

# **Bio-estimation de la pollution atmosphérique globale d'une ville du nord-est algérien par la méthode de l'indice de pureté atmosphérique**

FADEL. D\* ; DELLAL. A\*\* ; DJAMAI. R\* ; LAIFA. A\*

Auteur-correspondant : Email : fadeldjamel@ymail.com

\* *Laboratoire de Biologie Végétale & Environnement, Département Biologie, BP 12, Annaba - Algérie*

\*\* *Directeur du Laboratoire de Recherches Agro-Biotechnologie et nutrition des zones semi arides*

## **Résumé**

Le maintien de la qualité de l'air d'une région passe nécessairement par la détection et l'estimation de cette pollution. Compte tenu que notre zone d'étude était dépourvue en capteurs physiques, matériel onéreux pour son installation que nous avons recouru à la bio-indication. En effet la flore lichénique recèle des propriétés bio-indicatrices évidentes. Elle peut se substituer parfois aux capteurs physiques qui nécessitent des relevés continus très contraignants. Depuis environ cinq décennies, de nombreuses méthodes ont été mises au point. Certaines d'entre elles ont une approche qualitative permettant d'apprécier le degré de pollution à partir d'observations sur terrain. D'autres sont quantitatives basées sur des formules mathématiques faisant intervenir différents paramètres relatifs à la flore lichénique. De toutes ces méthodes d'études sur la bio-indication de la pollution atmosphérique par la flore lichénique, que nous avons opté pour une approche quantitative basée sur le calcul d'un indice de pollution, résultat de formules mathématiques faisant intervenir différents paramètres relatifs à la flore lichénique. Il s'agit de l'indice de pureté atmosphérique (I.A.P). Cette approche nous a permis d'établir une cartographie de la pollution atmosphérique globale de Skikda et sa périphérie (Haddaiek, Hamadi Krouma, Hamrouche Hamadi, Larbi Ben M'Hidi) ainsi que ses variations géographiques. Nous avons ainsi défini des zones d'iso-pollutions autour des différentes sources d'émission représentés par les foyers domestiques de la zone urbaine de Skikda et la circulation automobile.

**Mots clés :** Pollution atmosphérique – Lichen – Bio-indication – Skikda - Algérie

## **Abstract**

Maintaining air quality in a region necessary for the detection and estimation of pollution. Given that our study area was lacking in physical sensors, expensive equipment for its installation we have used the bio-indication. Indeed Flora has lichénique properties Bio-indicators obvious. It can sometimes be a substitute for physical sensors that require a continuous binding. For about five decades, many methods have been developed. Some of them have a qualitative approach to assess the degree of pollution from field observations. Others are based on quantitative formulas mathematics involving different parameters related to the flora lichénique. Of all these methods of studies on the bio-indicators of air pollution by plants lichénique, we opted for a quantitative approach based on calculating a pollution index, the result of mathematical formulas using various parameters relating to the flora lichens. This is the index of atmospheric purity (IAP). This approach allowed us to establish a mapping of air pollution and global Skikda its periphery (Haddaiek, Krouma Hamadi, HamadiHamrouche, Larbi Ben M'Hidi) and its geographical variations. We have identified areas around isopollutions different sources represented by the households in the urban area of Skikda and traffic.

**Keywords:** Air pollution - Lichen – Bio-indication - Skikda - Algeria

## **1 – INTRODUCTION**

Les problèmes de la bio-estimation lichénique dans la région industrielle de Skikda passent nécessairement par la détection et l'estimation de la pollution atmosphérique globale de cette région. L'établissement d'une cartographie basée sur les zones d'iso-pollutions et des classes de

