

## **Effets de la pollution atmosphérique sur les feuilles et le pollen de *rosa odorata* dans la région de Annaba (Confrontation avec les données de SAMA SAFIA)**

Nadia Tlili<sup>1</sup>, Nadjette Aimeur<sup>1</sup>, Larbi Boughediri<sup>1</sup>, Ali Tahhar<sup>1</sup> et Fatah Chaoui<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> *Equipe de palynologie, Laboratoire de Recherche en biologie végétale et environnement, Université Badji Mokhtar, BP 12, Annaba 23000, Algérie.*

<sup>2)</sup> *Réseau de contrôle de SAMA SAFIA, Annaba 23000, Algérie.*

Accepté le 08/04/2009

### **ملخص**

تتميز مدينة عنابة بهواء جد ملوث، نتيجة حركة المرور المكثفة وأهم مركبين صناعيين : مركب الأسمدة الفوسفاتية (أسمدال) ومركب الحديد والصلب بالحجار مما أثر هذا سلبا على الإنسان، حيث أصبح يعاني من اضطرابات هامة تمس القصبات التنفسية، جهاز الدوران والعينين وعلى النبات، حيث لاحظنا تواجد بعض الملوثات التي تخفض من عملية التركيب الضوئي وتسبب أضرارا للنباتات. تتمثل هذه الدراسة في استعمال الأوراق النباتية وغبار الطلع لنبات الورد *Rosa odorata* من الفصيلة الوردية (*Rosaceae*) كمؤشر حيوي للتلوث الجوي. قمنا بمعايرة درجة الحموضة والمحتوى الكلوروفيلي (أ+ب) لأوراق خمسة مناطق، حيث 4 منها تتواجد بالقرب من محطات سما صافية الأربعة والمنطقة الشاهد في بلدية سرايدي. عرّضنا أيضا غبار الطلع للهواء لمدة 24 ساعة داخل أكياس من القماش في المناطق الخمسة وذلك لدراسة تأثير التلوث الجوي على حيوية غبار الطلع. بين تحليل معطيات سما صافية لمدة عامين (2002 - 2004) وجود تلوث خصوصا في منطقة البوني وسيدي عمار. كما بينت النتائج التي تحصلنا عليها أيضا، تأثير سلبي للتلوث الجوي على درجة الحموضة والمحتوى الكلوروفيلي للأوراق وعلى حيوية غبار الطلع. سمحت لنا هذه الدراسة بمقارنة المعطيات الفيزيوكيميائية لشبكة سما صافية (الغبار، أحادي أكسيد الأزوت وأحادي أكسيد الكربون) والمعطيات البيولوجية للأوراق وغبار الطلع من تقدير نوعية الهواء ومن ثم تصنيف مناطق الدراسة حسب شدة التلوث.

*الكلمات المفتاحية: التلوث الجوي؛ الورد؛ الكلوروفيل؛ درجة الحموضة؛ غبار الطلع.*

### **Résumé**

La ville de Annaba (Nord-Est algérien) est caractérisée par une atmosphère très polluée à cause du trafic routier et des deux grands complexes industriels: le complexe des engrais phosphatés et le complexe sidérurgique d'El-Hadjar qui sont devenus un danger pour l'homme. Ce dernier souffre de troubles importants qui touchent l'arbre respiratoire, le système cardio-vasculaire et les yeux. Concernant les végétaux on observe la présence de certains polluants qui accentuent la diminution de la photosynthèse et causent des dégâts sur la végétation. Le présent travail consiste à utiliser les feuilles et le pollen d'une espèce végétale de la famille des Rosacées: *Rosa odorata* L. comme bio-indicateurs de la pollution atmosphérique. Nous avons effectué des dosages du pH et de la chlorophylle (a+b) des feuilles de *Rosa odorata* L. prélevées de cinq sites dont quatre se trouvent à proximité des stations de SAMA SAFIA (réseau de contrôle de la qualité de l'air installé à Annaba depuis 2002). Le cinquième est un site témoin (Seraïdi). Au niveau des mêmes sites nous avons exposé à l'air, aussi, 1g de pollen dans des sachets en toile pendant 24 heures afin d'étudier l'effet de la pollution sur sa viabilité après exposition. L'analyse des données des années 2002 et 2004 de SAMA SAFIA a montré l'existence effective d'une pollution notamment au niveau du site El-Bouni et Sidi Amar. Les résultats montrent, l'existence d'un effet négatif de la pollution atmosphérique sur le pH, la teneur en chlorophylle des feuilles et la viabilité du pollen. Cette étude nous a permis de corréler les données des analyses physico-chimiques du réseau SAMA SAFIA (poussière, NO, CO) et les données biologiques des feuilles et du pollen en vue d'estimer la qualité de l'air.

