

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES



Faculté des sciences
Département de biologie

Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Thème

Bio-indication des Hydrocarbures Aromatique Polycycliques par *Petunia hybrida* dans la région de *Boumerdes en 2017*

Présenté par :

BOUCENNA Asma

RABIA Hadjira

Devant le jury :

M^r BELLOUT Yacine

MCB Univ. M. Bougara Boumerdes

Président

M^{me} GUERRACH Nassima

MAA Univ. M. Bougara Boumerdes

Examineur

M^{me} BENAÏSSA Fatima

MCA Univ. M. Bougara Boumerdes

Encadreur

Promotion 2019-2020

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES



Faculté des sciences
Département de biologie

Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Thème

**Bio-indication des Hydrocarbures Aromatique
Polycycliques par *Petunia hybrida* dans la région de
Boumerdes en 2017**

Présenté par :

BOUCENNA Asma

RABIA Hadjira

Devant le jury :

M^r BELLOUT Yacine

MCB Univ. M. Bougara Boumerdes

Président

M^{me} GUERRACH Nassima

MAA Univ. M. Bougara Boumerdes

Examineur

M^{me} BENAÏSSA Fatima

MCA Univ. M. Bougara Boumerdes

Encadreur

Promotion 2019-2020

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et Miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier à nos encadreurs : Mme. F. BENAÏSSA pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury : M. BELLOUT Yassine, Mme Guerrach Nassima, pour leurs précieux conseils, leur disponibilité et leur aide durant toute la période de travail.

Enfin, nous nous devons aussi de remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À ma chère mère Daouia pour tous leurs sacrifices tout au long de mes études.

Et mon très cher père Belkacem aujourd'hui disparu.

À mes chères sœurs Amel, Naouel et Siham et leurs enfants pour leurs encouragements et leurs soutiens.

À mon mari Hamza pour ses encouragements permanents.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux et le fruit de votre soutien infallible.

Dédicaces

*Au nom d'Allah le plus grand merci lui revient de
Nous avoir guides vers le droit chemin, de nous avoir aidés
Tout au long de nos années d'étude.
A Mon cher père que j'aime beaucoup et qui m'a Toujours
Encouragé à avancer dans toutes mes décisions.
À Ma chère mère pour son amour inconditionnel et Sa présence
À mes côtés dans les moments difficiles.
À Ma sœur Soumia ainsi que mon frère Karim
À mon mari Sid Ali
À Toute la famille « RABIA »
À toutes mes amis*

RABIA HADJIRA

Liste des abréviations

M : Moyenne

ETS : Erreur standard

Me : Médiane

Mo : mode

ET : Ecart-type

Var : variance

Min : valeur minimale

Max : valeur maximale

T0 : le témoin

T4 : la semaine 4 d'exposition

T7 : la semaine 7 d'exposition

N : 6 pots par station

(*) : Marquent une différence significative

Pl_b : plant du Beni- Amrane

Pl_c : plant du Corso

Sommaire

Sommaire

Remerciement.....	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des Tableaux.....	
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I - CONTEXTE GENERAL.....	3
I.1. DEFINITION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	3
I.2. PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	4
I.2.1. Polluants atmosphériques primaires	4
I.2.2. Polluants atmosphériques secondaires	5
I.3. POLLUATION ORGANIQUE ET INORGANIQUE	5
I.4. DISPERSION DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	6
I.4.1. Factures météorologies	7
I.4.2. Factures topographiques	8
I.5. IMPACT DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	9
I.5.1. impact sur l'environnement	9
I.5.2. impact sur la sante	10
I.5.2. impact sur les végétaux.....	10
I.6 .GENERALITE SUR LA BIOSURVEILLANCE	11
I.7. BIOSURVEILLANCE	11
I.8 .CONCEPT DE BIOSURVEILLANCE	11
I.9. AVANTAGE ET LIMITE DE LA BIOSURVEILLANCE.....	12
I.10. GENERALITE SUR LES LICHENS.....	13
I.11. CONCLUSIO I.....	15
CHAPITRE II -MATERIEL ET METHODE	17

Sommaire

II. 1. ZONE D'ETUDE	17
II. 2. CHOIX DU PETUNIA COMME BIOINDICATEUR DE LA POLLUTION	20
II. 3. TEST DU PETUNIA	20
II. 4. PROTOCOLE DE MESURE	21
II. 5. EXPOSITION DES PLANTS	22
II.5.1. exposition	22
II.5.2. evaluation	24
II.6. PARAMETRES MORPHOLOGIE MESEURES	24
II.7.. TRAITEMENT STATISTIQUE.....	25
II.7.1.test du Wilcoxon	26
II.7.2. statistique du wilcoxon	26
II.7.3. test du comparaison de moyenne	26
II.8.. CONCLUSION II	27
CHAPITRE III –RESULATAS ET DISCUSSION	28
III.1. PARAMETRES PHYSIOLOGIQUE DE CROISSANCE DE PETUNIA	28
III.1.1. Taille moyenne des plants	28
III.1.2. Nombre de ramificaations	30
III.1.3. Nombre de fleurs	31
III.1.4. Tailles moyenne des fleurs	32
III.1.5. Longueurs des entre nœuds	33
III.1.6. Tailles des feuilles	34
III.2. PARAMETRES DE DEGENERESCENCE.....	35
III.2.1. Nombre de boutons avortes	35
III.2.2. Nombre de feuilles mortes	36
III.2.3. Nombre de fleurs nécrosées	38
III.2.4. Nombre de feuilles chlorotique	39
III.3. DISCUSSION	40
CONCLUSION GENERAL	42
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

Sommaire

Résumé /abstract

List des tableaux

Tableau 01 : Demi-vies du l'éthylène dans les milieux naturels.....	7
Tableau 02 : Les polluants et leurs effets sur l'environnement (APPA ,2000).....	9
Tableau 03 : classification de <i>Pétunia hybrida</i>	21
Tableau 04 : les statistiques descriptives de tailles moyennes des plants dans les stations du Beni-Amrane, Corso en 2017.....	28
Tableau 05 : les statistiques descriptives de nombre de ramifications (Beni-Amrane, Corso en 2017).....	30
Tableau 06 : les statistiques descriptives de nombre de fleurs (Beni-Amrane, Corso en 2017)...	31
Tableau 07 : les statistiques descriptives de taille moyennes des fleurs (Beni-Amrane, Corso en 2017).....	32
Tableau 08 : les statistiques descriptives de longueur des entre nœud (Beni-Amrane, Corso en 2017).....	33
Tableau 09 : les statistiques descriptives de Taille moyennes des fleurs (Beni-Amrane, Corso en 2017).....	34
Tableau10 : les statistiques descriptives de nombre de boutons avortés (Beni-Amrane, Corso en 2017).....	36
Tableau11 : les statistiques descriptives de nombre de feuilles morte (Beni-Amrane, Corso en 2017).....	37
Tableau12 : les statistiques descriptives de Nombre de fleurs nécrosées (Beni-Amrane, Corso en 2017).....	38
Tableau13 : les statistiques descriptives de feuilles chlorotique (Beni-Amrane, Corso en2017)..	39

List des figures

Figure 01 : exemple de schéma conceptuel autour d'une installation (Merlen 2015)	9
Figure 02 : Schéma récapitulatif de la biosurveillance (APPA ; 2000)	12
Figure 03 : Carte de la situation géographiques de Boumerdes par google earth.....	17
Figure 04 : Températures et précipitations moyennes (Boumerdes1877-2018)	18
Figure 05 : La température moyenne en Boumerdès 1878-2017(Year Average température) ...	19
Figure 06 : Rose des vents de Boumerdes en 2017.....	20
Figure 07 : Morphologie générale de <i>Pétunia hybrida</i>	21
Figure 08 : Diagramme de protocole expérimental.....	22
Figure 09 : Evolution de la croissance moyenne des différentes stations à T=0 semaines, T=4 semaines, et T=7semaines. (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).....	29
Figure 10 : Comparaison statistique du nombre de ramifications des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).....	31
Figure 11 : Comparaison statistique du nombre de fleurs des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).....	32
Figure 12 : Comparaison statistique de Tailles moyennes des fleurs différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).....	33
Figure 13 : Comparaison statistique Longueur des entre nœud des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).....	34
Figure 14 : Comparaison statistique du Tailles des feuilles des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$)	35
Figure 15 : Comparaison statistique du nombre de boutons avortés des différentes stations à T=0semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).....	36

List des figures

Figure 16 : Comparaison statistique du nombre de feuilles mortes des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$)	37
Figure 17 : Comparaison statistique du nombre de fleurs nécrosée des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).....	38
Figure18 : Comparaison statistique du nombre de feuilles chlorotique des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$	39

Introduction

À l'échelle mondiale, les dernières décennies ont connu une dégradation importante de la qualité de l'air. Ce phénomène est lié au développement des activités industrielles et au trafic routier qui sont les principales sources de la pollution atmosphérique.

La pollution atmosphérique est un phénomène très complexe compte tenu de la diversité des polluants susceptibles d'être présents dans l'atmosphère.

La pollution de l'air exerce un impact négatif important sur l'environnement en général, sur le bâti (monuments historiques et bâtiments), sur les cultures et sur la santé humaine. Ces dommages possèdent des coûts qui sont principalement externes, non couverts par les pollueurs et à la charge de la population de façon directe ou indirecte. Afin de remédier à cette situation et de déterminer les modes d'action les plus efficaces, ils ont besoin de disposer d'informations quantifiées sur les impacts et les coûts associés à cette forme de pollution.

La biosurveillance de la qualité de l'air est un outil simple et peu coûteux, complémentaire des mesures physico-chimiques réalisées par les différents réseaux de surveillance, elle ne permet pas de connaître la concentration de l'air en polluants, mais elle donne des indications assez précises sur les impacts potentiels que ces polluants atmosphériques peuvent avoir sur les êtres vivants (Berrayah *et al.*, 2016).

Les bioindicateurs sont des outils d'évaluation de la qualité de l'environnement. Ils peuvent être considérés comme complémentaires (notamment pour la répartition spatiale de la pollution, la caractérisation des synergies, la pollution graduelle, ...) des réseaux de mesures physico-chimiques pour les raisons suivantes :

- installation rapide et facile avec une faible infrastructure,
- grande souplesse au niveau de la modification, extension ou déplacement de ces réseaux,
- faible coût, tant au niveau de l'investissement que du suivi,
- réalisation d'études préliminaires permettant ensuite de choisir avec précision les emplacements les mieux adaptés à l'implantation de capteurs physico-chimiques,
- densification à faible coût des réseaux de capteurs physico-chimiques,
- détection des polluants nouveaux ou accidentels non pris en compte par les capteurs en place.

L'utilisation d'un bioindicateur végétal de la pollution de l'air plutôt connu pour sa réponse à l'exposition aux COV : *Petunia hybrida*. Les travaux de bioindication par les pétunias suggèrent un effet de la pollution atmosphérique sur le développement morphologique de cette plante (Underwood *et al.*, 2005).

Introduction

L'objectif de notre travail est d'appliquer des tests statistiques pour évaluer l'impact de la pollution atmosphérique à l'aide de *Pétunia hybrida* à travers la mesure des différents paramètres morphologiques importants. C'est dans le même contexte qu'est conçu l'essentiel de notre travail : Au chapitre I, nous avons décrit un contexte général sur la pollution atmosphérique (définition, principaux polluants atmosphériques, dispersion des polluants atmosphériques, généralité sur la biosurveillance, généralité sur les lichens, les mousses terrestres, et *Pétunia hybrida*).

Le chapitre II, est consacré à la présentation des zones d'étude et de la plante utilisée (*Petunia hybrida*), protocole expérimental et en fin la description des traitements statistiques des résultats de ce travail.

Les résultats obtenus, ainsi que leurs interprétations, sont présentés au chapitre III. Nous terminons par une synthèse des différents résultats.

La pollution atmosphérique s'impose aujourd'hui comme un sujet qui préoccupe de plus en plus les citoyens, les journalistes, les politiques, les chercheurs et les gouvernements. C'est un problème d'actualité qui a des effets néfastes sur l'environnement et cet environnement constitué de terre, d'eau, de plantes et d'air est un ensemble très important pour notre bien et pour l'équilibre naturel.

I. Pollution atmosphérique

La pollution de l'air exerce un impact négatif important sur l'environnement en général, sur les cultures, sur la santé humaine et sur les végétaux. Ces dommages possèdent des coûts qui sont principalement externes, non couverts par les pollueurs et à la charge de la population de façon directe ou indirecte.

I.1. Définition

Plusieurs définitions ont été développées pour expliquer la pollution de l'atmosphère, on cite parmi elles :

- Pacyna et Graedel définissent la pollution de l'air comme « la résultante de multiples facteurs : croissance de la consommation d'énergie, développement des industries extractives, métallurgiques et chimiques, de la circulation routière et aérienne, de l'incinération des ordures ménagères, des déchets industriels, etc. » (Pacyna, 1984 ; Pacyna et Graedel, 1995).

- En Algérie, les pouvoirs publics ont défini la pollution atmosphérique, à travers l'article 44 de la Loi N° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, comme suit : « Constitue une pollution atmosphérique au sens de la présente loi, l'introduction, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances de nature à mettre en danger la santé humaine, influencer sur les changements climatiques ou appauvrir la couche d'ozone, nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, compromettre la sécurité publique, incommoder la population, provoquer des nuisances olfactives, nuire à la production agricole et aux produits agro-alimentaires altérer les constructions et porter atteinte au caractère des sites, détériorer les biens matériels ».

- la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE) du 30 décembre 1996 qui a défini la pollution de l'air comme « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux

écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels et à provoquer des nuisances olfactives excessives » (Fintz, 2014).

I.2. Principaux polluants atmosphériques

De très nombreux polluants sont émis dans l'atmosphère (Yves, 2004). La pollution peut donc être émise directement ou bien provenir de réactions chimiques diverses (Finrz, 2016). Ainsi, les polluants qui composent cette couche peuvent être classés en deux catégories : polluants primaire et polluants secondaires (Yves, 2004).

I.2.1. Polluants atmosphérique primaires

Les polluants primaires sont émis directement par des sources fixes ou mobiles (Bremaud et al, 2012).

Les NO_x, NO et NO₂, 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 (NO₂). 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 (Masclat,2013).

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 (Boussouara, 2010).

Le CO₂ 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 (Masclat,2013).

Les PM ou Particules en Suspension. Ce sont, de manière générale, de fines particules portées par l'air.

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. Comprenant des hydrocarbure (alcanes alcènes, aromatiques monocycliques et notamment benzène et toluène...) et des composés oxygénés (aldéhydes, acides, cétones, éthers, ...). L'évaporation du carburant

lors du remplissage du réservoir et au niveau de l'alimentation des véhicules est également une source d'émission, notamment pour l'essence, plus volatile que le gazole (Aubertin, 1996).

Le SO₂ 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. (Masclat, 2013).

Les métaux, qui sont des éléments traces, comme le Plomb (Pb), le Zinc (Zn), le Cadmium (Cd), le Cuivre (Cu), le Mercure (Hg).

I.2.2. Polluants atmosphérique secondaires

Qui sont issus des réactions chimiques et photochimiques de certains polluants primaires entre eux, plus ou moins complexes, pour former des nouveaux polluants comme (O₃, H₂SO₄, ...etc.), qui sont très toxiques (Koller, 2009).

Parmi les polluants secondaires, il y a l'ozone, O₃, qui est issu de réactions chimiques entre les NO_x et les hydrocarbures. A température ambiante, l'ozone a une couleur bleu pâle.

I.3. Pollution organiques /inorganiques

Au niveau des polluants atmosphériques, ceux-ci peuvent être classés grossièrement en deux catégories : les polluants inorganiques et les polluants organiques (Garrec et Haluwyn 2002).

- **Les hydrocarbures aromatiques polycycliques :** Les HAP ont trouvé une place privilégiée dans la problématique de la pollution de l'air. Ils font partie des Polluants Organiques Persistants (POPs), définis par la convention de Stockholm (2001), deux traités internationaux dont l'objectif commun était de limiter les émissions de ces molécules capables de s'accumuler dans les différents compartiments de l'environnement et susceptibles d'être nocives ou toxiques pour la santé humaine et les ressources naturelles (Desalme, 2011).
- **Les composés organiques volatiles :** Les composés organiques volatils ou les COV sont des produits chimiques organiques qui se vaporisent facilement à la température ambiante. Ils s'appellent organiques parce qu'ils contiennent l'élément carbone dans leurs structures moléculaires. La famille des COV regroupe plusieurs milliers de composés (hydrocarbures, solvants, ...). Ils interviennent dans le processus de formation d'ozone dans la basse atmosphère et participent donc au réchauffement de la planète, entrent dans la composition des carburants et de nombreux produits courants : peintures, encres, colles, détachants, cosmétiques, solvants...pour des usages ménagers. Ils sont émis lors de la

combustion de combustibles (notamment dans les gaz d'échappement), ou par évaporation lors de leur fabrication, de leur stockage ou de leur utilisation. Les COV sont émis également par le milieu naturel (végétation méditerranéenne par exemple) et certaines aires cultivées. Ils ont un impact direct sur la santé (certains sont toxiques ou cancérogènes) (Ramade, 2000).

