

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.

Département des Sciences de la Nature et de la Vie.

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme Master Académique

En Sciences Biologiques

Spécialité : Amélioration des Plantes

**THEME :**

**Le trèfle blanc (*trifolium repens*), comme indicateur de phytotoxicité de  
l'ozone troposphérique .**

**Conséquences pour les niveaux critiques à moyenne terme.**

**Membres de jury :**

**Président: M<sup>me</sup> OMAR Amina.**

**Examineur : BOUBEKEUR M.A.**

**Encadreur: Mr. BOURBATACHE Mansour.**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> .YOUSFI Imane**

**M<sup>elle</sup> .ROUTAL Amel**

**Année universitaire:**

**2016/ 2017**

# Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, de m'avoir donné la capacité et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Je tiens à remercier très profondément mon encadreur **Mr. BOURBATACHE Mansour** pour avoir encadré et dirigé ce travail avec compétence et efficacité et avec une grande rigueur scientifique. Aussi pour son entière disponibilité son aide sa patience, et qui n'a cessé de m'encourager avec ces conseils précieux tout le long de ce travail,*

*J'exprime également ma gratitude aux membres de mon jury composé de :*

*M<sup>me</sup> **OMAR Amina** pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant d'avoir assuré la présidence de mon jury et*

*Mr. **BOUBEKEUR M.A** pour m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être l'examineur de ce travail et*

*Je tiens à faire une place toute particulière dans ces remerciements à mon collègue **Miloud** pour son aide,*

*Et les membres de laboratoire **PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE** de la faculté **SNV**,*

*Tous les professeurs de la faculté **SNV** spécialement ceux qui ont assurés notre formation durant ces 5ans,*

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma gratitude à toutes les personnes qui*

*M'ont apporté une aide pour la réalisation de ce modeste travail.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste mémoire à ceux que j'aime en premier mes très chers  
parents que je ne remercierai*

*mon père : Lakhdar*

*Et ma mère : halima*

*Jamais assez, qui m'on indiqué le sens de la responsabilité et le devoir, par leur  
expérience et leur sagesse, ils mon transmis toute la coniance et la volonté pour  
aimer mes études.*

*Mes frère :Abdel Hadi et son épous a la mimoir hiba mohamed et abdelkader najji*

*Mes sœurs najjat ,naima et son mari mostapha, hanane rabia,habiba*

*Les enfant ;nessrine,lakhdar,achraf imad eddin,mohamed anas,fatima alzahrae*

*Aya , imane*

*Mes oncles et mes tentes ;karima,fatiha zhor*

*Pour tout mes enseignants.*

*Et amie collage ;amel*

*A tout mes amis: Gando naima sabrin ,imane ,fatna nacera, malika  
.hassina*

***Imane***

# Dédicaces

Je dédie humblement ce manuscrit à :

Celle qui m'a toujours ouvert ses bras et soutenue dans tout ce que j'ai entrepris ;  
Celle qui a su être bonne, gentille et compréhensive avec moi ma très chère et adorée grand-mère **Mama mimouna**, et à celui que je ne trouve pas les mots pour lui exprimer mes sentiments d'amour et de respect mon très cher grand père **Papa djilali** et je veux lui rendre hommage à travers ce manuscrit.

Celle qui s'est toujours dévouée et sacrifiée pour moi ; celle qui m'a aidée du mieux qu'elle pouvait pour réussir ; celle qui m'a accompagnée tout au long de ce parcours périlleux ; celle qui a toujours été là dans mes moments de détresse, **ma très chère Mère.**

Mon exemple, mon ami, celui qui m'a toujours encouragée et soutenue et qui je ne veux que suivre son parcours et marcher derrière ses traces et apprendre ses leçons et conseils, **mon très cher père.**

Que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie pour que vous demeuriez le flambeau illuminant

A mes chères sœurs (**affaf et son mari mourad** ; mes chers frères (**khier elddine et mourad, toufik**)

A celles qui m'ont toujours aidée, écoutée, soutenue et encouragée tout au long de Mon parcours ; (**fadila, aicha, rima, mira, fatna, janate, dallal, fatiha, ilhame, mimouna, assia, amira, chahinaze,**).

A celui qui était et qui est toujours présent et qui n'a jamais hésité de m'aider et soutenu et encouragé mon bien aimé et cher mes cousins (**oussama, mostapha, rachid, tayeb, hakim, ahmed, walid**).

J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi.  
Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon infini amour..

Et amie collage ; **imane**

A celles que j'aime et qui m'aiment et avec qui j'ai passée de bons moments et des souvenirs inoubliables **mbaraka, aicha, naima, sabrin**

Les enfant ; **djamaal, faress, rima, amine, iyass allaa, hadil mohamed, aymen**

A tous qui j'aime et je ne peux citer les noms je dédie ce modeste travail.

**Amel**



## Liste des abréviations :

- ADEME Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.
- APPA: (association pour la préservation de la pollution atmosphérique)
- C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>: benzène
- CFC : chlorofluorocarbones
- CITEPEA Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
- CLA : couche limite atmosphérique.
- cm<sup>3</sup> : centimètre cube
- CO : monoxyde de carbone
- COV : composés organiques volatiles
- CW : chemins de wilaya
- HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques
- N<sub>2</sub>O : protoxyde d'azote
- NO<sub>2</sub>: dioxyde d'azote
- O<sub>3</sub> : ozone
- OMS : organisation mondiale de la santé
- ONS : office national des statistiques
- PPM : partie par million
- URBATIA : Urbanisme de Tiaret

## Liste des tableaux

<b>Tableau N°01 :</b> Génotype de trèfle blanc utilisé dans l'expérience de la bio surveillance.....	16
.....	
<b>Tableau N°02 :</b> Analyse descriptive de la variabilité globale de l'ozone pendant six jours en fonction de la (La conductance stomatique, Taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses) dans les feuilles du trèfle blanc .....	25
<b>Tableau N°03 :</b> Indice de la qualité de l'air a partir des PMNM selon ( <b>Castell, 2000</b> ) .....	27

# TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	

## **Chapitre N°01 : La pollution Atmosphérique par l’ozone**

I.1/ Généralité sur l’atmosphère .....	01
I.2/ Définition de Pollution atmosphérique .....	01
I.2.1/ Principaux polluants atmosphérique .....	01
I.3/ L’ozone .....	01
I.3.1/ Cycle de l’ozone .....	03
I.3.2/ Impact de l’ozone sur la végétation .....	04
I.3.3/ Effets visibles sur les feuilles.....	04
I.3.4/ Effets sur la biomasse et la croissance .....	05
I.3.5 /Effets sur les échanges gazeux foliaires.....	05

## **Partie N°01 : Etude bibliographique**

### **Chapitre N°02 : Biosurveillance végétale de la pollution de l’air**

II.4/ Introduction .....	06
II.5/ Définition de la bio-indication.....	06
II.6/ Niveau d’indication .....	06
II.6.1/ Bio-intégrateur.....	07
II.6.2/ Bio-accumulateur.....	07

II.6.3/ Bio-marqueur.....	07
II.7/ Type de Bio-indication .....	08
II.7.1/ Bio-indication active.....	08
II.7.2/ Bio-indication passive .....	08
II.8/ Bio-surveillance par les organismes vivants de pollution atmosphérique.....	09
II.8.1/ Bio-surveillance par les végétaux.....	09
II.8.1.1/ Les lichens .....	09
II.8.1.2/ Mousses .....	09
II.8.1.3/ Les champignons .....	10
II.8.1.4/ Les végétaux ligneux .....	10
II.9/ Intérêts et limites des méthodes de bio détection végétale comparativement aux méthodes physicochimiques .....	11

## **Partie N°II : Etude expérimentale**

### **Chapitre N°01 : Milieu d'étude**

I.10. Localisation de la zone d'étude .....	12
I.11/ Aperçue climatiques .....	12
I.11.1/ Régime Thermique.....	13
I.11.2/ Régime Pluviométrique .....	13
I.11.3/ Humidité atmosphérique.....	14

### **Chapitre N°02 : Matériels et Méthodes**

II.12/ Présentation de l'étude.....	15
II.13. / But expérimental.....	15
II.14/ Matériel biologique .....	15

II.14.1/ Le trèfle blanc ( <i>Trifolium Repens</i> .....	15
II.14.2/ Morphogenèse du trèfle blanc .....	15.
II.14.3/ Evolution des feuilles .....	16
II.15/ Localisation de l'essai .....	16
II.15.1/ Mise en place de l'expérience .....	16
II.15.2/ Conditions de culture.....	16
II.16/ Les paramètres mesurés.....	17
II.16.1/ La conductance stomatique .....	18
II.16.2/ Mesure d'ozone troposphérique .....	18
II.16.3/ Détermination des pourcentages de nécrose.....	18

### **Chapitre N°03 : Résultats et Discussion**

III.17/ Analyse de la variabilité journalière de la conductance stomatique, Taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses .....	19.
III.17.1/ 01 <sup>er</sup> jour d'exposition (28-05-2017 .....	19
III.17.2 /02 <sup>ème</sup> jour d'exposition (31-05-2017 .....	20
III.17.3/ 03 <sup>ème</sup> jour d'exposition (01-06-2017.....	21.
III.17.4/ 04 <sup>ème</sup> jour d'exposition (04-06-2017.....	22
III.17.5/ 05 <sup>ème</sup> jour d'exposition (05-06-2017.....	23
III.17.6/ 06 <sup>ème</sup> jour d'exposition (06-06-2017.....	24
III.18/ Analyse de la variabilité globale de l'ozone pendant six jours en fonction des paramètres liés à la plante (La conductance stomatique, Taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses .....	25
III.18.1/ L'évolution des paramètres liés à la plante (La conductance stomatique, Taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses) en fonction de la concentration en ozone	26

III.18.1.1/ Détermination de la relation Dose/effet (Ozone/PMN) dans les feuilles du trèfle blanc .....	26
III.18.1.2/ Détermination de la relation Dose/effet (Ozone/Taux de nécrose) dans les feuilles du trèfle blanc .....	28
III.18.1.3/ Détermination de la relation Flux/effet (Ozone/Conductance stomatique) dans les feuilles du trèfle blanc .....	29
Conclusion générale .....	30
Références Bibliographiques	
Annexes	