sensibilité des espèces lichéniques selon une échelle de pollution de la zone étudiée nécessite plusieurs approches. De toutes les méthodes d'études sur la bio-indication de la pollution atmosphérique par la flore lichénique, nous ne pouvons justifier notre choix sur une méthode par rapport à une autre. La consultation des travaux antérieurs réalisés par les chercheurs nous a permis de comparer les méthodes entre elles et de mieux connaître leurs avantages et leurs limites [1, 2, 3]. C'est pour cette raison, dans le cas de nos travaux, nous avons opté dans un premier temps pour une cartographie en réseaux qui est une approche floristique basée sur la distribution géographique des espèces lichéniques en fonction du gradient de la pollution [4,5,6]. Elle permet également de déterminer les espèces lichéniques les plus sensibles à la pollution que l'on appelle communément espèces poléophobes [6,7]. Ensuite nous avons appliqué une méthode quantitative celle de l'indice de pureté atmosphérique (I.A.P) mise au point par De Sloover (1964) [8] et utilisé par Trass (1973) [9]. Ces deux approches qui nous ont permis d'établir une cartographie de la pollution atmosphérique globale de Skikda et sa périphérie (Haddaiek, Hamadi Krouma, Hamrouche Hamadi, Larbi Ben M'Hidi) ainsi que ses variations géographiques. Nous avons ainsi défini des zones d'isopollutions autour des différents foyers d'émission. A noter que ces méthodes ne permettent nullement une correspondance directe avec des mesures physico-chimiques de la pollution [10]. Elles permettent d'apprécier la pollution atmosphérique globale en valeur relative de chaque station étudiée.

## 2 – METHODE D'ETUDE

De toutes les méthodes d'études sur la bio-estimation de la pollution atmosphérique par la flore lichénique, nous ne pouvons justifier notre choix sur une méthode par rapport à une autre. La consultation des travaux antérieurs réalisés par les chercheurs nous a permis de comparer les méthodes entre elles et de mieux connaître leurs avantages et leurs limites. C'est pour cette raison, dans le cas de nos travaux de recherche, nous avons opté que dans un premier temps pour une cartographie en réseaux qui est une approche floristique basée sur la distribution géographique des espèces lichéniques.

### 2- 1- Présentation du maillage et choix des stations d'échantillonnage

Le périmètre d'étude est situé dans un quadrilatéral de 60 km<sup>2</sup>. Il comprend la commune de Skikda et sa zone péri-urbaine, le pôle pétrochimique, les communes de Haddaiek, Hamadi Krouma, Hamrouche Hamadi et Larbi Ben M' Hidi (Fig.1)

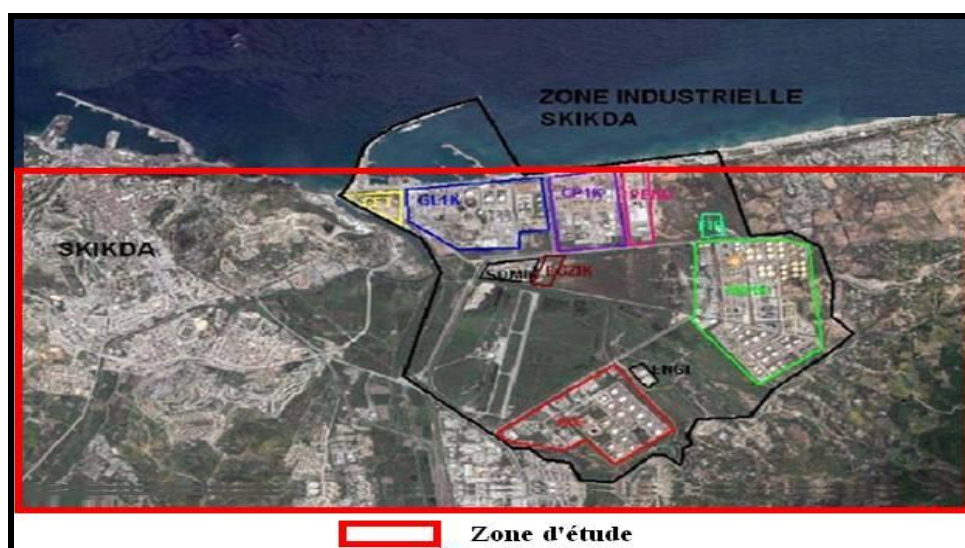
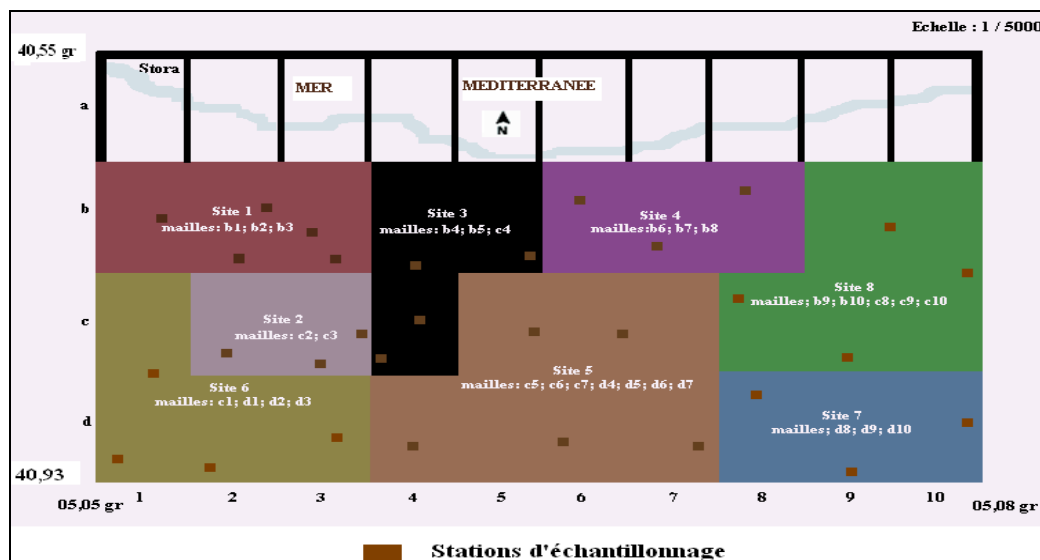