➤ **Ethylène :**

L'éthylène est un gaz omniprésent dans l'environnement. Environ 74 % des émissions mondiales proviennent de sources naturelles et 26 % de sources anthropiques. La majeure partie de l'éthylène produit naturellement est rejetée par les plantes et les microorganismes du sol dans les écosystèmes terrestres (Sawada et Totsuka, 1986). L'éthylène est produit de façon endogène par les fruits, les fleurs, les feuilles, les racines et les tubercules sous forme de phytohormone importante régulant les différents processus de croissance des plantes.

L'augmentation mondiale de la production d'éthylène est en grande partie le reflet de la demande accrue des utilisations en aval. L'éthylène est une matière première importante dans l'industrie des substances chimiques organiques de synthèse (Cgai, 1999). L'utilisation la plus répandue de l'éthylène est son ajout aux plastiques, principalement pour la production de polyéthylène haute densité, basse densité et basse densité linéaire, un polymère composé de monomères d'éthylène (Zimmermann et Walzl, 2009).

L'éthylène est omniprésent dans l'environnement, étant produit naturellement par les plantes, les microbes et les algues marines. Dans le sol, il s'agit d'un sous-produit de la décomposition microbienne des matières organiques. Dans les plantes d'espèce supérieure, l'éthylène fonctionne comme une hormone importante : il régule plusieurs processus physiologiques et biochimiques généraux qui interviennent dans la germination des graines, la maturation des fruits, l'abscission (déclenchant la perte des feuilles), la détermination du sexe, l'initiation de racines et l'élongation des cellules (Kazama *et al*, 2004).

L'éthylène réagit dans l'air principalement avec les radicaux hydroxyles (OH•), mais il peut aussi réagir avec les ions nitrate (NO₃) et l'ozone (O₃). L'oxydation de l'éthylène peut produire du dioxyde d'azote (NO₂), qui peut ensuite former de l'ozone. L'éthylène est utilisé comme critère à partir duquel d'autres produits chimiques sont mesurés pour la formation de l'ozone troposphérique.

Tableau 01 : Demi-vies de l'éthylène dans les milieux naturels.

Milieu	Demi-vie (jours)	Référence
Eau	1 à 28	Howard <i>et al.</i> 1991 ; OCDE, 2005
Air	1,01	Atkinson, 2000 ; AOPWIN, 2000
Sol	1 à 28	Howard <i>et al.</i> 1991
Sédiments	4 à 112 *	s.o.

* : Selon les calculs effectués à l'aide du rapport d'extrapolation de 1 :1 :4 pour la dégradation dans l'eau, le sol et les sédiments tiré de Boethling *et al.*, 1995.

I.4. Dispersion des polluants atmosphériques

Le compartiment atmosphérique joue un rôle primordial dans la dispersion des éléments chimiques sous les différentes formes possibles, gazeuses ou particulaires au travers d'aérosols (particule solide ou liquide en suspension dans l'atmosphère). Les contaminants étant principalement localisés dans la couche limite atmosphérique (trois premiers km) (Lee *et al.*, 2008).

I.4.1. Facteurs météorologiques

Nous dénombrons trois facteurs prédominants : le vent, le gradient vertical de température et la turbulence. Nous allons voir successivement leurs influences Les mouvements de l'atmosphère contribuent à la dispersion des polluants, on distinguera les mouvements horizontaux c'est à dire les vents, les mouvements verticaux et les ascendances. Enfin la pluie est un facteur de nettoyage de l'atmosphère. D'où la météorologie est un paramètre influençant fortement sur la qualité de l'air par de multiples facteurs (Diaf *et al.*, 2003).

- Les vents : Le vent est le déplacement de l'air, il constitue donc un facteur de transport des polluants. Il possède une vitesse (Km/h) et une direction (rose de vents) Le vent est responsable de la dispersion horizontale des polluants, sa vitesse augmente généralement avec l'altitude plus le vent est fort, plus les niveaux de pollution en ville seront bas le balayage des émissions est important. En revanche, un vent faible favorise l'accumulation locale des polluants (Maizi, 2006).

- Température et rayonnement : Ces deux paramètres, fortement corrélés, agissent sur la chimie des polluants ; le froid diminue la volatilité de certains gaz tandis que le rayonnement estival est favorable aux réactions photochimiques (Deletraz, 2002). La température de l'air diminue généralement avec l'altitude de 1°C tous les 100m. Le gradient vertical de température est utilisé pour définir la stabilité de l'atmosphère. Si la température décroît trop rapidement, l'atmosphère est instable, ce qui favorise la dispersion des polluants (Maouici, 2002)
- Les précipitations : Ce sont un facteur météorologique bénéfique pour l'abaissement des niveaux de pollution, les précipitations nettoient l'atmosphère en entraînant une partie des poussières qu'elles contiennent vers le sol. L'efficacité de cette opération devient presque négligeable pour les particules de diamètre inférieur ou égal à 2µm (Saidi, 2003).
- L'humidité : Un des principaux rôles de l'humidité est le « captage » des particules polluantes par les gouttelettes d'eau en suspension. En retenant les polluants, elles accroissent leur stagnation et peuvent finir par concentrer ces substances, ce qui n'est pas sans conséquences en montagne, où pluies et brouillards sont plus fréquents (Deletraz, 2002).

I.4.2 facteurs topographiques

Il s'agit d'obstacles (relief, les constructions) qui modifient le régime des vents. La direction des vents sera déviée autour des obstacles. Le vent pourra suivre des trajectoires préférentielles (Vallée...). La vitesse sera elle aussi modifiée (plus élevée au sommet des dans un nuage (ou incorporation par impaction dans un noyau préexistant), point de départ des gouttelettes de précipitation qui tomberont ultérieurement au sol ; il s'agit des précipitations (rainout ou within-cloud scavenging), processus atmosphérique majoritaire. Capture de particules ou de molécules gazeuses lors du lessivage de la pluie (washout ou below-cloud scavenging) ; celui-ci se produit en dehors du nuage et comprend impaction et interception de particules dans les gouttelettes aqueuses. La topographie joue également un rôle important sur l'intensité et le type de dépôts provenant de l'atmosphère à travers l'altitude qui accentue la formation de nuage (effet orogénique), et donc la pluviosité (Fowler et al, 1988).

I.5. Impact de la pollution atmosphérique

La pollution de l'air a un impact négatif sur la santé, les végétaux, l'environnement. Donc les conséquences de cette pollution sont multiples (voire l'annexe 1).

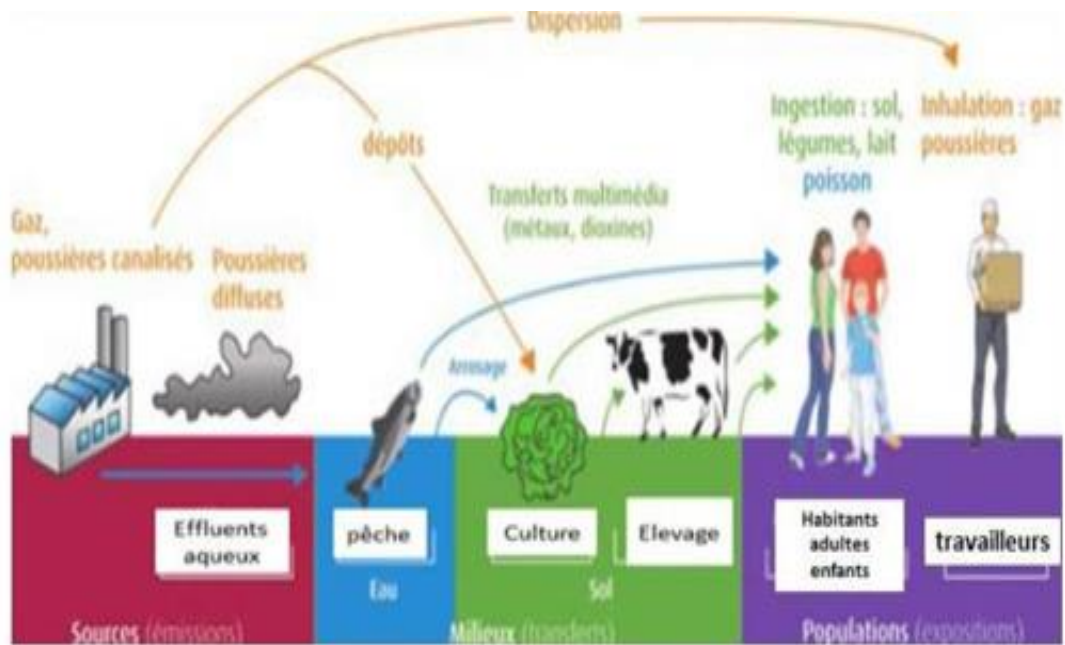


Figure 01 : exemple de schéma conceptuel autour d'une installation (Merlen, 2015).

I.5.1. Impact sur l'environnement : Le tableau 02 répertorie les impacts de différents polluants sur l'environnement.

Tableau 02 : Les polluants et leurs effets sur l'environnement (APPA, 2000).

Polluants	Effets sur l'environnement
Co	Toxique à haute dose pour les plantes (rarement observé)
Co2	Gaz à effet de serre
NOx (NO + NO2)	Acidification des pluies (formation de HNO3)
SO2	Acidification des pluies (formation de H2SO4), attaques du bâti, effets sur la végétation
O3	Toxique pour les végétaux, baisse de l'activité photosynthétique, gaz à effet de serre
Poussières	Dégradation du bâti, perturbation de la respiration et de la photosynthèse des plantes
Pb	Toxique pour la faune (accumulation par la chaîne alimentaire)
COV	Gaz à effet de serre (formation de CH4)

I.5.2. Impact sur la santé

La pollution de l'air a un impact sur la santé qui dépend du type et de la concentration des différents polluants dans l'air, de la durée d'exposition à ces polluants, de la morphologie, de l'état général et de l'âge des personnes exposées (Roda,2012).

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, où 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.

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.

I.5.3. Impact sur les végétaux

Les polluants atmosphériques impactent directement la végétation à travers deux processus : l'un physique est dû à leur dépôt à la surface des feuilles. Si les quantités de particules sont suffisantes, ce dépôt peut bloquer les échanges gazeux ou l'absorption de la lumière de la feuille. Sa capacité de photosynthèse et donc sa productivité sont alors modifiées et peuvent causer leur mort progressive (Trémoulet, 2015).

Le deuxième processus est chimique et correspond au transfert des substances chimiques présentes dans les particules à l'intérieur de la plante. Ce processus sera délétère ou bénéfique pour la plante selon la nature de la substance (nutriment ou substance toxique) et la quantité déposée (l'azote est un nutriment mais, déposé en excès, il cause des déséquilibres nutritionnels dans la plante).

Les particules peuvent également avoir un effet indirect sur la végétation en limitant la lumière qui atteint les plantes, du fait de leur présence dans l'air, ou en modifiant la chimie des sols, après leur dépôt (leur effet est alors considéré comme indirect puisqu'il est dû à la présence dans l'air ou est conditionné par un éventuel transfert depuis la surface du sol vers les racines, puis les tissus de la plante) (Tremoulet, 2015).

I.6. Généralité sur la biosurveillance

La biosurveillance est une technique adaptée pour mettre en évidence une altération de l'environnement (pollution). Basé sur l'observation de processus biologiques, c'est un outil d'amélioration de la surveillance de la qualité de l'air, complémentaire aux mesures physico-Chimiques. Elle met en lumière l'impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement et permet d'établir des connexions avec la santé d'un végétal et la gestion de la biodiversité. Elle permettra d'accroître les connaissances et le suivi de l'impact de la qualité de l'air ou du changement climatique sur les écosystèmes. La finalité est d'aider les gestionnaires des Réserves naturelles nationales à intégrer la qualité de l'air dans la définition des objectifs de conservation des milieux et des espèces.

I.7. Biosurveillance

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. (Garrec et van Haluwyn, 2002).

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.

I.8. Concepts de biosurveillance :

La bio- marqueur : est un « changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique qui révèle l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant » (Lagadic et al. 1997).

La bioindicateur : est défini comme un simple relais ne faisant référence qu'à des effets observables au niveau de l'individu se traduisant par des altérations morphologiques, tissulaires ou physiologiques (croissance et reproduction).

Le biointégrateur : observation de changements structurels au niveau population/communauté en réponse à un stress environnemental sur la durée ; la bio-intégration peut être considérée comme de la bio-indication à un niveau supérieur (il y a en effet souvent confusion entre ces deux termes).

La bioaccumulation : outre le mécanisme naturel par lequel une substance présente dans l'environnement s'accumule dans l'organisme (à ne pas confondre avec la bioamplification qui

correspond à la concentration de ces substances d'un niveau trophique à l'autre), cette technique vise à déterminer les teneurs en éléments chimiques bioaccumulés depuis l'environnement (illustration de la qualité de l'environnement dans lequel croît cet organisme).

Afin de suivre les contaminants atmosphériques et leurs impacts sur l'environnement, un moyen simple et pertinent consiste à étudier les cibles principales de ces molécules, c'est-à-dire les êtres vivants et les écosystèmes. Il s'agit de la surveillance biologique ou biosurveillance. Depuis la moitié du XIXe siècle déjà, les lichens sont connus pour être sensibles aux changements de qualité de l'air, qualifiés d'hygiomètre (Nylander, 1866).

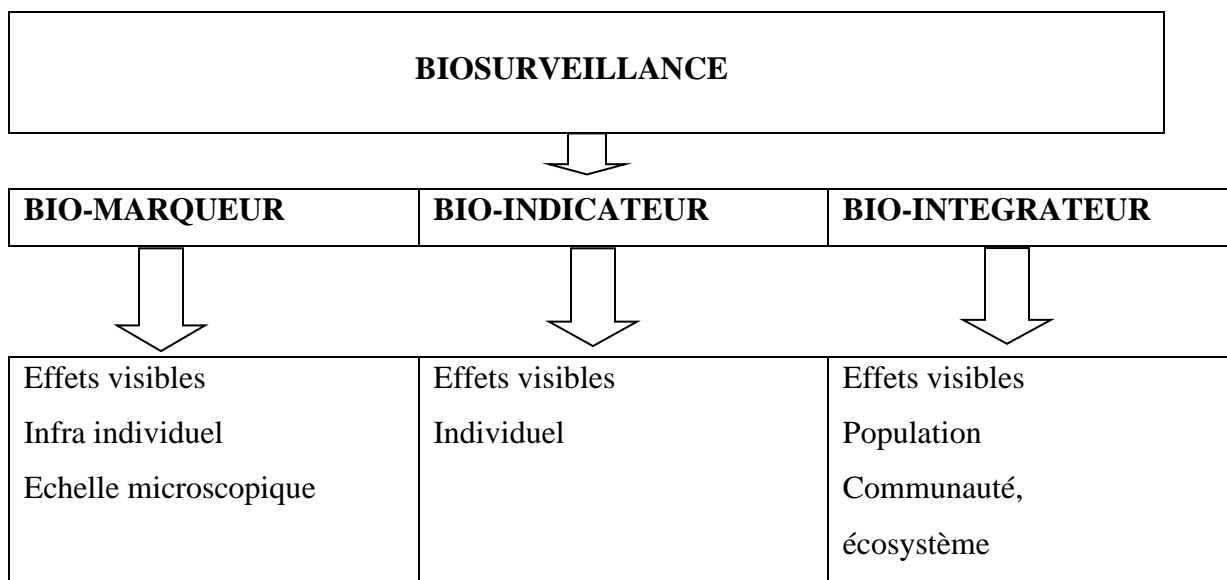


Figure 02 : Schéma récapitulatif de la biosurveillance (APPA ; 2000).

I.9. Avantages et limites de la biosurveillance

Les principaux avantages qu'offre la biosurveillance sont (d'après Agnan, 2013)

Une approche globale : en étudiant la réponse biologique, l'ensemble des contaminants du milieu est pris en considération, en intégrant à la fois la dimension temporelle et la dimension spatiale, approche complémentaire aux capteurs physico-chimiques.

Une simplification méthodologique : la biosurveillance passive ne nécessite pas d'anticipation particulière puisque seule une récolte ou une observation sur le terrain au moment souhaité, facilitant l'accessibilité des données.

En revanche, ces outils posent un certain nombre de questions à ce jour non résolues qu'il est impératif d'établir dans ce type d'étude pour une meilleure compréhension de la démarche et une meilleure interprétation :

L'absence de précision sur la représentativité spatiale : pollution locale ou pollution de fond.

L'absence de précision sur la représentativité temporelle : quelle intégration ?

L'effet d'un polluant peut être masqué par le polluant dominant et/ou le plus néfaste : rôle des apports azotés.

L'impossibilité de remonter à la concentration en polluant dans l'air.

La difficulté de trouver du matériel biologique dans les zones les plus polluées.

Le manque de données sur les effets biologiques causés par les contaminants.

I.10. Généralité sur les lichens, les mousses terrestres, et *Pétunia hybrida*

Au niveau des végétaux herbacés, les polluants atmosphériques sont captés essentiellement par leurs systèmes foliaires, mais pour les arbres, les polluants peuvent être aussi captés par l'écorce des troncs. Bien que les racines ne captent pas les polluants atmosphériques, celles-ci peuvent être perturbées physiologiquement par la présence de polluants (recherche de biomarqueurs tels que le dosage de l'amidon, la mesure de l'activité nitrate-réductase _mesure de la longueur racinaire et du degré de mycorhization en bio-indication_ bioaccumulation des polluants(Garrec et Haluwyn 2002).