**Mots clés :** *pollution atmosphérique; Rosa odorata L.; chlorophylle; pH; pollen.*

### **Abstract**

The Annaba city (Est-Algeria) is characterized by a heavily polluted atmosphere due of the cars traffic and to both industrial complexes of phosphates production and El Hadjar steel mills which present a continuous health risk for man. The latter suffers from important disorders which affect the respiratory tree, the

Auteur correspondant: h\_nadia21@yahoo.fr(Nadia Tlili)

cardiovascular system and the sight system. Concerning vegetable, we observed the presence of some pollutants which decrease the photosynthesis and cause damages to the vegetation. The present work consists in using leaves and pollen of *Rosa odorata L.* of *Rosaceae* family as bio-indicators of air pollution. We carried out pH and chlorophyll content (a+b) of *Rosa odorata* leaves. The leaves were collected from five sites: Seraïdi as a control site, the other locations are at the 4 stations of SAMA SAFIA. We also exposed to the air inside at all locations 1g of *Rosa odorataL* pollen in small bags during 24 hours to study the effect of pollution on pollen viability after exposure. The analysis of SAMA SAFIA data (2002 and 2004) showed the effective existence of pollution in particular for El-Bouni and Sidi Amar. Our results showed also the existence of a negative effect of the polluted air on the pH and the chlorophyll content, of the leaves and the pollen viability. This study enabled us to combine the data of the physicochemical analyses of network SAMA SAFIA (dust, NO, CO) and the biological data of the leaves and pollen in order to estimate the quality of the air.

**Key words:** air pollution; *Rosa odorata L.*; chlorophyll; pH; pollen.

## 1. INTRODUCTION

Le terme de pollution désigne l'ensemble des rejets de composés toxiques que l'homme libère dans l'écosphère, mais aussi les substances qui, sans être vraiment dangereuses pour les organismes vivants, exercent une influence perturbatrice sur l'environnement. En d'autres termes, la pollution est une modification défavorable du milieu naturel, pouvant affecter l'homme et les végétaux. Elle peut l'affecter aussi en altérant le milieu physique, ses possibilités récréatives ou encore en enlaidissant la nature [1]. Depuis 2002 le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement a installé au niveau de la ville de Annaba (Nord-est algérien) un réseau de contrôle de la qualité de l'air en milieu urbain. Ce contrôle baptisé SAMA SAFIA est, en général, assuré par des réseaux de capteurs à caractères physico-chimiques, qui mesurent les concentrations de différents polluants atmosphériques.

La ville de Annaba est une des villes les plus polluées d'Algérie à cause de l'existence de grands complexes industriels tels que : Le complexe de sidérurgique d'El-Hadjar et le complexe d'engrais phosphatés. En plus, elle est connue par son dense trafic routier et par son surpeuplement. Ce qui a poussé les chercheurs à étudier les effets de la pollution et la qualité de l'air de cette région [2,1]. Plusieurs techniques ont été

mises en application pour la détection et l'évaluation de la pollution atmosphérique. Parmi ces techniques, on note des techniques physico-chimiques qui mesurent en continu les concentrations des différents polluants le cas de "SAMA SAFIA" et des techniques biologiques qui utilisent la plante ou une partie de plante comme bio-indicateur: exemple les lichens [1], les grains de pollens [3,4] et les feuilles [5,6].

L'objectif de cette étude est d'une part, l'estimation de la pollution atmosphérique dans la région de Annaba, en utilisant les feuilles et le pollen d'une plante de la famille des Rosacées, *Rosa odorata L.* comme bio-indicateurs de la pollution atmosphérique afin de caractériser l'impact de la pollution urbaine sur l'environnement et d'autre part la relation des données enregistrées par les capteurs physico-chimiques du réseau SAMA SAFIA durant la période 2002-2004 avec nos résultats biologiques.

## 2. MATERIEL

### 2.1 Zone d'étude

La zone d'étude est située à Annaba (Nord-est algérien), entre les latitudes (36 °30) Nord et (37 °30) Nord et les longitudes (07 °20) Est et (08 °40) Est. Elle couvre une superficie de 1411.98 km<sup>2</sup> [7].

