

## Mémoire de stage

### **Biosurveillance de la qualité de l'air dans la région d'Ajaccio : mise en œuvre de quelques protocoles et d'opérations de communication.**

Stage réalisé au sein de Qualitair Corse, Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'air



*Evernia prunasti* [10]



Centrale thermique du Vaggio



*Petunia hybrida*

Présenté pour l'obtention du DUT Génie Biologique  
Option Génie de l'Environnement

Préparé sous la direction de M. SAVELLI Jean-Luc

Présenté et soutenu par Mlle CASALE Rosanna

Session de Juin 2006

## **Remerciements**

Un grand nombre de personnes m'ont aidée durant cette période de stage, tant par leur contribution technique que par leur soutien moral.

Tout d'abord merci à Qualitair Corse pour leur accueil chaleureux durant ces dix semaines.

Je tiens à remercier M. Jean Luc Savelli, Directeur de l'association, et M. Floran Pin, responsable technique.

Merci également à Mlle Nasica, pour m'avoir encadrée et pour son aide lors de la rédaction de ce mémoire.

J'adresse également mes remerciements à M. Notton, qui m'a proposé ce stage, et m'a toujours judicieusement conseillée.

Je n'oublie pas M. Jean Marc Seta, qui m'a fourni des documents concernant la biosurveillance, M. Garrec, Directeur du laboratoire « Pollution atmosphérique » de l'INRA de Nancy, pour m'avoir fourni le matériel nécessaire à la réalisation du test Tabac.

Egalement un grand merci à tous les enseignants côtoyés pendant ces deux années à l'IUT, pour m'avoir transmis leurs connaissances.

# SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES, PHOTOS, TABLEAUX	IV
INTRODUCTION	1
I SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE : POLLUTION ET BIOSURVEILLANCE	3
I.1 Diversité des polluants atmosphériques	3
I.1.1 Impacts sur la santé	5
I.1.2 Impacts sur l'environnement et les matériaux de construction	6
I.2 Notions de biosurveillance	7
II EVALUATION DE LA POLLUTION AUX HYDROCARBURES : LE TEST PETUNIA	9
II.1 Principe du test	9
II.2 Matériel et méthodes	10
II.2.1 Pour le semis	10
II.2.2 Pour le repiquage	10
II.2.3 Pour la mise en place sur le site d'exposition	11
II.3 Résultats prévisionnels	13
II.4 Résultats	14
II.5 Discussion	16
II.5.1 Pour les Pétunias du site 1	16
II.5.2 Pour les Pétunias du site 2	17
II.5.3 Bilan	17
III LES AUTRES MISSIONS REALISEES AU COURS DU STAGE	18
III.1 Test pour l'ozone : utilisation du tabac	18
III.1.1 Matériel et méthodes	18
III.1.1.1 Pour le semis	18
III.1.1.2 Pour le repiquage	19
III.1.1.3 Pour la mise en place sur le site d'exposition	20

III.1.2 Discussion	22
III.2 Test pour l’ozone : utilisation d’autres végétaux supérieurs	22
III.3 Test pour la pollution globale : utilisation des Lichens	23
III.3.1 Principe de la méthode	23
III.3.2 Matériel et méthodes	23
III.3.3 Discussion	25
III.4 Conception de brochures pédagogiques à l’usage du public	26
III.4.1 Brochure informative	26
III.4.2 Plaquette pédagogique	26
III.4.3 Fiches techniques	27
CONCLUSION	28
BIBLIOGRAPHIE	V
GLOSSAIRE	VII
ANNEXES	

## **LISTE DES FIGURES**

<u>Fig 1</u> : Schéma récapitulatif de la biosurveillance	8
---	---

## **LISTE DES PHOTOS**

<u>Photo 1</u> : Pétunia	9
<u>Photo 2</u> : Pots de Pétunias disposés au pied de la station	12
<u>Photo 3</u> : Situation de la station	12
<u>Photo 4</u> : Pot 1 à gauche, pot témoin à droite (site 1)	14
<u>Photo 5</u> : Pot 2 à gauche, pot témoin à droite (site 1)	14
<u>Photo 6</u> : Pot 3 à gauche, pot témoin à droite (site 1)	15
<u>Photo 7</u> : Pot 1 à gauche du pot témoin (site 2)	15
<u>Photo 8</u> : Pot 2 à gauche du pot témoin (site 2)	15
<u>Photo 9</u> : Pot 3 à gauche du pot témoin (site 2)	16
<u>Photo 10</u> : Semis des graines de tabac	21
<u>Photo 11</u> : Germination de quelques graines	22
<u>Photo 12</u> : Plantules de tabac en cours de croissance	22

## **LISTE DES TABLEAUX**

<u>Tableau I</u> : Les polluants, leurs origines et leurs effets sur la santé	5
<u>Tableau II</u> : Les polluants et leurs effets sur l'environnement	7
<u>Tableau III</u> : Résultats de l'expérience utilisant les Pétunias sur le site 1	14
<u>Tableau IV</u> : Résultats de l'expérience utilisant les Pétunias sur le site 2	15

## Bibliographie

### Ouvrages consultés :

[2] J-M. SETA. *Etude de faisabilité de mise en place d'un réseau de biosurveillance végétale de la qualité de l'air dans la région d'Ajaccio*, Rapport de stage de la filière Génie Sanitaire de l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Rennes, 2003, 41p.

[5] ASSOCIATION POUR LA PREVENTION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE. *Bioindication de la qualité de l'air en région Nord Pas de Calais*, 2000, 20p

[6] J.P. GARREC, C. VAN HALUWYN. *Biosurveillance végétale de la qualité de l'air*, Editions TEC & DOC, Paris, 2002, 117p.

[7] K. KHALIL. *Utilisation de bioindicateurs végétaux (lichens et tabac) dans la détection de la pollution atmosphérique de la région lyonnaise*, Thèse pour le Doctoral en Biologie : Université Joseph Fourier de Grenoble, 2000, 180p.

[8] J.P. GARREC. *Bio-indication végétale de l'ozone au moyen du tabac Bel W3 et Bel B, Protocole WWF, dossier pratique à l'usage des enseignants*, WWF, 1993, 36p.

### Sites Internet consultés :

[1] Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (Page consultée le 20 Avril 2006), [En ligne].

Adresse URL : <http://www.lcsqa.org>

[3] Wikipédia, encyclopédie libre (Page consultée le 26 Avril 2006), [En ligne].

Adresse URL : <http://fr.wikipedia.org/wiki/accueil>

[4] Ozone injury on european forest ecosystems (Page consultée le 20 Avril 2006), [En ligne].

Adresse URL : <http://www.gva.es/ceam/ICP-forests/>

[9] Groupe WSL Bioindications (Page consultée de 28 Avril 2004), [En ligne].

Adresse URL : [http://www.wsl.ch/ozone/fieldex\\_pictorial\\_output](http://www.wsl.ch/ozone/fieldex_pictorial_output).

[10] Lichen Herbarium (Page consultée le 20 Avril 2006), [En ligne].

Adresse URL : <http://www.toyen.uio.no/botanisk/lavherb.htm>

## GLOSSAIRE

Aérobic : On dit qu'un micro-organisme est aérobic lorsqu'il a la possibilité de se développer dans l'air ambiant et plus particulièrement dans un milieu saturé en oxygène.

Céphalée : C'est un symptôme subjectif se définissant comme des douleurs locales ressenties au niveau de la boîte crânienne. Elles se manifestent par des brûlures, des picotements, des fourmillements ...

Chlorose : C'est une décoloration plus ou moins prononcée des feuilles, due à un manque de chlorophylle (c'est elle qui donne la couleur verte). La chlorose se caractérise par une coloration jaune.

Cotylédon : Lobe charnu qui enveloppe la partie de la plantule qui fournit la racine.

Entre-nœud : Parties comprises entre deux nœuds d'une tige.

Ionisant : Qui transforme les atomes et les molécules neutres en ions.

Micromètre : Unité de mesure de longueur égale à  $10^{-6}$  mètres.

Nécroses : Se sont des attaques localisées qui aboutissent à la mort des cellules. La feuille présente des petites plaques de cellules morte et sèche généralement de couleur rougeâtre, marron.

Smog : Le smog est une brume jaunâtre, provenant d'un mélange de polluants atmosphériques qui limite la visibilité dans l'atmosphère. Il est constitué surtout de particules fines et d'ozone.

Stomates : Pores de l'épiderme des végétaux. Ils régulent les échanges gazeux entre la feuille et l'atmosphère.