Figure – Localisation de la zone d'étude

Il est divisé en une grille de 40 mailles de (1,5 x 1) Km soit 0,003 gr en longitude et 0,015 gr en latitude. Les coordonnées de chaque maille sont précisées par un nombre en abscisse et par une lettre en ordonnée.

Nous avons établi un zoning en fonction de l'exposition aux différentes émanations des diverses sources polluantes et de leur situation par rapport aux zones urbanisées et de la zone industrielle. Les sites étaient numérotés de 1 à 8. A noter que la majeure partie des sites soit environ les trois quart de la surface concernée par l'étude se trouvent au niveau des zones de plaines et de coteaux. Le restant de la surface est localisé au niveau des pieds-monts. Chaque site comprend plusieurs mailles. Chaque maille pouvait comprendre une à plusieurs stations d'échantillonnage. De manière générale, le choix des stations est conditionné par les facteurs écologiques (microclimat, abondance de phorophytes et homogénéité des formations végétales) mais également par les facteurs topographiques [13,14]. Au cours de ces travaux de recherches, nous avons considéré un système écologique cohérent tenant compte des stations isolées, représentées soit par des arbres d'alignement, ou arbres isolés et accessoirement par les vergers d'agrumes et les arbres de quelques parcs urbains. Le site 1 est celui qui est le plus exposé aux divers polluants émanés de la zone industrielle et des cités urbaines de Skikda et de Hamadi Krouma. Par contre le site 8 le moins exposé à la pollution est éloigné par vol d'oiseau à environ une dizaine de kilomètres des sources d'émanation. Le périmètre d'étude comprend trente stations d'échantillonnage (Fig.2).



**Figure 2 - Zoning des sites et leurs stations d'échantillonnage.**

Une partie des relevés lichéniques dans la zone d'étude ont été déjà effectués par Mouats et Hafidi [11,12] et complétés par nos soins selon la méthode de Trass. Cette dernière consiste à examiner plusieurs arbres de différents âges et de différentes espèces. Pour cela quatre relevés sur chaque arbre ont été nécessaires. Deux ont été effectués sur la face exposée à la pollution dont un à la base et l'autre à une hauteur de 01 à 1,5 m au-dessus du sol. Les deux autres, sur la face opposée. La technique de détermination de toutes les espèces recueillies, a été effectuée au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire et au microscope pour les coupes du thalle. Certains réactifs tels que la potasse à 10%, lugol, iode et paraphényle diamine ont été utilisés pour l'identification des espèces.

## 2-2- Calcul de l'indice de pureté atmosphérique (I.A.P)

De toutes les méthodes d'études sur la bio-estimation de la pollution atmosphérique par la flore lichénique, aucun auteur ne justifie un choix d'une méthode par rapport à une autre mais les compare entre elles pour mieux connaître leurs avantages et leurs limites.