Les sites d'exposition correspondent aux

quatre stations de SAMA SAFIA, et une site contrôle ou témoin est localisée au niveau de la commune de Seraidi qui semble non polluée en raison de sa localisation (à une altitude d'environ 1000 m).

Station Annaba: Station (1), au centre ville de Annaba.

Station El-Bouni: Station (2), distant de 6k m de Annaba, près du complexe des engrais phosphatés.

Station Sidi Amar: Station (3), située à 12 km de Annaba près du complexe sidérurgique d'El-Hadjjar.

Station Aéroport: Station (4), située à 10 km de la ville de Annaba. Seraidi: cinquième site, située dans une cour d'une école au centre ville de la commune de Seraidi. Ce site étant localisé à une altitude d'environ 1000 m est considéré comme non pollué (fig. 1).

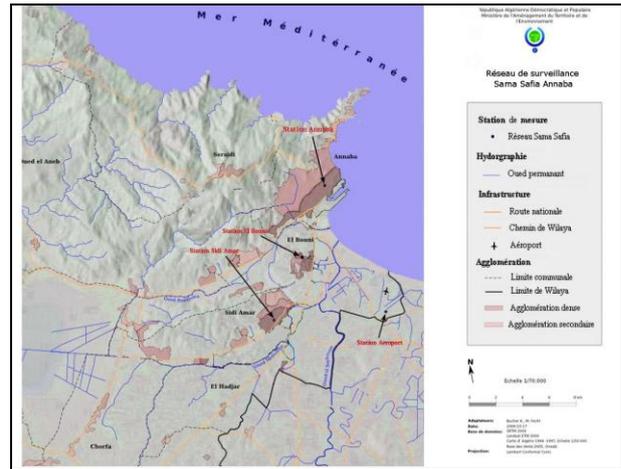


Figure 1. L'emplacement des stations de mesure du réseau SAMA SAFIA et la zone témoin (Seraidi, Annaba).

### 2.2 Les conditions climatiques

Pour présenter le climat de la zone d'étude, nous avons choisi les données climatiques les plus récentes prises entre 1996 et 2005 (station météorologique, Aéroport d'Annaba) (tab.1).

Tableau 1. Données climatiques de (1996-2005).

Température (°C)			Pluviométrie (mm)			Humidité (%)			Vents dominants (m/s)		
Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
11.22	26.12	17.92	3.55	127.3	59.78	70.36	77.85	74.57	3.5	4.21	3.86

### 2.3 Réseau SAMA SAFIA

En 2002, la wilaya de Annaba s'est dotée d'un réseau de surveillance de qualité de l'air. Il permet avec précision la connaissance de la qualité de l'air et les concentrations des principaux polluants dans l'atmosphère.

Les objectifs du réseau SAMA SAFIA sont : Surveiller en continu la qualité de l'air ambiant, informer et sensibiliser la population et les autorités concernées.

### 2.4 Matériel végétal

La plante de *Rosa odorata L.* est un arbuste ornemental, appartenant à la famille des Rosacées. Ses feuilles, sont alternes, et composées à limbe denté [8].

Ses tiges aériennes sont arquées, épineux. Ses grains de pollen sont à l'état frais de forme ovale (ellipsoïdale), à l'état hydraté le pollen devient sphérique. Il a trois ouvertures en forme de pore sillon (tricolporé).

## 3. METHODES

### 3.1 Récolte de feuilles et de pollen

Dans chaque station, nous avons prélevé à trois niveaux de l'arbuste (partie apicale, partie médiane et partie basale) une dizaine de feuilles. La récolte du pollen est réalisée par le secouage des fleurs avec les doigts. Le pollen en poudre

de dix fleurs environ est mis dans un sachet en toile, destiné à l'exposition.

### 3.2 Potentiel hydrique des feuilles (pH)

La méthode utilisée est celle de Grodzinka [9] qui consiste à ajouter 1g de feuilles dans 10 ml d'eau distillée tiède. Après agitation et filtration, le pH est déterminé par la lecture au moyen du pH mètre préalablement étalonné dans la suspension avec trois répétitions dans un Erlen Meyer de 150 ml.

### 3.3 Teneur des feuilles en chlorophylle

L'extraction de la chlorophylle des tissus foliaires est réalisée selon la méthode utilisée par Mackinney (Mazliak, 1979) [10].