## Liste des figures

<b>Figure N°01</b> : Répartition de l'ozone atmosphérique selon l'altitude (U.S.EPA, 2006.....	02
<b>Figure N° 02</b> : Cycles de l'ozone stratosphérique et troposphérique (U.S.EPA, 2006.....	03
<b>Figure N°03</b> : Concept de bio-indication (Cuny et al, 2012 .....	07
<b>Figure N°04</b> :Mousses bio-accumulateures de polluant atmosphérique (Cuny et al, 2012..	10
<b>Figure N°05</b> : Carte d'Algérie avec la situation de la wilaya de Tiaret (Boukhaboul, 2005.	12
<b>Figure N°06</b> : Mise en place du trèfle blanc dans une chambre de culture.....	17
<b>Figure N°07</b> : Culture du trèfle blanc ( <i>Trifolium Repens</i> ) dans une chambre de culture à ciel ouvert	17
<b>Figure N°08</b> : Planche de référence pour l'évaluation des pourcentages de surface foliaire nécrosée. (J-F Castell, 2000.....	18
<b>Figure N°09</b> : Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen 1 <sup>er</sup> jour d'exposition.....	19
<b>Figure N°10</b> : Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN%) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 2eme jour d'exposition (31-05-2017 .....	20
<b>Figure N°11</b> : Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 3eme jour d'exposition (01-06-2017.....	21
<b>Figure N°12</b> : Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 4eme jour d'exposition (02-06-2017). .....	22
<b>Figure N°13</b> : Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 5eme jour d'exposition (03-06-2017.....	23
<b>Figure N°14</b> : Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 6eme jour d'exposition (04-06-2017.....	24
<b>Figure N°15</b> : Variabilité globale de l'ozone pendant six jours en fonction de la (La conductance stomatique, Taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses .....	25

<b>Figure N°16:</b> Relation entre la variation des pourcentages des feuilles nécrosés vis-à-vis la concentration en ozone pendant six (06) jours d'exposition.....	26
<b>Figure N°17 :</b> Relation entre la variation du taux de nécrose vis-à-vis la concentration en ozone pendant six jour d'exposition .....	28
<b>Figure N°18:</b> Relation entre la variation de la conductance stomatique vis-à-vis la concentration en ozone pendant six (06) jours d'exposition.....	29

*Introduction*

*Général*

## ***Introduction***

---

### ***Introduction***

De nombreux pays de la région méditerranéenne présentent un climat froid et humide ; dans ces régions, le problème de la pollution par l'ozone, est l'un des facteurs qui limite la production des plantes cultivées (**Andrieu, 1983**).

L'utilisation du trèfle blanc (*Trifolium repens L.*) dans la bio-surveillance végétale, est une des expériences qui ont été faites sur l'impact de l'ozone sur le rendement des plantes cultivées. Cette espèce constitue un excellent fourrage qui présente une bonne qualité nutritive, une bonne digestibilité et appétence.

L'exposition des plantes à l'air ambiant permet d'étudier les réactions aux épisodes d'ozone tout en évitant la confusion induite par l'effet des conditions d'une enceinte d'exposition sur le flux d'ozone dans la plante. (**Heagle et al. 1995**).

Pour observer l'impact de l'ozone, on a analysé pendant une semaine la santé des feuilles de trèfle blanc, dont la présence éventuelle de lésions dues à l'ozone. Le poids sec du feuillage a été mesuré à la fin du jour d'exposition.

Pour ce travail basé sur :

1. Détermination des fréquences de l'occurrence des lésions sur les feuilles du trèfle blanc dues à l'ozone.
2. Etablir une Relation (dose/effet, flux-effet) pour le Trèfle blanc (*Trifolium Repens*) à l'ozone.

Dans une première partie, nous ferons à une série d'étude bibliographique. Nous nous limiterons aux travaux dont l'objectif était analogue au notre travail. Nous présenterons ensuite une partie expérimentale en premier lieu une description détaillée de notre zone d'étude suivie par un chapitre matériel et méthodes pour atteindre notre objectif ;

Les échantillons seront traités au niveau des Laboratoires de recherche faculté sciences de la nature et de la vie,

## ***Introduction***

---

Le troisième chapitre sera consacré à la présentation et la discussion des résultats ;

Nous développons en fin une conclusion qui synthétisera les principaux résultats et leurs conséquences sur les efforts à poursuivre sur le plan de la gestion des sources de pollution et de voir l'impact de la pollution sur les végétaux.

Partie N°I :

*Etude Bibliographique*

# Chapitre 01:

## *La pollution Atmosphérique par l'ozone*



## **I.1/ Généralité sur l'atmosphère**

De tout les milieux avec les quels l'homme est en contact ; l'atmosphère est le seul auquel il ne peut se soustraire. C'est aussi le milieu où il a les échanges les plus importants.

L'air atmosphérique est un mélange inodore et incolore de plusieurs gaz de composition constante à l'état pur : 78% du gaz azoté (N<sub>2</sub>), 21% de l'oxygène (O<sub>2</sub>), 1% d'argon (Ar), ainsi que les gaz rare et la vapeur d'eau (**Foan, 2012**).

## **I.2/ Définition de Pollution atmosphérique**

La pollution atmosphérique est définit comme toute modification anthropique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles, d'une perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de la matière ou encore de l'introduction d'espèces exotiques dans une biocénose naturelle. (**Ramade, 2005**).

### **I.2.1/ Principaux polluants atmosphérique**

L'atmosphère terrestre est le siège d'un transport de matière, en particulier d'éléments d'origines diverses, dont une proportion importante résulte des activités humaines. Ce phénomène induit des conséquences parfois graves, pour la santé humaine et pour la fonctionnalité des écosystèmes. (**Catinon, 2010**).

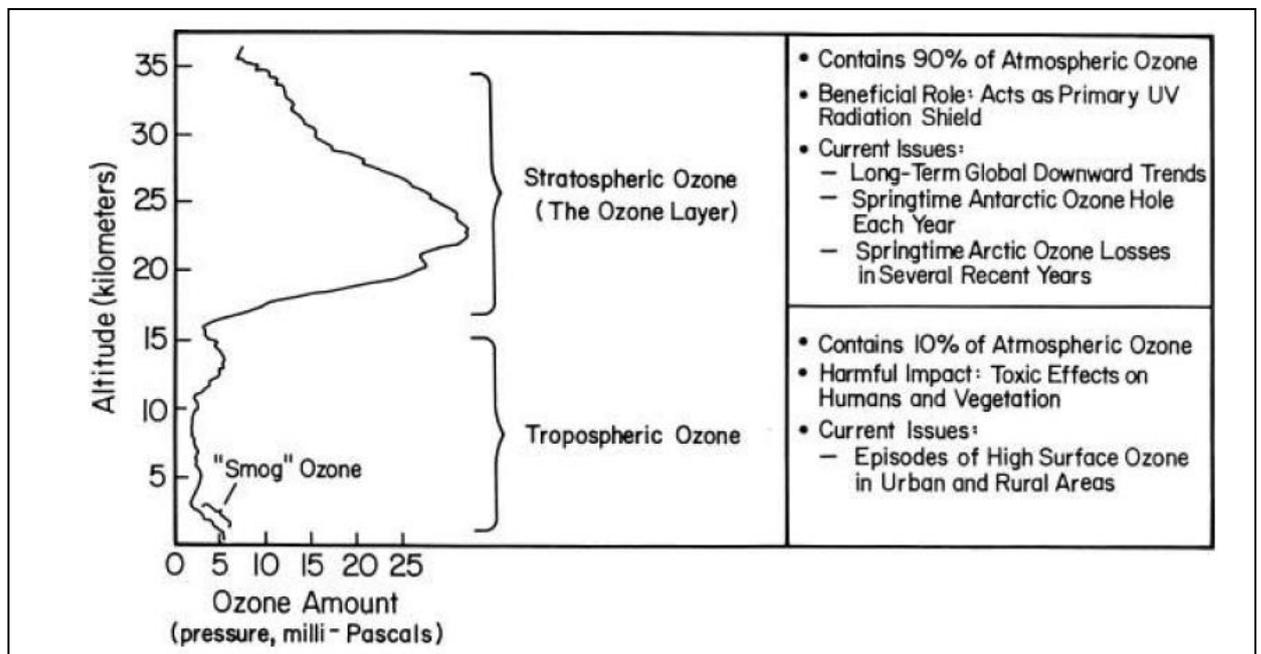
## **I.3/ L' ozone**

La molécule d' ozone (O<sub>3</sub>) est une variété allotropique de l'oxygène, composée de trois atomes, présente naturellement dans l' atmosphère. La découverte de l' ozone est

attribuée au chimiste suisse Christian Friedrich Schönbein, qui lui donne le nom d'ozone en 1840 en se basant sur le mot grec ozène signifiant « exhaler une odeur ».

Cependant, l'odeur âcre caractéristique de l'ozone avait déjà été mise en évidence par le chimiste Hollandais **Martin Van Marum en 1789**. Contenu à 90% dans la stratosphère (entre 15 et 35 km d'altitude), constituant la couche d'ozone, l'ozone protège la vie terrestre des irradiations aux ultra-violets provenant du soleil, tandis que les 10% d'ozone compris dans la troposphère (entre 0 et 15 km d'altitude) représentent une menace pour la vie terrestre.

En effet, c'est un puissant polluant, gaz à effet de serre, nocif pour la santé, qui agit comme une phytotoxine. Sa toxicité pour la végétation se traduit surtout par un stress oxydatif.

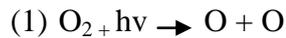


**Figure N°03** : Répartition de l'ozone atmosphérique selon l'altitude (U.S.EPA, 2006).

### 1.3.1/ Cycle de l' ozone

L'ozone stratosphérique constituant la couche d'ozone est produit et dégradé naturellement par le cycle de formation-destruction, ce qui dans une atmosphère non polluée, lui confère une concentration stable. Ce cycle se base sur succession de plusieurs réactions commençant par la photolyse de molécules d'oxygène sous l'action des UV (1) (longueurs d'onde inférieures à 242 nm). Les atomes d'oxygène produits réagissent rapidement avec le dioxygène pour former une molécule d'ozone (2).

L'ozone peut alors lui-même être rapidement photolysé (3), entraînant un équilibre entre les réactions (2) et (3). L'ozone peut aussi être détruit par une réaction lente en réagissant avec un atome d'oxygène (4).