Dans le cadre de nos travaux, nous avons appliqué la méthode quantitative celle que l'indice de pureté atmosphérique (I.A.P). Elle permet d'apprécier la pollution atmosphérique globale en valeur relative de chaque station étudiée. Cet indice est calculé selon la formule :

$$IAP = 1 / 10 \cdot \sum_1^n Q \cdot f$$

*n* : nombre d'espèces dans chaque station ;

*Q* : indice écologique de chaque espèce (moyenne du nombre d'espèces accompagnantes d'une espèce donnée) ;

*f* : coefficient de recouvrement et de fréquence de chaque espèce évalué de 1 à 5.

### 3 – RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3-1- Répartition spatiale des espèces en fonction de la rose des pollutions.

Nous avons ainsi recensé dans la zone d'étude trente sept (39) espèces lichéniques. Nous avons opté pour la nomenclature utilisée par Ozenda [15], reprise par d'autres auteurs [16,17]. A noter que toutes ces espèces sont récoltées dans une région où l'altitude ne dépasse guère 250 m.

##### - *Spectre systématique.*

Famille des :

- Pertusariacées	12 espèces
- Physciacées	07 espèces
- Buelliacées	06 espèces
- Parméliacées	05 espèces
- Caloplacées	03 espèces
- Candelariacées	02 espèces
- Collemacées	02 espèces
- Lecanoracées	02 espèces

##### - *Spectre physiionomique.*

- Les Foliacées	19 espèces
- Les Crustacées	17 espèces
- Les Squamuleuses	02 espèces
- Les Fruticuleuses	01 espèce

La diversité des espèces lichéniques, leur recouvrement peuvent s'expliquer par l'existence ou non d'une pollution, cependant il ne faut pas omettre le rôle des autres facteurs (climatiques, substratiques et orographiques) ayant un rôle probant dans la répartition des lichens [18, 19, 20, 21,22].

Selon la répartition spatiale, les espèces foliacées et crustacées sont abondantes et ont été observées dans toutes les stations concernées par l'étude. En basse altitude, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. demeure l'espèce la plus répandue.

Ainsi nous avons constaté que les sites 1 et 2 et 3 renferment très peu d'espèces (2 à 4). Leur taux de recouvrement est très faible de 0 à 10 %. Ces sites qui sont fortement urbanisés et industrialisés sont autant de sources diffuses de la pollution atmosphérique globale de notre zone d'étude. Ils sont fortement pollués à pollués.

Les sites 5 et 7 implantés dans la zone subcôtère non loin de la zone pétrochimique et de la zone urbaine de Hamrouche Hamoudi se trouvent dans le couloir de la rose de pollution générée par les vents dominants du nord-ouest. Bien que les conditions écologiques sont favorables au développement des lichens où nous avons dénombré entre 10 et 18 espèces. Leur taux de recouvrement est relativement faible ne dépassant guère 20 %, faisant d'eux des sites pollués à faiblement pollués. Les sites 4, 6, et 8 aux conditions écologiques particulières (climatiques, substratiques et orographiques) sont éloignés des sources d'émanations donc loin de toutes formes de pollution. La diversité des phorophytes serait également à l'origine de la richesse des espèces lichéniques de ces sites dont certains entre 19 et 24 espèces. Le taux de leur recouvrement dépasse largement 30% pour atteindre dans certain d'entre eux jusqu'à 60 %. Ces sites regroupent plusieurs espèces sensibles à la pollution telles que : *Diploïca canescens* (Dicks.) Massal. ; *Parmelia caperata* (L.) Ach. ; *Parmelia perlata* (Huds.)Vain.; *Parmelia soledians* Nyl. ; *Parmelia tiliacea* (Hoffm.) Ach. ;

Si nous prenons en considération la relation végétation lichénique et rose des pollutions, nous remarquons que les espèces lichéniques sont réparties selon un gradient de pollution défini par la réduction du nombre d'espèces et la diminution du taux de recouvrement (Tab.1).