### 3.4 Etude de la viabilité

La viabilité du pollen est testée sur 100 grains de pollens mis à germer *in vitro* sur milieu gélosé de Visser et al. [11] avec trois répétitions. La composition du milieu est la suivante : 1 litre d'eau distillée, 150 g de saccharose, 0.4 g de l'acide borique, 10 g Agar.

### 3.5 Exposition du pollen

Au niveau des 5 sites, nous avons exposé 1 g de pollen mis dans un petit sachet en toile sur des arbres à 2 m de hauteur dans la direction des vents dominants. Après 24 heures d'exposition, les tests de viabilité sont réalisés au laboratoire.

## 4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 4.1 Potentiel hydrique des feuilles

Le tableau 2 montre qu'il y a une diminution du pH par rapport au témoin pour les quatre stations, notamment au niveau de la station 2 (El-Bouni). La comparaison entre sites à l'aide du test

d'analyse de la variance à 1 critère de classification [12] montre que  $P=0.041 < \alpha=0.05$ , donc, il existe des différences significatives entre les cinq stations. La comparaison de la station témoin par rapport aux autres stations à l'aide du test de Dunnett [12], donne des différences significatives uniquement avec la station 2 (tab. 3) qui est connue par sa forte quantité de poussière provenant de nombreux chantiers de construction et du site de fabrication des engrais.

Cette diminution du pH peut être expliquée par la dissolution des polluants dans l'eau de surface des cellules, en affectant le pH cellulaire [13]. Ali Ahmed [14] a constaté dans l'écorce de *Fraxinus angustifolia* soumis à la pollution acide une diminution du pH. Cette diminution peut être due à l'accumulation des polluants acides dans l'écorce. Le dépôt des poussières contenant les métaux lourds peut, cependant, avec le temps pénétrer dans la plante après sa dissolution qui va dépendre de l'intensité des épisodes humides et leur acidité. Ainsi, la cuticule peut laisser passer les éléments minéraux [15].

### 4.2 Dosage de la chlorophylle (a+b)

Le tableau 2 montre que le taux de la chlorophylle (a+b) est variable d'une station à l'autre. La station 02 est la plus affectée avec une valeur minimale de 1009.4 µg/g de matière fraîche (M.F.). Par contre la valeur maximale (1234.05 µg/g de M.F.) est enregistrée au niveau de la station 04 (L'aéroport) qui est considérée comme moins polluée. La comparaison entre sites à l'aide du test d'analyse de la variance à un seul critère de classification montre que  $p=0.0001 < \alpha=0.001$ . Il existe, donc, des différences très hautement significatives entre les cinq stations. La comparaison de la station témoin par rapport aux autres stations à l'aide du test de Dunnett [12], donne des différences très hautement significatives avec la station 2 et la station 3 (Sidi Amar) (tab.3)

qui semblent être les zones les plus polluées. La pollution atmosphérique cause des modifications sur l'activité photosynthétique et la conductance stomatique [16]. Il est connu que tous les polluants gazeux pénètrent par les stomates vers les espaces intercellulaires. Ils peuvent changer la conductance

stomatale directement en affectant les cellules de gardes ce qui altère la photosynthèse [13]. Les résultats des expériences menées par Bechulal et Ambasht [17] et Renaud et al. [18], montrent que les plantes soumises à la pollution atmosphérique présentent une diminution du taux des chlorophylles.

**Tableau 2.** Variation des valeurs des paramètres mesurés en fonction des stations.

Paramètre	Témoin	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	
pH	6.53	5.88	4.71	4.88	6.31	
Chlorophylle ( $\mu\text{g/g}$ de M.F)	1256.17	1196.45	1009.40	1063.72	1234.05	
% de germination	Avant exposition	96.47	76.03	50.18	67.27	83.12
	Après exposition	96.23	73.28	36.75	60.46	79.38
Longueur des tubes polliniques ( $\mu\text{m}$ )	Avant exposition	323.80	268.70	187.47	256.87	279.27
	Après exposition	316.73	221.67	116.43	199.27	226.87