## **Résumé**

La biosurveillance est une méthode complémentaire aux mesures physico-chimiques effectuées par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'air (AASQA). Elle consiste à apprécier la qualité de l'air en utilisant des végétaux polluo-sensibles. En effet, certains végétaux sont plus vulnérables que d'autres vis-à-vis des polluants. Par exemple, le tabac est sensible à l'ozone tout comme un grand nombre de végétaux supérieurs, quant aux Pétunias, ils sont sensibles aux hydrocarbures. Cette sensibilité se traduit pas un ralentissement du développement, de la floraison et par l'apparition de phénomènes de chloroses, voire de nécroses.

Grâce à ces expériences, nous avons montré que le centre ville d'Ajaccio subit une pollution aux hydrocarbures et qu'une telle pollution est moindre ou inexistante sur des sites éloignés de l'agglomération.

Nous avons également utilisé les informations récoltées lors des études préalables à la mise en œuvre des expérimentations, pour réaliser un travail de communication. Des plaquettes expliquant ce qu'est la biosurveillance ont été créées, et seront diffusées au grand public.

**Mots clés** : Qualité de l'air, pollution atmosphérique, végétaux bio-indicateurs, surveillance biologique, Pétunias, Tabac, Lichens.

### **Abstract**

Biological supervision is a complementary method of physical and chemical measures does by AASQA. She consists of appraisal of air quality using polluo-sensitive vegetables. Indeed, some vegetables are more vulnerable than other to face pollutants. For example, tobacco is sensitive to ozone like a lot of superior vegetables; as for Petunias they are sensitive to hydrocarbon. This sensitivity reveals a slowing development, of flowering and by appearance of chloroses and necroses. Thanks to these experiences, we showed that Ajaccio city centre has hydrocarbon pollution. In her rural area this pollution is less important or nonexistent.

We have as well used informations find before doing experiences, to realise a communication work. Brochures which explain what biological supervision is having been create, and be to diffuse for all population.

**Key words :** Air quality, atmosphere pollution, bio-indicators vegetables, biological supervision, petunia, tabacco, lichens.

## INTRODUCTION

La France compte aujourd'hui 36 Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Qualitair Corse est la dernière association créée. L'agrément de l'association a été accordé pour une durée de trois ans. La Corse respecte donc la loi du 30 décembre 1996 qui stipule que « Le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé est reconnu à chacun ». Cette loi rend obligatoire la surveillance de la qualité de l'air assurée par l'Etat, la définition d'objectifs de qualité et l'information du public [1]. Elle prescrit notamment la création d'un Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA), de Plans de Protection de l'Atmosphère, et pour les villes de plus de 100 000 habitants, d'un Plan de Déplacement Urbain (PDU). Cette loi instaure également une procédure d'alerte, gérée par le Préfet. De plus, le 17 mars 2003, un arrêté prévoit l'élaboration d'un Plan de Surveillance de la Qualité de l'Air par les associations (PSQA) [1]. Ce plan se décompose en sept parties :

- ✓ la présentation du territoire d'agrément de l'association et le découpage en zones de surveillance ;
- ✓ les enjeux de la surveillance de la qualité de l'air ;
- ✓ une évaluation préliminaire de la qualité de l'air ;
- ✓ le dispositif déployé ;
- ✓ les actions pour les cinq ans à venir ;
- ✓ les polluants non réglementés ;
- ✓ l'information du public.

Les principales sources d'émissions dans notre région sont le trafic routier, les trafics maritime et aéroportuaire, le trafic ferroviaire (assez faible) et enfin les émissions industrielles. Ce dernier point concerne les centrales thermiques (diesel) du « Vazzino » à Ajaccio, celle de « Lucciana » à Bastia ainsi que la centrale à bois de Corte (peu comparable aux deux précédentes au niveau de la pollution). Notons également que les incendies de forêts qui se produisent chaque année en Corse, ne font qu'augmenter la pollution atmosphérique [2]. Qualitair Corse est chargé d'évaluer la qualité de l'air dans toute la Corse, sur des zones géographiques préalablement définies (Annexe 1), et d'en diffuser les résultats au public.

De tous les milieux avec lesquels l'homme est en contact, l'atmosphère est le seul dont il ne peut se soustraire. C'est également le milieu avec lequel il y a le plus d'échanges. En effet, chaque

individu respire environ 15 000 litres d'air par jour. Donc l'air est indispensable à la vie, mais il peut avoir des effets nocifs si sa qualité est mauvaise.

C'est pourquoi les AASQA ont un rôle important. Au niveau européen, les polluants réglementés (oxydes d'azote, dioxyde soufre, particules en suspension, ozone, monoxyde de carbone, composés organiques volatils, plomb) sont surveillés quotidiennement à l'aide d'appareils de mesures physico-chimiques. Pour contrôler la qualité de l'air, ces associations disposent d'un réseau de surveillance, qui peut être complété par une méthode plus facile à mettre en oeuvre et moins coûteuse : la biosurveillance.

Mes missions au sein de cette association ont été de :

- réaliser une synthèse des connaissances actuelles sur les polluants atmosphériques et de leurs effets sur la santé et l'environnement ;
- répertorier les principales techniques utilisées en biosurveillance de la qualité de l'air et réfléchir aux moyens nécessaires à leur mise en oeuvre en région corse.
- mettre en place certains de ces protocoles pour mettre en évidence des pollutions potentielles.

Nous avons notamment réalisé :

- Le TEST PETUNIAS pour mettre en évidence une pollution aux hydrocarbures ;
- Le TEST TABAC qui est sensible à l'ozone, polluant qui pose problème dans notre région ;

Nous avons par ailleurs réfléchi aux moyens à mettre en oeuvre pour réaliser ultérieurement des tests à partir d'autres végétaux supérieurs bioindicateurs sensibles à l'ozone, et des Lichens, qui eux, sont sensibles à la pollution globale.

- faire connaître la biosurveillance à la population, grâce à la réalisation de plaquettes d'information destinées au grand public ;
- mettre en place un réseau de biosurveillance en partenariat avec les établissements scolaires.

# I SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE : POLLUTION ET BIOSURVEILLANCE

## I.1 Diversité des polluants atmosphériques

On distingue deux types de polluants :

- les polluants primaires qui sont directement émis par les sources ;
- les polluants secondaires qui sont issus des réactions chimiques de certains polluants primaires entre eux.

Les principaux polluants primaires émis sont :

- Les NO<sub>x</sub>, NO et NO<sub>2</sub>, qui sont des oxydes d'azote. Le NO, monoxyde d'azote, est un composé très instable mais aussi très réactif. Il peut s'oxyder en présence d'oxygène et former du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le dioxyde d'azote, est quant à lui, un gaz de couleur brune, possédant une odeur douceâtre. Ces deux gaz ont pour origine les véhicules et les installations de combustion.
- Le CO ou monoxyde de carbone. Il est gazeux dans les conditions normales de pression et de température. Il a tendance à réagir avec une autre molécule de monoxyde de carbone pour former une molécule de dioxyde de carbone ainsi que du carbone. Le CO est un gaz inodore, incolore, inflammable et très toxique. C'est le produit principal de la combustion incomplète du carbone et des composés carbonés.
- Le CO<sub>2</sub> ou dioxyde de carbone. Dans les conditions normales de température et de pression, le dioxyde de carbone est un gaz incolore, plus communément appelé gaz carbonique. C'est un gaz à effet de serre, qui est notamment produit lors de la respiration aérobie\* des êtres vivants ou de la combustion de composés organiques.
- Les PM ou Particules en Suspension. Ce sont, de manière générale, de fines particules portées par l'eau ou l'air, que l'on peut recueillir et quantifier par filtration par exemple. Selon la taille des particules, on distingue :
  - les PM 10, qui sont des particules en suspension dans l'air ayant un diamètre inférieur à 10 micromètres\* ;
  - les PM 2,5, dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres ;
  - les PM 1, dont le diamètre est inférieur à 1 micromètre.