I.10 .1. Lichens

Les lichens sont un groupe de végétaux appartenant aux cryptogames, comme les champignons, les mousses et les fougères. Ils sont constitués de champignons et d'algues vivant en symbiose vraie : les uns ne pouvant pas vivre sans les autres. L'association d'un élément fongique (champignon ou mycosymbiote) et d'un élément algal (algue ou phytosymbiote, parfois appelé aussi phycosymbiote) donne cette biomorphose due à l'interaction des deux composants (Nash III, 2008).

Actuellement on considère les lichens de plus en plus comme des Champignons lichénisés, adaptés à la vie symbiotique. Le constituant fongique prédomine, en effet, dans la morphologie et la reproduction du lichen. La lichénisation est apparue, probablement d'une manière indépendante, dans des groupes très différents d'Ascomycètes, et dans quelques basidiomycètes ; les lichens sont un ensemble polyphylétique que certains botanistes intègrent à leur place dans l'étude systématique des Champignons (Ozenda, 2000).

I.10.2. Mousses terrestres

Ce sont des végétaux anciens, assez discrets et méconnus, faisant la transition évolutive entre les algues (toutes à thalle) et les végétaux vasculaires ou supérieurs (tous à tige typique), tels que les ptéridophytes (fougères et prêles) et les plantes à fleurs. Les bryophytes ne sont que partiellement émancipés du milieu aquatique. Ce sont des cryptogames, se reproduisant grâce à des spores libérées et disséminées par le vent et possédant un cycle à deux générations séparées (Manneville, 2011).

De par leurs propriétés morphologiques et physiologiques (l'absence de système racinaire et de tissus conducteurs développés faisant du dépôt atmosphérique la principale source en eau et éléments nutritifs) (Leblond, 2004).

Les mousses sont particulièrement résistantes aux substances toxiques qu'elles accumulent, notamment aux ETM, ce qui en fait des organismes adéquats pour la biosurveillance de ceux-ci (Rzepka et Cuny, 2008), donc sont couramment utilisées comme sentinelles de la pollution métallique atmosphérique (Leblond, 2004).

I.10.3. Pétunia hybrida

Pétunia hybrida, plante herbacée vivace Solanacée, est une ornementale importante, originaire d'Amérique du Sud, Argentine, ayant des fleurs colorées et une longue fluorescence ; il présente une valeur ornementale élevée et est maintenant largement cultivée à travers le monde. De plus, il est devenu une usine modèle importante, en raison de son cycle de vie court, fond génétique, génome plus petit et cellule simple et technique d'opération tissulaire (Drummond et al.2009).

Les feuilles sont alternes, entières, sessiles (ou parfois pétiolées) et simples.

Les fleurs sont solitaires, axillaires et plutôt actinomorphes. Le calice est vert, profondément 5-lobé, avec un tube court. La corolle infundibuliforme ou hypocratérimorphe possède des couleurs assez vives (pourpres, rouges, roses ou blancs). Les 5 étamines naissent sur la corolle ; une d'entre elles est stérile. L'ovaire est biloculaire (à 2 loges) et les ovules nombreux.

Le fruit est une capsule biloculaire contenant de nombreuses très petites graines.

I.10.3.1. Répartitions du pétunia

Les *Pétunia* se répartissent dans les régions tropicales et tempérées d'Amérique du sud. Les deux espèces mères des cultivars horticoles, *Pétunia axillaris* et *Pétunia integrifolia* ont la distribution

la plus large. Plusieurs espèces sont des endémiques à des territoires restreints (Gerats et al ,2009).

I.10.3.2. Culture

Les pétunias sont largement cultivés pour leurs fleurs. On en retrouve de nombreuses variétés, la plupart des hybrides de *Pétunia axillaris* (blanc) et de *Pétunia integrifolia* (violet). De nouvelles variétés de pétunias ont été créées grâce au recours aux biotechnologies, notamment la transgénèse, l'interférence par ARN (ce mécanisme a d'ailleurs été identifié pour la première fois chez les pétunias) et les nucléases à doigt de zinc (Nakagawa H, et al ,2005 ; Jessica Wong ,2013).

Pour la culture d'hybride horticole, le semis se fait en mars, sous serre, ou plus tard si l'exposition au soleil est bonne. Il est difficile à réaliser car les graines sont très fines (ne pas recouvrir les graines). Il faut ensuite repiquer en pots (une à deux fois). La disposition finale de la plante se fait en sols légers, pas trop riches, avec une exposition mi-ombragée (privilegiée pour les variétés retombantes) à ensoleillée.

I.11. Conclusion I

L'air est un élément vital, si on ne prend pas garde de sa qualité en continuant de le polluer il deviendra un souci majeur pour notre santé ainsi que pour l'environnement. Ce chapitre rassemble les informations sur la caractérisation et la description de la pollution atmosphérique. Il a été identifié que les polluants se distinguent en deux catégories : polluants gazeux (SO₂, NO_X, CO, CO₂...) et polluants particuliers (poussières, métaux lourds...) ces polluants sont appelés, polluants primaires puis, au contact les uns avec les autres produits des réactions chimiques avec d'autres composants de l'atmosphère, ce qui génère des polluants dits secondaires.

En ce qui concerne le compartiment atmosphérique, l'institut a notamment recours à plusieurs organismes bioindicateurs, comme les lichens ou les pétunias, afin d'obtenir des connaissances supplémentaires sur l'état général de l'environnement du territoire.

Le développement de techniques de biosurveillance est en plein essor, permettant à la fois de réduire considérablement les coûts d'une étude, mais aussi de palier au besoin d'utilisation d'appareils de mesures très perfectionnés.

Les végétaux sont des outils de grand intérêt pour la biosurveillance. Leur diversité offre un large éventail d'organismes utilisables tel que les Bryophytes, Lichens, les plantes pour détecter un grand nombre de polluants atmosphérique (ozone, oxydes d'azote, particules en suspensions, métaux lourds, HAP, dioxines, pesticides...).

II.1. Zone d'étude

La Wilaya de Boumerdes est une wilaya côtière du centre du pays avec 100 Km de profil littoral. Elle se situe dans la région Nord Centre, partie intégrante de l'Est de l'aire métropolitaine d'Alger. La superficie globale de la wilaya de Boumerdes est de 1 456,16 km².

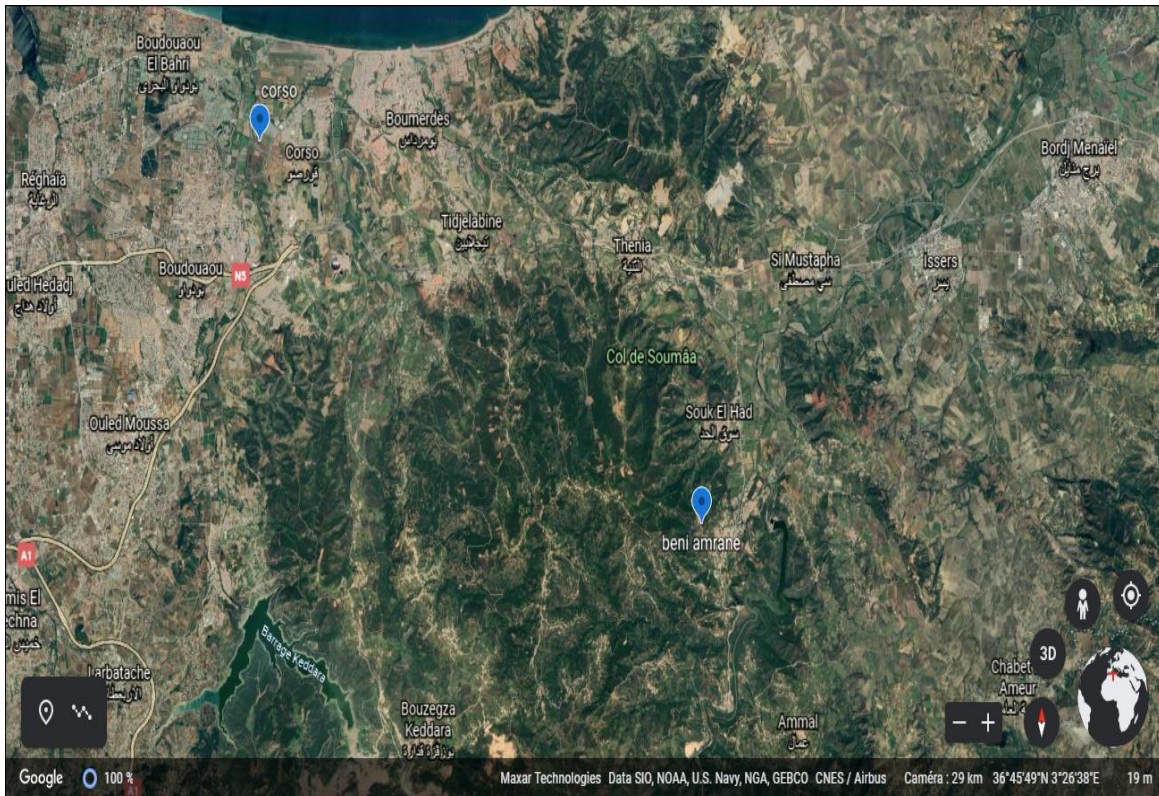


Figure 03 : Carte de la situation géographiques de Boumerdes par google earth.

II.1.1. Situation géographique

Boumerdes est une ville côtière du centre d'Algérie, située en basse Kabylie, d'une superficie de 1 456,16 km² avec 100 km de profil littoral allant du cap de Boudouaou El Bahri à l'ouest, à la limite orientale de la commune d' Afir.

Boumerdes est située à 45 km à l'est de la capitale Alger, à 52 km à l'ouest de Tizi Ouzou, à 25 km au nord de Bouira.

II.1.2. Reliefs

Le relief de la Wilaya de Boumerdes se caractérise par la juxtaposition d'ensembles physiques bien différenciés : Les plaines et les vallées au nord, les collines et plateaux dans la partie intermédiaire et les montagnes au Sud.

II.1.3. Climat

La wilaya de Boumerdes est caractérisée par un climat méditerranéen (hivers froids et humides et étés chauds et secs).

II.1.3.1. Températures et précipitations en Boumerdès en moyenne climatogramme mensuel

Un ensemble de données de base climatique 1877-2018 pour Boumerdès.

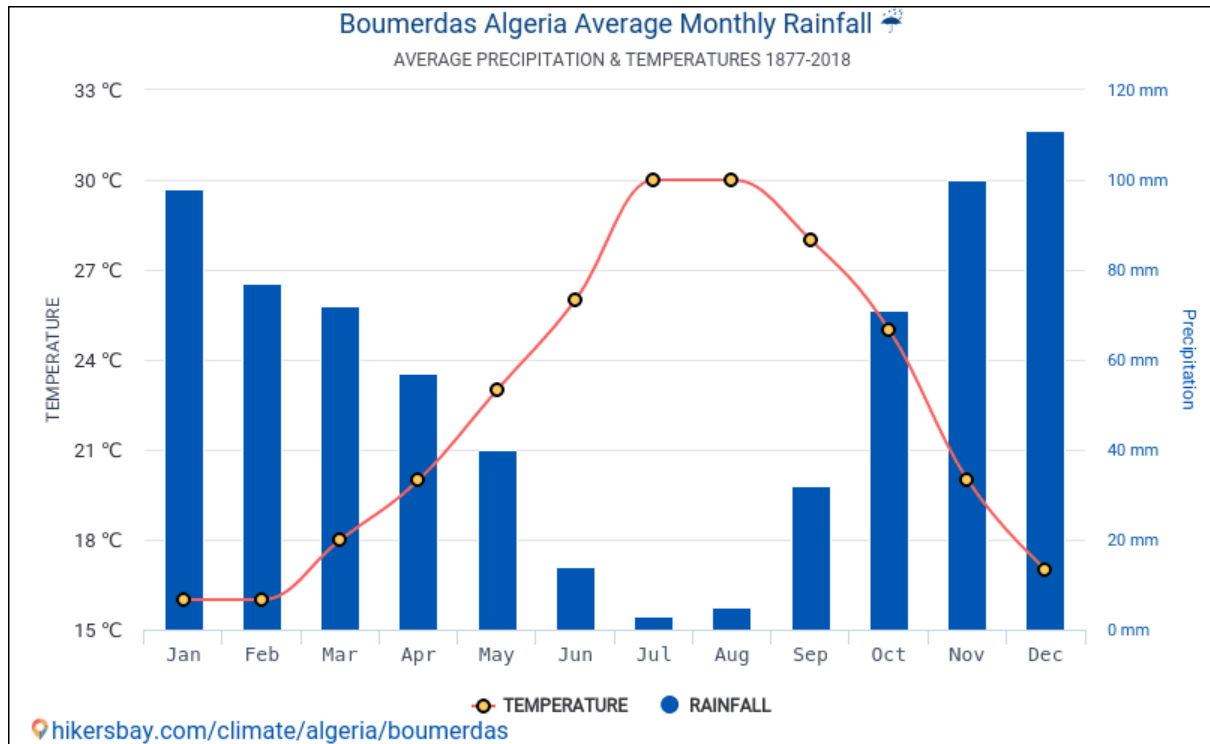


Figure 04 : Températures et précipitations moyennes (Boumerdes1877-2018).

D'après la Figure (04) Mois avec la plus grande précipitation sont décembre, novembre, janvier avec 309 mm de précipitations. La plupart des précipitations se produit dans décembre avec une précipitation moyenne 111 mm Le montant annuel des précipitations en Boumerdès est de 680 mm La température moyenne annuelle est de 22°C dans Boumerdès. Le mois le plus chaud de l'année est juillet, avec une température moyenne : 30°C. Janvier Est généralement le mois le plus froid avec une température moyenne 16°C en Boumerdès. La différence entre le mois le plus chaud : juillet et le mois le plus froid : janvier est : 14°C. La différence entre la précipitation pluie (décembre) et les précipitations plus faibles (juillet) est 108mm.

Figure (05) montre que la température moyenne en Boumerdès au fil des ans. Conditions météorologiques moyennes en Boumerdès, Algérie. Informations climatologiques sur les fluctuations de température au cours des années à Boumerdès.

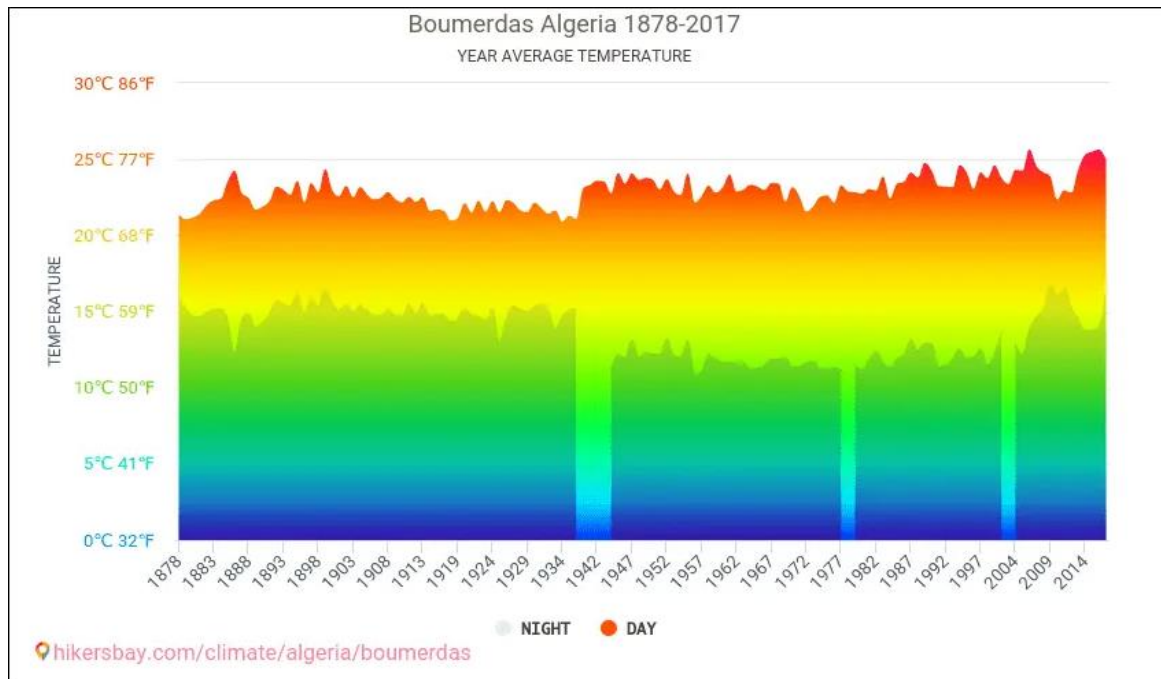


Figure 05 : La température moyenne en Boumerdès 1878-2017 (Year Average température).

La température minimale enregistrée (moyenne mensuelle) a été 7°C en février 2012 en Boumerdès. La plus haute température enregistrée (moyenne mensuelle) a été 30°C en juillet 2015 en Boumerdès. L'année 1899 a été le plus chaud en Boumerdès, la température moyenne était de : 20°C. 1956 a été l'année la plus froide, la température moyenne était de : 17°C.