**Tableau 1 - Répartition de la flore lichénique selon le gradient de la pollution**

Localisation	Mailles Correspondantes	Nombre d'espèces	Taux de Recouvrement (%)
<i>Site 1</i> Fortement pollué	b <sub>1</sub> ; b <sub>2</sub> ; b <sub>3</sub> .	02	00 - 05
<i>Site 2 et 3</i> Pollués	c <sub>2</sub> ; c <sub>3</sub> ; c <sub>4</sub> ; b <sub>4</sub> ; b <sub>5</sub>	02 à 04	05- 10
<i>Site 5 et 7</i> Faiblement pollués	c <sub>5</sub> ; c <sub>6</sub> ; c <sub>7</sub> ; d <sub>4</sub> ; d <sub>5</sub> ; d <sub>6</sub> ; d <sub>7</sub> ; d <sub>8</sub> , d <sub>9</sub> , d <sub>10</sub>	10 à 18	10 - 20
<i>Sites 4 ; 6 et 8</i> Non pollués	b <sub>6</sub> ; b <sub>7</sub> ; b <sub>8</sub> ; b <sub>9</sub> ; b <sub>10</sub> ; c <sub>1</sub> ; c <sub>8</sub> , c <sub>9</sub> , c <sub>10</sub> ; d <sub>1</sub> ; d <sub>2</sub> ; d <sub>3</sub>	16 à 24	> à 30

### 3-2- Résultats de l'indice de pureté atmosphérique

Les valeurs de l'indice de pureté atmosphérique de notre zone d'étude sont représentées sur le tableau 15. Ces résultats obtenus respectivement pour les 8 sites qui regroupent plusieurs stations nous donnent une appréciation globale de la qualité de l'air de chaque maille (Tab.2).

**Tableau 2 – Valeurs de l'Indice de Pureté Atmosphérique (I.A.P)**

Stations	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>	b <sub>7</sub>	b <sub>8</sub>	b <sub>9</sub>	b <sub>10</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	c <sub>6</sub>	c <sub>7</sub>	c <sub>8</sub>	c <sub>9</sub>	c <sub>10</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	d <sub>9</sub>	d <sub>10</sub>	Q	
Nombre d'espèces accompagnatrices	1	1	2	3	1	4	8	12	16	17	2	2	2	1	5	6	7	10	11	12	9	6	11	3	4	5	8	8	8	9		
<i>Anaptychia ciliaris (L.) Körb</i>								1																							12	
<i>Buella punctata (Hoffm.) Massal.</i>											1										1										5.50	
<i>Caloplaca sp1</i>							4							2	2	2	1	2	1								1	1	2	1	8.37	
<i>Caloplaca sp2</i>							1							1	2	1	2	1	2								1	1	2	1	8.37	
<i>Candelariella reflexa Nyl. Lett.</i>								4	2																						16.50	
<i>Candelariella sp</i>																								2							4	
<i>Collema flaccidum Ach.</i>								4																							7	
<i>Collema nigrescens (Huds.) DC.</i>					3			2	1						1	2	2	1									1				10.63	
<i>Diploica canescens (Dicks.) Massal.</i>								2	3	2											1			1	2	1	2				9.13	
<i>Ochrolechia sp</i>							2									2	3	2													10.25	
<i>Ochrolechia sp1</i>							1									1	2	1													10.25	
<i>Ochrolechia turneri Sm. Hasselt.</i>																1	1	1													11	
<i>Parmelia caperata (L.) Ach.</i>							1	2	1	2							1	1	1				2					2			11.67	
<i>Parmelia perlata (Huds.) Wain</i>								1															1		1	1					9	
<i>Parmelia reticulata Tayl.</i>								1																							12	
<i>Parmelia sorodians Nyl.</i>									1	1														1	1						11.75	
<i>Parmelia tiliacea (Hoffm.) Ach.</i>								2	1	3	3					1	2	2	1												11.13	
<i>Pertusaria albescens (Huds.) M.Choisy</i>							1	3	3		1												3	3							10	
<i>Pertusaria coccodes (Ach.) Nyl.</i>							1									2	2	1				2	3								9.67	
<i>Pertusaria flavida (DC.) Laund.</i>								2	2	3											1	2	2								11.84	
<i>Pertusaria hemisphaerica (Flörke) Eritsch</i>					2									3	3	2	3	2	3									2	4	3	8	
<i>Pertusaria hymenea (Ach.) Schaer.</i>							1	1	3	2											2			1	1						10.58	
<i>Pertusaria pertusa (Weigel) Tuck.</i>							2	3	3							3	1	1										2			11.72	
<i>Pertusaria sp</i>																									2	1					6.50	
<i>Phacophyscia hirsuta (Mereschk.) Moberg</i>																							2	2		2					7.34	
<i>Phacophyscia sp</i>																							2	2							8.50	
<i>Phlyctis agelaea (Ach.) Flot.</i>								4	2	2	2													2							11.75	
<i>Phlyctis argena (Ach.) Flot.</i>								3	3																						16.50	
<i>Phlyctis clementi (Turner) Maas Geets.</i>																								2							11	
<i>Phlyctis sp1</i>																						1				2					7	
<i>Phlyctis sp2</i>																						1				1					7	
<i>Physcia entheroxanta (Nyl.) Poelt</i>									4	1																					16.50	
<i>Physcia ascendens (Fr.) Oliv.</i>								3	2	4																					15	
<i>Physcia sp</i>								1	1	1																					15	
<i>Physcia biziana (Massal.) Zahlbr.</i>						1								1	2	1												2	1		6.50	
<i>Physcia clementi (Turner) Maas Geets.</i>																						1									9	
<i>Physcia tenella (Scop.) D.C.</i>							2	2	2	4							1	2	2			1	2					2	2	1	10.67	
<i>Physconia grisea (Lamk.) Poelt</i>	3	2	3	1											2	2	1												2	1	5.34	
<i>Physconia pulverulacea Moberg</i>								2																					2	2	9.67	
<i>Xanthoria parietina (F.) Th. Fr.</i>	3	4	3	4	4	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3		3	2	1	2	6.52
Indice de pureté atmosphérique ( I. A. P )	3.60	3.71	3.60	3.18	2.64	6.78	17.97	30.90	41.88	48.96	7.18	3.68	3.53	1.32	8.63	9.46	8.30	22.07	22.50	19.86	10.18	12.89	22.21	5.52	4.76	5.78	10.64	9.98	13.68	11.44		