Où M est un partenaire de collision non affecté par la réaction

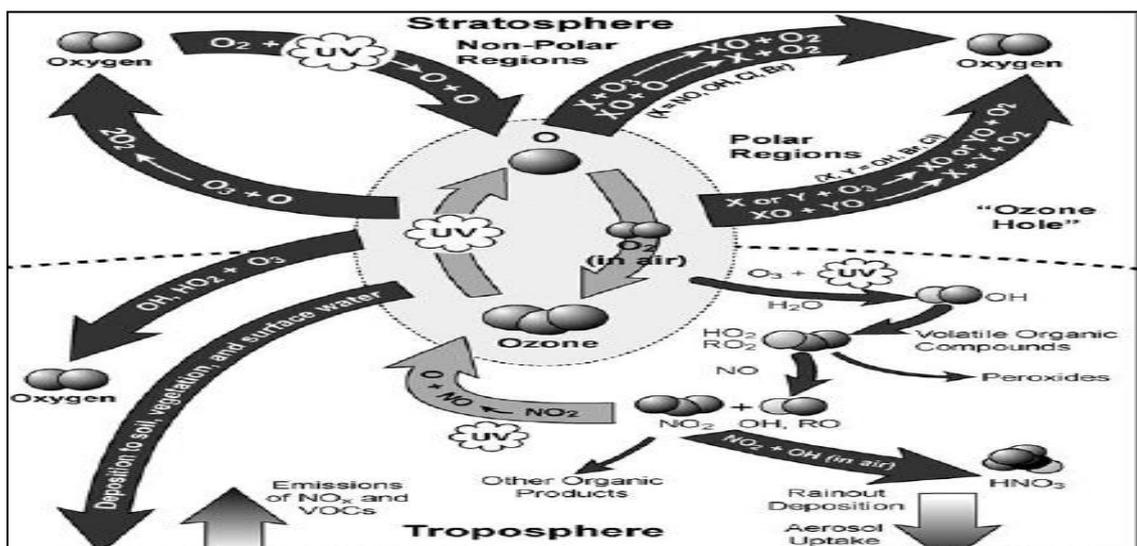
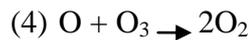
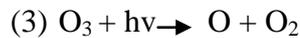


Figure N° 04: Cycles de l'ozone stratosphérique et troposphérique (U.S.EPA, 2006)

### **I.3.2/ Impact de l'ozone sur la végétation**

L'exposition des plantes de grandes cultures est évaluée, comme définie à l'échelle de l'Europe par la Directive Ozone, selon les valeurs dAOT40 (Accumulated Ozone over a Threshold of 40 ppb for global radiations  $> 50 \text{ W.m}^{-2}$ ) de mai à juin, tandis que celle des forêts s'étend sur toute la période de végétation, d'Avril à septembre.

Selon les connaissances actuelles, un niveau critique d'ozone à partir duquel des effets directs nocifs pour la végétation peuvent se produire, est fixé pour les espèces de grandes cultures et pour les forêts.

Ces niveaux étant régulièrement dépassés, un impact sur la végétation et les écosystèmes, ainsi que des baisses de productivité conséquentes sur l'agriculture et les activités forestières, sont à prévoir.

De plus, l'ozone a un effet indirect sur les capacités de séquestration du  $\text{CO}_2$  des écosystèmes, agissant ainsi doublement sur le changement climatique (**Sitch et al, 2007**).

### **I.3.3/ Effets visibles sur les feuilles**

Tandis qu'une exposition chronique à la pollution à l'ozone peut induire une perte de biomasse sans signe visible, une exposition aiguë à l'ozone entraîne l'apparition des dégâts visibles sur les feuilles ou les aiguilles des plantes, ce qui peut représenter des pertes économiques sur des espèces horticoles (**ICP forests, 2010**).

L'évaluation des lésions visibles est utilisée pour détecter des zones de risques potentiels où les effets de l'ozone sur les forêts sont les plus marqués. Les dégâts foliaires dus à l'ozone peuvent se voir à l'œil nu et sont caractéristiques de ce polluant.

Ces symptômes sont plus marqués sur les feuilles âgées, où ils apparaissent en premier, et moins importants sur les feuilles d'ombre, où ils sont presque inexistantes. Ils se limitent généralement à la face supérieure des feuilles et peuvent prendre la forme d'une décoloration, de rougeur ou de brunissage entre les nervures, ou encore de plus ou moins grandes nécroses (**Vollenweider, 2003**).

#### **I.3.4/ Effets sur la biomasse et la croissance**

Les concentrations actuelles en ozone entraînent déjà une baisse de la croissance en diamètre et en biomasse chez de nombreuses espèces, dont une perte de biomasse totale de 7% chez les espèces forestières ; On estime une baisse de rendement d'environ 04% pour le maïs, 9% pour le blé et 11% pour le soja (**Wittig et al, 2009**).

#### **I.3.5 /Effets sur les échanges gazeux foliaires**

Les concentrations actuelles en ozone (50 ppb) sont suffisantes pour réduire les capacités photosynthétiques des angiospermes. Si les concentrations en ozone continuent de croître, la photosynthèse des gymnospermes, moins sensibles à l'ozone, pourrait elle aussi être réduite. Dans le cas d'une exposition aiguë mais ponctuelle, l'ozone entraîne une baisse réversible de la conductance stomatique et donc de la photosynthèse, tandis que dans le cas d'une exposition chronique, même à des concentrations d'ozone plus faibles, la réduction de la conductance stomatique et de la photosynthèse est cumulative (**Ainsworth et al, 2012**)

Suite à une exposition chronique, l'effet de l'ozone sur la conductance stomatique a été attribué à un effet direct sur la photosynthèse, lié à une baisse de l'activité de la Rubisco, notamment due à une diminution des concentrations de l'enzyme, entraînant une

hausse de la concentration interne en CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) et une fermeture stomatique (**Dizengremel, 2001; Fiscus et al, 2005**).

# Chapitre 02 :

*Biosurveillance végétale de la  
pollution de l'air*

**II.4/ Introduction**

La biosurveillance est définie comme l'utilisation à tout 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**).

Elle utilise des êtres vivants, pour mettre en évidence les modifications de l'environnement dans lequel ils sont placés (**Cuny., 2012**). Les méthodes de bio-surveillance fournissent des informations sur la quantité de polluants ainsi que leurs effets sur les organismes en contact. C'est un bon outil pédagogique de visualiser l'action agressive d'un polluant sur l'environnement et un moyen d'aborder ses impacts sanitaire.

**II.5/ Définition de la bio-indication**

les indicateurs biologiques ou bio-indicateurs sont des espèces sensibles, inféodé a un milieu suffisamment restreint pour le caractériser, ou a un état d'un des facteurs du milieu, qu'ils permettent d'identifier par leur apparition ou disparition, informe, sur les conditions du milieu et des dangers potentiels de pollution et permettent ainsi d'apprécier une modification de la qualité d'un milieu.

**II.6/ Niveau de la bio surveillance**

L'utilisation des bio-indicateurs peut se faire selon les différentes facettes de la bio indication. Ils peuvent être ; des bio-intégrateurs ou bio-estimateurs, des bio-accumulateurs ou bio-marqueurs. Ces bio-indicateurs à effets éco toxicologiques réagissent à la pollution avec des effets quantifiables ou qualifiables à trois échelles différentes qui ont conduit les spécialistes à distinguer :

### II.6.1/ Bio-intégrateur

(Echaubard.,1995) à proposer concernant le monde animal pouvant être facilement transposés au monde végétal : « toute disparition ou apparition d'une espèce, toute modification de l'abondance relative d'une espèce ,toute modification de la structure des peuplements végétaux d'un écosystème signifie donc une modification de l'environnement de cette espèce toute chose étant égale par ailleurs ,l'introduction d'un polluant dans le milieu, peut donc jouer le rôle facteur perturbateur , modifiant la structure des peuplements végétaux ».

### II.6.2/ Bio-accumulateur

Selon (Ramade, 1993), la bioaccumulation est un phénomène par lequel une substance, présente dans un biotope, s'accumule en surface et/ou pénètre dans un organisme même si elle n'a aucun rôle métabolique, voire même si elle est toxique à ce dernier. Ces bio-indicateurs d'accumulation ou bio-accumulateurs, ont la propriété d'accumuler des polluants par dépôt, adsorption, absorption, migration.

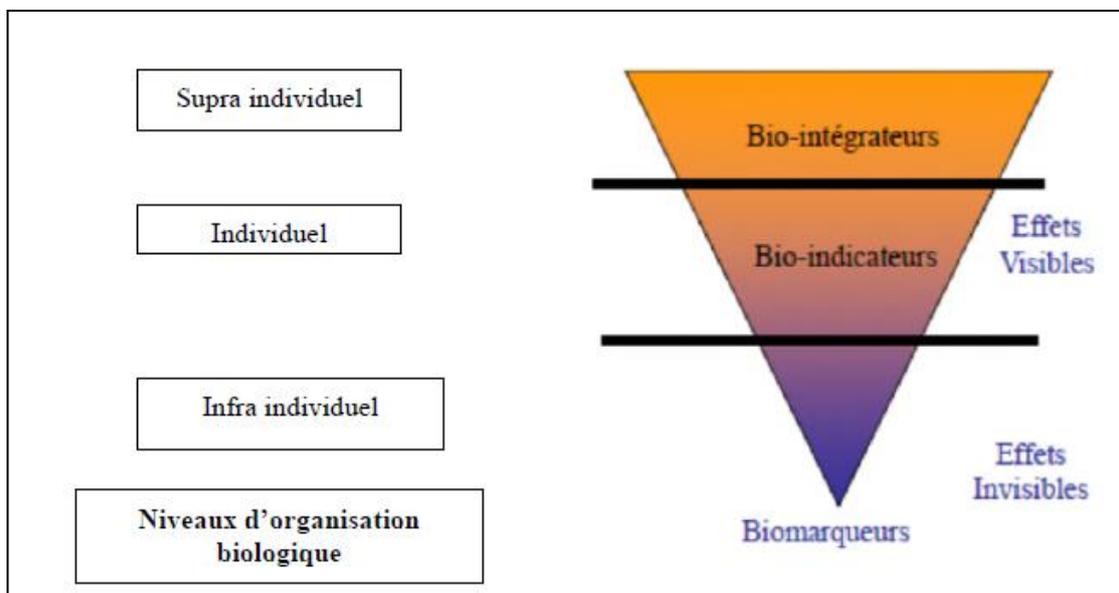


Figure N°01 : Concept de bio-indication (Cuny et al, 2012).

**II.6.3/ Bio-marqueur**

Ce concept relève de processus biologiques ; il se situe au niveau infra-individuel ; c'est un changement observable et/ ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental, qui révèle l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant. **(Lagadic et al.,1997)**

**II.7/ Type de Bio-indication**

Deux grands types de bio-indication sont distingués :

**II.7.1/ Bio-indication active**

On utilise la végétation en place et quelquefois des espèces cultivées présentes dans la zone à étudier. Les avantages de cette méthode ; sont la présence constante de ces plantes sur le terrain et la possibilité d'étendre l'échantillonnage. Le désavantage de cette technique vient de la variabilité des conditions bioclimatiques, des caractéristiques génétiques de la végétation, et de l'hétérogénéité de la répartition spatiale des plantes. **(J.F.Gastell ,2009)**

**II.7.2/ Bio-indication passive**

Dans ce cas, on utilise des végétaux en place, poussant naturellement sur les zones d'investigation. Elle présente l'avantage de la durée de présence (pour les vivaces) et de s'affranchir des phases de production et mise en place du "matériel" indicateur.