- Les particules sédimentables. Ce sont des particules plus grosses que les particules en suspension, c'est pourquoi elles retombent spontanément par gravité. On considère que ces particules ont un diamètre supérieur à 50 ou 100 micromètres.
- Les COV ou Composés Organiques Volatils. Ce sont les hydrocarbures en suspension dans l'atmosphère. Ce sont les précurseurs du smog\* avec les oxydes d'azote. Une des principales sources de COV est le raffinage du pétrole. Les solvants peuvent également produire des COV.
- Le SO<sub>2</sub> ou dioxyde de soufre. C'est un gaz dense, irritant et incolore. Il est produit par les volcans et de nombreux procédés industriels. Le dioxyde de soufre se transforme en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air et il participe au phénomène des pluies acides.
- Les métaux, qui sont des éléments traces, comme le Plomb (Pb), le Zinc (Zn), le Cadmium (Cd), le Cuivre (Cu), le Mercure (Hg) ... Nous allons rapidement aborder les cas particuliers du mercure et du cuivre :
  - Le mercure est un métal de couleur argent qui est sous forme liquide à température ambiante. Il est utilisé dans les fongicides, les bactéricides, dans les lampes à vapeur de mercure mais aussi dans certaines piles. Environ 2500 tonnes de mercure sont émis dans l'atmosphère chaque année par l'activité humaine [3]. Les principales sources d'émission sont la combustion du charbon dans les centrales électriques et l'industrie minière. On peut également estimer à 4000 tonnes supplémentaires l'émission de mercure par le volcanisme et l'érosion des roches riches en mercure. L'intoxication par le mercure s'appelle l'hydrargie et se caractérise par des lésions des centres nerveux.
  - Le cuivre est un métal de couleur rougeâtre. C'est un des rares métaux à se trouver à l'état natif. Autrefois, le cuivre était considéré comme un poison. Aujourd'hui, on sait que c'est un élément indispensable à la vie, c'est plus précisément un oligo-élément. Le cuivre est utilisé comme alliage pour les conducteurs électriques. En 2004, la production mondiale de cuivre était de 16 millions de tonnes. Une contamination au cuivre peut provoquer un état proche de la grippe appelée la fièvre du fondeur.

Parmi les polluants secondaires, il y a l'ozone, O<sub>3</sub>, qui est issu de réactions chimiques entre les NOx et les hydrocarbures. A température ambiante, l'ozone a une couleur bleu pâle.

Contrairement au dioxygène, l'homme a la capacité de sentir ce gaz. Dans la haute atmosphère, la couche d'ozone filtre les ultraviolets des rayons du soleil. C'est donc une couche protectrice contre les effets nocifs des UV, qui, parce qu'ils sont ionisants\*, peuvent produire des effets cancérigènes. L'ozone est également présent autour des agglomérations. Les NOx et les COV, rejetés dans les gaz d'échappement des véhicules motorisés, peuvent donner naissance à de l'ozone, qui, en période de canicule, s'accumule dans les couches inférieures de l'atmosphère. Cet ozone est nocif et est un polluant dangereux [4].

### **I.1.1 Impacts sur la santé**

Les polluants atmosphériques pénètrent dans l'organisme par trois voies possibles :

- Les voies respiratoires, surtout par inhalation. De nombreuses études ont prouvé que les atteintes respiratoires, comme une irritation des muqueuses des voies aériennes, ou l'augmentation de certaines pathologies comme l'asthme, les allergies, sont plus fréquentes dans les zones de fortes pollutions. La plupart des gaz atteint les alvéoles pulmonaires. Les particules y pénètrent alors plus ou moins selon leur taille ;
- La voie digestive, par l'ingestion d'aliments contaminés par les retombées des polluants sur le sol et dans l'eau ;
- La voie cutanée : elle concerne seulement quelques toxiques comme les insecticides. Ils peuvent traverser la peau pour pénétrer dans l'organisme et provoquer des pathologies.

Le tableau I résume les différents polluants, leurs origines ainsi que leurs effets sur la santé.

**Tableau I** : Les polluants, leurs origines et leurs effets sur la santé. [5]

<b>Polluants</b>	<b>Sources principales</b>	<b>Effets sur la santé</b>
<b>CO</b>	Véhicules motorisés, installation de combustion, chauffage.	Fixation du CO sur l'hémoglobine du sang : anoxie, céphalée, vertiges...
<b>CO<sub>2</sub></b>	Véhicules, chauffage, combustions diverses	Troubles pulmonaires
<b>NO<sub>x</sub></b> (NO + NO <sub>2</sub> )	Véhicules, industries	Altération des fonctions pulmonaires, inflammation des bronches, irritation oculaire

<b>SO<sub>2</sub></b>	Chauffage, industrie, diverses combustions, moteurs diesels	Gaz irritant, inflammations pulmonaires
<b>O<sub>3</sub></b>	Polluant secondaire issu de la réaction entre les NOx et les hydrocarbures	Céphalées, toux, irritations oculaires, altérations des fonctions pulmonaires
<b>Plomb</b>	Véhicules	Troubles sanguins, de la croissance, et troubles neurologique si ingestion importante
<b>Poussières</b>	Véhicules diesels, combustions	Attaque des muqueuses nasales, effets cancérigènes probables, problèmes cardio-vasculaires
<b>COV</b>	Véhicules, industries, sources de combustion, solvants, colle ...	Irritations oculaires, toux, troubles du système nerveux, risque cancérigène.

### **I.1.2 Impacts sur l'environnement et les matériaux de construction**

La pollution atmosphérique contribue à la dégradation des matériaux de construction : attaque des pierres, dissolution calcaire, noircissement, corrosion des métaux ...

Ce phénomène est d'autant plus problématique qu'il menace les monuments et les centres historiques des villes.

Quant aux végétaux, ils sont constamment en contact avec l'air, donc ils subissent continuellement des agressions de la pollution atmosphérique.

Pour chaque polluant, a été mise en place une échelle spécifique de sensibilité des plantes. Mais pour une même plante, il existe également une échelle de phytotoxicité pour les différents polluants. Il existe de nombreuses voies d'entrée du polluant dans le végétal :

- par les stomates\*, qui ont un rôle dans les échanges gazeux entre l'air et les feuilles ;
- par la cuticule des feuilles ;
- par les bourgeons ;
- par les blessures ;
- par l'écorce ;
- par les cicatrices au niveau des feuilles.

Les atteintes peuvent être perceptibles et se traduisent par des nécroses\* sur les feuilles, des chloroses\*, une réduction du nombre de fleurs ou même un décollement de l'épiderme foliaire.



Elles peuvent également se manifester de façon plus diffuse en exerçant sur la végétation un ralentissement de la photosynthèse et de la croissance, risquant d'entraîner au niveau des cultures une perte de rendement.

Les végétaux sont aussi attaqués par les dépôts acides au sol qui fragilisent les racines. L'acidification des sols facilite le lessivage d'éléments minéraux, qui ne sont alors plus disponibles pour la plante. Elle modifie le recyclage de la matière organique en perturbant le métabolisme des microorganismes du sol. Ces microorganismes qui participent à la formation d'humus, sont détruits, et la litière non dégradée s'accumule, diminuant ainsi la vitesse de recyclage des éléments nutritifs minéraux. La végétation s'en retrouve affaiblie et se développe mal.

Le tableau II répertorie les impacts de différents polluants sur l'environnement.

**Tableau II** : Les polluants et leurs effets sur l'environnement [5]

<b>Polluants</b>	<b>Effets sur l'environnement</b>
<b>CO</b>	Toxique à haute dose pour les plantes (rarement observé)
<b>CO<sub>2</sub></b>	Gaz à effet de serre
<b>NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>)</b>	Acidification des pluies (formation de HNO <sub>3</sub> )
<b>SO<sub>2</sub></b>	Acidification des pluies (formation de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), attaques du bâti, effets sur la végétation
<b>O<sub>3</sub></b>	Toxique pour les végétaux, baisse de l'activité photosynthétique, gaz à effet de serre
<b>Poussières</b>	Dégradation du bâti, perturbation de la respiration et de la photosynthèse des plantes
<b>Pb</b>	Toxique pour la faune (accumulation par la chaîne alimentaire)
<b>COV</b>	Gaz à effet de serre (formation de CH <sub>4</sub> )