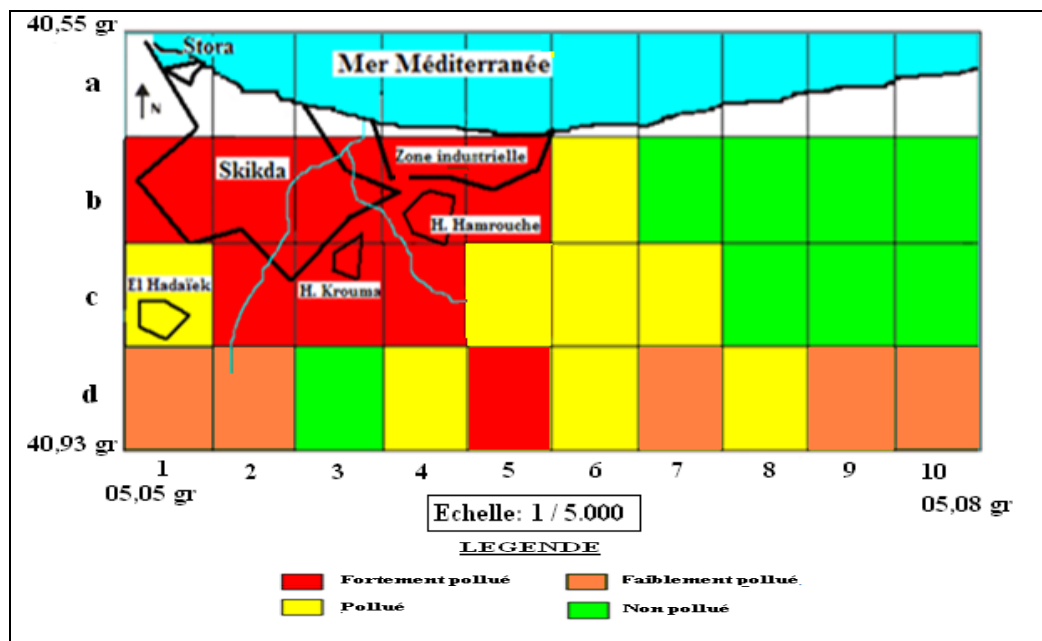
Ces relevés montrent une hétérogénéité dans la densité des espèces lichéniques. Les résultats de l'indice de pureté atmosphérique obtenus respectivement pour chaque station nous fait apparaître de manière globale, la qualité de l'air pour chacune d'entre elles. Ainsi, du tableau 2, il ressort que