L'avantage de cette technique est qu'il est possible de travailler avec une population homogène de plantes. Le désavantage de cette technique réside dans le coût d'une culture en conditions standards. **(J.F.Gastell ,2009)**

## **II.8/ Biosurveillance par les organismes vivants de pollution atmosphérique**

Depuis une cinquantaine d'années, les phénomènes de pollution ont pris une importance de plus en plus grande aux plans environnemental, sanitaire, économique et politique. Dans l'environnement, les pollutions entraînent des perturbations au niveau des êtres vivants (faune et flore) et des compartiments abiotiques fondamentaux (eau, sol, atmosphère) des milieux. (Claveri B, 1997)

### **II.8.1/ Bio-surveillance par les végétaux**

La bio-surveillance de la pollution atmosphérique à l'aide des végétaux a été très développée durant ces dernières années. En Europe, en Asie ; en Amérique du nord et même en Afrique du nord ; plusieurs recherches ont été menées grâce à des travaux de divers institutions, aboutissant ainsi à démontrer que certains végétaux ont la propriété, soit de réagir très rapidement et d'une façon très visible aux polluants, soit d'accumuler très fortement les polluants présents, (Garrec., 2007).

#### **II.8.1.1/ Les lichens**

Les lichens sont utilisés comme des bio-indicateurs et bio-intégrateurs performants ans la détection de la pollution atmosphérique. Xylander est le premier, à constater la disparition des lichens corticoles du Jardin du Luxembourg entre 1866 et 1896, émit l'idée que les lichens pouvaient être des « hygromètres » de la qualité de l'air. (Asta et al .,2002)

### II.8.1.2/ Mousses

Les mousses présentent l'avantage de ne pas posséder de système racinaire et de ne pas être recouvertes d'une cuticule, et par conséquent absorbent la majorité des nutriments et l'eau par voie aérienne : soit par contact avec l'air ou les précipitations, soit par l'impaction ou la sédimentation des particules atmosphériques (Foan., 2012),

**Figure N°02 :** Mousses bio-accumuleuses de polluant atmosphérique (Cuny et al, 2012)



### II.8.1.3/ Les champignons

Les champignons ont fait l'objet de nombreuses études pour leurs propriétés d'accumulation des métaux lourds et des éléments radioactifs qu'ils puisent dans le sol par leurs mycéliums. La plupart des études relatives à la bioaccumulation par les champignons s'intéressent certes aux propriétés de concentrateurs de ces éléments traces dans l'atmosphère via le sol.

### II.8.1.4/ Les végétaux ligneux

Depuis fort longtemps, l'ensemble des espèces végétales dans un lieu donné apportent des renseignements sur l'écologie du milieu et ses caractères environnementaux, ainsi que sur ses modifications.

Chez les végétaux bio-indicateurs particulièrement sensibles, les perturbations dues aux pollutions atmosphériques vont se traduire rapidement par des nécroses foliaires, ainsi que par des modifications morphologiques et physiologiques (Tomasevic et *al.*, 2005).

## **II.9/ Intérêts et limites des méthodes de bio détection végétale comparativement aux méthodes physicochimiques**

Les méthodes de bio détection végétale de la pollution atmosphérique ne sont pas concurrentes des méthodes physicochimiques, mais avant tout complémentaires

Leurs principaux points d'intérêt peuvent être résumés de la façon suivante :

- Méthode simples, rapides et peu onéreuses avec un faible cout d'investissement, une faible infrastructure et une facilité d'entretien et de suivi.
- Possibilité et facilité de redéploiement du réseau de plantes. Le nombre de station peut être très important
- Possibilité de détection de polluants nouveaux ou accidentels non pris en compte par les capteurs en place (JP Garrec, Chantal Van Haluwyn., 2002).

Partie N° II :

*Etude expérimentale*

Chapitre N°01:  
*La zone d'étude*



Le minimum absolu de la température sous abri des mois les plus froids, janvier et décembre, tombe jusqu'à  $-5^{\circ}\text{C}$ . D'octobre à avril les gelées nocturnes sont observées ; Décembre, janvier et février sont les mois les plus froids. L'été est habituellement sec et chaud le maximum absolu de la température de l'air à Sougueur est égal à  $+43^{\circ}\text{C}$  ; juillet et août sont les mois les plus chauds. ([www.tutiempo.com/](http://www.tutiempo.com/) site consulté le 10/01/2017)

### **I.11.1/ Régime Thermique**

Le climat est de type continental ; caractérisé par un hiver rigoureux (température moyenne de l'ordre de  $7,5^{\circ}\text{C}$  est remarquée pour le mois le plus froid). L'été est chaud et sec avec une température de l'ordre de  $27^{\circ}\text{C}$  pour le mois le plus chaud.

En moyenne les mois de Novembre, Décembre et Janvier engendrent 7 jours de gelée précoces. Il n'a à ce jour été observée que rarement une gelée tardive. Dans tous les cas les ressources génétiques utilisées ; elles sont originaires de pays où la température descend jusqu'à  $-20^{\circ}\text{C}$  et les conditions algériennes en hiver sont clémentes : les conditions de  $5^{\circ}\text{C}$  à  $30^{\circ}\text{C}$  ne diminuent pas l'évolution de ces types biologique.

### **I.11.2/ Régime Pluviométrique**

La moyenne des précipitations oscille entre 200 mm et 400 mm par an et les relevés de quelques stations météorologiques confirment qu'il y a en moyenne 75 jours de pluie par an. La fréquence d'années humides est de 40% celle des années sèche est 45% et 15% sont des années moyennes. La vitesse du vent a une moyenne de 3.4 m/s et une direction dominante ouest.

Lors de la période estivale les vents secs et chauds qui soufflent du sud et sud-est ont une influence néfaste sur les cultures (le sirocco) ils soufflent des heures pendant plusieurs jours consécutifs. En moyenne, le sirocco souffle de 20 à 40 jours par an, donc

sa nécessité l'implantation des brises vents. ([www.tutiempo.com/](http://www.tutiempo.com/) site consulté le 10/01/2017)

### **I.11.3/ Humidité atmosphérique**

L'appréciation de ce facteur, est traduite par l'humidité ou l'état hygrométrique exprimée en pourcentage. Elle indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation. Au niveau de la zone d'étude, elle est relativement faible, les pourcentages les plus élevés sont enregistrés en Décembre et Janvier.

L'humidité relative minimale et maximale mensuelle moyenne s'élève respectivement à 37% en juillet et à 74% en décembre. La valeur annuelle moyenne de l'évapotranspiration se place entre 1400 à 1500 mm. . ([www.tutiempo.com/](http://www.tutiempo.com/) site consulté le 10/01/2017)

Chapitre N°02:  
*Matériels et méthodes*

## II.12/ Présentation de l'étude

Pour observer l'impact de l'ozone, on a analysé une fois par jour pendant une semaine la santé des feuilles de trèfle blanc, dont la présence éventuelle de lésions dues à l'ozone (petites taches jaune pâle), et l'échange gazeux exprimé par la conductance stomatique. Les travaux de recherche sur la biosurveillance de la pollution par le trèfle ont déjà montrés l'efficacité de ce type végétatif contre la pollution par l'ozone (**Castell. JF,2000**)

## II.13. / But expérimental

1. Détermination des fréquences de l'occurrence des lésions sur les feuilles du trèfle blanc dues à l'ozone.
2. Etablir une Relation (dose/effet, flux-effet) pour le Trèfle blanc à l'ozone.

## II.14 / Matériel biologique

### II.14.1/ Le trèfle blanc (*Trifolium Repens*)

Le trèfle blanc (*Trifolium Repens*) ; est une légumineuse qui prend une importance de plus en plus marquée sous nos conditions climatiques. Cette espèce, caractérisée par une bonne persistance ainsi qu'une excellente résistance à la sécheresse. (**Klapp, 1942**)

### II.14.2/ Morphogenèse du trèfle blanc

Le trèfle blanc semble être originaire des régions méditerranéennes (**Vavilov,1951, cité par Davies et Young, 1967**). Il existe trois types de trèfle blanc ; le type sauvage (petites feuilles, stolons fins) ; le type hollandicum (feuilles moyennes, stolons épais) et le type gigantesques ou ladino (feuilles très larges) (**Erith, 1924**).

### II.14.3/ Evolution des feuilles

En absence de compétition pour la lumière, (Simon et al, 1989) indiquent que la vitesse d'apparition des feuilles dépend de la température. De manière générale, le nombre de feuilles totales par plante et leur biomasse diminuent en hiver mais également au début du printemps.

Cependant, il existe une production continue de feuilles en hiver chez le trèfle blanc mais à une vitesse réduite, de l'ordre de 01 feuille toutes les 07 à 08 semaines en climat océanique (Davies et Evans, 1982).

### II.15/ Localisation de l'essai

L'expérimentation à été menée dans une chambre ouverte au niveau de la faculté des sciences de la nature et de la vie de Tiaret.

#### II.15.1/ Mise en place de l'expérience

L'expérience durera jusqu'à ce que l'apparition un nombre suffisant des feuilles sur la plante. À titre indicatif, cela pourrait être pour environ de 30 jours.

**Tableau N°01** : Génotype de trèfle blanc utilisé dans l'expérience de la biosurveillance.

Génotype	Nombre de pots (P)	Nombre assuré des pots germés	Taux de réussite des pots
<i>(Trifolium Repens)</i> (Petites feuilles, stolons fins)	Px10	P=10	100%

**Remarque** : Le (P) signifie : Pot.

**II.15.2/ Conditions de culture**

Des graines semées dans un substrat de terreau et sont enfouies dans des petits pots de 10 cm de diamètres, préalablement nettoyé, les plantules sont réparties en 10 lots et ils sont régulièrement irrigués avec l'eau de robinet, Après 30 jours de semis dans la chambre de culture, Les 10 lots, sont transportés et cultivés dans des pots de 25 cm de diamètres dans une chambre de culture à ciel ouvert.



**Figure N°06 :** Mise en place du trèfle blanc (*Trifolium Repens*) dans une chambre de culture. ( cliché Routal,2017)



**Figure N°07 :** Culture du trèfle blanc (*Trifolium Repens*) dans une chambre de culture à ciel ouvert. ( cliché Yousfi,2017)

## II.16/ Les paramètres mesurés

### II.16.1/ La conductance stomatique

La conductance stomatique a été mesurée à l'aide d'un poromètre (AP4-DELTA-T DEVICES ; CAMBRIDGE U.K).