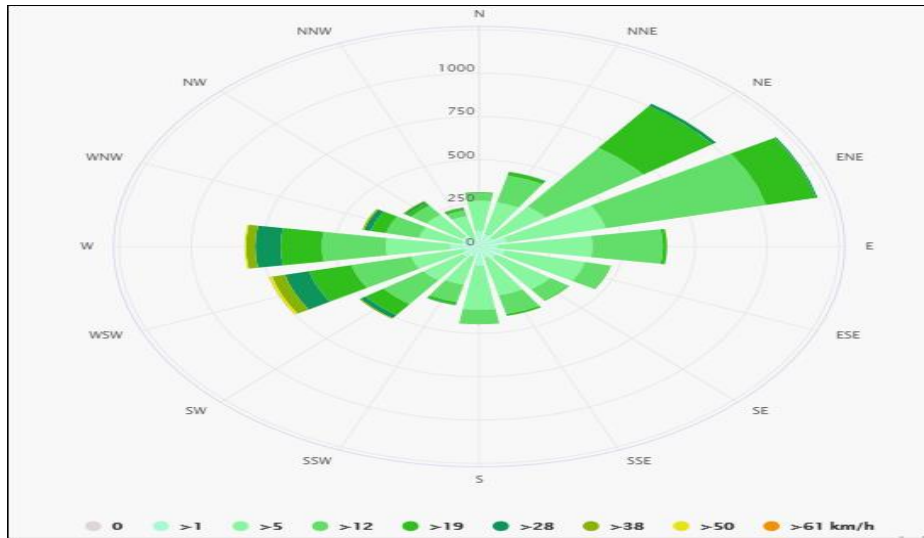


Figure 06 : Rose des vents de Boumerdes en 2017.

La Rose des vents pour Boumerdes (en figure 06) montre combien d'heures par an le vent souffle dans la direction indiquée.

II.2. Choix de *Pétunia hybrida* comme bioindicateur de la pollution

Lorsque les teneurs en polluants organiques sont assez élevées, on peut constater des perturbations morphologiques chez les végétaux très sensibles hydrocarbures et pétunia (Annex 02) (Garrec et Haluwynghj 2002).

En 2014, l'Institut écocitoyen pour la connaissance des pollutions a utilisé *Pétunia hybrida* (figure 07) pour évaluer l'exposition de plusieurs communes aux émissions atmosphériques polluant d'origine industrielle (Dauphin, 2016).



Figure 07 : Morphologie générale *Pétunia hybrida*

II.3. Test du pétunia

Cette étude a permis de mettre en évidence une réponse différente des pétunias en fonction des communes et surtout en fonction du niveau d'exposition aux polluants atmosphériques. De ce fait, les modifications physiologiques les plus importantes observables chez *Pétunia hybrida* sont directement reliées à la proximité des installations industrielles (Villarino, 2014 ; Dauphin, 2016). 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 du Beni-Amrane et la région du Corso.

Tableau 03 : classification de *Pétunia hybrida*

Nom vernaculaire	Pétunia hybride
Nom latin	Pétunia hybrid
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Genre	Pétunia
Type de végétation	Vivace à fleurs, annuelle
Type de feuillage	Persistant
Croissance	Rapide et très florifère.
Floraison	Importante. Printemps, été et automne.
Hauteur	30 à 50 cm

Au terme de mois et demi 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.

II .4. Protocole de mesures

L'objectif de cette étude sur la biosurveillance environnementale de la pollution atmosphérique à l'aide de *Pétunia hybrida* est de caractériser cette pollution par des modifications morphologiques chez la plante et ainsi évaluer l'impact environnemental. De ce fait, la prise de données concerne plusieurs paramètres physiologiques pour essayer de caractériser au mieux ces changements en fonctions des sites d'études. À noter que la prise de

données a été réalisée toutes les semaines le même jour pour tous les volontaires participant à l'étude, homogénéisant ainsi l'échantillonnage. On fait cette étude pour déterminer l'existence de polluants d'hydrocarbures dans la région de Boumerdes selon le protocole de la figure 08.

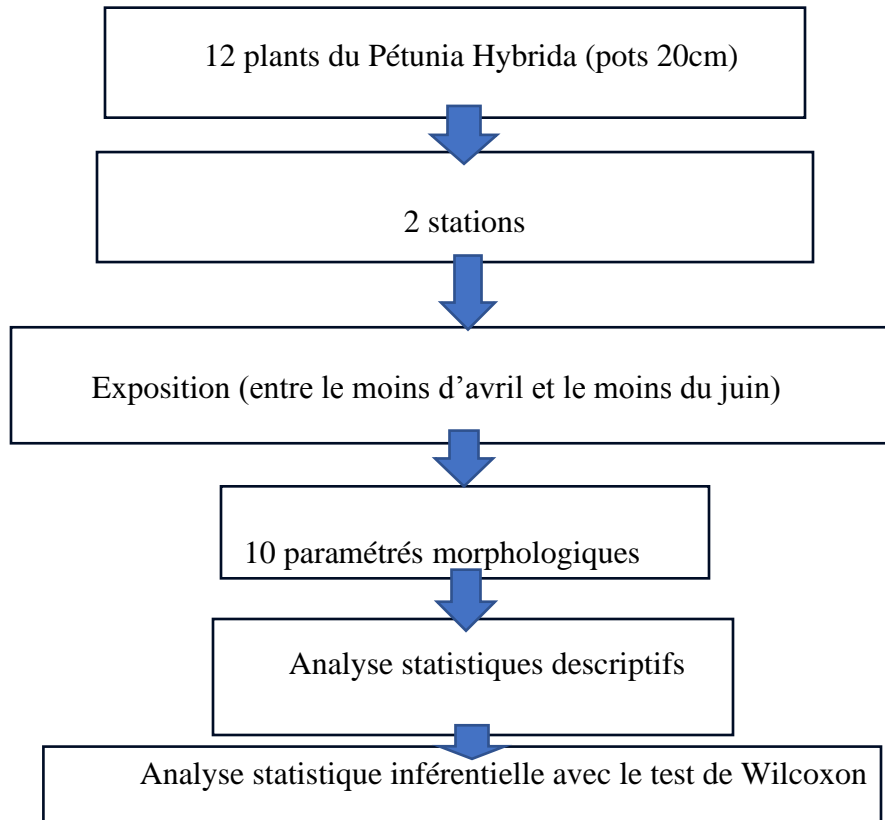


Figure 08 : Diagramme de protocole expérimental

II .5. Exposition des plants et évolution dans le temps

Dans cette partie du chapitre, est donnée la fiche technique de Pétunia hybrida qui explique les conditions d'exposition et le suivi de l'évolution des plans dans le temps dans les stations concernées.

II.5.1. Exposition

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

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 21 Avril jusqu'au mois 30 juin.

Il faut, dans la mesure du possible, placer les pots à proximité de stations de mesures physicochimiques 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.

Pétunia hybrida est utilisé dans l'expérience présentée. Les plantes ont été cultivées et exposées dans des pots de 20 cm de diamètre avec volume de sol similaire et engrais à libération lente, ce qui était suffisant pour toute la période de l'expérience.

Pétunia de 7 semaines a été transporté vers les sites d'exposition. Les sites ont été choisis sur la base de l'air intérieur surveillance de la pollution. Au total, 12 pots ont été distribués sur les différents sites (6 pots pour chacun). La période de l'exposition (entre le moins d'avril et le moins du juin) était liée aux fonctions physiologiques des plantes. Comme d'habitude pour ce genre Des études, la première évaluation est effectuée immédiatement avant l'exposition. D'autres évaluations sont menées sur tous les 7 jours.

Pour suivre le rapport final concernant l'étude de la contamination atmosphérique en polluant à l'aide de pétunia hybrida, sur une période d'un mois et demi (7 semaines), des mesures morphologiques (le nombre et la taille moyenne des fleurs, les feuilles mortes et nécrosées, la taille moyenne des plants...) ont été prises sur les plants de pétunia dans les différentes stations (Benaissa et al 2019).

II .5.2. Évaluation

Les pétunias réagissent aux hydrocarbures par un développement réduit par des chloroses et des nécroses foliaires. Les paramètres anatomiques et morphologiques suivants peuvent être utilisés pour quantifier le niveau d'impact des hydrocarbures (par comparaison avec un témoin).

Les critères retenus pour évaluer la pollution sont les paramètres suivants :

Le nombre de fleurs par pieds ; le diamètre des fleurs ; la taille des feuilles le nombre des feuilles présentant des chloroses ou des nécroses, la longueur des entre-nœuds ; le nombre de boutons avortés (nombre total boutons, nombre de fleurs, nombre de fruit).

II .6. Paramètres morphologies mesurés

Chaque plante est évaluée pour ses critères d'impact en examinant les paramètres morphologiques (croissance des plantes, feuilles et le nombre de fleurs de pétunia comme suit (Benaissa et al,2019) :

II .6.1. Nombre et tailles moyenne des fleurs

Chaque semaine on dénombre le nombre et la tailles moyenne des fleurs du pétunia hybrida dans chacune des deux stations (la taille moyenne des fleurs est calculée à partir des mesures de diamètres des fleurs).

II .6.2. Nombre des fleurs nécrosées FN

Pour chaque plante le nombre des fleurs nécrosées est à dénombrer chaque semaine dans les deux stations.

II .6.3. Nombre des feuilles mortes, nombre des feuilles chlorotiques ou avec des nécrosées

Calculer le nombre des feuilles mortes et chlorotiques du pétunia hybrida chaque semaine la nécrose d'une feuille peut se présenter suivant plusieurs formes comme une décoloration totale de la feuille.

II .6.4. Nombre de boutons viable et avortés

Le nombre de boutons viable et avortés et dénombré chaque semaine pour chaque plante dans les deux stations.

II .6.5. Nombre de ramifications

Chaque semaine on dénombre le nombre de ramifications du pétunia hybrida.

II .6.6. Taille moyenne de la plante

Dénombrer la taille moyennes de la plante à partir de mesurer la longueur totale de la plante chaque semaine dans les deux stations.

II .6.7. Taille moyenne des feuilles

Calculer la taille des feuilles dans les stations chaque semaine, les différences de croissance des plantes et d'autres paramètres entre les semaines successives ont été calculées et sont présentées.

Après la période d'exposition, la partie aérienne des plantes a été récupérée et immédiatement noyée stockée pendant 96 heures à 40 °C.

II. 7. Traitements statistiques

Les tests statistiques seront utilisés pour valider les résultats obtenus ont été traités statiquement avec logiciels : d'Excel il s'agit des statiques descriptives, de test non paramétrique de comparaison de moyennes pour échantillons indépendants et l'analyse des composantes principales.

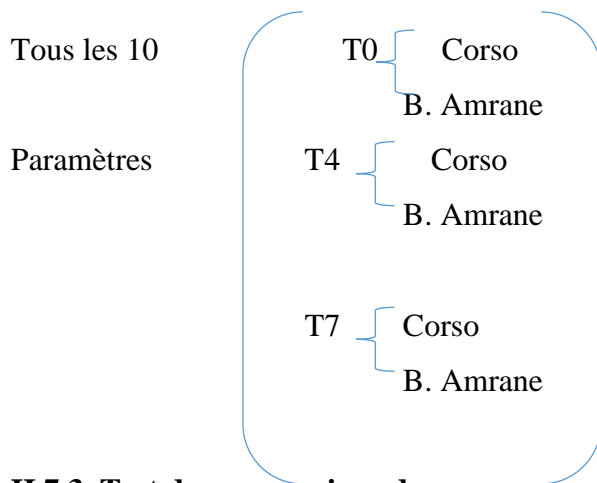
II.7.1. Test de Wilcoxon (deux échantillons indépendants)

Trois chercheurs, Mann, Whitney, et Wilcoxon, ont mis au point séparément un test non paramétrique très similaire qui permet de déterminer si, sur la base des rangs des échantillons, on peut considérer que les échantillons sont identiques ou non en termes de position. Ce test est souvent appelé test de Mann-Whitney, parfois test de Wilcoxon-Mann-Whitney, ou encore Wilcoxon Rank-Sum test (Lehmann,E. ,1975).

II.7.2. Statistique de Wilcoxon

Pour calculer la statistique de Wilcoxon mesurant la différence de position entre le premier échantillon E1, et l'échantillon E2 auquel on soustrait D, on regroupe les valeurs obtenues pour les deux échantillons, puis on les ordonne. La statistique est la somme des rangs de l'un des échantillons, la somme est calculée sur le premier échantillon.

Comparaison des échantillons deux à deux (Test de Wilcoxon) :



II.7.3. Test de comparaison de moyenne

Pour décider si deux échantillons peuvent raisonnablement être considérés comme à l'origine de la même distribution ou population, un certain nombre de tests statistiques peuvent être utilisés. La taille de nos échantillons par les stations est trop peu importante pour considérer une distribution normale, un test paramétrique n'est donc pas réalisable. Dans ce cas, un test non paramétrique à deux échantillons peut offrir des avantages tels qu'une efficacité et surtout une pertinence relative supérieure (Wijnand et al., 2000). Les données obtenues seront donc regroupées par station pour ainsi caractériser individuellement. Chaque site d'étude et tester deux chaque station d'étude et chaque paramètre à l'aide de tests non paramétriques de Mann Whitney :

T=0(21-04-2017), représentant les données initiales en début d'étude.

T=4(12-05-2017), 4eme semaines d'exposition, correspondant ici à la moitié de notre étude.

T=7(02-06-2017), 7eme semaines d'exposition, en fin d'étude.

II.8. Conclusion

L'exposition des différentes communes à la pollution atmosphérique en composés organiques volatils (COV) d'origine industrielle, urbaine et routière a été mise en évidence en mesurant plusieurs impacts physiologiques induits sur *Pétunia hybrida* (plante sensible à l'éthylène) à travers 10 paramètres détaillant le développement morphologique chez cette plante. La prise de données réalisée dans une démarche volontaire, vous a directement mobilisé dans l'observation de l'état écologique de votre propre environnement.

La comparaison de ces résultats avec une station pourvue d'une exposition essentiellement urbaine et routière témoigne d'une croissance et d'un développement général significativement plus important pour le bon développement de *Pétunia hybrida*.

Enfin, c'est en analysant les données récoltées sur les stations d'études situées en milieu rural, les plus éloignées de toute exposition urbaine et industrielle, qu'un développement physiologique général plus conséquent en comparaison aux autres stations a été observé, témoignant à la fois d'un état atmosphérique potentiellement de meilleure qualité car beaucoup moins impacté par les émissions anthropiques mais également permettant de proposer *Pétunia hybrida* comme un moyen pertinent et efficace pour la biosurveillance environnementale de la qualité de l'air dans la région de Boumerdes.

Le suivi des paramètres morphologiques sélectionnés permet de caractériser le développement morphologique des différentes structures des plants de pétunias, avec la floraison (diamètre des fleurs, nombre de bourgeons, nombre de fleurs nécrosées), la croissance (croissance moyenne, poids sec en fin d'étude) et le développement foliaire (nombre de feuilles nécrosées). La périodicité de l'échantillonnage par permet d'observer l'évolution générale de ces différents paramètres tout au long de la période d'étude.

III.1. Paramètres physiologiques de croissances de *Pétunia hybrida*

Les modifications physiologiques les plus importantes observables chez *Petunia hybrida* sont directement influence au développement morphologique des pétunias.

Pour l'étude de l'évolution de la pollution atmosphérique à l'aide de *Petunia hybrida* est de caractériser cette pollution par des modifications morphologiques chez la plante et ainsi évaluer l'impact environnemental. De fait, la prise de données concerne plusieurs paramètres physiologiques pour essayer de caractériser au mieux ces changements en fonctions des sites d'études.

III.1.1. Tailles moyennes des plants

Les résultats sont obtenus après les analyses statistiques descriptives Paramètres physiologiques (voir Tableau 04, figure 05).

Tableau 04 : Statistiques descriptives de tailles moyennes des plants (*Beni-Amrane, Corso* en 2017).

	<i>Beni -Amrane</i>						<i>Corso</i>					
	Plb1	Plb2	Plb3	Plb4	Plb5	Plb6	Plc1	Plc2	Plc3	Plc4	Plc5	Plc6
M	25,57	21	25	25,36	24,57	25,29	29,6	28	29,3	29,4	30	25,9
ETS	0,649	0,655	0,845	0,261	0,782	0,184	1,51	1,31	2	2,79	1,29	2,52
Mé	26	21	26	25,5	25	25	30	30	29	30	30	30
Mo	26	21	26	25,5	25	25	30	30	29	30	30	30
ÉT	1,718	1,732	2,236	0,69	2,07	0,488	3,99	3,48	5,28	7,39	3,42	6,67
Var	2,952	3	5	0,476	4,286	0,238	16	12,1	27,9	54,6	11,7	44,5
Min	22	18	20	24	20	25	24	22,5	20	15	25	13
Max	27	23	26	26	26	26	35	31	38	40	36	31

Plb : pot dans la station de Beni-Amrane ; *Plc* : pot dans la station de Corso *M* : moyenne ; *ETS* : Erreur standard ; *Mé* : Médiane ; *Mo* : mode ; *ET* : Ecart-type *Var* : variance ; *Min* : valeur minimale ; *Max* : valeur maximale.

Le tableau 04 représente les statistiques descriptives de tailles moyennes des plants (*Beni-Amrane, Corso* en 2017) au cours des semaines d'exposition, et d'après les analyses statistiques descriptives des résultats on se trouve la moyenne la plus élevée a (*Plb1* (M= 25,57 *Beni-Amrane*) et à *Plc5* (M=30 *Corso*) T=0 jusqu'à T= 7 semaines).

L'erreur standard le plus élevé à Plb3 (EST= 0,845 Beni-Amrane) et à Plc4 (EST=2,79 Corso). La médiane et le mode presque constante au cour d'exposition dans les deux stations (Beni-Amrane et Corso).

Ecart-type et variance les plus fortes Plb3 (ET= 2,236, var =5), Plc4 (ET=7,39, var=54,6).