## **I.2 Notions de biosurveillance**

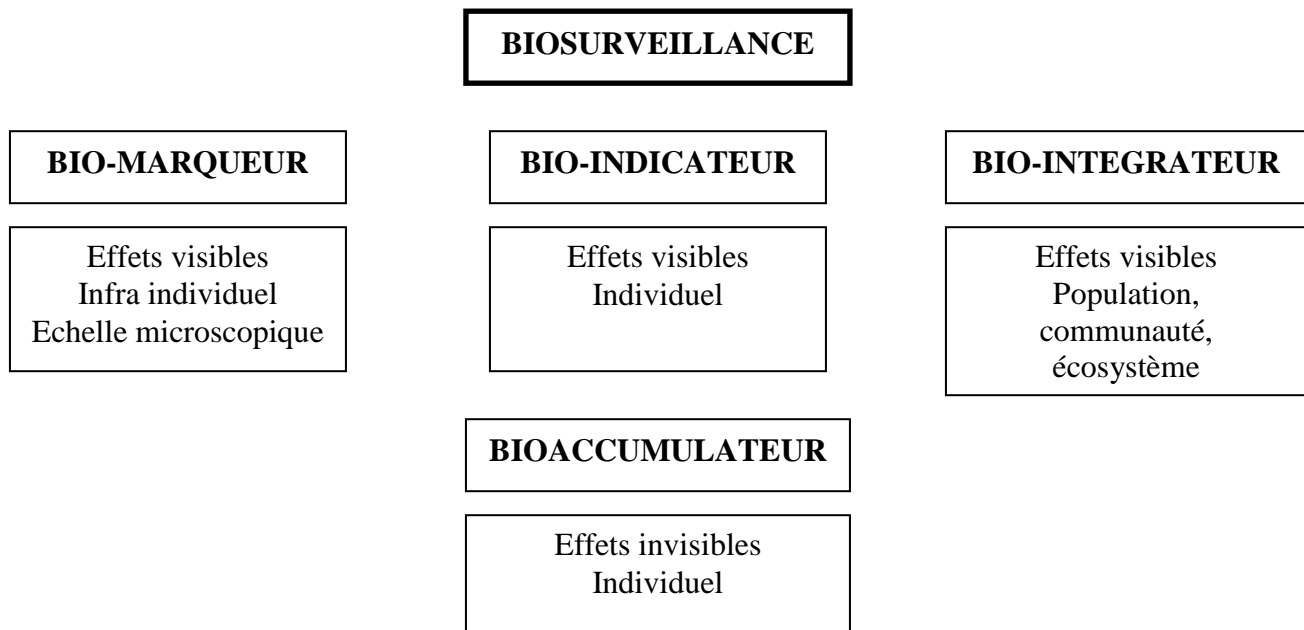
D'après J.P. Garrec et C. Van Haluwyn [6], la biosurveillance est l'utilisation, à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes, pour prévoir et/ou

révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution. Il existe deux approches possibles :

- passive, qui consiste à étudier des végétaux naturellement présents sur le site d'étude ;
- active, qui consiste à importer des végétaux cultivés et sélectionnés, sur les sites à étudier.

Parmi les différents végétaux utilisés en biosurveillance, il y a :

- des **biomarqueurs** : dans ce cas, les changements se situent au niveau infra-individuel. Les altérations sont moléculaires, biochimiques, cellulaires ou même physiologiques. Mais toutes ces modifications ne sont pas visibles à l'œil nu ;
- des **bio-indicateurs** : les effets sont visibles à l'œil nu, et ils se traduisent par des altérations morphologiques, tissulaires ou physiologiques (notamment de la croissance et de la reproduction). Cette utilisation concerne seulement les végétaux dits « sensibles » ;
- des **bio-intégrateurs** : les effets de la pollution sont dans ce cas appréciés à l'échelle de la population voire de la communauté ou de l'écosystème. Les phénomènes d'apparition ou de disparition d'espèces sont utilisés comme des indicateurs de variations de la qualité environnementale, et peuvent être utilisés pour mettre en évidence une pollution ;
- des **bioaccumulateurs** : La bioaccumulation est un phénomène par lequel une substance s'accumule en surface et/ou pénètre dans un organisme, même si elle n'a aucun rôle métabolique, voire si elle est toxique à l'organisme.



**Figure 1** : Schéma récapitulatif de la biosurveillance [5]

## II EVALUATION DE LA POLLUTION AUX HYDROCARBURES : LE TEST PETUNIA (Annexe 2)



**Photo 1** : Pétunia

### II.1 Principe du test

Les Pétunias sont sensibles aux hydrocarbures : une pollution par ces derniers entraîne, chez ce végétal, une réduction du développement, ainsi que l'apparition de chloroses et de nécroses foliaires. C'est pourquoi nous avons décidé de placer quelques pieds de Pétunias dans la région d'Ajaccio : une première station a été retenue en centre ville, où la qualité de l'air est médiocre, une deuxième a été installée à Bastelicaccia, petit village situé à quelques kilomètres de l'agglomération, milieu à priori moins soumis à la pollution atmosphérique. Au terme de quatre semaines d'exposition à des conditions atmosphériques différentes, seront déterminés sur les plants, la croissance, le nombre de feuilles et de fleurs apparues, ainsi que la taille de ces dernières. Sera également relevé, la présence ou l'absence de taches nécrotiques ou de phénomène de chlorose. Nous pourrons ainsi, en comparant les plants de Pétunias des deux stations, déterminer l'impact de la pollution sur ces végétaux, et peut-être donner une estimation de son ampleur pour les deux sites. Par ailleurs, une station témoin, située à l'extérieur de la ville, permettra de comparer la croissance et la morphologie des différents types de Pétunias utilisés pour l'expérimentation.

## **II.2 Matériel et méthodes [6]**

### **II.2.1 Pour le semis**

#### Le matériel :

- des graines de *Petunia hybrida* F1 blanc ;
- du terreau ;
- une mini-serre ou un bac plat avec un couvercle transparent (possibilité d'utiliser du film transparent).

#### Le mode opératoire :

Le semis doit se faire entre le mois de février et le mois d'avril.

- Il faut faire tremper les graines durant une demi-journée dans de l'eau.
- Dans le bac de la mini-serre, il faut mettre quelques centimètres de terreau bien humide.
- Lorsque les graines sont restées le temps convenu dans l'eau, il faut les prélever avec une pipette. En effet, on les aspire avec de l'eau et on dépose le tout sur la surface du terreau. Il faut éviter de faire des amas de graines pour favoriser une germination espacée des plantules.
- Ensuite, il faut placer le bac de la mini-serre dans un endroit chaud et bien éclairé avec son couvercle. La température doit être proche de 25 °C. Si ces conditions sont respectées, une levée devrait être observée au bout de 15 jours.
- Lorsque les plantules apparaissent, il faut mettre la mini-serre dans un endroit ensoleillé, et attendre qu'elles atteignent une taille de 15 à 20 mm. Cela prend environ deux à trois semaines.

Durant toutes ces étapes, il faut constamment veiller à ce que le terreau soit humide.

Cette partie du protocole n'a pas été réalisée dans le cadre de notre expérimentation. Compte tenu de la difficulté de trouver des graines de *Petunia hybrida* F1 blancs, nous avons décidé de les acheter sous forme de pieds ayant quelques semaines. Nous nous sommes donc rendus dans une jardinerie qui nous a certifié que les Pétunias proposés à la vente appartenaient à la variété *Petunia hybrida*. Dans le doute et pour plus de sécurité, nous avons également commandé des plants sur Internet. Nous avons ensuite procédé au repiquage de ces plants.

### **II.2.2 Pour le repiquage**

- Utiliser le même terreau que pour le semis ;
- Utiliser des pots à réserve d'eau intégrée ou alors des pots avec des mèches en fibre de verre reliées à une réserve d'eau extérieure. Faute de ne pouvoir se procurer ce matériel, il est

possible d'utiliser des pots classiques comme nous l'avons fait précédemment. Cela engendrera cependant quelques inconvénients que nous évoquerons en discussion ;

Pour effectuer le repiquage :

- Il faut séparer délicatement les plantules afin de ne pas abîmer les racines ou la pousse elle-même ;
- Dans chaque pot, on place une plantule. Nous devons les choisir de façon à ce qu'elles aient à peu près toute la même taille (pour avoir des lots de même âge) ;
- Au bout d'un mois, un mois et demi, les plantules pourront être utilisables.

### **II.2.3 Pour la mise en place sur le site d'exposition**

Durée d'exposition :

Il faut laisser les pots sur le site d'exposition environ un mois.

- Placer les pots sur une table en plastique ou un châssis métallique, afin qu'ils ne reposent pas directement sur le sol, et éviter ainsi certaines nuisances, notamment le risque de prédation par certains herbivores (la limace par exemple).

L'exposition des plantes peut se réaliser de la fin du mois de mai jusqu'au mois d'octobre.