### 4.3 Viabilité du pollen de *Rosa odorata*

#### 4.3.1 Pourcentage de germination

D'après Le tableau 2 et les 2 planches (1,2), nous remarquons que le taux de germination des grains de pollen avant exposition, est plus élevé (96.47%) qu'après exposition (96.20%). La comparaison entre sites des pourcentages de germination avant exposition à l'aide du test d'analyse de la variance à un 1 critère montre que  $p = 0.004 > \alpha = 0.001$ . Il existe, donc, des différences très hautement significatives entre les cinq stations, et après exposition l'analyse montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les cinq stations ( $p = 0.000 < \alpha = 0.001$ ). La comparaison du site témoin par rapport aux autres sites à l'aide du test de Dunnett pour le pourcentage de germination avant exposition, donne des différences hautement significatives uniquement avec la station 2 et des différences significatives avec la station 3. Après exposition, les différences sont très hautement significatives avec la station 2 et des différences hautement significatives

avec la station 3 et des différences significatives avec la station 1 (Annaba) (tab.3).

Nous avons constaté que le pourcentage de germination était déjà faible avant exposition à cause des polluants atmosphériques des quatre sites. Après exposition le pourcentage de germination a diminué d'avantage suite à l'exposition des pollens à l'air. Après comparaison des sites entre eux, nous constatons que les plus faibles valeurs sont enregistrées au niveau de la station 02, qui est très polluée du fait de sa proximité du complexe des engrais phosphatés et de nombreux chantiers de construction. Il semble que les polluants se fixés sur la paroi et les micro-canaux des pollens traversant l'exine ce qui perturbe les échanges osmotiques [19]. Ceci est en accord avec les résultats de Fluckiger et al. [20], qui ont remarqué une diminution significative de la germination du pollen de tabac fixé sur des plaques et exposés au bord d'une autoroute.

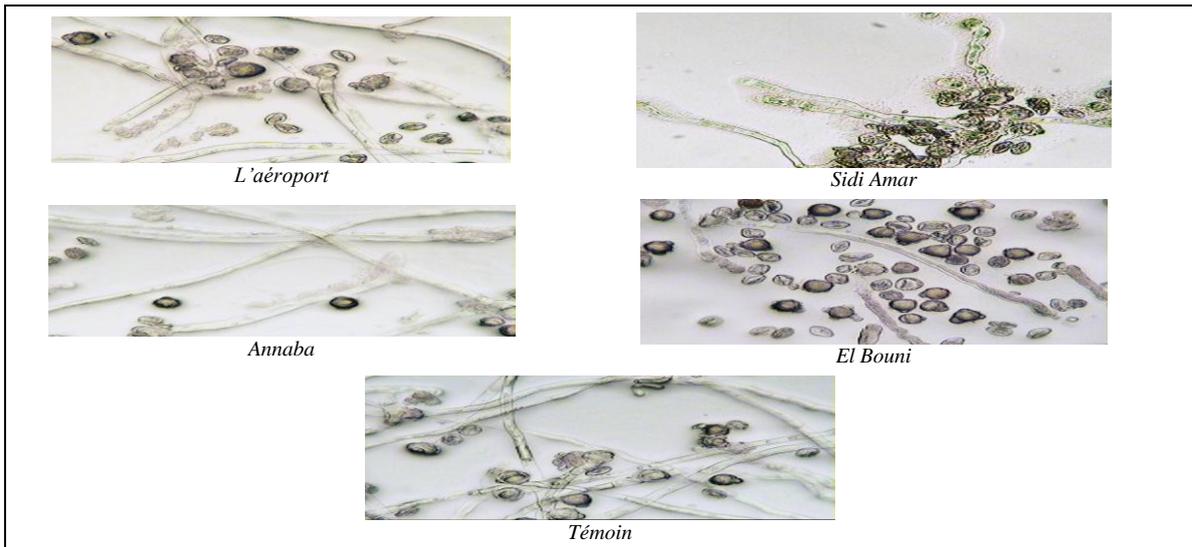


Planche 1. Germination des grains de pollen de Rosa odorata avant exposition (150X).