La valeur minimale et la valeur maximale les plus augmentent (Plb6 (min=25) et Plb1 (max=27). Plc5 (min =25) et Plc4 (max =40)).

On compare entre les échantillons dans les deux stations pour trouve les modifications qui sont observé au début jusqu'à la fin d'exposition, à cause de conditions climatiques et l'existence des polluant dans l'atmosphère des stations (corso plus élevé).

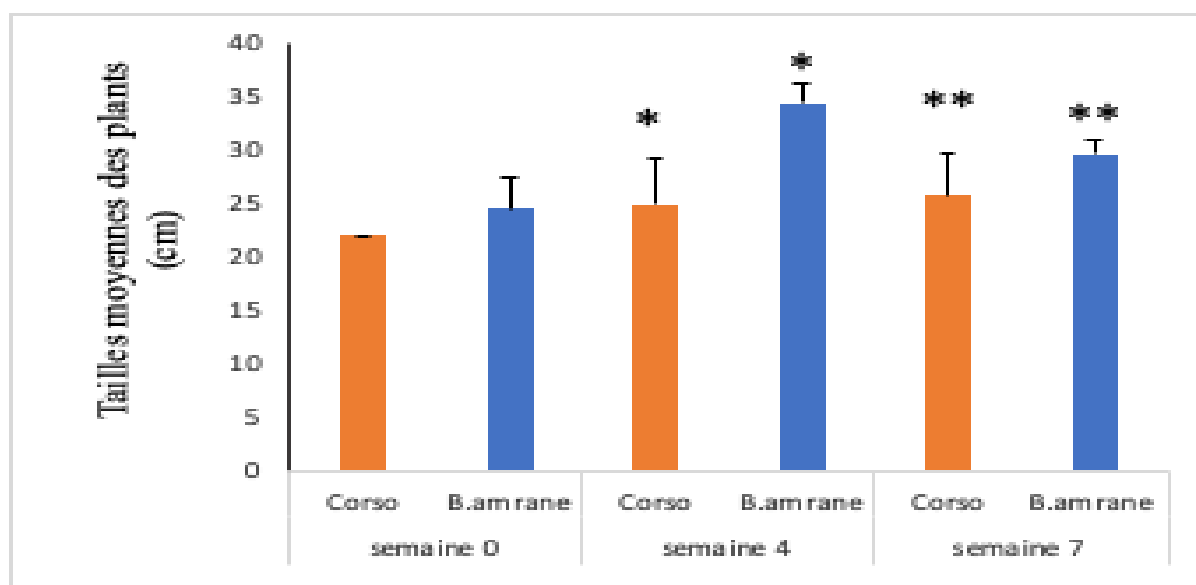


Figure 09 : Evolution de la croissance moyenne des différentes stations à T=0 semaines, T=4 semaines, et T=7 semaines. (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).

Les résultats détaillés de la croissance au cours de la période de l'ensemble des stations d'étude laissent clairement apparaître un développement vertical des plants plus important au sein de la station. Concernant les trois temps pris en compte (T=0, T=4, T=7). (Figure 09).

À T=0 semaine les moyennes de la croissance élevé dans la station du *Beni-Amrane* par rapport à la station du Corso mais ne présente pas une différence significative dans les deux stations.

Après T= 4 et 7 semaines d'exposition les moyennes de la croissance élevée dans la station du *Beni-Amrane* avec une différence significative importante dans la semaine 7.

III.1.2. Nombre de ramifications

Le tableau 05 représente les statistiques descriptives de nombre de ramifications (*Beni-Amrane, Corso* en2017), d'après les analyses statistiques descriptives on s'obtient la moyenne la plus élevée à Plb3 (M= 10 Beni-Amrane) et à Plc1 (M=4,5 Corso) au cours de 7 semaines).

L'erreur standard reste constante (EST=0 au cours d'exposition avec tous les pots dans la station de Beni-Amrane) et Erreur standard la plus élevée à corso se trouve à Plc5(EST=1,5).

La médiane et le mode les plus élevés à Plb3 (Me=10, Mo=10), dans la station de corso le mode et la médiane restent constants au cours d'exposition.

Ecart-type et variance presque constantes dans les deux stations et au cours d'exposition.

Valeur minimale constante et Plc1 max =6 dans la station de Corso.

Tableau 05 : Statistiques descriptives de nombre de ramifications (*Beni-Amrane, Corso* en2017).

	<i>Beni -Amrane</i>						<i>Corso</i>					
	Plb1	Plb2	Plb3	Plb4	Plb5	Plb6	Plc1	Plc2	Plc3	Plc4	Plc5	Plc6
M	5	6	10	5	7	4	4,5	3	3,75	2	3	3
ETS	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0,75	0	0	0
Mé	5	6	10	5	7	4	4,5	3	3	2	3	3
Mo	5	6	10	5	7	4	#N/A	3	3	2	3	3
ÉT	0	0	0	0	0	0	2,12	0	1,5	0	0	0
Var	0	0	0	0	0	0	4,5	0	2,25	0	0	0
Min	5	6	10	5	7	4	3	3	3	2	3	3
Max	5	6	10	5	7	4	6	3	6	2	3	3

Plb : pot dans la station de Beni-Amrane ; *Plc* : pot dans la station de Corso *M* : moyenne ; *ETS* : Erreur standard ; *Mé* : Médiane ; *Mo* : mode ; *ET* : Ecart-type ; *Var* : variance ; *Min* : valeur minimale ; *Max* : valeur maximale

Il existe une modification de nombre de ramifications dans les deux stations ils sont favorables à Beni-Amrane.

En début d'étude à T=0 semaine la moyenne de la ramification élevée dans la station du *Beni Amrane* il n'est pas significative vis-à-vis de ce paramètre morphologique (Absence des résultats dans la station du Corso) (Figure 10).

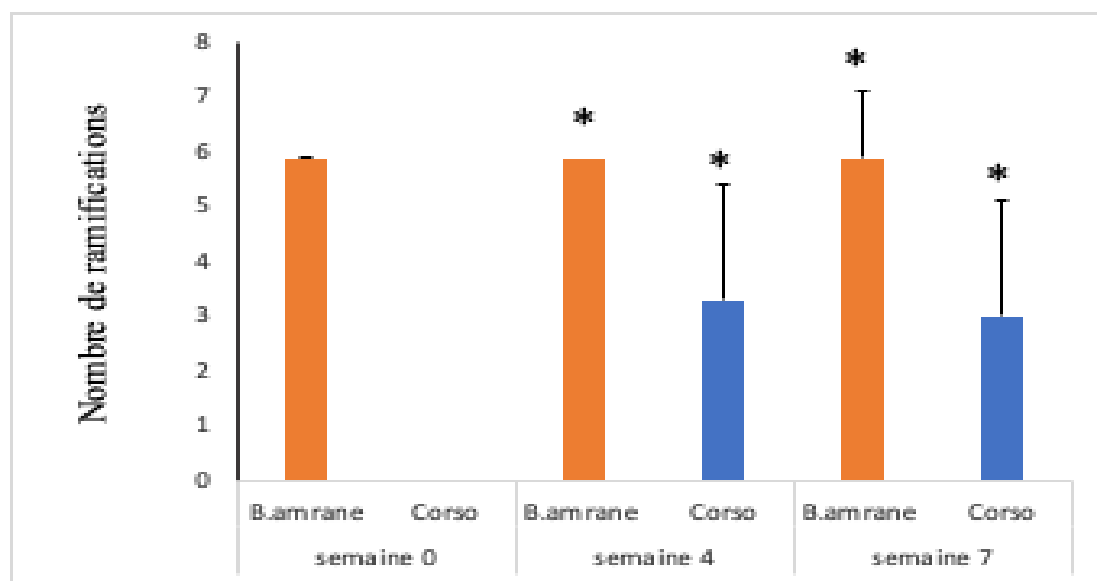


Figure 10 : Comparaison statistique du nombre de ramifications des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6 pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).

En observant les résultats après T=4 semaines d'exposition les stations d'étude présentent la moyenne élevée dans la station du *Beni-Amrane* par rapport à Corso avec une différence significative, (la station du *Beni Amrane* présente une signification plus importante que station du Corso).

Enfin, à T=7 semaines d'exposition les deux stations présentent une différence significative la station du *Beni Amrane* présente la moyenne du nombre de ramifications la plus importante.

III.1.3. Nombre de fleurs

Tableau 06 représente les statistiques descriptives de nombre de fleurs (*Beni-Amrane, Corso* en 2017) au cours d'exposition on observe une modification de nombre de fleurs avec une variation dans les statistiques descriptives de deux stations.

Tableau 06 : Statistiques descriptives de nombre de fleurs (*Beni-Amrane, Corso* en 2017).

	<i>Beni -Amrane</i>						<i>Corso</i>					
	Plb1	Plb2	Plb3	Plb4	Plb5	Plb6	Plc1	Plc2	Plc3	Plc4	Plc5	Plc6
M	4,43	5,29	4,43	4,71	6,14	7	5,86	4,29	4,14	4,29	5	5,67
ETS	1,09	0,64	0,43	0,64	0,51	0,98	0,46	0,81	0,7	0,71	0,683	1,23
Mé	3	5	4	5	6	7	5	6	5	5	5	6,5
Mo	2	7	4	5	6	7	5	6	3	5	5	8
ÉT	2,88	1,7	1,13	1,7	1,35	2,58	1,21	2,14	1,86	1,89	1,673	3,01
Var	8,29	2,9	1,29	2,9	1,81	6,67	1,48	4,57	3,48	3,57	2,8	9,07
Min	2	3	3	2	4	3	5	2	1	1	2	0
Max	9	7	6	7	8	11	8	6	6	7	7	8

Plb : pot dans la station de *Beni-Amrane* ; Plc : pot dans la station de *Corso* M : moyenne ; ETS : Erreur standard ; Mé : Médiane ; Mo : mode ; ET : Ecart-type ; Var : variance ; Min : valeur minimale ; Max : valeur maximale.

Le nombre de fleurs changent dans les deux stations il y'a une dégradation ou une augmentation selon les stations et les semaines d'exposition.

À T=4 et T=7 semaines les moyennes du nombre de fleur sont élevées dans la station du Beni-Amrane et représentent des différences significatives avec celles de Corso alors qu'à T=0 les moyennes ne présentent pas de différence significative (Figure 11).

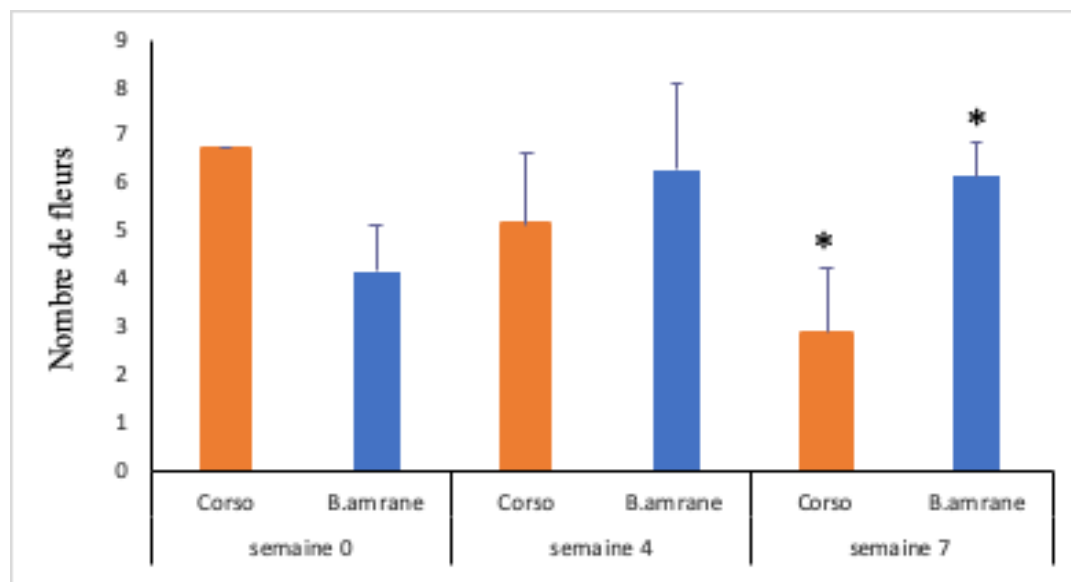


Figure 11 : Comparaison statistique du nombre de fleurs des différentes stations à T=0 semaine, T=4 Semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).

III.1.4. Taille moyennes des fleurs

Tableau 07 représente les statistiques descriptives de tailles moyennes des plants (Beni-Amrane, Corso en 2017) au cours des semaines d'exposition.

Les analyses statistiques descriptives montrent que la tailles moyennes des plants modifient. (Changement des tailles au cours d'exposition) dans les deux stations les moyennes de tailles des pots sont augmentées à Beni-Amrane.

Tableau 07 : Statistiques descriptives de taille moyennes des fleurs (Beni-Amrane, Corso)

	<i>Beni -Amrane</i>						<i>Corso</i>					
	P1b1	P1b2	P1b3	P1b4	P1b5	P1b6	P1c1	P1c2	P1c3	P1c4	P1c5	P1c6
M	7,86	7,57	8,43	8	7,86	7,86	5,93	5,29	5,14	5,36	4,86	5,21
ETS	0,45	0,2	0,43	0,49	0,51	0,14	0,62	0,75	0,51	0,7	0,74	0,75
Mé	8	8	9	9	8	8	6	4	5	5	4	5
Mo	9	8	9	9	7	8	6	4	6	4	4	5
ÉT	1,18	0,53	1,13	1,29	1,35	0,38	1,64	1,98	1,35	1,84	1,95	2
Var	1,39	0,29	1,29	1,67	1,81	0,14	2,7	3,9	1,81	3,39	3,81	3,99
Min	6	7	7	6	6	7	3	4	3	4	3	2,5
Max	9	8	10	9	10	8	8	9	7	9	9	9

P1b : pot dans la station de Beni-Amrane ; P1c : pot dans la station de Corso M : moyenne ; ETS : Erreur standard ; Mé : Médiane ; Mo : mode ; ET : Ecart-type ; Var : variance ; Min : valeur minimale ; Max : valeur maximale.

La tailles moyennes des plants sont favorises les conditions qui se trouve à Beni-Amrane.

AT=0 la moyenne élevée dans la station du Corso que Beni Amrane il n'y a pas une différence significative.

Par contre à T=4 et 7 présente la moyenne de fleurs le plus important dans la station du Beni-Amrane que corso, il existe une différence significative à T=7 dans les deux stations (Figure12).

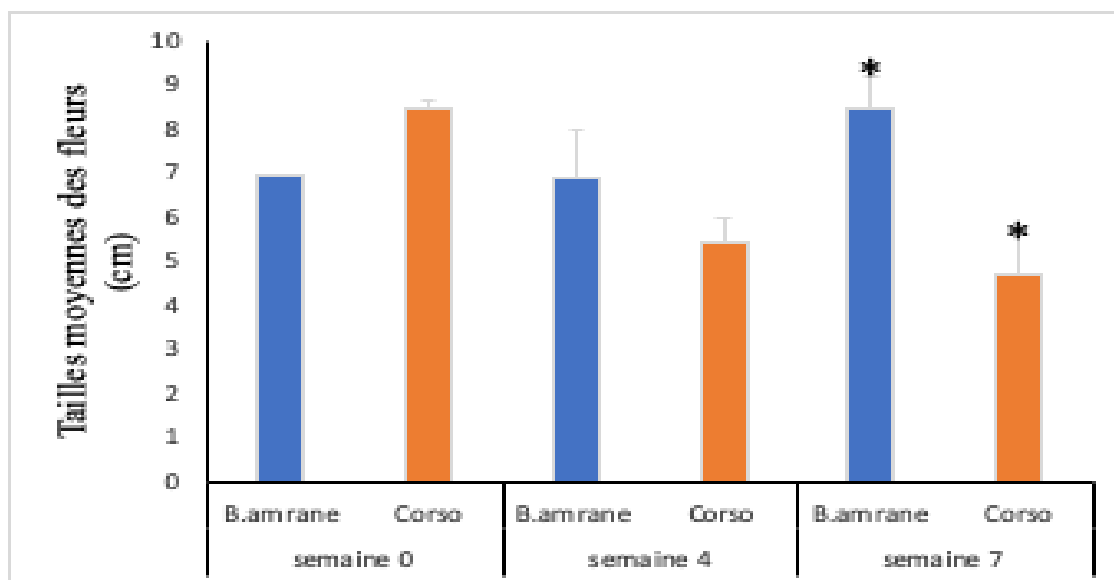


Figure 12 : Comparaison statistique de Tailles moyennes des fleurs différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).

III.1.5. Longueur des entre nœud

Tableau 08 : les statistiques descriptives de longueur des entre nœud (*Beni-Amrane, Corso* en 2017). Les moyennes de longueur des entre nœud de corso plus élevé que Beni-Amrane et aussi existe une modification avec les autres paramètres statistiques.

Tableau 08 : Statistiques descriptives de longueur des entre nœud (*Beni-Amrane, Corso* en 2017).