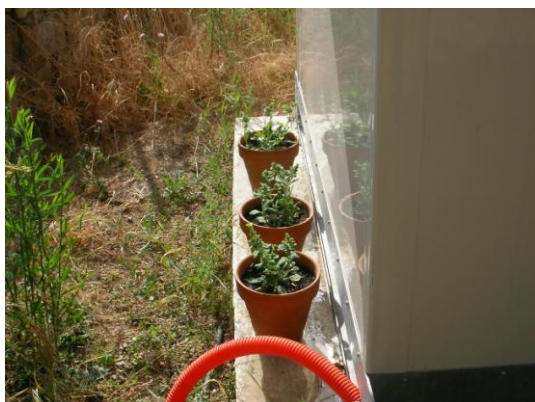
- Il faut, dans la mesure du possible, placer les pots à proximité de stations de mesures physico-chimiques de la pollution atmosphérique. Cela permettra de comparer les résultats obtenus avec les mesures des stations.
- Lors de l'installation de la bio-station, certaines précautions doivent être prises :
  - la protection contre les animaux et le vandalisme : si de tels problèmes peuvent survenir, il est préférable de placer un grillage ou une ombrière autour des pots ;
  - la protection contre les fortes températures ainsi que la forte luminosité : l'utilisation d'ombrières minimise ces facteurs. De plus, il faut éviter de placer les pots près des surfaces réfléchissantes ;
  - le contrôle de l'aération (éviter les carences ou les excès) ;
  - Il ne faut pas que les précipitations reçues soient perturbées. C'est pourquoi il est déconseillé de placer les pots près de gouttières, sous des arbres ou sous des lignes électriques.
- On placera trois pots de Pétunias sur chaque station ;
- Que l'on dispose de bacs à réserve d'eau, ou que l'arrosage des plantes soit manuel, il faut constamment vérifier que le terreau soit bien humide afin que la croissance ne soit pas ralentie.

Les critères retenus pour évaluer la pollution sont les suivants :

- le nombre de fleurs par pieds ;
- le diamètre des fleurs ;
- la taille des feuilles : nous choisirons au hasard dix feuilles pour chaque pot. En effet, chaque plant comporte en moyenne une centaine de feuilles. Il serait donc trop long de mesurer toutes les feuilles ; de plus, le risque de faire des erreurs serait augmenté (risque de mesurer deux fois la même feuille). Aussi, nous marquerons au fur et à mesure, les feuilles mesurées, afin d'éviter ce problème.
- le nombre de feuilles présentant des chloroses ou des nécroses ;
- la longueur des entre-nœuds\* ;
- le nombre de boutons avortés (nombre total de boutons, nombre de fleurs, nombre de fruits).

*Remarque : ces deux derniers paramètres ne seront pas retenus pour notre étude.*

Les premiers pieds que nous nous sommes procurés ont été placés à proximité de la station de mesure (Photo 2) située en centre ville d'Ajaccio (Photo 3) (Annexe 3). Nous en avons également placés trois chez un particulier à Bastelicaccia.



**Photo 2** : Pots de Pétunias disposés au pied de la station



**Photo 3** : Situation de la station

Les plants que nous avons commandés sur Internet sont restés plus de cinq jours dans le colis. Il a donc fallu les repoter, et attendre qu'ils aient retrouvé toute leur vigueur pour pouvoir les mettre en place. Cette dernière opération a été effectuée le 29 mai. Trois pots ont été placés chez

un fleuriste situé à Bastelicaccia, et un pot témoin dans le jardin d'un particulier, situé lui aussi hors agglomération.

Le planning de l'expérimentation est résumé ci-dessous :

- le 3 Mai 2006, 1<sup>er</sup> achat de dix plants de Pétunias (seulement sept étaient blancs) et rempotage de ces derniers. Ces plants constituent un premier lot ;
- le 4 Mai 2006, 2<sup>ème</sup> achat sur Internet de six plants de Pétunias (deuxième lot) ;
- le 11 mai 2006, mise en place des échantillons du premier lot acheté : trois pots à la station de mesure d'Ajaccio, un pot témoin dans le jardin d'un particulier, à l'extérieur de la ville ;
- réception du colis le 15 Mai 2006 ;
- le 29 Mai 2006 :
  - mise en place des trois pots restants du 1<sup>er</sup> lot, chez un particulier à Bastelicaccia, et de trois pots du 2ème lot chez un fleuriste, lui-même situé dans ce village ;
  - mise en place d'un pot témoin dans le jardin d'un particulier (là où ont été effectuées les étapes de rempotage et où ont été stockés les plants avant leur utilisation) ;

### **II.3 Résultats prévisionnels**

Nous savons que les Pétunias soumis aux hydrocarbures sont victimes d'un développement réduit de l'appareil végétatif, de chloroses et de nécroses foliaires, d'une réduction du nombre de fleurs,...etc.

On peut supposer que les Pétunias situés en centre ville sont exposés à une pollution aux hydrocarbures plus importante que les lots placés à l'extérieur de l'agglomération. En effet, en ville, la station de mesure est située dans une zone très fréquentée par les véhicules à moteur, où les rues sont plutôt étroites, et bordées par des immeubles qui limitent le déplacement des masses d'air. Bref, le site est propice à une accumulation et à une stagnation des hydrocarbures d'origine atmosphérique. Au contraire, les stations situées hors agglomération correspondent à des zones de campagne très ventilées, où la circulation est moindre, voire inexistante pour les lots témoins, et où les constructions sont éparses.

Donc, on peut prévoir :

- pour les lots situés en ville : croissance réduite, réduction de la taille des feuilles, réduction du nombre de fleurs et de leur taille, apparition de tâches nécrotiques ou de phénomènes de chlorose.

- pour les lots témoins hors agglomération : développement normal des fleurs, des feuilles, et de l'appareil végétatif dans son ensemble. Absence de chlorose ou de nécrose.
- pour les lots placés à Bastelicaccia (site à priori peu pollué) : apparition de signes discrets tels une légère réduction de croissance, une faible réduction de la taille des fleurs...etc.

## II. 4 Résultats

Nous avons récupéré les pots de Pétunias de la station de mesure ajaccienne, et le pot témoin hors agglomération. La lecture des résultats a été faite le jour même. Ces derniers sont regroupés dans le tableau III. L'Annexe 4 présente le détail des résultats.

**Tableau III** : Résultats de l'expérience utilisant les Pétunias sur le site 1

	Témoin	Pot 1	Pot 2	Pot 3
<b>Taille des plants (cm)</b>	29,3	20	22	25,8
<b>Nombre de ramifications</b>	7	4	6	5
<b>Nombre de fleurs écloses</b>	10	3	3	3
<b>Nombre de fleurs fermées</b>	5	2	6	3
<b>Diamètre des fleurs (moyenne en cm)</b>	7,81	4,97	6,17	7,7
<b>Taille des feuilles (moyenne en cm)</b>	3,5	2,5	3,23	2,81
<b>Nombre de feuilles présentant des nécroses ou une chlorose</b>	0	2	0	3

Les photos 4,5 et 6 illustrent ces résultats et permettent d'apprécier les différences de croissance entre le lot placé en ville et le lot témoin.



**Photo 4** : Pot 1 à gauche, pot témoin à droite



**Photo 5** : Pot 2 à gauche, pot témoin à droite





**Photo 6** : Pot 3 à gauche et pot témoin à droite

Le 20 Juin 2006 nous avons récupéré les trois pots placés chez le fleuriste de Bastelicaccia, ainsi que les pots placés chez un particulier du même village. Nous n'avons pu obtenir aucun résultat en ce qui concerne les pots du particulier. En effet, les Pétunias ont manqué d'arrosage durant la période d'exposition. Lorsque nous les avons récupérés, ils étaient desséchés.

Les résultats obtenus pour le lot placé chez le fleuriste sont présentés dans le tableau IV.

**Tableau IV** : Résultats de l'expérience utilisant les Pétunias sur le site 2

	Témoin	Pot 1	Pot 2	Pot 3
Taille des plants (cm)	27	14	19	20
Nombre de ramifications	8	6	4	4
Nombre de fleurs écloses	15	8	3	7
Nombre de fleurs fermées	8	8	4	7
Diamètre des fleurs (moyenne en cm)	9,22	7,73	8,23	8
Taille des feuilles (moyenne en cm)	4,68	4,11	4,14	4,25
Nombre de feuilles présentant des nécroses ou une chlorose	0	0	0	0

Le détail des valeurs obtenues pour le diamètre des fleurs et la taille des feuilles se trouvent en Annexe 5. Les photos 7, 8 et 9 illustrent les résultats obtenus.



**Photo 7** : Pot 1 à gauche du pot témoin



**Photo 8** : Pot 2 à gauche du pot témoin



**Photo 9 : Pot 2 à gauche du pot témoin**

**Photo 9 : Pot 3 à gauche du pot témoin**

## **II.5 Discussion**

### **II.5.1 Pour les Pétunias du site 1**

Comme le montrent l'analyse du tableau 4 et les photos 4,5 et 6, les Pétunias placés en centre ville ont une taille beaucoup plus petite que le pétunia du pot témoin (26 cm contre 29,3 cm pour le témoin). Les plants exposés à la pollution possèdent trois fois moins de fleurs que le plant témoin. Les ramifications sont également plus nombreuses chez ce dernier. Les tailles des feuilles et des fleurs sont, elles aussi, supérieures à celles des plants placés en centre ville. De plus, deux plants sur trois placés à Ajaccio, présentent des taches nécrotiques, dont l'aspect est typique d'une pollution aux hydrocarbures. L'analyse de ces résultats nous permet de conclure à une pollution aux hydrocarbures au niveau de la station située en ville.