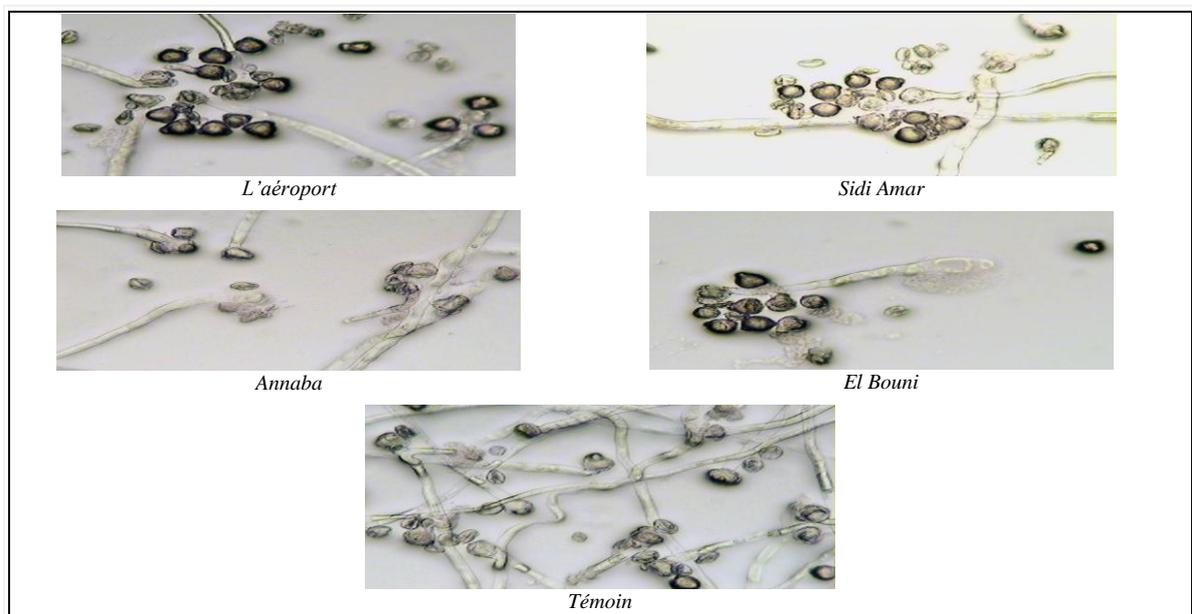


Planche 2. La germination des grains de pollen de Rosa odorata après exposition (150X).

Tableau 3. Valeurs de la probabilité des paramètres étudiés à l'aide du test de Dunnett [12].

Station	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Valeur de la probabilité p pour le pH	0.6772 (N.S.)	0.0334*	0.0763 (N.S.)	0.9725 (N.S.)
Valeur de la probabilité p pour la chlorophylle	0.3156 (N.S.)	0.0001***	0.0009***	0.9182 (N.S.)
Valeur de la probabilité p pour le taux germinatif (avant exposition)	0.1177 (N.S.)	0.0011**	0.0228*	0.3928 (N.S.)
Valeur de la probabilité p pour le taux germinatif (après exposition)	0.0210*	0.0000***	0.0011**	0.0924 (N.S.)
Valeur de la probabilité p pour la longueur des tubes polliniques (avant exposition)	0.1437 (N.S.)	0.0009***	0.668 (N.S.)	0.2736 (N.S.)
Valeur de la probabilité p pour la longueur des tubes polliniques (après exposition)	0.0059**	0.0000***	0.0013**	0.0085**

(N.S.) : Différences non significatives, \* : Différences significatives,

\*\* : Différences hautement significatives, \*\*\* : Différences très hautement significatives.

### 4.3.2 Longueur des tubes polliniques de *Rosa odorata*

Le tableau 2 et les planches (1,2) montrent que la longueur des tubes polliniques avant exposition est plus grande que la longueur après exposition. La comparaison entre sites pour la longueur des tubes polliniques avant exposition à l'aide du test d'analyse de la variance à 1 critère de classification montre qu'il existe des différences hautement significatives entre les cinq sites ( $p=0.004 > \alpha=0.001$ ), et après exposition l'analyse statistique montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les cinq sites ( $p=0.000 < \alpha=0.001$ ). La comparaison du site témoin par rapport aux autres sites à l'aide du test de Dunnett pour la longueur des tubes polliniques avant exposition donne des différences très hautement significatives uniquement avec le site 2 et après exposition l'analyse statistique donne des différences très hautement significatives uniquement avec le site 2 et des différences hautement significatives avec les sites 1, 3 et 4 (Annaba, Sidi Amar et l'aéroport) (tab. 3).