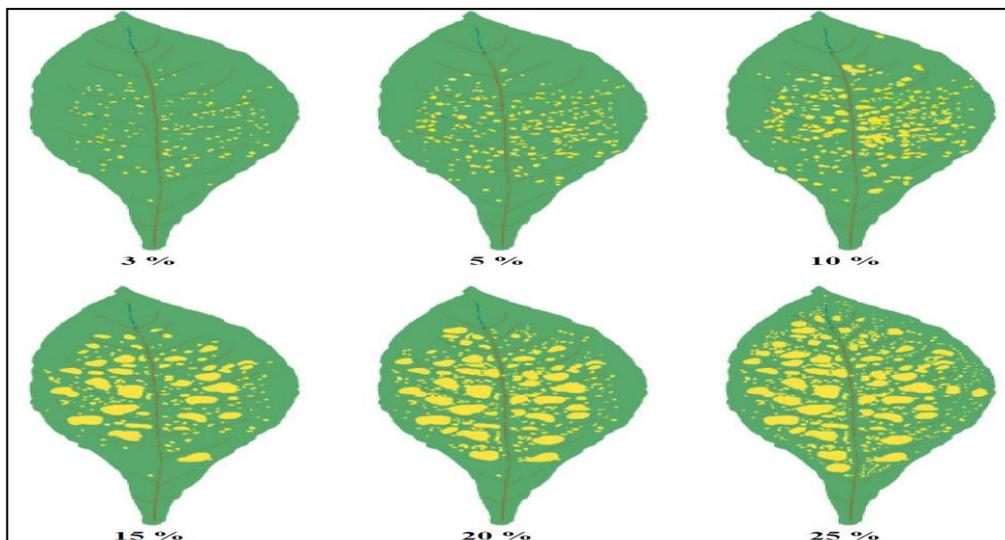
Les mesures ont été réalisées sur des feuilles atteintes par l'ozone et des feuilles saines, entre 08 à 10H et sous l'éclairage solaire. Le calcul de la conductance stomatique à l'ozone, (gs), consiste à appliquer un facteur de diffusion au calcul de la conductance stomatique à la vapeur d'eau,

### II.16.2/ Mesure d'ozone troposphérique

Les mesures journalières de l'ozone troposphérique ont été réalisées avec un analyseur photochimique (modèle : A-21ZX, ECO SENSORS, INC, SWITZERLAND). L'appareil est conçu pour détecter l'ozone et pour estimer les niveaux d'ozone dans une gamme de (0.1 ppm- 10 ppm).

### II.16.3/ Détermination des pourcentages de nécrose

La toxicité d'un polluant peut donner naissance, selon les cas, à des symptômes spécifiques visibles en surface tels que des nécroses, des taches, etc., et altérer certaines fonctions physiologiques du végétal, une raison sur laquelle nous avons utilisé des planches guide pour la détermination du taux de nécrose(%) selon (Castell, 2000).



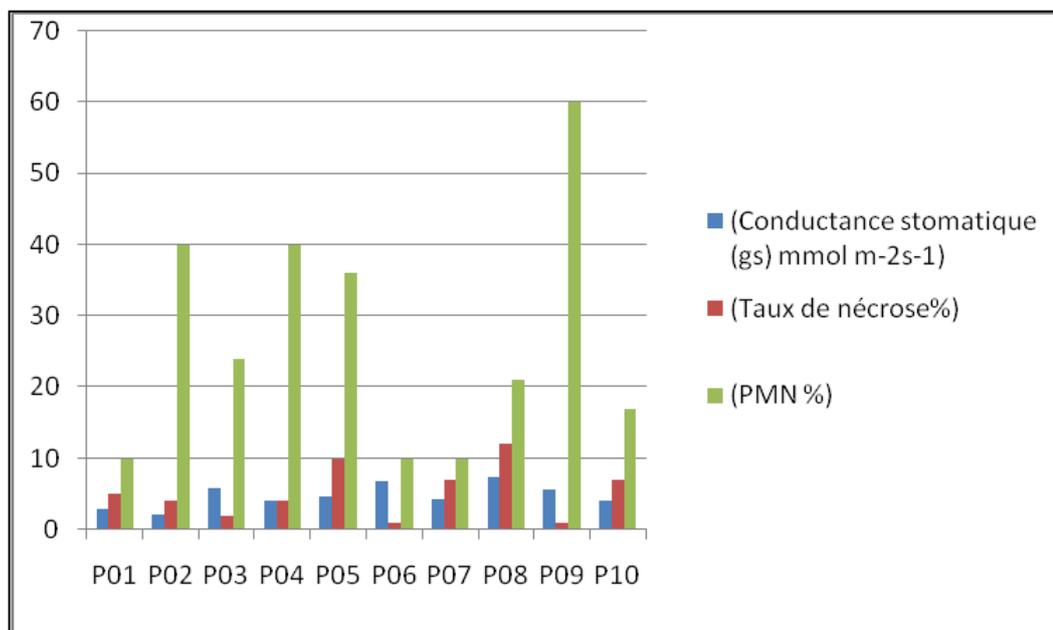
**Figure N°08 :** Planche de référence pour l'évaluation des pourcentages de surface foliaire nécrosée. (Castell, 2000).

Chapitre 03 :

*Résultats et discussion*

### III.17/ Analyse de la variabilité journalière de la conductance stomatique, Taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses

#### III.17.1/ 01<sup>er</sup> jour d'exposition (28-05-2017)



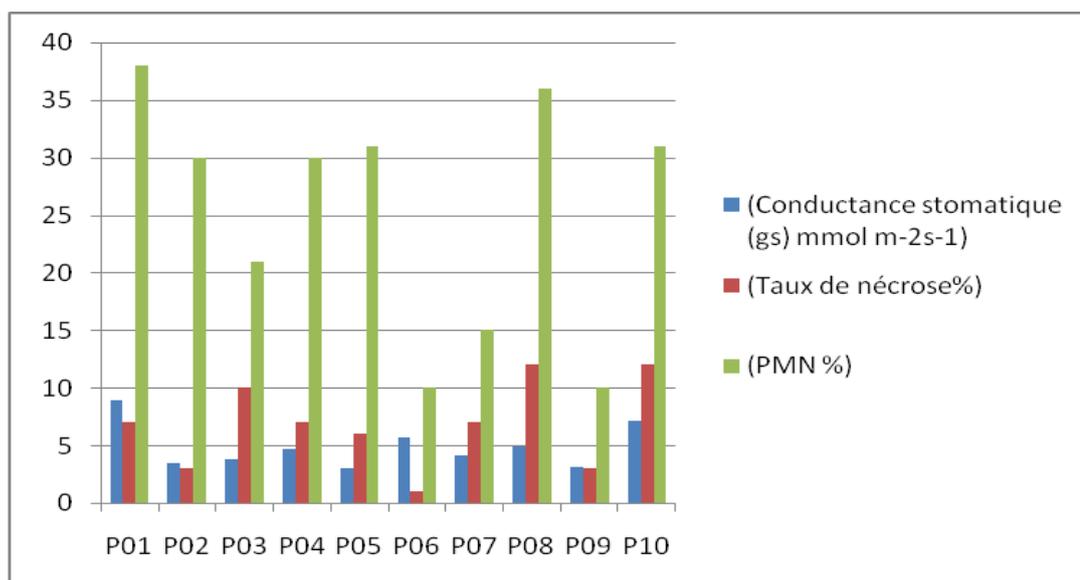
**Figure N°09:** Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN%) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 1<sup>er</sup> jour d'exposition.

La figure N°09 nous permet de faire une comparaison de la variation pour les paramètres suivants (conductance stomatique, taux de nécrose, PMN), on observe des valeurs extrêmes pour la conductance stomatique dont les valeurs des pots (P06=6.8, P08=7.5 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), avec une moyenne globale de (4.80±1.66 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) et dont le maximum (7.5 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), et un minimum de (2.16 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>).

Pour les valeurs de taux de nécrose % des pots (P05=10%, P07=07%, P08=12%, P10=07%) avec une moyenne (5.3±3.71%), avec un écart de variation maximale (12%) et le minimum de (01%).

Les valeurs de pourcentage des moyen nécrosé (PMN%) des pots (P01=10%, P03=24%, P05=36%, P07=10%, P08=21%, P10=17%); avec une moyenne ( $26.8 \pm 16.73\%$ ) et le maximum de (60%), et un minimum de (10%).

### III.17.2 / 02<sup>ème</sup> jour d'exposition (31-05-2017)



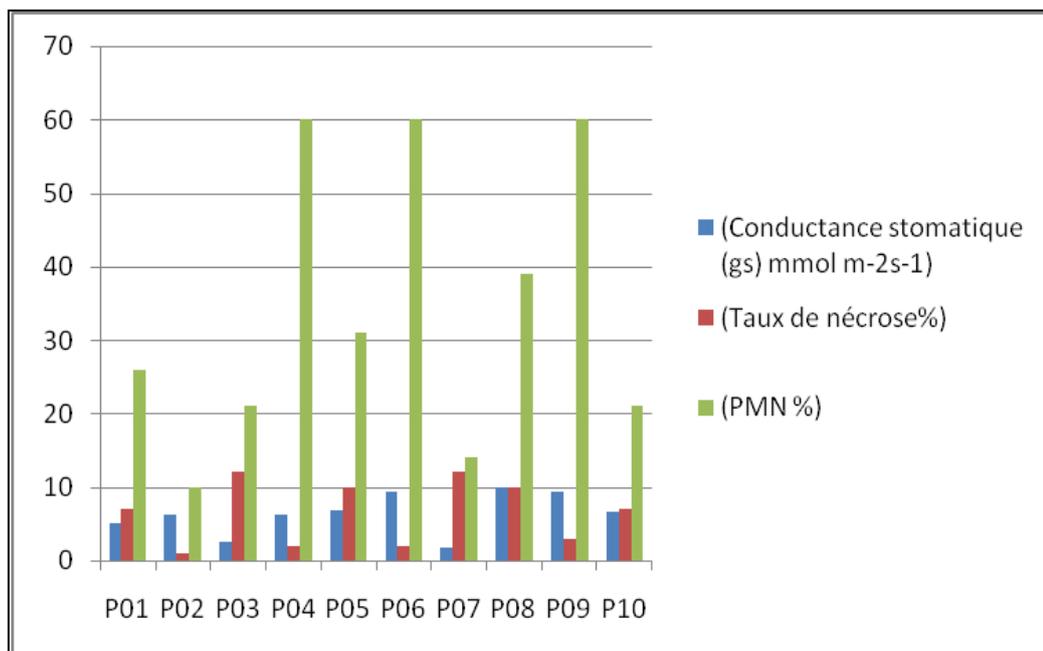
**Figure N°10 :** Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN%) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 2<sup>ème</sup> jour d'exposition (31-05-2017).

La figure N°10, nous permet de faire la comparaison pour les mêmes anciens paramètres ; On constate des variations pour la conductance stomatique dont les valeurs des pots (P01=8.9, P06=7.5, P10=7.10  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) avec moyenne de ( $4.8 \pm 01.88 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) et le maximum ( $08.90 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) le minimum est de ( $03.05 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ).