Il faut cependant rester prudent dans nos conclusions, pour ce qui concerne la croissance de l'appareil végétatif, le nombre et la taille des feuilles et des fleurs. En effet, nous n'avons pas réussi à ne faire varier que le facteur « qualité de l'air » pour cette expérimentation : l'arrosage et la luminosité n'ont pas été identiques entre le lot du centre ville et le lot témoin. Ce dernier a été arrosé au minimum quatre fois par semaine, alors que les autres pots n'ont bénéficié que de deux arrosages hebdomadaires en moyenne. Nous avons également remarqué que les Pétunias situés en centre ville possédaient des feuilles plus foncées par rapport au pétunia du lot témoin. Or, lors du repiquage, la couleur des feuilles était identique pour les deux lots. Une couleur plus foncée peut être due à une synthèse accrue de chlorophylle, ou à l'accumulation de molécules diverses dans les cellules de l'épiderme foliaire. Ce changement de couleur est peut être dû à une différence d'ensoleillement entre les deux stations, ou à une modification du métabolisme foliaire suite au stress et à la pollution subis par les Pétunias placés en centre ville.

### **II.5.2 Pour les Pétunias du site 2**

Les plants exposés chez le fleuriste de Bastelicaccia sont victimes d'une réelle diminution de croissance par rapport au plant témoin. En ce qui concerne le nombre de fleurs, il est en moyenne deux fois plus petit pour les lots exposés. Les feuilles et les fleurs sont également plus petites. Les plants étaient placés à proximité d'un parking jouxtant l'artère principale du village. Donc, en dépit de la situation rurale de Bastelicaccia, les Pétunias ont du être exposés à une pollution aux hydrocarbures. Cependant, cette pollution, reste inférieure à celle estimée en ville, puisque aucune tache nécrotique n'a été observée.

### **II.5.3 Bilan**

La comparaison des résultats des lots exposés et des lots témoins nous permet de conclure que l'atmosphère du centre ville d'Ajaccio est le siège d'une pollution aux hydrocarbures. D'autres sites, éloignés de l'agglomération, à priori non pollués, pourraient également être victimes d'une telle pollution, à un degré moindre cependant. C'est le cas de Bastelicaccia. Il faut préciser que ce village, où les émissions de gaz d'échappement restent modérées, peut subir une retombée d'hydrocarbures émis par la centrale thermique du Vazzio.

Pour pouvoir tirer des conclusions plus précises concernant l'impact de la pollution sur la croissance des plants, il aurait été judicieux de mesurer les Pétunias au début de l'expérimentation. Ceci nous aurait permis de raisonner sur des taux de croissance et non pas simplement sur la croissance de l'appareil végétatif, au terme du mois d'exposition.

D'autre part, il faudrait reconduire l'expérimentation, en multipliant les sites expérimentaux, et en utilisant pour chaque site des échantillons plus nombreux. En effet, trois plants par lot restent insuffisants et ne permettent pas, par exemple, de réaliser un traitement statistique des données.

Enfin, il serait intéressant de pouvoir corréler les observations visuelles avec des indices chiffrés correspondant à des doses différentes de polluants, de façon à pouvoir estimer précisément le taux d'hydrocarbures présents dans l'atmosphère sur les sites étudiés. En effet, comme le montre la comparaison des résultats obtenus à Ajaccio et Bastelicaccia, il existe une pollution sur les deux stations. Elle est plus importante en centre ville. Mais nous sommes incapable à partir des résultats de quantifier, l'un par rapport à l'autre, les degrés de pollution sur les deux sites. Il est donc indispensable de réaliser simultanément des mesures physico-chimiques précises.

## III LES AUTRES MISSIONS REALISEES AU COURS DU STAGE

### III.1 Test pour l'ozone : utilisation du tabac (Annexe 6)

L'ozone se forme sous l'effet des rayons ultraviolets du soleil sur d'autres gaz, comme les dioxydes d'azote et les hydrocarbures. Ces derniers sont principalement émis par la circulation routière.

Les effets de l'ozone sur les végétaux sont multiples. L'Annexe 7 apporte des informations supplémentaires sur ce gaz et ses effets sur les végétaux.

L'utilisation du tabac, végétal particulièrement sensible à l'ozone, peut permettre d'établir, pour un site donné, un diagnostic de la qualité de l'air concernant ce polluant [7]. Les conclusions tirées des résultats obtenus peuvent être confrontées et comparées avec celles obtenues dans le cadre d'une campagne de mesures physico-chimiques. Des exemples de résultats obtenus lors de la campagne réalisée par AIRMAREX en 2004 et 2005 sont présentés en Annexe 8.

Cette expérience est réalisable dans le Nord de la France de fin mai à fin septembre, lors que dans le Sud, il est conseillé de la mettre en place de début mai à fin octobre.

#### III.1.1 Matériel et méthodes [8]

##### III.1.1.1 Pour le semis

##### Le matériel :

- Des graines de tabac *Nicotiana tabacum*, de la variété Bel W3, sensible à l'ozone, et de la variété Bel B qui est plus résistante à ce gaz . Les graines nous ont été fournies par le laboratoire « Pollution atmosphérique » de l'Institut National de Recherches Agronomiques (INRA) de Nancy.
- Du terreau.
- Deux mini-serres, ou alors des bacs plats avec des couvercles transparents (qui pourront être remplacés par un film transparent finement perforé, de façon à ménager un passage pour l'air).

##### Le mode opératoire :

- Commencer par préparer le terreau dans le bac d'une première mini-serre. Pour cela, placer quelques centimètres de terreau et bien imbiber d'eau ce dernier. Il ne faut tout de même pas le saturer. Il est conseillé d'utiliser un vaporisateur, et surtout ne pas oublier d'identifier les bacs.
- Mélanger délicatement les graines de tabac de variété Bel W3, dans un bol, avec une cuillère à café de sable.

- Répartir les graines ainsi que le sable sur la surface du terreau. Le sable permet une meilleure répartition des graines. Ne pas recouvrir les graines avec le terreau.
- Faire de même avec les graines de variété Bel B, en s'assurant que tout le matériel utilisé précédemment soit bien nettoyé (risque de semer des graines de variété Bel W3 dans le bac réservé aux graines de tabac de la variété Bel B).
- Ré-humidifier la surface du terreau des deux bacs à l'aide du vaporisateur.
- Placer les mini-serres (avec leurs couvercles) dans un endroit chaud, mais pas au contact direct des rayons du soleil. Cela pourrait faire « griller » les graines.
- Veiller aux baisses de températures la nuit. Le tabac y est sensible. Veiller également à ce que le terreau soit constamment humide.

Le repiquage des plants de tabac s'effectue lorsque apparaissent les deux premières feuilles véritables (différentes des deux cotylédons\* apparus à la germination).

### **III.1.1.2 Pour le repiquage**

#### Le matériel :

- Utiliser des pots à réserve d'eau ou des pots avec des mèches en fibre de verre reliées à un réservoir d'eau extérieur. Faute de pouvoir se procurer ce matériel, utilise des pots classiques, et réaliser un arrosage manuel.
- Utiliser le même terreau que pour le semis.

#### Le mode opératoire :

- Séparer les plantules une par une, très minutieusement. En effet, cette opération risque d'abîmer les racines ou la plantule elle-même. Il est possible de les retirer une par une délicatement, ou alors de prélever, avec un objet plat, de petites mottes de terreau portant des plantules, et de placer l'ensemble dans l'eau. La dissociation des plantules sera ainsi facilitée. Il ne restera qu'à prélever ces dernières, toujours avec minutie ;
- Placer une plantule par pot, en prenant bien soin de noter de quelle variété il s'agit. Ces pots seront remplis du même terreau que celui utilisé pour le semis. Ne pas repiquer plusieurs pousses dans un même pot, car cela pourrait engendrer des problèmes lors de la lecture des résultats ;
- Arroser abondamment chaque pot ;
- Lors de la croissance, si les pousses continuent à se démultiplier, il faut supprimer parmi celles qui sont en excédent, les plus petites.

Il faut compter entre un mois et demi et deux mois avant de pouvoir utiliser les plants de tabac. Cette durée dépend du climat, de la région d'étude, de la période de l'année...