D'après l'analyse statistique les valeurs maximales sont enregistrées au niveau du site 4 (l'aéroport) qui est éloignée des sources de pollution et les valeurs minimales au niveau du site 2 (El-Bouni) en raison de sa localisation dans la direction des vents dominants qui transportent les polluants du complexe d'engrais phosphatés et la poussière de plusieurs chantiers de constructions. La germination du pollen et le développement des tubes polliniques sont les paramètres les plus sensibles à la pollution de l'air [21]. Sawidis et Reiss [22] ont montré que les métaux lourds affectent le prolongement des tubes polliniques en perturbant le développement de la membrane cellulaire. Pour estimer l'effet de la pollution industrielle de l'air sur le pollen, Salgare et Trisa [23], en Inde, ont constaté chez

*Catharanthus roseus* (*Apocynaceae*) que, plus la période d'exposition des grains de pollen est longue, plus la germination et la longueur de tube pollinique diminuent. Enfin, les métaux lourds semblent avoir un effet néfaste sur la germination des pollens [4,24].

### 4.4 Confrontation des résultats aux données de SAMA SAFIA

D'après le tableau 3, nous avons constaté que tous les paramètres varient d'une station à l'autre. La confrontation des données de SAMA SAFIA et nos résultats montre que le site 2 (El-Bouni) présente les valeurs maximales concernant les poussières ( $80.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et le NO ( $09.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), alors que le site 1 (Annaba) présente la plus grande valeur de CO ( $1.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La grande valeur de NO à El Bouni peut être expliquée par l'exposition de la zone aux affluents industriels. Pour les poussières, la valeur de ( $80.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dépasse de loin le seuil de l'OMS ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [25], cette même zone est située à côté d'une grande artère routière (Route Nationale 44) et elle est le siège de nombreux chantiers de construction. D'autre part, la grande valeur de CO à Annaba peut être expliquée tout simplement par la grande circulation des véhicules dont le nombre dépasse 15000 véhicules / 10 heures [7]. La confrontation des résultats aux données de SAMA SAFIA semble suggérer une concordance entre les paramètres étudiés et les valeurs des polluants : plus le taux des polluants augmente, plus le taux du pH, de la chlorophylle (a + b), de la germination et la croissance du tube pollinique diminuent. La classification des stations suivant le degré de pollution croissant serait : La station de l'aéroport, Annaba, Sidi Amar et El-Bouni.

## 5. CONCLUSION

D'après les données de SAMA SAFIA (tab. 4) nos résultats et les seuils de l'OMS, les poussières représentent le polluant le plus important qui dépasse le seuil de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à Annaba, à Sidi Amar et notamment à EL Bouni qui semble être la station la plus touchée par la pollution. Nous avons remarqué aussi que la pollution atmosphérique exerce des effets néfastes sur les paramètres physiologiques étudiés de la plante. La bio-indication par les feuilles et le pollen semble être efficace à cause de leur sensibilité à tous les changements des paramètres de l'environnement.

**Tableau 4.** Données de SAMA SAFIA de (2002–2004).

Sites	Témoïn	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Poussière ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	-	63.22	80.14	68.08	31.39
NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	-	7.72	9.14	4.10	1.61
CO ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	-	1.08	0.85	0.56	0.09

Pour mieux cerner le problème posé par la pollution atmosphérique globale dans la région d'Annaba, nous proposons, en perspectives:

- l'étude d'autres paramètres biologiques tels que la respiration et l'activité enzymatique.
- l'augmentation de nombre de stations de contrôle pour mieux maîtriser la pollution atmosphérique.
- l'utilisation de véhicules propres permet de réduire les rejets de  $\text{CO}_2$ , hydrocarbures imbrûlés, CO et  $\text{NO}_x$  par ses faibles émissions.

Ce travail est destiné à attirer l'attention aussi bien des citoyens que des autorités locales pour la bonne gestion de ces nuisances (maladies causées par ces polluants et dommages importants sur la végétation).

