expertise radioécologique en situation post-accidentelle.
- 7) Haut Commissariat à l'Energie Atomique-octobre 1998-Dossier de synthèse sur la contamination du centre d'études de Valduc, 2^{ème} partie.
- 8) CEPN (Centre d'étude sur l'évaluation de la Protection dans le domaine du Nucléaire)-nov 1997- dossier contenant deux notes :
 - *TORT.V.&.LEFAIVRE.C.-mars1997-Le risque associé au tritium dans l'environnement, note de synthèse.
 - *TORT.V.-mars1997-Le tritium dans l'environnement.
- 8) Magazine tri-annuels « Savoir et Comprendre », édité par la SEIVA.
- 10) Divers polycopiés rédigés par O.DAILLANT sur la campagne d'analyse Lichens 2000,disponibles à la SEIVA.



L'air contaminé se déplace avec les vents. Par temps sec, les aérosols radioactifs vont rencontrer le sol à une distance plus ou moins grande du lieu du rejet (qui dépend de la vitesse du vent et du gradient de température) créant ainsi des dépôts de radioactivité. Avec l'éloignement la masse d'air est de moins en moins contaminée en raison de la dilution et de l'interception par les éléments présents à la surface du sol (végétation, bâtiments...). En cas de pluie les gouttes d'eau se chargent en radioactivité en traversant l'air, entraînant le lessivage du panache. Ceci conduit localement à une densité de contamination plus importante (tache). Mais la masse d'air ainsi nettoyée donne après l'épisode pluvieux, des dépôts moins importants.

Figure 1 : Effet de la pluie sur la densité de contamination (dépôt)

Fréquence des vents à 10 mètres (alt. 500 m)
du 01/01/1995 au 31/12/1999



Temps calme : 6,01 %

Nombre d'observations horaires : 40156 sur 43800 possibles



Fiche n°

0

		1	2	3	4	5		
	Arbre	chaine	chaine	évalle	chaine	chaine		
	Diamètre	25cm	25cm	30cm	20cm	20cm		
	Orientation	ouest	NO	NO	Est	Est		
Zone							Fréquence moyenne	
A	Pleurococcus viridis							
B	Buelia punctata							
	Lecanora conizaeoides							
C	Lecanora sp (bruns/blancs)	4	8	5	2	6	1	3,2
	Lepraria sp	HC	HC	HC	2	HC	1	2,2
D	Lecidella elaeochroma	2	5					1,4
	Physcia tenella		2				HC	0,6
	Xanthoria polycarpa							
E	Candellaria xanthostigma							
	Evernia prunastri	1	5	6			HC	2,6
	hypogemnia physodes	3	2	5	9	8		5,4
	Parmelia sulcata	10	10	10	8	10		9,6
	Pseudovernia furfuracea	HC	4	1	7	3		3,2
	Physcia adscendens	1	HC	6				1,6
	Xanthoria parietina	HC						0,2
F	Parmelia acetabulum	2		HC	HC	1		1
	Parmelia caperata		2					0,4
	Parmelia sp brun	3	6	2	2	7		4
	Pertusaria albescens	HC	5	1			HC	1,6
	Parmelia soredians							
	Parmelia subrudecta	HC	HC	1	HC			0,8
	Parmelia tiliacea/pastillifera	HC		HC	HC			0,6
	Pertusaria amara	HC		HC	6	3		2,2
	Pertusaria pertusa				HC	5		1,2
	Phaeophyscia orbicularis							
	Phlyctis argena	3	5	2	1	2		2,6
	Physconia grisea							
	Ramalina farinacea	HC	1	1				0,6
	Ramalina fastigiata	HC						0,2
	Xanthoria candelaria							
G	Anaptychia ciliaris							
	Parmelia perlata							
	Parmelia reticulata							
	Parmelia revoluta							
	Physcia aipolia/stellaris							
	Physconia pulverulacea							
	Ramalina fraxinea							
	AUTRES							
	Graphis scripta	HC						0,2
	cladonia / Opegrapha atra	HC						0,2
	Usnea (3)		HC	HC				0,4
	Hypogymnia tubulosa (6)	HC	7		5	6		3,8
	Bryoria fuscenscens (4)							
	Platismatia glauca							
Indice de la qualité de l'air								50

LIEU: C.E.A

DATE: 9 avril 2001

REMARQUES: Arbes vers le repatoire
IGN n° 3021.0
2289-2290/490-792



LICHENS ET MILIEUX AQUATIQUES : 2 ÉTUDES EN COURS À LA SEIVA



Salives

Édith Gaudillère de l'Université de Bourgogne, et Samuel Diesnis de l'Université de Poitiers, étudiants en maîtrise de biologie des populations et des écosystèmes, sont accueillis par la Seiva depuis fin janvier pour une durée de 4 mois. Ils étudient, dans le cadre de leur stage de maîtrise, l'impact des activités de Valduc sur l'environnement.

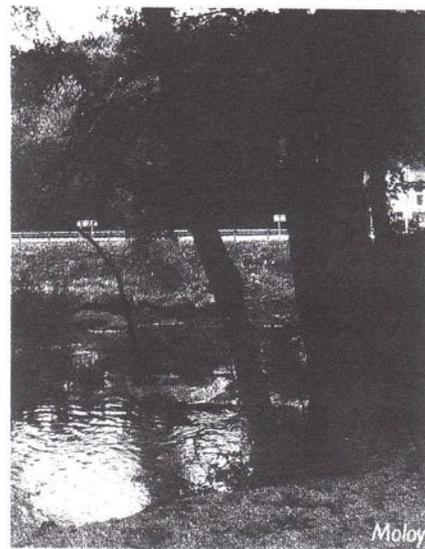
La première étude consiste à déterminer l'impact de la radioactivité sur les lichens, au moyen d'un inventaire des espèces présentes à différentes distances du CEA, sous les vents dominants. Les lichens sont classiquement utilisés pour déterminer la présence de polluants tels qu'oxydes d'azote ou de soufre dans les villes : peut-on faire de même avec les radionucléides ?

Cette étude se basera sur les résultats de la campagne d'analyses 2000 de la Seiva sur les lichens (résultats à paraître dans le prochain numéro de *Savoir & Comprendre*), et sur les études menées autour de Tchernobyl.

L'objectif de la seconde étude est de suivre l'impact des activités de Valduc au travers d'indicateurs pertinents dans les cours d'eau (sédiments, mousses, mollusques...). Le tritium se fixe en effet de préférence dans les molécules d'eau, d'où l'idée de s'intéresser aux rivières. Le milieu aquatique présente une grande variété d'indicateurs, et de nombreuses utilisations : agriculture, pêche, eau de boisson... L'étude se basera sur les résultats d'analyse de la Seiva, de la DDASS et du CEA. Le plan de suivi comportera une zone de référence hors de la zone d'influence de Valduc, à laquelle seront comparés les échantillons analysés.

Ces deux mémoires seront soutenus en juin devant les jury des Universités de Poitiers et de Bourgogne. Catherine Saut, chargée de mission de la Seiva, encadrera les stagiaires pendant ces 4 mois.

A.C.



Maloy