#### Durée d'exposition des pots :

Les pots sont placés sur les sites d'exposition pour une durée de trois à quatre semaines. Il doit y avoir trois pots de tabac de la variété Bel W3 et deux pots de tabac de la variété Bel B pour chaque site.

### **III.1.1.3 Mise en place sur le site d'exposition**

#### Le matériel :

- Une table en plastique ou un châssis métallique pour ne pas déposer les pots à même le sol, afin d'éviter que les feuilles ne soient broutées, par des limaces par exemple.
- Une ombrière avec des mailles d'environ 5 millimètres.

#### Le mode opératoire :

Neuf à douze semaines après le semis, les plants de tabac peuvent être placés sur les sites d'exposition.

- Le site doit être directement accessible par l'ozone : il faut donc éviter de placer les végétaux au pied d'un mur ou dans un endroit constamment ombragé.
- Les pots seront séparés par une distance de 1,25 à 1,5 mètres.
- Il est possible de mettre un tuteur afin que les plants ne s'affaissent pas lors de la croissance.
- Marquer les feuilles 3, 6, 9 (la première feuille étant la première apparue à la base de la tige) en apposant sur leur pétiole un bout de ficelle colorée, de façon à pouvoir les repérer lors de l'observation.

#### Principe de la méthode :

L'ozone qui est présent dans les basses couches de l'atmosphère peut provoquer l'apparition de taches sur les feuilles des plants de tabac. Au début du processus, les taches ont généralement un diamètre de 1,5 millimètres. Avec le temps, elles grossissent régulièrement, pour finalement se rejoindre et provoquer très rapidement d'importants dégâts sur la feuille.

Les tâches ont une couleur crème ou brune. Celles de couleur crème nous indiquent une dégradation rapide par l'ozone, les taches brunes, elles, sont indicatrices d'une dégradation plus lente.

Il faut préciser que la vitesse d'apparition de ces signes dépend des conditions climatiques qui règnent dans la région d'étude, et sur le site expérimental en particulier. Plus le site est soumis à

des températures fortes et à un ensoleillement important, plus les taches se formeront rapidement. Par contre, en cas de couverture nuageuse fréquente, la formation d'ozone peut être insuffisante pour entraîner l'apparition de taches. C'est pourquoi, un suivi quotidien de l'évolution des conditions météorologiques pendant la période d'observation s'impose.

Il faut toutefois savoir reconnaître les taches de nécrose dues à l'ozone et celles qui ont une autre origine (maladie, vieillissement, lésions diverses). L'Annexe 9 rend compte des critères utilisés pour discriminer les différentes nécroses.

Les observations doivent être réalisées une fois par semaine pendant les trois semaines d'exposition. Le contrôle des plants s'effectue toujours dans le même ordre : le premier pot de Bel B puis le deuxième pot. Il faut contrôler ensuite le premier pot de Bel W3, puis le deuxième et enfin le troisième. Pour chaque pied, l'examen commence par la feuille 3. Son aspect est comparé avec les différents échantillons étalons proposés par la carte de densité des taches (Annexe 10). Lorsque l'examen de la feuille 3 est achevé, il faut passer aux autres feuilles de la plante (seulement celles qui sont bien épanouies). Les résultats obtenus pour chaque feuille concernant le tabac de variété Bel B, seront reportés dans un formulaire d'évaluation présenté en Annexe 11. Quant aux résultats concernant les feuilles de tabac de la variété Bel W3, il faut les inscrire dans le formulaire présenté en Annexe 12.

#### Planning de l'expérimentation :

- Le 27 Avril 2006 : prise de contact avec M. J.P Garrec, directeur du laboratoire « Pollution atmosphérique » ;
- Le 9 Mai 2006 : réception des graines de tabac et semis (Photo 10);
- Le 22 Mai 2006 : germination de quelques graines de tabac (Photos 11 et 12).



**Photo 10** : Semis des graines de tabac



**Photo 11** : Germination de quelques graines



**Photo 12** : Plantules de tabac en cours de croissance

### **III.1.2 Discussion**

La durée du stage, trop courte, ne nous a pas permis d'obtenir de résultats pour cette expérience. Ce n'est que tardivement, que nous avons réussi à nous procurer les graines. De plus, leur germination s'est révélée tardive, puisque la levée des semences s'est produite deux semaines après la date prévue. Ce retard peut s'expliquer par l'état sénescence des semences, qui, visiblement, étaient âgées de deux ans. Cependant, la croissance des plants de tabac est régulière aujourd'hui, et des résultats devraient pouvoir être observés dans le courant du mois d'août.

### **III.2 Test pour l'ozone : utilisation d'autres végétaux supérieurs**

Les végétaux sensibles à l'ozone sont nombreux [4], [9]. L'Annexe 13 présente une liste de végétaux, présents dans toute la France, qui réagissent à ce polluant. Notre expérimentation s'effectue en Corse, c'est pourquoi nous avons sélectionné dans cette liste, les végétaux retrouvés dans la région. Ils sont présentés en Annexe 14.

Cette liste est destinée à être diffusée auprès des écoles, afin de faire un suivi de la pollution à l'ozone en collaboration avec les scolaires. Les objectifs de cette collaboration sont multiples :

- initier les enfants à la reconnaissance des espèces végétales présentes dans leur région ;
- les sensibiliser aux problèmes posés par la pollution atmosphérique ;
- leur confier la réalisation de certaines missions dont les résultats viendront compléter ceux obtenus par Qualitair Corse dans le cadre de campagnes de mesures physico-chimiques ou dans le cadre de campagnes de biosurveillance.

-



### **III.3 Test pour la pollution globale : utilisation des Lichens [7]**

#### **III.3.1 Principe de la méthode**

Les Lichens correspondent à des associations symbiotiques entre une algue et un champignon. Ces organismes présentent de nombreuses particularités :

- Au niveau de leur morphologie : leur appareil végétatif ne possède pas de racines, pas de tiges, pas de feuilles ; c'est un thalle. Ce dernier ne présente aucun stomate, pas de cuticule ni de vaisseaux conducteurs.
- Au niveau physiologique : leur activité photosynthétique est continue tout le long de l'année et leur croissance est lente.

Ces particularités rendent les Lichens très dépendants des conditions atmosphériques, et très sensibles aux variations de ces dernières. Ils sont largement exposés aux retombées des polluants, présents à la fois dans les dépôts secs et dans les dépôts humides. C'est pourquoi ils sont utilisés en tant que bio-indicateurs mais aussi en tant que bioaccumulateurs.

La bio-indication tient compte de l'apparition ou de la disparition de certaines espèces dans un milieu donné. Il est vrai que leur sensibilité différentielle à la pollution atmosphérique est à l'origine de combinaison d'espèces originales reflétant un niveau de qualité de l'air. C'est donc la composition des peuplements qu'il convient d'étudier. Dans le cadre d'une étude de bioaccumulation, on peut également procéder à des analyses chimiques sur des fragments de thalle. Ce sont les polluants inorganiques qui ont été accumulés en petite quantité dans les thalles, qui sont dosés.

Le « test Lichens » consiste donc à répertorier sur une station, les différentes espèces rencontrées, d'analyser la façon dont elles se regroupent, de déterminer les groupements lichéniques ainsi formés, et d'établir une cartographie des populations lichéniques, à partir de ces résultats phytosociologiques. On fait référence ensuite à un document qui mentionne la sensibilité de chaque espèce vis-à-vis de la pollution. En corrélant la cartographie et la sensibilité des Lichens répertoriés vis-à-vis de la pollution, il est possible de tirer des conclusions sur la qualité de l'air sur la station étudiée.

### III.3.2 Matériel et méthode [6]

#### Le matériel

- une carte IGN ;
- des fiches de relevés (Annexe 15) ;
- une loupe ;
- une boussole ;
- des réactifs chimiques : eau de Javel et potasse. Ils permettent l'identification des Lichens ;
- une clé de détermination des Lichens.

#### Le mode opératoire :

- Réaliser un quadrillage du territoire en mailles élémentaires régionales. Pour cela, diviser une carte IGN de la zone d'étude au 1/50 000 en 64 mailles de 3,5 x 2,5 km.
- Définir une densité d'observation. Cette dernière doit tenir compte de la dimension des mailles, du climat ainsi que de l'occupation de l'espace par les phorophytes, c'est-à-dire les végétaux utilisés comme support par les Lichens (Les Lichens se développant sur des supports minéraux ne seront pas pris en compte).
- Sélectionner les espèces d'arbres utilisés comme phorophytes.