	<i>Beni -Amrane</i>						<i>Corso</i>					
	Plb1	Plb2	Plb3	Plb4	Plb5	Plb6	Plc1	Plc2	Plc3	Plc4	Plc5	Plc6
M	3,14	2	2	2	0,43	2,86	4,13	4,25	4,25	4,5	4,5	4,13
ETS	0,14	0,31	0,31	0	0,2	0,14	0,13	0,14	0,14	0	0	0,13
Mé	3	2	2	2	0	3	4	4,25	4,25	4,5	4,5	4
Mo	3	2	2	2	0	3	4	4	4	4,5	4,5	4
ÉT	0,38	0,82	0,82	0	0,53	0,38	0,25	0,29	0,29	0	0	0,25
Var	0,14	0,67	0,67	0	0,29	0,14	0,06	0,08	0,08	0	0	0,06
Min	3	1	1	2	0	2	4	4	4	4,5	4,5	4
Max	4	3	3	2	1	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

Plb : pot dans la station de Beni-Amrane ; Plc : pot dans la station de Corso M : moyenne ; ETS : Error standard ; Mé : Médiane ; Mo : mode ; ET : Ecart-type ; Var : variance ; Min : valeur minimale ; Max : valeur maximale.

À T=4 semaines d'exposition la moyenne de la longueur des entre nœud du Beni Amrane plus important que la station du Corso, ne représente aucune différence significative (Figure 13).

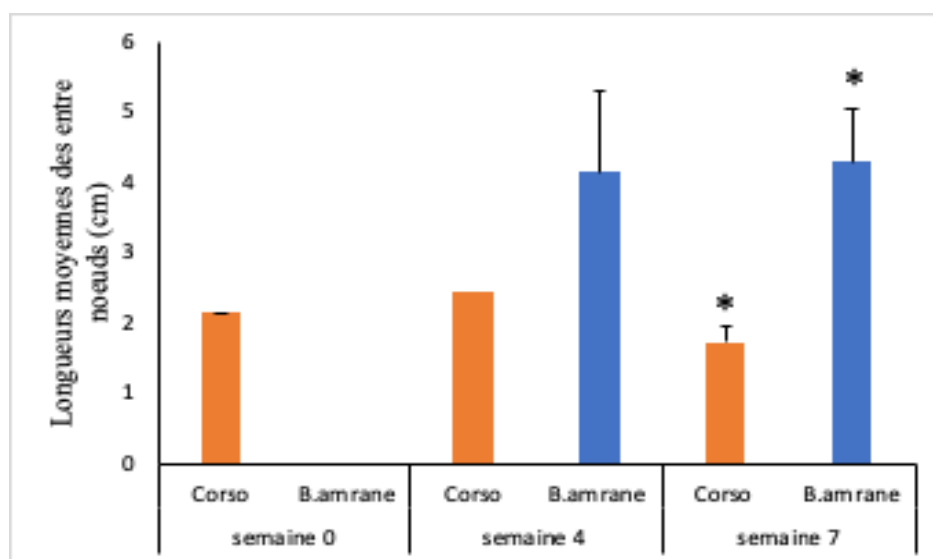


Figure 13 : Comparaison statistique Longueur des entre nœud des différentes stations à T=0 semaine, T=4 Semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).

À la fin d'exposition T=7 la moyenne de la longueur des entre nœud présentent une réduction importante de la longueur dans la station du Beni Amrane que la station du Corso, avec une différence significative plus élevé dans la station Beni Amrane (**Figure 13**).

III.1.6. Tailles des feuilles

Tableau 09 représente les statistiques descriptives de tailles moyennes des plants (Beni-Amrane, Corso en 2017) au core des semaines d'exposition la moyenne le plus élevé on observe à Plc5 (M=7,21 Corso).

Tableau09 : Statistiques descriptives de Taille moyennes des fleurs (Beni-Amrane, Corso en 2017).

	Beni -Amrane						Corso					
	Plb1	Plb2	Plb3	Plb4	Plb5	Plb6	Plc1	Plc2	Plc3	Plc4	Plc5	Plc6
M	5,71	5,79	6,71	6,43	6,14	5,64	6,14	6,63	6,79	6,71	7,21	6,57
ETS	0,15	0,39	0,29	0,51	0,14	0,18	0,99	0,96	1,07	0,79	0,98	0,87
Mé	6	6	7	7	6	6	6	7,9	7,5	8	8,5	8
Mo	6	6	7	7	6	6	8	9	0	8	9	8
ÉT	0,39	1,04	0,76	1,34	0,38	0,48	2,61	2,55	2,83	2,08	2,58	2,3
Var	0,15	1,07	0,57	1,79	0,14	0,23	6,81	6,52	7,99	4,32	6,65	5,29
Min	5	3,5	5	3,5	6	5	3	2,5	2	3,5	3	3
Max	6	6,5	7	7,5	7	6	10	9	10	8,5	9	9

Plb : pot dans la station de Beni-Amrane ; Plc : pot dans la station de Corso M : moyenne ; ETS : Error standard ; Mé : Médiane ; Mo : mode ; ET : Ecart-type ; Var : variance ; Min : valeur minimale ; Max : valeur maximale

Il y a une modification avec les autres paramètres au cours d'exposition (7 semaines).

Ces résultats montrent que le début d'étude est marqué T=1 et 4 semaines la moyenne des tailles des feuilles élevée dans la station Corso (Figure 14).

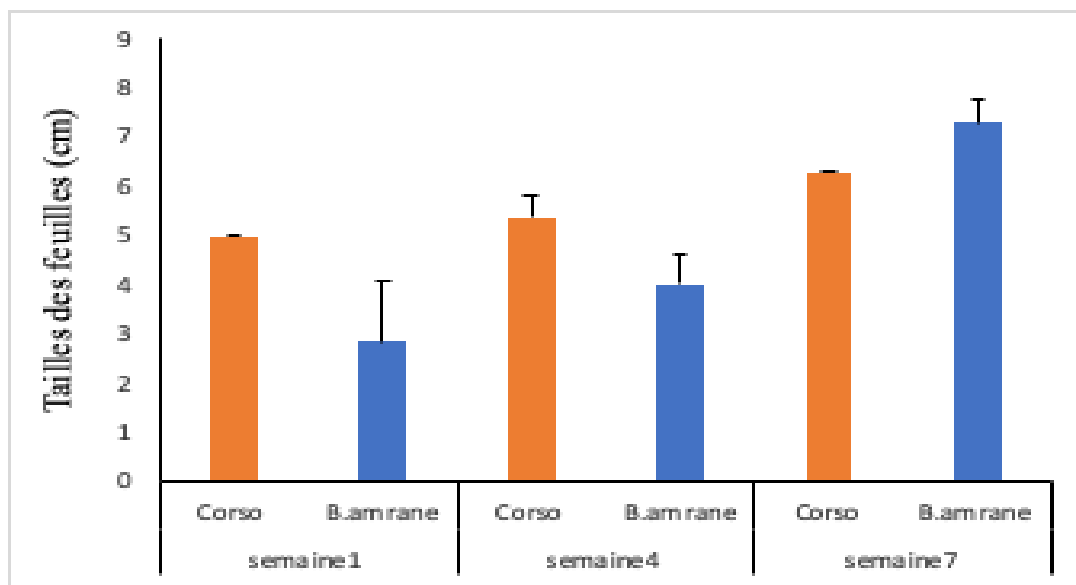


Figure 14 : Comparaison statistique du Tailles des feuilles des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6 pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).

À T= 7 semaines il y a une forte augmentation des moyennes du Tailles des feuilles dans la station de Beni-Amrane.

Au cours de la période d'exposition (T=0, T=4, T=7) l'ensemble des stations n'existe aucune différence significative (figure 14).

III.2. Paramètres de dégénérescence

Ce sont des paramètres morphologiques de *pétunia hybrida* concerne le nombre de boutons avortés, nombre de feuilles mortes, nombre de fleurs nécrosées, nombre de feuilles chlorotique influence sur le développement morphologique.

III.2.1. Nombre de boutons avortés

Tableau 10 : les statistiques descriptives de nombre de boutons avortés (Beni-Amrane, Corso en 2017). Les moyennes sont augmentées à corso para porte à Beni- Amrane (forte moyenne boutons avortés égal 5,5 (Plc6).

Tableau 10 : Statistiques descriptives de nombre de boutons avortés (Beni-Amrane, Corso en 2017).

	Beni -Amrane						Corso					
	Plb1	Plb2	Plb3	Plb4	Plb5	Plb6	Plc1	Plc2	Plc3	Plc4	Plc5	Plc6
M	1,14	2,14	0,29	1	1,86	1,14	4,5	4,25	3,5	5,25	3,25	5,5
ETS	0,51	0,8	0,29	0,38	0,86	0,46	1,85	1,25	1,19	0,63	0,25	1,5
Mé	1	2	0	1	1	1	3	3	2,5	5	3	4
Mo	0	5	0	2	0	0	3	3	2	5	3	4
ÉT	1,35	2,12	0,76	1	2,27	1,21	3,7	2,5	2,38	1,26	0,5	3
Var	1,81	4,48	0,57	1	5,14	1,48	13,7	6,25	5,67	1,58	0,25	9
Min	0	0	0	0	0	0	2	3	2	4	3	4
Max	3	5	2	2	5	3	10	8	7	7	4	10

Plb : pot dans la station de Beni-Amrane ; Plc : pot dans la station de Corso M : moyenne ; ETS : Erreur standard ; Mé : Médiane ; Mo : mode ; ET : Ecart-type ; Var : variance ; Min : valeur minimale ; Max : valeur maximale.

Les résultats montrent une diminution de la moyenne du nombre de boutons avortés dans la station du Beni Amrane (Figure 15).

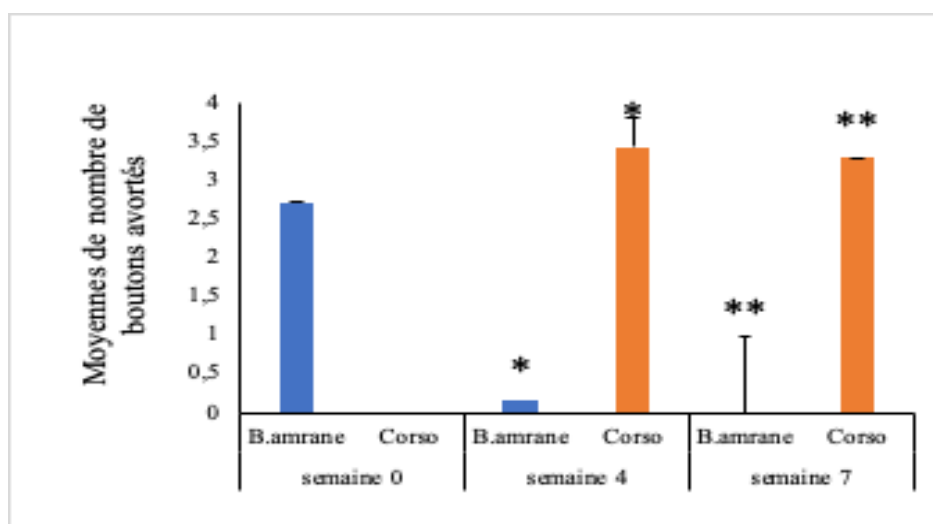


Figure 15 : Comparaison statistique du nombre de boutons avortés des différentes stations à T=0 semaine, T=4 Semaines et T=7 semaines (N=6 pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).

À T=4 et une augmentation de la moyenne du nombre de boutons avortés dans la station du Corso avec une différence significative dans les deux stations (Figure 15). À la fin d'exposition il existe une différence significative dans les stations (Beni-Amrane, Corso) la moyenne reste élevée à corso.

III.2.2. Nombre de feuilles mortes

Au cours des semaines d'exposition et d'après les analyses statistiques descriptives du tableau 11, il se trouve que les moyennes de nombre de feuilles mortes sont augmentées à corso avec $M=4,57$ (Plc1,5).

À T=4 semaines d'exposition la moyenne de la longueur des entre nœud du Beni Amrane plus important que la station du Corso, ne représente aucune différence significative (Figure 09).

Tableau 11 : Statistiques descriptives de nombre de feuilles mortes (*Beni-Amrane, Corso* en2017).

	<i>Beni -Amrane</i>						<i>Corso</i>					
	Plb1	Plb2	Plb3	Plb4	Plb5	Plb6	Plc1	Plc2	Plc3	Plc4	Plc5	Plc6
M	0,57	0,57	1	0,71	1	0	4,57	4,29	3,86	4,14	4,57	4
ETS	0,37	0,37	0,65	0,42	0,53	0	1,21	0,84	0,96	1,01	0,78	1,33
Mé	0	0	0	0	0	0	3	4	4	4	5	3
Mo	0	0	0	0	0	0	3	2	4	2	6	6
ÉT	0,98	0,98	1,73	1,11	1,41	0	3,21	2,21	2,54	2,67	2,07	3,51
Var	0,95	0,95	3	1,24	2	0	10,3	4,9	6,48	7,14	4,29	12,3
Min	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	0
Max	2	2	4	3	3	0	10	8	9	8	7	10

Plb : pot dans la station de Beni-Amrane ; *Plc* : pot dans la station de Corso *M* : moyenne ; *ETS* : Erreur standard ; *Mé* : Médiane ; *Mo* : mode ; *ET* : Ecart-type ; *Var* : variance ; *Min* : valeur minimale ; *Max* : valeur maximale.

Au début de l'exposition A T=0 le nombre des traces de feuilles mortes sont plus élevé à Corso qu'à Beni Amrane mais la différence est non significative (Figure 16).

AT=4 on observe une augmentation du nombre de feuilles mortes dans la station du Corso et absence dans la station du Beni Amrane avec une différence significative (Figure 16).

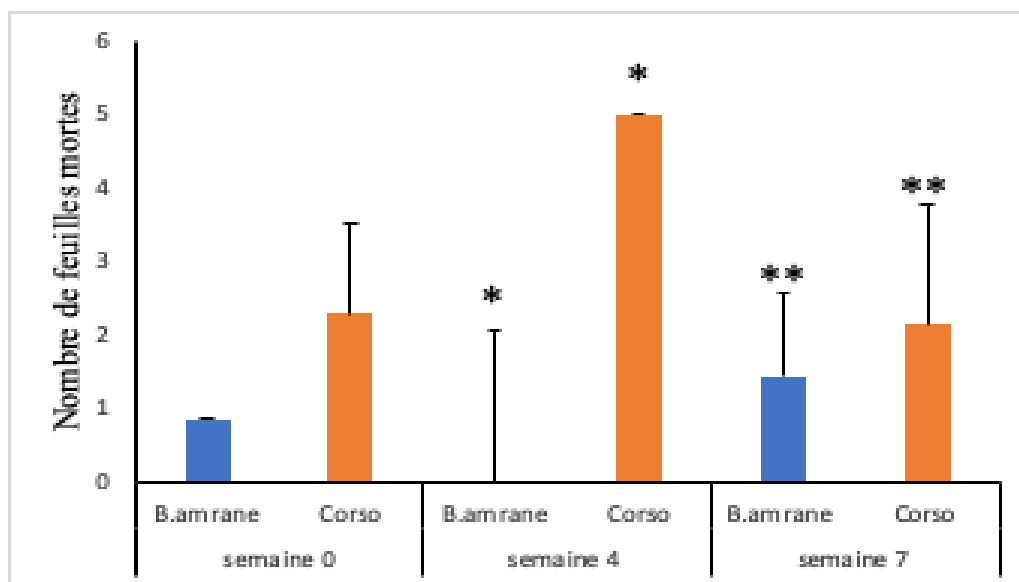


Figure 16 : Comparaison statistique du nombre de feuilles mortes des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).

À T=7 une diminution du nombre de feuilles mortes dans la station du Corso et une augmentation dans la station du Beni Amrane avec une forte différence significative (Figure 16).

III.2.3. Nombre de fleurs nécrosées

Le tableau 12 : montre les statistiques descriptives de nombre de fleurs nécrosées (Beni-Amrane, Corso en 2017) au cours des semaines d'exposition après les analyses statistiques descriptives on se trouve les moyennes de nombre de fleurs nécrosées sont constante dans les deux stations.

Tableau12 : Statistiques descriptives de nombre de fleurs nécrosées (Beni-Amrane, Corso en 2017).

	<i>Beni -Amrane</i>						<i>Corso</i>					
	Plb1	Plb2	Plb3	Plb4	Plb5	Plb6	Plc1	Plc2	Plc3	Plc4	Plc5	Plc6
M	3	2,86	3	3,14	3,14	2,29	2,5	2,75	2,5	3,5	4,5	2,75
ETS	1,363	0,91	1,21	1,03	0,67	0,97	0,29	0,25	0,29	0,29	0,29	0,25
Mé	2	2	2	3	3	1	2,5	3	2,5	3,5	4,5	3
Mo	2	1	2	3	1	1	2	3	2	4	5	3
ÉT	3,606	2,41	3,21	2,73	1,77	2,56	0,58	0,5	0,58	0,58	0,58	0,5
Var	13	5,81	10,3	7,48	3,14	6,57	0,33	0,25	0,33	0,33	0,33	0,25
Min	0	1	0	1	1	1	2	2	2	3	4	2
Max	11	8	10	9	6	8	3	3	3	4	5	3

Plb : pot dans la station de Beni-Amrane ; Plc : pot dans la station de Corso M : moyenne ; ETS : Error standard ; Mé : Médiane ; Mo : mode ; ET : Ecart-type ; Var : variance ; Min : valeur minimale ; Max : valeur maximale.

La figure 17 montre que : à T=0 La moyenne du nombre de fleurs nécrosées très important dans la station du Beni Amrane (manque des données dans la station du Corso), avec une absence significative à T=4 et 7 une diminution de la moyenne du nombre de fleurs nécrosées dans la station du Beni Amrane.