Le taux de nécrose des pots (P01=07%, P03=10%, P04=07%, P05=06%, P07=07%, P08=12%, P10=12%) la moyenne calculée est de ( $06.80 \pm 3.76\%$ ) d'un maximum de (12%) et le minimum de (01%).

Les valeurs du PMN% des pots (P01=38%, P02=30%, P03=21%, P04=30%, P05=31%, P08=36%, P10=31%) sont supérieures par rapport aux autres plans avec une moyenne ( $25.2 \pm 10.42\%$ ) et le maximum de (38%), et un minimum (10%).

### III.17.3/ 03<sup>ème</sup> jour d'exposition (01-06-2017)



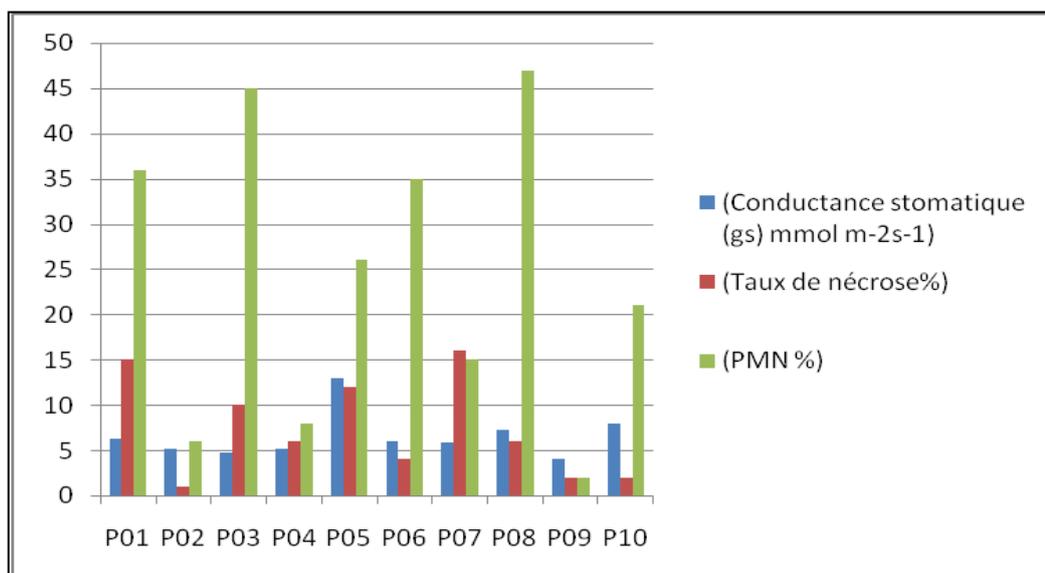
**Figure N°11:** Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 3<sup>ème</sup> jour d'exposition (01-06-2017).

On observe des variations pour la conductance stomatique dont les valeurs des pots (P06=9.40, P08=9.9, P09=9.30, mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) sont supérieures par rapport aux autres avec une moyenne de ( $6.38 \pm 2.78$  mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) et le maximum, minimum (9.90 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), (1.69 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>).

Les valeurs de taux de nécrose des pots (P04=02%, P05=10% ; P06=02% ; P08=10%,) sont supérieures par rapport aux autres avec une moyenne ( $6.60 \pm 4.32\%$ ) et le maximum (12%) et le minimum (01%).

Les valeurs maximales du PMN % des pots (P04=60%, P05=31%, P06=60% P08=39% P09=60%) sont supérieures avec une moyenne globale des 10 pots de (34.2±19.54%) et le maximum (60%), minimum (10%).

### III.17.4/ 04<sup>ème</sup> jour d'exposition (04-06-2017)



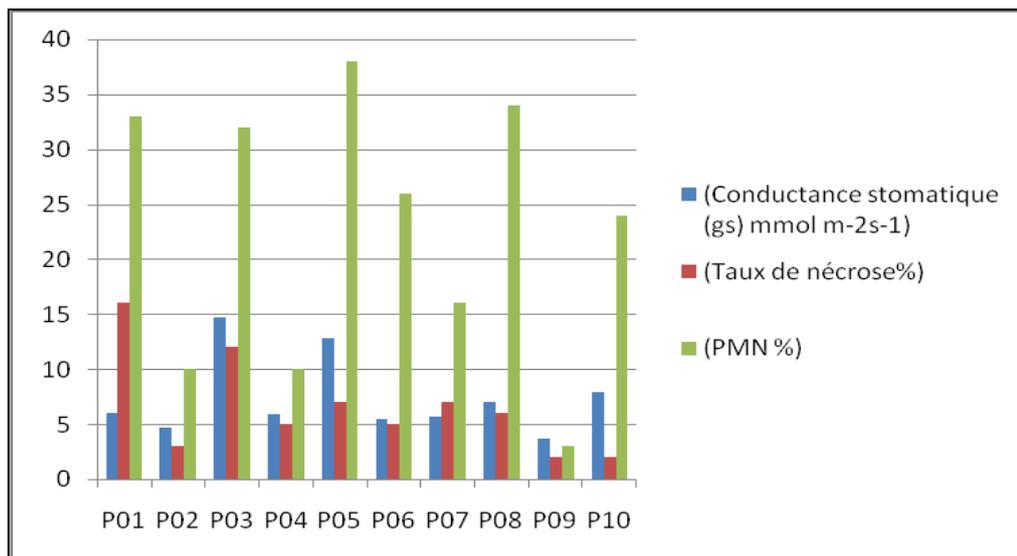
**Figure N°12 :** Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 4<sup>ème</sup> jour d'exposition (02-06-2017).

La comparaison des paramètres dans le quatrième jour d'exposition à permet d'observer un optimum pour la conductance stomatique dont les valeurs des pots (P01=6.20, P05=12.9, P06=6, P07=5.90, P08=7.2, P10=8 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) sont supérieur deux fois par rapport au autres plans avec moyenne globale de (6.54±2.50 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) et le maximum de (12.9 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) et un minimum de (4.90 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>).

Les valeurs de taux de nécrose des pots (P01=15%, P03=10%, P04=06%, P05=12%, P07=16%, P08=06%) sont extrêmes supérieur avec une moyenne (07.40±5.52%) et le maximum (16%) et le minimum (01%).

Les valeurs supérieures de % PMN des pots (P01=36%, P03=45%, P06=35%, P08=47%) de moyenne globale ( $24.10 \pm 16.30\%$ ) et le maximum (47%), minimum (02%).

### III.17.5/ 05<sup>ème</sup> jour d'exposition (05-06-2017)



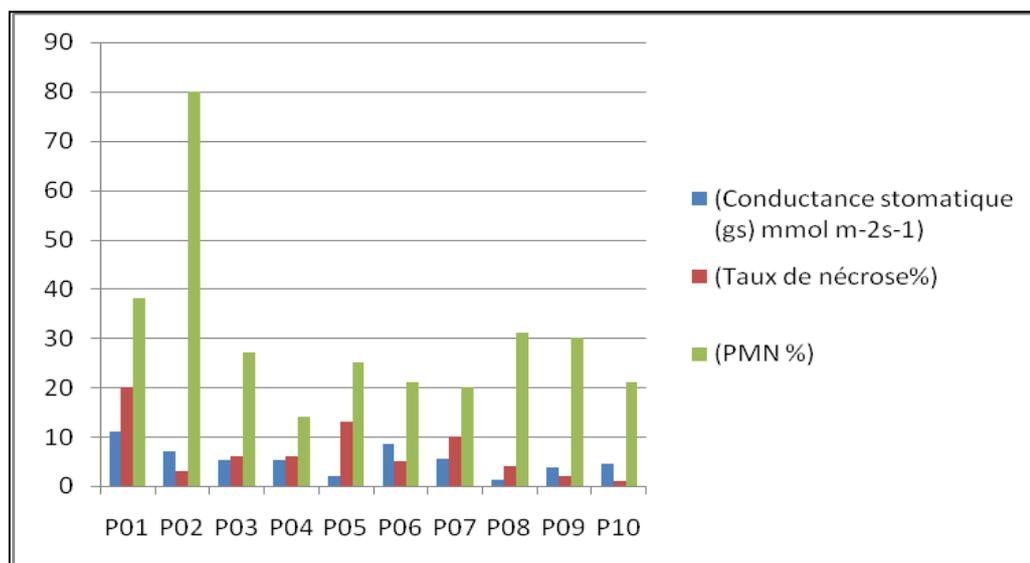
**Figure N°13 :** Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 5<sup>ème</sup> jour d'exposition (03-06-2017).

La conductance stomatique prend des valeurs supérieures des pots (P01=6, P03=14.7, P05=12.8, P10=7.90 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) sont supérieur par rapport les autres plantes avec moyenne de ( $7.38 \pm 3.57$  mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) et le maximum (14.70 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) le minimum (03.70 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>).

Les valeurs de taux de nécrose (P01=16%, P03=12%, P05=07%, P07=07%, P08=06%,) qui sont supérieure au autres plantes avec une moyenne ( $6.50 \pm 4.45\%$ ) et le maximum (16%) et le minimum (02%).

Les valeurs maximale du PMN (P01=33%, P03=32%, P05=38%, P06=26%, P08=34%, P10=24%), une moyenne ( $22.60 \pm 12.12\%$ ) et le maximum (38%), minimum (03%).

### III.17.6/ 06<sup>ème</sup> jour d'exposition (06-06-2017)



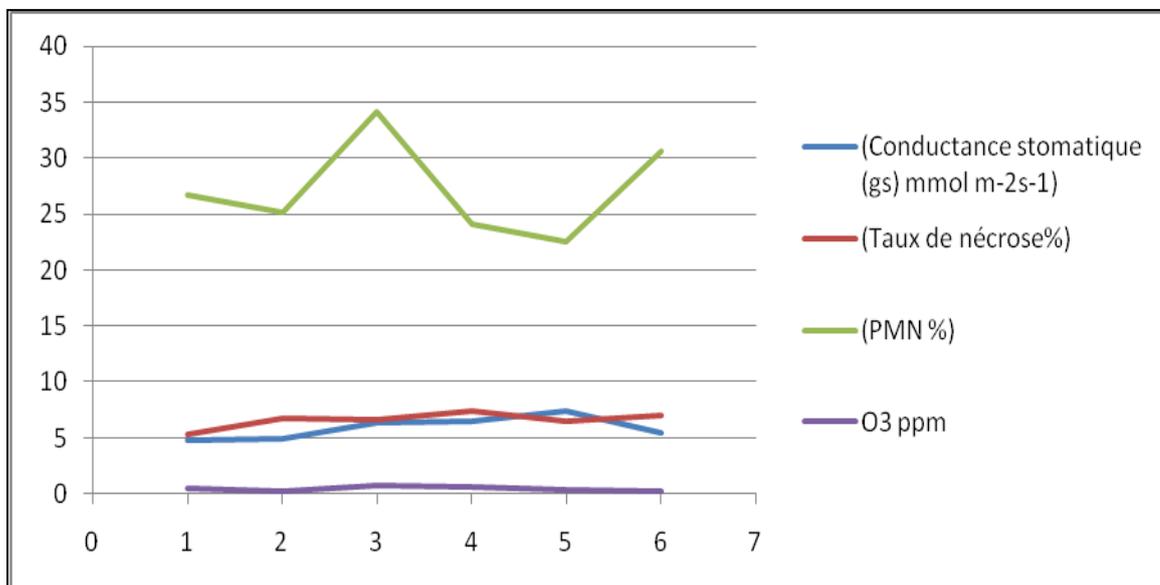
**Figure N°14 :** Variation de la conductance stomatique, le taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses (PMN) en fonction de 10 Pots de trèfle dans le 6<sup>ème</sup> jour d'exposition (04-06-2017).