Il est préférable de choisir des stations ouvertes, où les arbres sont isolés ou alignés. Généralement, une station compte six à dix arbres. Ces derniers seront choisis pour leur aptitude à porter des Lichens : les chênes, les frênes, les peupliers, sont en général de « bons porteurs » ... Par contre, il faut éviter de choisir des arbres bas, trop inclinés, endommagés et soumis au frottement du bétail.

- Chaque lichen doit faire l'objet d'un relevé lichénosociologique. Si la végétation est homogène, il faut délimiter sur le phorophyte une surface de 20 cm de largeur sur 30 cm de hauteur, à 1,5 m du sol. A chaque espèce, on affectera un coefficient d'abondance dominance selon la méthode phytosociologique de Braun-Blanquet et Tüxen :

- i : un seul individu ;
- + : individus peu nombreux avec un recouvrement inférieur à 1% ;
- 1 : individus peu nombreux avec un recouvrement de 1 à 5 % ;
- 2 : recouvrement de 5 à 25 % ;
- 3 : recouvrement de 26 à 50 % ;
- 4 : recouvrement de 51 à 75 % ;

- 5 : recouvrement supérieur à 75 %.

Les résultats sont reportés dans la fiche de relevé lichénique présentée en Annexe 15. Il est également possible de préciser le stade dynamique des espèces par deux exposants ajoutés à ces coefficients :

- j : pour les formes juvéniles ;
- ° : lorsque les thalles sont altérés.

La détermination des Lichens se fait grâce aux observations visuelles, aux résultats obtenus suite à l'utilisation des réactifs chimiques, et en utilisant la clé de détermination des Lichens. Nous allons présenter quelques exemples. Lorsque la station entière a été analysée, c'est-à-dire que tous les Lichens présents sur tous les arbres ont été répertoriés, il est possible de remplir l'échelle de diagnostic écolichénique de la qualité de l'air, présente en Annexe 16. Signalons que le tableau présenté n'est valable que pour la moitié nord de la France. En effet, grâce aux relevés, il est possible de déterminer des groupements lichéniques (ou associations lichéniques), caractérisés par une composition floristique et une écologie spécifiques, elles-mêmes indicatrices de conditions environnementales particulières. Pour dresser un tableau valable dans notre région, il faut choisir au sein de chaque groupe, les espèces étant les plus fréquemment rencontrées, et parmi ces dernières, les taxons les plus facilement identifiables. Puis il faut désigner chaque groupe par une lettre ou un chiffre.

On élabore donc une liste d'espèces polluo-sensibles et polluo-résistantes. Il est ensuite possible, par la suite, d'établir une carte de la qualité de l'air.

### **III.3.3 Discussion**

Nous n'avons pu réalisé ce test pour deux raisons :

- un manque de temps : le protocole à mettre en œuvre, ainsi que la détermination des espèces lichéniques, sont des étapes longues, difficiles, dont la mise en œuvre aurait nécessité deux mois de stage supplémentaires ;
- une difficulté à trouver des documents de référence concernant la sensibilité des espèces de Lichens du sud de la France, vis-à-vis de la pollution : sans ces informations, il est impossible d'établir une cartographie de la qualité de l'air, même si la cartographie des lichens avait pu être élaborée.

Notre travail a donc simplement consisté à réunir le plus grand nombre d'éléments (protocoles, bibliographie), qui faciliteront la mise en place du test ultérieurement.

### **III.4 Conception de brochures pédagogiques à l'usage du public**

Parmi les missions de Qualitair Corse, l'information et la sensibilisation du grand public au problème de la pollution atmosphérique occupent une place importante. L'association est donc impliquée dans de nombreuses opérations de communication. Le stage m'a donné l'occasion de m'investir dans deux projets : la réalisation d'une brochure destinée au grand public, et la conception d'une plaquette pédagogique pour les scolaires. Au préalable, nous nous sommes renseignés sur les actions menées par les autres associations dans ce domaine. Une liste de ce qui a déjà été fait en matière de communication est présentée en Annexe 17.

#### **III.4.1 Brochure informative**

Cette brochure a pour objectif d'expliquer au grand public le principe de la biosurveillance, l'intérêt de cette méthode, mais également ses limites, pour l'évaluation de la qualité de l'air. Elle présente également les végétaux susceptibles d'être utilisés pour ce type d'étude. Dans le souci de rendre la brochure accessible au plus grand nombre, et en particulier aux plus jeunes, il a été nécessaire de faire un tri parmi toutes les informations récoltées au cours de nos recherches bibliographiques, et de présenter les différentes notions de manière la plus attractive possible et avec simplicité.

La brochure doit faire l'objet d'un tirage à 200 exemplaires au moins (devis fournit en Annexe 18).

#### **III.4.2 Plaquette pédagogique**

Nous avons également élaboré une plaquette plus particulièrement destinée aux plus jeunes. L'objectif de ce document est d'expliquer aux enfants des écoles primaires le principe et les objectifs de la biosurveillance. Pour rendre le sujet ludique et interactif, nous avons imaginé un personnage, « Kallistair », qui interroge le jeune public et qui présente les différentes notions avec une terminologie simplifiée tout en gardant le souci de vérité scientifique.

Nous avons contacté un imprimeur, afin de connaître le coût de revient de l'impression de ces plaquettes en 200 exemplaires (devis proposé en Annexe 19). Il reste maintenant à prendre contact avec les écoles pour diffuser ces documents, et établir un partenariat de façon à impliquer les enfants eux-mêmes dans les missions de biosurveillance.

### **III.4.3 Fiches techniques**

Nous avons également établi des fiches techniques correspondant aux protocoles des différentes expérimentations faciles à mettre en oeuvre. Ces fiches, encore une fois simplifiées et illustrées, sont destinées aux enfants. Les écoliers pourront donc participer à la mise en place et au suivi de deux tests : le test Pétunia pour la mise en évidence d'une pollution aux hydrocarbures, et le test Tabac pour la détection d'une pollution à l'ozone. Les fiches sont portées en Annexes 2 et 6.

## CONCLUSION

En m'accueillant en qualité de stagiaire, Qualitair Corse souhaitait me confier deux missions principales : mettre en œuvre des expérimentations utilisant le principe de la biosurveillance, et réaliser des supports de communication destinés au grand public.

J'ai donc dans un premier temps récolté de nombreuses informations sur ce sujet, en réalisant une synthèse bibliographique, en consultant des sites Internet, et en contactant des scientifiques ayant travaillé sur ce thème.

J'ai ainsi réuni de nombreux protocoles expérimentaux. J'ai pu, pendant les deux mois et demi de stage, mettre en œuvre deux d'entre eux : le test Pétunia, pour déterminer une pollution aux hydrocarbures, et le test Tabac, pour détecter une pollution à l'ozone. Faute de temps, le test Lichens n'a pu être effectué. A ce jour, seuls les résultats du test Pétunia ont été exploités. Ils sont concluants dans la mesure où des différences de développement (au niveau de la croissance et de la floraison) ont été observées entre des végétaux exposés à la pollution, et d'autres placés dans des milieux peu ou non pollués. Il a été possible de conclure qu'il existait une pollution aux hydrocarbures dans l'environnement de la station de mesures située dans le centre ville d'Ajaccio. Ces résultats nous confortent dans l'idée que les tests de biosurveillance sont efficaces pour l'évaluation de la qualité de l'air. Cependant, nous avons pu également appréhender les limites de ces méthodes. En effet, il est pour l'instant impossible d'utiliser ces tests pour déterminer des valeurs chiffrées précises de la teneur en polluants dans l'atmosphère. Il est donc indispensable de compléter ces études par des campagnes de mesures physico-chimiques si l'on veut connaître de façon précise le niveau de pollution atmosphérique. La biosurveillance présente un avantage par rapport aux techniques classiques de mesures physico-chimiques. Elle permet d'évaluer la qualité de l'air sur la durée (plusieurs mois), et sur un espace défini, alors que les techniques de mesures physico-chimiques s'appliquent ponctuellement. Ces dernières sont également beaucoup plus coûteuses, et nécessitent un appareillage important. Les techniques de biosurveillance, elles, sont beaucoup plus faciles à mettre en œuvre.

Concernant les missions de communication, les deux plaquettes élaborées seront imprimées et diffusées très prochainement. Leur réalisation s'est révélée un travail très formateur, puisqu'il m'a fallu analyser et simplifier des notions scientifiques et techniques de haut niveau, de façon à

les rendre accessibles au plus grand nombre. Cette tâche m'a donc permis de m'approprier solidement ces connaissances.

Je dresse un bilan très positif de ce stage : le sujet m'a passionné, il m'a donné l'occasion de développer mes qualités relationnelles, mon sens de l'initiative, et une certaine autonomie dans le travail.