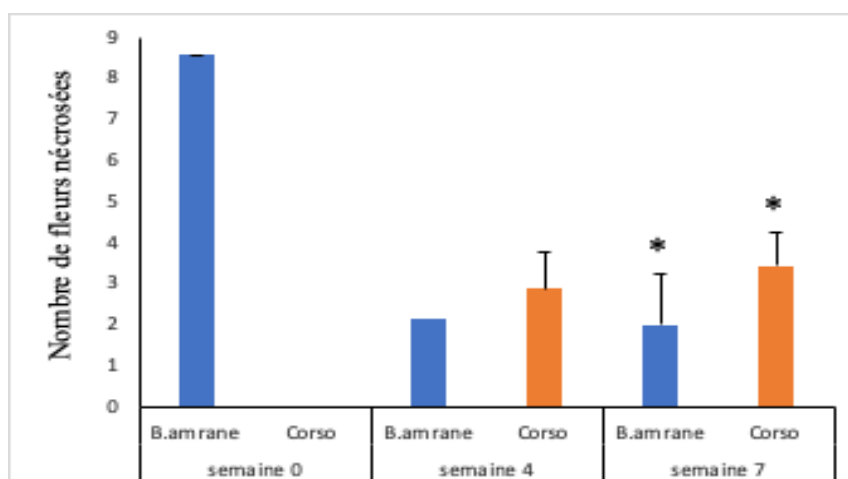


Figure 17 : Comparaison statistique du nombre de fleurs nécrosée des différentes stations à T=0 semaine, T=4 Semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; p< 0,05).

On observe une moyenne élevée dans la station du Corso avec une différence significative à T=7 dans les stations (Figure 17).

III.2.4. Nombre de feuilles chlorotique

Le tableau 13 représente les statistiques descriptives de feuilles chlorotique (*Beni-Amrane, Corso* en 2017) au début jusqu'à la fin d'exposition, les analyses statistiques descriptives montrent que la moyennes de feuilles chlorotiques très forte à Beni-Amrane (la moyennes la plus élevé égal 55,86 (Plb5).

Tableau 13 : Statistiques descriptives de feuilles chlorotique (*Beni-Amrane, Corso* en 2017).

	<i>Beni -Amrane</i>						<i>Corso</i>					
	Plb1	Plb2	Plb3	Plb4	Plb5	Plb6	Plc1	Plc2	Plc3	Plc4	Plc5	Plc6
M	54,86	40	45,14	42,57	55,86	41	2	1	0	2,25	2,75	1,75
ETS	0,595	0	1,01	0,429	0,143	0	0,71	0,58	0	0,25	0,25	0,63
Mé	56	40	47	43	56	41	2,5	1	0	2	3	2
Mo	56	40	47	43	56	41	3	0	0	2	3	2
ÉT	1,574	0	2,673	1,134	0,378	0	1,41	1,15	0	0,5	0,5	1,26
Var	2,476	0	7,143	1,286	0,143	0	2	1,33	0	0,25	0,25	1,58
Min	52	40	40	40	55	41	0	0	0	2	2	0
Max	56	40	47	43	56	41	3	2	0	3	3	3

Plb : pot dans la station de Beni-Amrane ; *Plc* : pot dans la station de Corso *M* : moyenne ; *ETS* : Error standard ; *Mé* : Médiane ; *Mo* : mode ; *ET* : Ecart-type ; *Var* : variance ; *Min* : valeur minimale ; *Max* : valeur maximale.

À T=0, on a trouvé une faible moyenne du nombre de feuilles chlorotique dans la station du Corso et Beni-Amrane avec une absence significative (Figure18).

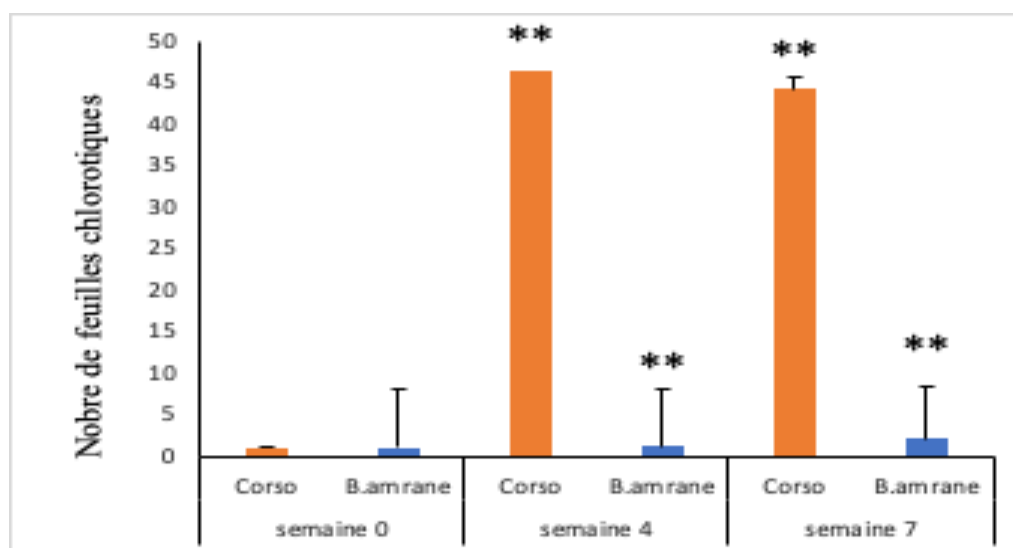


Figure 18 : Comparaison statistique du nombre de feuilles chlorotique des différentes stations à T=0 semaine, T=4 semaines et T=7 semaines (N=6pots par station, les étoiles (*) marquent une différence significative ; $p < 0,05$).

Au cours du temps à T= 4 et 7 la moyenne du nombre de feuilles chlorotique reste constante dans la station du Beni Amrane par contre une forte augmentation dans la station du Corso avec une différence significative.

III.3. Discussion

L'étude des polluants atmosphériques a permis l'utilisation des bio indicateurs spécialisés. *Petunia hybrida* apparaît comme un bio indicateur pertinent de la pollution organique de l'air et spécialement des HAPs.

Les différents paramètres détaillés dans les résultats laissent apparaître un développement morphologique optimal pour les plants qui sont divisé en deux catégories :

Les paramètres de la croissance et qui sont représentés par la taille moyenne des plants, le nombre des ramifications, les entre- nœuds le nombre de fleurs et la taille des feuilles,

- et les paramètres de la dégénérescence présentés par le nombre de feuilles mortes, le nombre de fleurs nécrosée, le nombre de feuilles chlorotiques, et le nombre de boutons avortés.

À la fin de l'exposition on a trouvé que les plants sont développés différemment. Ainsi, la taille moyenne des plant est différente selon l'emplacement. Elle est plus élevée dans la station du Beni -Amrane que dans celle de Corso. Ce résultat est expliqué par le fait que Beni Amrane est une zone rurale loin de la pollution automobile.

Pour la même raison, les plants de la station Beni -Amrane sont bien ramifiés et plus développés que ceux de la station de Corso (*pétunia hybrida* trouve toutes les conditions favorables pour la ramification et moins de la pollution du l'air.

Aussi et pour la même raison qui est l'éloignement de la source de pollution en HAPs, dans la station de Beni Amrane, on pourrait expliquer les valeurs élevées enregistrées pour les autres facteurs de croissance à savoir, le nombre et la taille moyenne des fleurs, la longueur des entres-nœuds et la taille des feuilles dans la station du Beni –Amrane par rapport à celles enregistrées à la station de Corso.

Par contre les moyennes calculées des différents paramètres de la dégénérescence, sont plus élevées dans la région de Corso que dans la région de Beni Amrane. Ces résultats complètent ceux issus sur les paramètres de croissance et confirment que les plants exposés dans la station urbaine de Corso sont influencés par la pollution automobile et que les plants exposés dans la station rurale de Beni Amrane sont épargnés de ce type de pollution.

Donc on peut confirmer l'hypothèse de l'effet des HAPs sur le développement morphologique de *Petunia hybrida* dans la région de Corso.

Les résultats de la présente étude, coïncident avec ceux trouvés par l'étude menée à Béjaia en 2017 (Aoulaiche, 2017) et celle menée à Bouira en 2018 (Bousiga et al., 2018).

Toutes ces études sont arrivées à conclure, à partir des modifications morphologique *Petunia hybrida*, qu'elle est sensible aux HAPs et COV éthylène et utiliser comme bio indicateur du la qualité du l'air dans les expériences scientifiques.

Conclusion et perspectives

Le travail de ce manuscrit consiste à l'étude de l'exposition des deux stations (Beni-Amrane, Corso) dans la région de Boumerdes à la pollution atmosphérique en hydrocarbures aromatique polycycliques (HAP) en mesurant plusieurs paramètres physiologiques et morphologiques par l'utilisation de *Petunia hybrida* (plante sensible à l'éthylène et HAP).

Dans le cadre de cette étude, les volontaires ont été directement formés à la mise en place d'une méthode de biosurveillance de la qualité de l'air par la mesure de 10 paramètres morphologiques définissant le développement général de la plante durant 7 semaines.

À partir des résultats on a conclu que la pollution est élevée dans la station urbaine du Corso car la présence de pollution automobile influence sur les conditions de développement du pétunia. Par contre on a enregistré un moindre impact de la pollution atmosphérique sur la plante exposée dans la station du Beni -Amrane à cause de l'éloignement de toute source de pollution atmosphérique.

La différence entre les deux stations dans la quatrième semaine d'exposition, pour la plupart des paramètres est significative. Dans la septième semaine pour tous les paramètres, les différences sont très significatives entre les deux stations.

Ainsi pour le nombre de feuilles mortes, qui est un paramètre de dégénérescence, la différence entre les deux stations (Beni-Amrane, Corso) était déjà significative ($p\text{-value} < 0,05$) dans la quatrième semaine et très signification ($p\text{-value} < 0,001$) dans la septième semaine d'exposition.

Le nombre de feuilles chlorotique et le nombre des boutons avortés, qui sont aussi des paramètres de dégénérescence, ont montré des différences très significatives à partir de la septième semaine ($p\text{-value} < 0,001$) entre les stations. On a trouvé le même résultat pour dans le paramètre de croissance (tailles moyenne).

Pétunia est un outil de grand intérêt pour la biosurveillance qui montre des modifications morphologiques et physiologiques lors de son exposition à la pollution organique de l'air à savoir les hydrocarbures, COV et l'éthylènes.

Malgré que ce travail ait abouti à des résultats pertinents mais il reste insuffisant car il a été réalisé uniquement dans deux stations à Boumerdes, à cause de la situation de covid 19. Il est donc plus pertinent de d'étaler le travail sur plusieurs stations.

Dans notre recherche on a utilisé une seule plante (*Petunia hybrida*) pour suivre l'impact de pollution de l'air alors pour compléter le travail, d'autres espèces comme les lichens et les bryophytes sont conseillées à utiliser prochainement.

Boumerdes n'est pas la seule ville algérienne qui souffre de la pollution automobile, ainsi ce projet doit s'étaler sur d'autres régions dans le cadre de la même approche de bio

Conclusion et perspectives

indication des HAP en utilisant Pétunia et dans le cadre d'autres approches en utilisant d'autres plantes.

Pour un travail complet des effets de la pollution de l'air sur la santé humaine, la végétation et l'environnement, les autorités sont invitées à installer des stations de mesures automatiques au moins dans des grandes villes de l'Algérie car il reste aussi que l'utilisation de bioindicateur présente certaines limites :

- disponibilité non permanente pour certaines espèces végétales,
- possibilités d'interférences par d'autres stress biotiques ou abiotiques dans les réponses,
- fourniture d'informations essentiellement relatives sur les niveaux de pollution atmosphérique (aspect qualitatif),
- pas encore de véritable reconnaissance ni de normalisation des méthodes aussi bien sur la mise en œuvre que sur l'interprétation des résultats (échelle de correspondance), même si les expériences se multiplient à travers le pays.

Bibliographie

Agnan, Y., (2013). Bioaccumulation et bio indication par les lichens de la pollution atmosphérique actuelle et passée en métaux et en azote en France : sources, mécanismes et facteurs d'influence. Doctorat de l'université de Toulouse. INP Toulouse. 29 nov. 2013.p. 306.

<http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00002607/01/agnan.pdf>

Amirouche, N., Bouguedoura, N., Hadj-Arab, H., (2009). Les bryophytes (sensu lato) In : Botanique les Embryophytes. 3^{ème} édition, Office des publications universitaires, Algérie. p.9 – 27.

Aouragh, L., (2015). Etude de la Qualité de l'Air Urbain au Niveau de la Ville de Batna : Cas du Transport Routier, thèse de doctorat, Université Batna, Algérie, 2015.

Aubertin, (1996) : G. Aubertin, La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique, Société française de santé publique, Collection Santé et société N° 4, France, 1996.

APPA, (2000). ASSOCIATION POUR LA PREVENTION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE.

Bio indication de la qualité de l'air en région Nord Pas de Calais, 2000, 20p

Aopwin, (2000). Atmospheric Oxidation Program for Microsoft Windows. 2000. Version 1.91. Composante de l'Estimation Programs Interface (EPI) Suite. Washington (DC): U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics.

Atkinson, R. 2000. Atmospheric chemistry of VOCs and NOx. *Atmos. Environ.*p. 34 :2063-2101.

Belanger, D., (2009). Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec.p. 67.

Benaissa Fatima a, b*., Bendahmane Ibrahim c., Bourfis Nassima d., Aoulaiche Oussama a, Rezak Alkama e..., (2019). Bio indication of urban air polycyclic aromatic hydrocarbon using petunia hybrida Received 21 February 2018; Accepted 27 May 2019, p.1307.

Bentata-kaddaar Ikram., (2015). Evaluation de la contamination par trois Métaux traces (Cd, Ni, Zn) du rouget du vase *Mullus barbatus*(L,1758) pêcher au niveau de la côte occidentale algérienne. (Diplôme de Magister, Université d'Oran).

Berrayah, M., Maatoug, M., Azzaoui, M., Diallo, O., Sidibé, A., Manaa K., (2016). *Biosurveillance De La Qualite De L'air D'un Milieu Urbain Par Des Mousses Et Des Lichens. Cas De La Ville De Tlemcen (Algérie)*. European Scientific Journal February, vol 12, N° 9.p.151- 163.

Boethling, R., Howard, P., Beauman, J., Larosche, M. 1995. Factors for intermedia extrapolations in biodegradability assessment. *Chemosphere*.p.30 :741-752.

Bibliographie

Boussouara k. (2010). Étude des émissions polluantes et des moyens de pollution dans les moteurs à combustion interne. Thèse Pour obtenir le diplôme de doctorat, science en génie mécanique, l'université de Constantine ,206p.

Bremaud, C; Thibault, J; Ulrich, E., (2012). Titre de chapitre. In ; Environnement, alimentation, santé : module MG4 biologie-écologie [En ligne].1ered. Dijon : Educagri, 2012, 200p.

<https://books.google.dz/books?id=5eQv4YPPhfYC&pg=PA85&dq=les+polluants+primaire+e+t+secondaire&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwiBtrT6sOPbAhWHuxQKHID4QQ6AEIKTAA#v=onepage&q=les%20polluants%20primaire%20et%20secondaire&f=false> (consulté le 06/05/2018).

Burgisser L., Cailliau A. (2012). Les mousses : liste rouge, inventaire et initiation aux bryophytes du canton de Genève. P.14, 172.

CGAI Compressed Gas Association, Inc. 1999. Handbook of compressed gases- Ethylene. 4e éd. Springer.

Deletraz, G., (2002). Chapitre 1 : Pollution atmosphérique, Trafic routier et environnement. Titre : Géographie des risques environnementaux liés aux transports routiers en montagne. Incidences des émissions d'oxydes d'azote en vallées d'Aspe et de Biriadou (Pyrénées). Pau, France, 2002.

DESALME, D., (2011). Contamination atmosphérique par les hydrocarbures aromatiques polycycliques : toxicité et devenir du phénanthrène dans des systèmes sol-plante microorganisme [En ligne]. Thèse de doctorat : Sciences de la vie et de l'environnement. Paris : Université de Franche-Comté, 2011, p.135. (Consulté le 15/05/2018).

Diaf N., Bouchaour M., Merad L., Benyoucef B., (2003). Paramètres Influçant la Dispersion des Polluants Gazeux. Laboratoire De Matériaux & Energies Renouvelables, F.

Drummond, R., Martinez Sanchez, N., Janssen, B., Templeton, K., Simons, J., Quinn, B., Karunairetnam, S. Snowden, K., (2009). Pétunia hybrida DIOXYGENASE DE CLAVAGE DE CAROTÉNOÏDES7 est impliqué dans la production de signaux de branchement négatifs et positifs en pétunia. *Physio végétal.* p.151: 1867.

Fintz, E., (2014). Recrudescence d'asthme et pollution atmosphérique. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, faculté des sciences pharmaceutiques, université Toulouse III- Paul Sabatier, p.91.