On observe des variations pour la conductance stomatique dont les valeurs max des pots (P01=11.1, P06=08.50, P07=5.50 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>). La moyenne de tous les pots est de ( $5.41 \pm 2.89$ ) dont le maximum (11.1 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), le minimum de (01.30 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>).

Les valeurs de taux de nécrose des pots (P01=20%, P05=13%, P07=10%), d'un moyen général de ( $07 \pm 5.83\%$ ) et le maximum (20%) et le minimum (01%).

Les valeurs remarquables du PMN des pots (P01=38%, P02=80%, P08=31%, P09=30%) prenant une moyenne ( $30.70 \pm 18.59\%$ ) pour le maximum (80%), et le minimum (14%).

**III.18/ Analyse de la variabilité globale de l’ozone pendant six jours en fonction des paramètres liés à la plante (La conductance stomatique, Taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses).**



**Figure N°15 :** Variabilité globale de l’ozone pendant six jours en fonction de la

(La conductance stomatique, Taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses).

**Tableau N°02 :** Analyse descriptive de la variabilité globale de l’ozone pendant six jours en fonction de la (La conductance stomatique, Taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses) dans les feuilles du trèfle blanc (*Trifolium Repens*).

	N Actifs	Moy	Min	Max	Var	Ecart-type
<b>Conductance stomatique (gs) (mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	6	5,90	4,80	7,38	1,06	1,03
<b>(Taux de nécrose%)</b>	6	6,60	5,30	7,40	0,50	0,71
<b>(PMN%)</b>	6	27,26	22,60	34,20	19,23	4,38
<b>(O<sub>3</sub> ppm)</b>	6	0,45	0,26	0,74	0,03	0,18

L’examen de la figure N°15 et le tableau N°02 a permis de dégager une variabilité du taux de l’ozone en fonction de six jours du changement avec la (conductance stomatique, le taux de nécrose, et pourcentage moyen des nécroses).

On observe des variations pour le taux de l'ozone dont la valeur moyen de six (06) jours est de  $(0.45 \pm 0.18 \text{ ppm})$  avec un maximum de  $(0.74 \text{ ppm})$  et un minimum de  $(0.26 \text{ ppm})$

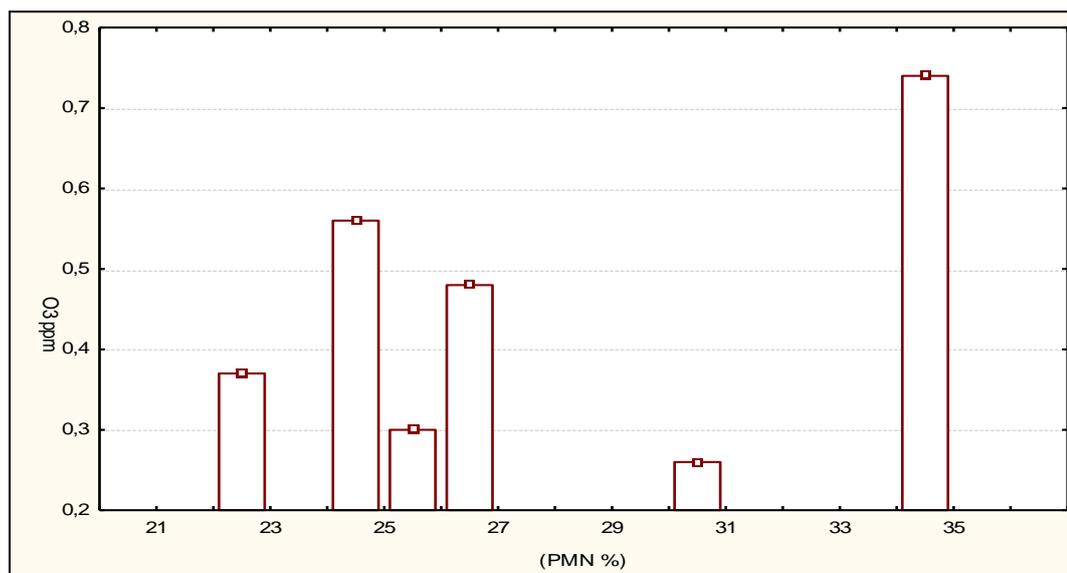
Les valeurs de conductance stomatique pendant six jours  $(5,90 \pm 0.39 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$  comme moyenne et d'un maximum de  $(2.84 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$  et le minimum de  $(1.94 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ .

Les valeurs de taux de nécrose des six jours  $(5.86 \pm 4.03 \%)$  de moyenne le maximum et le minimum de  $(07.38\% ; 4.80 \%)$  respectivement.

Les valeurs de % PMN prend une moyenne stable de  $(27.26 \pm 4.38\%) \%$  et pour un maximum de  $(34.20\%)$ , et un minimum  $(22.60\%)$ .

### III.18.1/ L'évolution des paramètres liés à la plante (La conductance stomatique, Taux de nécrose et le pourcentage moyen des nécroses) en fonction de la concentration en ozone

#### III.18.1.1/ Détermination de la relation Dose/effet (Ozone/PMN) dans les feuilles du trèfle blanc



**Figure N°16:** Relation entre la variation des pourcentages des feuilles nécrosés vis-à-vis la concentration en ozone pendant six (06) jours d'exposition.

La figure N°16, est la variation des concentrations en ozone en fonction de six jour d'exposition; qui montre un pourcentage (%) de feuilles nécrosés avec une moyenne de (27.26±4.38%), pour un maximum de (34.20%), et un minimum (22.60%).

Selon **Castell, 2000** ; De nombreux indices ont été établis pour estimer un niveau de qualité de l'air à partir de la proportion de surface foliaire atteinte de nécroses.

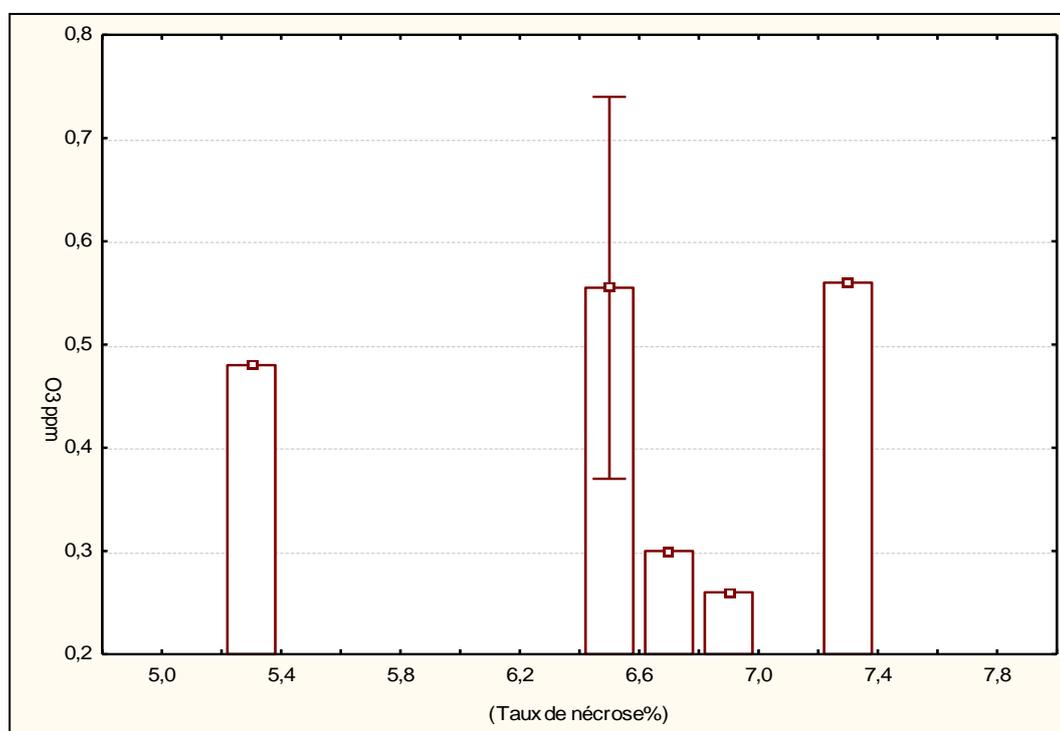
On calcule alors le pourcentage moyen de nécroses (PMN%), qui est la moyenne des pourcentages de nécroses des feuilles prises en compte :

$$PMN = \frac{\text{somme des pourcentages observés sur les feuilles}}{\text{nombre de feuilles prises en compte}}$$

**Tableau N°03** : Indice de la qualité de l'air a partir des PMNM selon (**Castell JF, 2000**).

Valeur de PMN obtenue	Indice de qualité de l'air	Impact correspondant
0 %	0	Impact nul de l'O3
Entre 0 % et 10 %	1	Faible impact de l'O3
Entre 10 % et 25 %	2	Impact moyen
Entre 25 et 50 %	3	Fort impact
Au-delà de 50 %	4	Très fort impact (très rare)

### III.18.1.2/ Détermination de la relation Dose/effet (Ozone/Taux de nécrose) dans les feuilles du trèfle blanc (*Trifolium Repens*)