## Références

- [1] A. Semadi, *Effets de la pollution atmosphérique sur la végétation dans la région de Annaba*, Thèse de Doctorat d'Etat en Science Naturelle, Univ. Paris 6, 1989, 339p.
- [2] A. Semadi, L. De cormis, *Influence de la pollution atmosphérique fluorée sur la végétation de la région de Annaba (Algérie)*, *Pollution atmosphérique*, 109, 1986, p.24–30.
- [3] J. B. Wolters, M. J. M. Martens, *Effects of air pollutants on pollen*, *The Botanical Review*, 53, 1987, p.372–414.
- [4] N. Hasnaoui-Tlili, *Influence de la pollution atmosphérique globale sur certains caractères du pollen des arbres fruitiers de la famille des Rosacées dans la région d'Annaba*, Mémoire de Magister, Univ. Annaba, 2000, 97p.
- [5] G. Soumen, G. Sharmistha, M. Ambarish, *Effect of air pollution on foliar and pollen characters of Lantana camara L, Var aculeata (L.) moldenke and Clerodendrum viscosum Vent*, *Environment and Ecology* 15 (4), 1997, p.792–796.
- [6] A. K. Gupta, R. M. Mishra, *Effect of lime kiln's air pollution on some plant species*, *Poll Res.* 13 (1), 1994, p. 1–9.
- [7] M. Tarfaya, *Distribution et évaluation de la pollution atmosphérique par les  $\text{NO}_x$  dans la région de Annaba*, Mémoire de magistère, Univ. Annaba, 2005, 128p.
- [8] S. Rodolphe-Edouard, V. S. Vincent, F. Murielle, *Botanique systématique des plantes à fleurs – Une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales*, Imprimé en Italie, Première édition, Press. Polytech. & Univ. Romandes, CH–1015 Lausanne, 2000.

- [9] K. Grodzinska, *Monitoring of air pollutants by masses and tree bark*, 1982.
- [10] P. Mazliak, *Travaux pratiques et travaux dirigés de physiologie végétale*, Ed. Collection, Méthode, Paris, 1979.
- [11] T. Visser, D. Devries, P. Schenrink, *Hybrid tea-rose pollen. I. Germination and storage*, *Euphytica* 26, 1977, p.721–728.
- [12] P. Dagnelie, *Statistique théorique et appliqué*. Tome 2, Edition Université de Boeck, Belgique, 2006, 734 p.
- [13] M. Chakhparonia, *Développement d'un système biologique de surveillance de la pollution atmosphérique: études sur des populations d'Arabidopsis thaliana sous Conditions contrôlées*, Thèse de doctorat, Univ. Lausanne, 1995, 81 p.
- [14] M. Ali Ahmed, *Evaluation de la pollution acide à l'aide de deux bio indicateurs: écorce de Fraxinus angustifolia et lichen Xanthoria parietina. Impacts sur la végétation*. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Annaba, 2007, 166 p.
- [15] N. Ward, *Multiement contamination of British motorway environment*. The science of the total environment, 1990, 93, p. 393-401.
- [16] J. P. Garrec, C. Van Haluwynm, *Bio surveillance végétale de la qualité de l'air*, Ed. Tec et Doc. Lavoisier, 2002, 117 p.
- [17] Bechulal. A., Ambasht. R.S, *Effects of cement dust pollution on plants of Psidium guayava*. *Indian J. Env. Healt*, 22 (3), 1980, p. 231–237.
- [18] J. P. Renaud, E. Laitat, Y. Mauffette, G. Allard, *Photoassimilate allocation and photosynthetic and biochemical characteristics of two alfalfa ( Medicago sativa) cultivars of different ozone sensitivities*, *Canadian J. Botany*. 76 (2), 1998, p. 281–289.
- [19] T. Cerceau-Larrival, L. Derouet, *Influence de la pollution environnementale sur la composition minérale des pollens allergisants de Dactylis glomerata (Poaceae). Conséquences éventuelles en immuno - Allergie*. *An. Sci. Nat., Botanique*, Tome 9, p. 163–180.
- [20] W. Fluckiger, S. Braun, J. J. Oertli, *Effects of air pollution on pollen germination and tube growth*, *Ber. Umwelt Bundes Amt*. 79, 1980, p.457–461.
- [21] E. Paoletti, L. M. Bellani, *The in-vitro response of pollen germination and tube length to different types of acidity*, *Env. Pollution*, 67, 1990, p. 279–296.
- [22] T. Sawidis, H. D. Reiss, *Effects of heavy metals on pollen tube growth and ultrastructure*, *Protoplasma* 185, 1995, p.113–122.
- [23] S. A. Salgare, P. Trisa, *Effect of industrial pollution at seulri on pollen physiology of succeive flowers of Moringa pterygosperma*, *Bived* 2 (2), 1991, p. 131–134.
- [24] A. L. Tuna, Y. Ibrahim, C. Esim, *The effects of heavy metals on pollen germination and pollen tube length in the Tabaco plant*, *Turk. J. B.*, 26, 2002, p.109–113.
- [25] AIRFOBEP, *Qualité de l'air de la région de l'Etang de Berre et de l'ouest des Bouches-du-rhône*, Bilan de la période 1999–2000.