Foan, L ; M., (2012). Biosurveillance des retombées atmosphériques à l'aide de bryophytes : Suivi des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à diverses échelles spatio-

Bibliographie

- temporelles [En ligne]. Thèse de doctorat : Sciences des Agroressources. Toulouse : Université de Toulouse, p.2012, 337. (Consulté le 05/05/2018).*
- Fowler D., Cape J. N., Leith I. D., Choularton T. W., Gay M. J., Jones A. (1988) The influence of altitude on rainfall composition at Great Dun Fell. *Atmospheric Environment* (1967). p. 22 : 1355-1362.
- Garrec, J.P, Van, Halwynn., (2002). Biosurveillance végétale de la qualité de l'air, Editions Tec & Doc, Paris. 2002, p.21 :72-117.
- Garrec J P. (2007). L'expertise technique et scientifique de référence. Laboratoire Pollution atmosphérique INRA – Centre de recherche de Nancy (2007).
- Gerats .T, Judy Strommer, (2009) *Petunia: Evolutionary, Developmental and Physiological Genetics*, Springer-Verlag New York Inc., 2009, 2^e éd.(ISBN 0387847952).
- Howard, P., Boethling, R., Jarvis, W., Meylan, W., Michalenko, E.M. 1991. Handbook of Environmental Degradation Rates. New York (NY): Lewis Publishers. p. 126-127.
- Fowler D., Cape J. N., Leith I. D., Choularton T. W., Gay M. J., Jones A., (1988). The influence of altitude on rainfall composition at Great Dun Fell. *Atmospheric Environment* (1967). p. 22: 1355-1362.
- Jessica, Wong. , (2013).The Nobel for RNAi: From petunias to potential cure Jessica Wong, Oxbride Biotech Roundtable, 14 juin 2013.
- Kazama, H., Dan, H., Imaseki, H., Wasteneys, G., (2004). Transient exposure to ethylene stimulates cell division and alters the fate and polarity of hypocotyl epidermal cells. *Plant Physiol.* P.134:1614-1623
- Koller E., (2009). Technique d'épuration de l'air. *In : Traitement des pollutions industrielles.* 2^eème édition dunod, France, p 203-298.
- Lagadic L., Caquet T., Amiard J.C., (1997). Biomarqueurs en écotoxicologie : principes et définitions. Dans Lagadic L., Caquet., Amiard J.C., Ramade, F., Biomarqueurs en Écotoxicologie – Aspects fondamentaux, Masson, Paris, 1997.p. 1-9.
- Leblond, S., (2004). Etude pluridisciplinaire du transfert des métaux d'atmosphère vers les mousses. Thèse de doctorat de, Paris, p.221.
- Lee, R., Baker, H., (1992). Ethylene and ethane production in an estuarine river: formation from the decomposition of polyunsaturated fatty acids. *Mar. Chem.* P.38:25-36.
- Lehmann, E. L., (1975). Nonparametrics: Statistical Methods Based on Ranks. Upper Saddle River, NJ : Springer, en 1975.

Bibliographie

- Maizi N. (2006). Jumelage des bioindicateurs végétaux : *Xanthoria parietina* et *Funaria hygrometrica* aux réseaux de surveillance et de contrôle de la qualité de l'air Sama Safia dans la région da Annaba. Mémoire de Magister, Université d'Annaba, p.176.
- Manneville, O., (2011). MOUSSES, SPHAIGNES, HEPATIQUES Particularités et cycles biologiques, divers groupes, écologie. P.10.
- Masclat P., (2013). L'atmosphère terrestre et la pollution de l'air. In : Pollution atmosphérique : cause, conséquences, perspectives. Edition S.A, ellipses, France, p.13-38.
- Mouaïci, K., (2002). Étude de quelques sources de polluants atmosphériques dans la région de Bejaia. Mémoire de fin d'étude de cycle d'écologie et environnement option : pathologie des écosystèmes, Université Abderrahmane de Bejaia, p.49.
- Nash III, T. H., (2008). Lichen biology. 2nd Ed. Cambridge University Press, p.502.
- Nakagawa H., M, Homma T., Mander LN., Takatsuji H., (2005); Jessica Wong, 2013). The Plant Journal, Overexpression of a petunia zinc-finger gene alters cytokinin metabolism and plant forms Nakagawa H, Jiang CJ, Sakakibara H, Kojima M, Honda I, Ajisaka H, Nishijima T, Koshioka, février 2005,p. 512:23.
- Ozenda, P., (2000). Les végétaux, organisation et diversité biologique. Ed. Dunod, Paris, p. 169-210.
- Ramade F., (2000). « Les polluants de l'environnement et de l'homme » dictionnaire encyclopédique des pollutions, Edi science international, Paris, p. 13, 33,424.
- Roda C. (2012). Exposition domestique à des polluants chimiques de l'air intérieur : modélisation et évaluation de l'impact sur la santé respiratoire chez le jeune enfant. Thèse de doctorat, santé publique, université Paris Descartes, p.219.
- Roland J., Bouteau M., Bouteau F. (2008) Atlas biologie végétale1. Organisation des plantes sans fleurs algues et champignons. In : les botaniques.7ème édition, DUNOD, France, p. 63 : 84.
- Saidi M., (2003). Détection de la pollution acide et son impact sur l'espèce *Acacia melanaxylan* dans la région d'Annaba. Mémoire de magister, département de biologie, université d'Annaba, p.98.
- Sawada, S., Totsuka, T. 1986. Natural and anthropogenic sources and fate of atmospheric ethylene. *Atmos. Environ.* p.20:821-832.
- Tremoulet M., (2015). Introduction : la pollution de l'air. MEDDE : Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, p. 19.
- Pacyna J.M, Graedel T.E., (1995). Atmospheric emissions inventories: status and prospects. « Annual Review of Energy and the Environment », p.20, 265-300.

Bibliographie

Underwood .BA., Tieman., DM., Shibuya. K., (2005). Ethylene-regulated floral volatile synthesis in petunia. *Plant physiology*, p.138,255-266.

Yves, Michaud., (2004) In : *Université de Tous les Savoirs*. [En ligne]. *1ered. Paris : ODILE JACOB, 2004, Disponible*

sur :[https://books.google.dz/books?id=KJb1pkC6xYC&pg=PA176&dq=De+tr%C3%A8s+nombres+polluants+sont+%C3%A9mis+dans+l%E2%80%99atmosph%C3%A8re+\(Yves+Michaud\)&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwi4_6S7suPbAhXIkYwKHXL3BsEQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.dz/books?id=KJb1pkC6xYC&pg=PA176&dq=De+tr%C3%A8s+nombres+polluants+sont+%C3%A9mis+dans+l%E2%80%99atmosph%C3%A8re+(Yves+Michaud)&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwi4_6S7suPbAhXIkYwKHXL3BsEQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false) (Consulté le 05/05/2018).

Zimmermann, H., Walzl, R., (2009). Ethylene. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. doi: 10.1002/14356007.a10_045.pub3

ckerly, D., & Bazzaz, F. (1995). Plant-growth and reproduction along CO₂ gradients nonlinear responses and implications for community change. *Global change biology 1* , pp. 199-207.

pollutants from energy-efficient homes. *Economic Botany 38* , pp. 224-228.

Annexes

Annexe 01 : Les polluants, leurs origines et leurs effets sur la santé et l'environnement

Les polluants	Source principale	Effet sur la santé	Effet sur l'environnement
CO	Véhicules, installations de combustion, chauffage	Fixation du CO sur l'hémoglobine de sang : anoxie, céphalées, troubles cardiovasculaires, vertiges (mortel à fortes doses) surtout à l'intérieur des locaux	Toxique à haute dose pour les plantes (rarement observé)
CO2	Véhicules, chauffage combustions diverses	Troubles pulmonaires	Gaz à effet de serre
Nox (NO+NO2)	Véhicules, industries	Céphalées altération des fonctions pulmonaires, inflammation des Bronches, irritant des muqueuses respiratoires, irritation oculaire	Acidification des pluies (formation de HNO3)
SO2	Chauffage, industries diverses combustions, diesels	Gaz irritant, inflammations pulmonaires	Acidification des Pluies (formation de HS2O4) attaque du bâti, effet sur la végétation
O3	Polluant secondaire Issu de réactions Chimiques et Photochimiques entre Les NOx et les hydrocarbures	Céphalées, toux irritations oculaires, altération des fonctions pulmonaire	Toxique pour les végétaux, baisse de l'activité photosynthétique, gaz à effet de serre.
Pb	véhicules	Troubles sanguins et de la croissance et troubles neurologiques	Toxique pour la faune (Accumulation par la chaîne alimentaire)

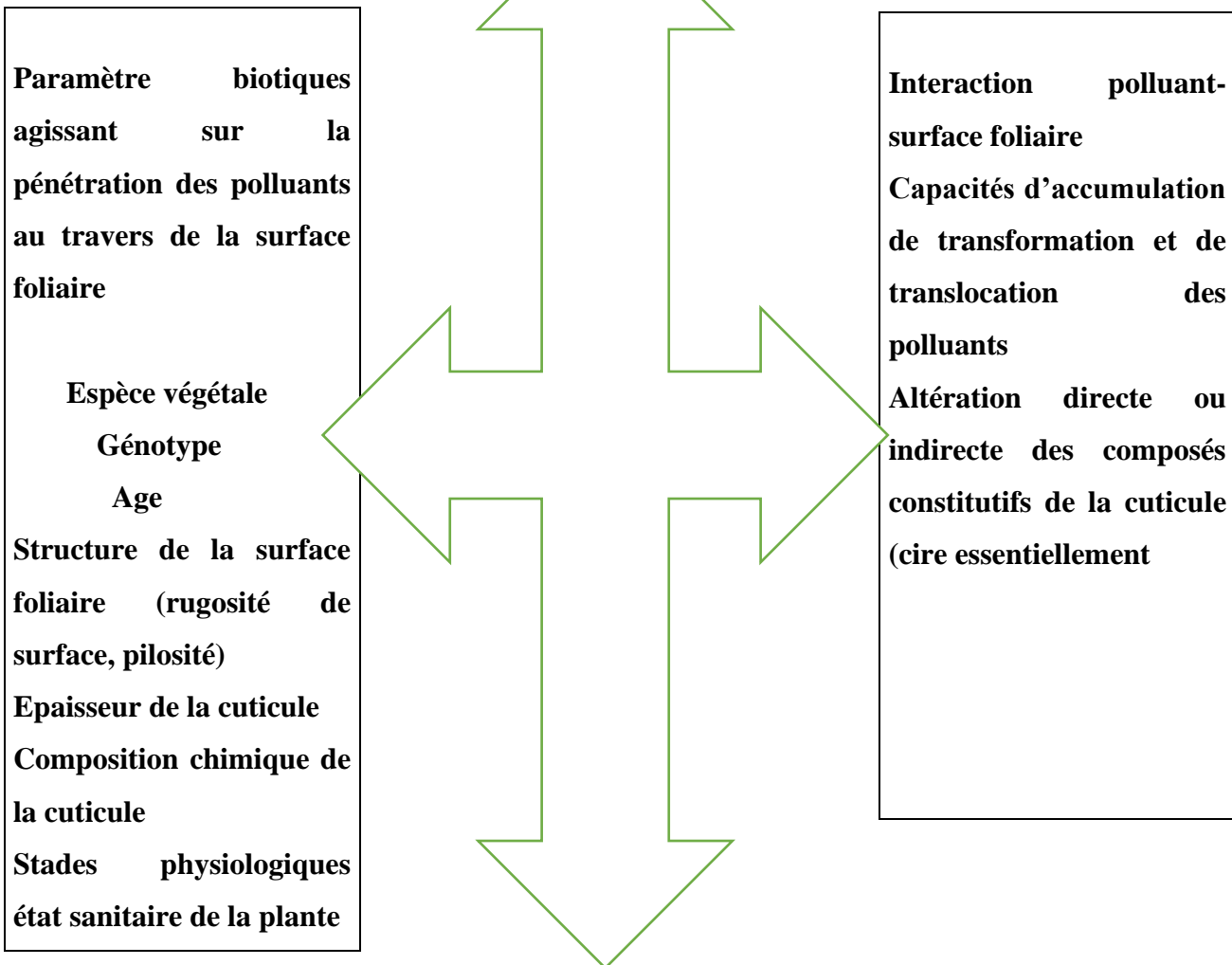
Annexes

		(saturnisme) si ingestion importante	
COV (Hydrocarbure HAB, BTX, Aldéhydes)	Véhicules, industries Sources de combustion, Solvants, colles...	Irritations oculaires, toux, troubles du système nerveux risque cancérigène	Gaz à effet de serre (formation de CH ₄)
Poussière	Véhicules diesels (particules fines), combustions, cimenterie	Transportent les polluants dans les poumons, attaquent les muqueuses nasales, effet Cancérigène probable, problème cardio - vasculaire	Dégradation du Bâti perturbation de la respiration et de la photosynthèse des plantes

Annexe 02 : Paramètres agissant sur l'entrée des polluants par la surface foliaire.

Paramètre abiotiques agissant sur la pénétration des polluants

Vent –température- lumière- humidité de l'air et du - acidité atmosphérique



Paramètres liés aux polluants, autre du polluant (gazeux ou particulaire)

Taille des particules propriétés physicochimiques : hydro-et liposolubilité
Coefficients de partage (octanol /air –octanol/eau) Pression de vapeur, constante de henry

Résumé

Ce travail rentre dans l'approche active de bioindication de la pollution atmosphérique. Il s'agit de l'utilisation de *Petunia hybrida* pour analyser les effets des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans la région de Boumerdes.

Pour la réalisation de cette étude, deux stations de surveillance ont été choisies à savoir Corso et Beni-Amrane, pour une période de sept semaines (de 21 Avril au 30 Juin 2017). Ainsi dix paramètres morphologiques de *Petunia Hybrida* ont été suivis pendant la période d'étude. À la fin de l'étude, le test statistique de Wilcoxon, pour échantillons indépendants, a été appliqué sur les différents paramètres pour établir la comparaison entre les deux stations.

À partir des résultats obtenus, on a trouvé que l'évolution, dans le temps, des paramètres morphologiques de croissances (la taille moyenne des plants, le nombre des ramifications, le nombre de feuilles et la taille des feuilles) sont plus élevés dans la station du Beni Amrane que dans la station de Corso. Par contre, les paramètres de la dégénérescence représentés par le nombre de feuilles mortes, le nombre de fleurs nécrosées, le nombre de feuilles chlorotique, sont plus élevé dans la station de Corso que dans la station de Beni Amrane. La différence entre les deux sites, était déjà significative (p -value $< 0,05$) dans la quatrième semaine d'exposition, pour la plupart des paramètres et très signification (p -value $< 0,01$) dans la septième semaine pour tous les paramètres.

On a conclu alors que le milieu urbain de Corso n'est pas épargné des effets de la pollution atmosphérique qui y engendrée principalement par la circulation automobile.

Mots-clés : Pollution atmosphérique, bioindication, *Petunia hybrida*, hydrocabure, Corso, Beni Amrane.

Abstract

This work falls within the active bioindication approach of air pollution. This is an analyze of the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) effects in the region of Boumerdes, on using *Petunia hybrida*.

To carry out this study, two monitoring stations were chosen, namely Corso and Beni-Amrane, for a period of seven weeks (from April 21 to June 30, 2018). Ten morphological parameters of *Petunia Hybrida* have been monitored and their evolution have been followed during the study period. At the end of the study, the Wilcoxon statistical test, for independent samples, has been applied to the various parameters to establish the comparison between the two stations.

From the results obtained, it was found that the evolution, over time, of the morphological parameters of growth, represented by the average size of the plants, the number of branches, the number of leaves and the size of the leaves, are higher in Beni Amrane station than in Corso station. On the other hand, the degeneration parameters represented by the number of dead leaves, the number of necrotic flowers, the number of chlorotic leaves, are higher in Corso station than in Beni Amrane station. The difference between the two sites had been already significant (p -value < 0.05) in the fourth week of exposure, for most parameters and was very significant (p -value < 0.01) in the seventh week, for all of the parameters.

It was then concluded that the urban environment of Corso is not spared from the effects of the atmospheric pollution which is generated mainly by automobile traffic.

Keywords: Pollution atmospheric, bioindication, *Petunia hybrida*, hydrocabons, Corso Beni-Amrane.

المخلص

يتمثل هذا العمل في دراسة التلوث الجوي في مدينة بومرداس في (قورصو و بني عمران). تم استخدام المؤشرات الحيوية النشطة من نبات (Petunias) لتحليل آثار الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs). لإجراء هذه الدراسة تم اختيار قورصو وبني عمران ، لمدة سبعة أسابيع (من 21 أبريل إلى 30 جوان 2017) . استخدمنا عشر مؤشرات مورفولوجية لنبات *Petunia Hybrida* خلال فترة الدراسة . في نهاية الدراسة تم تطبيق الاختبار الإحصائي wilcoxon للعينات المستقلة ، على المعايير المختلفة لإنشاء المقارنة بين المحطتين.

من النتائج التي تم الحصول عليها وجد ان تطور المؤشرات المورفولوجية للنمو بمرور الوقت (متوسط حجم النبات ، عدد الفروع ، عدد الاوراق وحجم الاوراق) مرتفعة في محطة بني عمران مقارنة مع محطة قورصو ، من ناحية اخرى فان مؤشرات التدهور المتمثلة في عدد الاوراق الميتة وعدد الازهار الميتة وعدد الاوراق الصفراء اعلى في محطة قورصو من محطة بني عمران.

في الاسبوع الرابع من التجربة لمعظم المؤشرات ($p < 0.05$) مرتفع كان الاختلاف بين الموقعين كبيرًا بالفعل في الاسبوع السابع للجميع الإعدادات ودلالة كبيرة في قيمة ($p < 0.01$). تم استنتاج أن البيئة الحضرية في قورصو لم تسلم من آثار التلوث الجوي الذي ينتج بشكل أساسي عن حركة مرور السيارات.

الكلمات المفتاحية: تلوث الهواء ، المؤشرات الحيوية ، *Petunia hybrida* ، المحروقات ، قورصو، بني عمران.