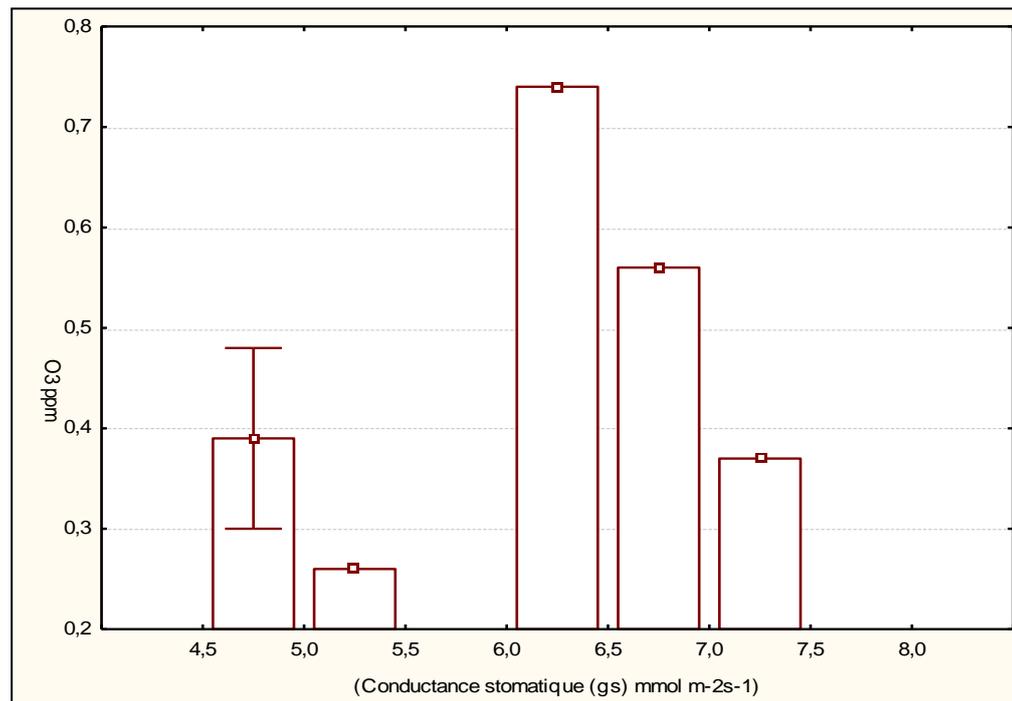


**Figure N°17** : Relation entre la variation du taux de nécrose vis-à-vis la concentration en ozone pendant six jours d'exposition.

L'examen de la figure N°17 a montré un effet néfaste de l'ozone sur le système foliaire, surtout pour un maximum de (0.74 ppm), contre une réponse de (07.40%).

Selon **Castell, 2000** ; Les propriétés oxydantes de l'ozone se traduisent sur les végétaux les plus sensibles par l'apparition de dégâts comme les nécroses, qui sont des zones brunâtres ou jaunâtres, comparables à des « brûlures » de la surface des feuilles. Chez les espèces les plus résistantes, on n'observe pas de dégâts visibles, mais des dommages, perturbations du fonctionnement physiologique des plantes moins spectaculaires que les dégâts, mais capables néanmoins de provoquer de fortes baisses de productivité et de rendements chez la plupart des plantes cultivées.

### III.18.1.3/ Détermination de la relation Flux/effet (Ozone/Conductance stomatique) dans les feuilles du trèfle blanc (*Trifolium Repens*)



**Figure N°18:** Relation entre la variation de la conductance stomatique vis-à-vis la concentration en ozone pendant six (06) jours d'exposition.

La figure N°18 permet une comparaison de la relation qui réside entre la concentration d'ozone et la conductance stomatique qui montre une relation dose/effet ; c'est à dire que lorsque les concentrations en ozone est élevé ; implique une conductance stomatique forte qui ce traduit par une accumulation des molécules d'ozone par les stomates.

**(Reich, 1985)** a montré que la majorité des polluants qui se retrouvent sous forme de gaz dans l'atmosphère, incluant l'ozone, pénètrent dans les feuilles par les stomates. Ainsi les stomates ont un rôle primordial à jouer dans la régulation de l'absorption de l'ozone par les végétaux.

*Conclusion*  
*Générale*

## **Conclusion générale**

Cette expérience en bio surveillance de l'ozone a montré sans conteste que l'ozone ambiant peut provoquer aussi bien des lésions visibles que des réductions de la biomasse chez les espèces culturales sensibles (6,60%) pour le taux de nécrose%.

Ces types de dommages peuvent classer notre zone d'étude en classe trois (03) fondée sur l'indice des PMN avec un pourcentage égale à (27.26%) étaient largement répandus ont été observés la plupart des années.

Les niveaux critiques d'ozone pour la réduction de la biomasse pouvaient être établis par référence à une AOT<sub>40</sub> de 0.45 ppm /jour.

Les premières tentatives d'appliquer la fonction de réponse selon l'approche AOT<sub>40</sub> à une évaluation des risques pour notre zone d'étude a indiqué que des réductions de la conductance stomatique qui pouvant atteindre (5.90 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>).

Les plans du trèfle blanc exposés à des dommages dus à l'ozone dans notre zone d'étude nombreuses incertitudes et l'on continue d'affiner les méthodes de suivi pour évaluer un modèle de l'impact de l'ozone sur les plantes cultivés.

À l'heure actuelle, les méthodes fondées sur les flux part de la modélisation des flux d'ozone dans des feuilles prises individuellement, mais on s'efforce de construire un modèle du flux d'ozone dans le couvert végétal pour le trèfle blanc qui tiendra compte de l'augmentation du flux total à mesure que le couvert se développe, et qui servira à établir un niveau critique fondé sur le flux dans l'ensemble du couvert végétal.

*Références*  
*Bibliographiques*

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:**

**Ainsworth EA, Yendrek CR, Sitch S, Collins WJ, Emberson LD (2012)** The effects of tropospheric ozone on net primary productivity and implications for climate change.

ANDRIEU J., "Valeur alimentaire des associations graminées-trèfle blanc et prévision de leur valeur nutritive", Supplément de la revue Fourrages, 1983, 94-95: 145-160.

**Annu Rev Plant Biol** 63: 15.1-15.25.

Asta et al 2002 ,Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality. In: Nimis PL, Scheidegger C, Wolseley PA (eds) Monitoring with lichens—monitoring lichens. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 273–279

BOULKABOUL. A, 2003. Parasitisme des tiques (Ixodidae) des bovins à Tiaret, Algérie.

**Castell , 2000 .** Détection de l’ozone troposphérique au moyen de bioindicateurs végétaux

**Catinon M. (2010).** Détermination de la pollution atmosphérique métallique : étude critique de l’utilisation des écorces d’arbres. THÈSE de Doctorat de l’université de Grenoble 1, École Doctorale Ingénierie pour la Santé, la Cognition et l’Environnement, 46, 48 -148. 206p Laboratoire d’écologie Alpine-UMR 5553.

change through ozone effects on the land-carbon sink. Nature 448: 791-795.

**Cuny D. (2012).** Journée scientifique bi-académique Académie nationale de Pharmacie et Académie des Technologies « Qualité de l’air : de l’échelle locale à l’échelle planétaire. Compréhension – implications ».

DAVIES S.A.et EVANS M.E., "The pattern of growth in swards of two contrasting varieties of white clover in winter and spring", Grass and Forage Science, 1982, 37

**Dizengremel P, Le Thiec D, Bagard M, Jolivet Y (2008)** Ozone risk assessment for plants: Central role of metabolism-dependent changes in reducing power. Environ Pollut

Echaubard M. Les animaux comme indicateurs biologiques de pollution. In: Proceedings of Marqueurs biologiques de pollution; 21-22 septembre 1995; Chinon; 1995. p. 335-358.

**Elichegaray C. (2008).** Pollution de l'air : Source, Effet, Prévention. Edition DUNOD. P(9,13,43,97 -101p).

Erith A.G., "White clover. Monographs on agricultural plants .Percival, ed.1924.

**Foan L M .(2012).** Bio surveillance des retombées atmosphériques à l'aide de bryophytes : Suivi des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à diverses échelles spatio temporelles. These de Doctorat de l'Université de Toulouse, option Sciences des Agroressources,54, 55, 56- 320).

**Garrec J P. (2007).** L'expertise technique et scientifique de référence. Laboratoire Pollution atmosphérique INRA – Centre de recherche de Nancy

**Garrec J-P. et Van Haluwyn.C. (2002).** Biosurveillance végétale de la qualité de l'air. Tec&Doc (Ed.) Paris, 116-117p

Heagle, Allen S ; Stefanski, Leonard A, Atmospheric Environment, 2000, Vol.34(5), pp.735-744

ICP Forests, 2010: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg [<http://www.icp-forests.org/Manual.htm>]

J-F Castell - septembre 2000,Planches et photos de référence pour l'évaluation des pourcentages de surface foliaire nécrosée.(photos de M-C Diamantis et J-F Castell)

Lagadic et all 1997. Biomarqueurs en écotoxicologie : principes and définitions. In: Lagadic, L., Caquet, T., Amiard, J.C., Ramade, F. (Eds.), Biomarqueurs en écotoxicologie : aspects fondamentaux. Masson, Londres, Paris, New York, pp. 1-9.

**Masclet P.(2005).** Pollution Atmosphérique : Causes, Conséquences, Sollution, Perspectives. Edition ELIPSES,13,14, 22,28,35-213p.

Ramade 1993, dictionnaire en cyclopédique de l'écologies des science de l'environnement éd science,paris

Ramade F. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ediscience, Paris; 1993. 822p.

**Ramade F., 2005** Eléments d'écologie : écologie appliquée. 06em ed. Belgique. 864 p.

**Reich, P.B., Schoettle, A.W. and Amundson, R.G. 1985.** Effects of low concentrations of O<sub>3</sub>, leaf age and water stress on leaf diffusive conductance and wateruse efficiency in

soybean. *Physiologia Plantarum* 63: 5864.

SIMON J.C et al., "Contribution of nitrogen of stolons to regrowth of nodulated white clover: quantification of N flow by N15 labelling and purification of proteins involved in storage" *15th General Meeting of the European Grass/and Federation, Wageningen (The Netherlands)*, 1994  
CRUIZIA T P. "Measurement of Plant Water Status for Comparative Studies on Drought Resistance in Plants", *Proc. 21st Colloquium Int. Potash Institute, Bern*, 1989, 235-247.

**Sitch S, Cox PM, Collins WJ, Huntingford G (2007)** Indirect radiating forcing of climate

TOMASEVIC M., VUKMIROVIC Z., RAJSIC S., TASIC M. ET STEVANOVIC B. (2005). Characterisation of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area, *Chemosphere* 61, p. 753-760

U.S.EPA,2006 Articles universitaires correspondant aux termes

... and benefits transfer: a work in progress at the US EPA - Iovanna - Cité 50 fois

Air pollution removal by urban trees and shrubs in the ... - Nowak - Cité 1094 fois

... quality concept: from the US EPA Red Book to the ... - Vighi - Cité 47 fois

VAVILOV, N. I., The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. *soil Science: [December 1951 - Volume 72 - Issue 6 - ppg 482](#)*

**Wittig VE, Ainsworth EA, Naidu SL, Karnosky DF, Long SP (2009)** Quantifying the impact of current and future tropospheric ozone on tree biomass, growth, physiology and biochemistry: a quantitative meta-analysis. *Glob Chang Biol* 15: 396-424.