certaines stations ont un indice de pureté atmosphérique faible qui traduit une assez mauvaise qualité de l'air d'où une présence limitée du nombre d'espèce lichénique avec également un faible taux de recouvrement. C'est le cas des stations situées dans les mailles b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>, b<sub>5</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>, c<sub>4</sub>; d<sub>5</sub>. Par contre les stations contenues dans sites 4, 6 et 8 et qui regroupent les mailles b<sub>7</sub>; b<sub>8</sub>; b<sub>9</sub>; b<sub>10</sub>; c<sub>8</sub>, c<sub>9</sub>, c<sub>10</sub>; d<sub>3</sub> sont soumises à une atmosphère non polluée du fait que la valeur de leur indice de pureté atmosphérique est élevée oscillant entre 17,97 jusqu'à 48,96. Certaines appréciations, sur la base de nos relevés et de nos résultats peuvent être énoncées tout en suggérant une prudence particulière aux différentes interprétations. Néanmoins nous pouvons utiliser une échelle de pureté atmosphérique pour la ville de Skikda et sa périphérie déjà proposée en 1999 par Rouidi [23] et modifiée par Fadel [24]. Ainsi pour la ville de Skikda et sa périphérie nous avons établi une échelle de pureté atmosphérique (Tab.3).

**Tableau 3 - Echelle de pureté atmosphérique (I.A.P)**

(Indice de pureté atmosphérique (I.A.P))	Situation des stations
00 - 05	Fortement polluée
05 - 10	Polluée
10 - 15	Faiblement polluée
> 15	Non polluée

D'une part grâce aux calculs de la valeur de l'indice pureté atmosphérique et d'autre part, grâce à l'établissement d'une échelle de cet indice que nous avons concrétisé une carte qui représente la qualité de l'air dans les différentes stations des 8 sites étudiés qui regroupent les 30 mailles (Fig.3).



**Figure 3 - Carte de la qualité de l'air de Skikda et de sa périphérie**

De cette carte, il ressort que les stations moyennement à fortement polluées sont situées dans le couloir de la rose de pollution générée par les vents dominants du nord-ouest. Ces derniers traversent la zone industrielle et transportent les polluants émis par les différentes unités pour les déposer dans les stations qui se trouvent dans sa direction. Nous remarquons également, que les stations périphériques au tissu urbain sont fortement polluées. Les stations localisées à proximité des axes routiers sont moyennement à fortement polluées [26]. Les stations qui sont faiblement ou non polluées sont situées loin des sources d'émissions des unités industrielles et des sources d'émanations urbaines. Elles se localisent hors du couloir, traversé par les vents dominants du nord-ouest, et sont situées dans les mailles du sud-est, sud-ouest et nord-est. Ces constatations sont

confortées par des données analytiques de la pollution hydrocarbonée de cette même zone d'étude [25]. Le recensement des espèces lichéniques et le calcul de l'indice de pureté atmosphérique de chaque station (I.A.P) nous ont permis d'établir une échelle de poléophobie des principales espèces observées. Ainsi les espèces lichéniques rencontrées dans notre zone d'étude ont été classées en :

**a) espèces très résistantes : localisées dans les zones urbaine et industrielle**

- *Pertusaria hemisphaerica (Flôrke) Erischs*
- *Pertusaria hymenea (Ach.) Schaer.*
- *Pertusaria pertusa (Weigel) Tuck.*
- *Phlyctis agelaea (Ach.) Flot.*
- *Physcia biziana (Massal.) Zahlbr.*
- *Physconia grisea (Lamk.) Poelt*
- *Xanthoria parietina (F.) Th Fr.*

**b) espèces moyennement résistantes: localisées dans les zones périurbaines peu urbanisées**

- *Caloplaca sp*
- *Collema nigrescens (Huds.) DC.*
- *Pertusaria coccodes (Ach.) Nyl.*
- *Physcia tenella (Scop.) D.C.*
- *Physconia pulverulacea Moberg*

**c) espèces poléophobes : localisées dans les zones rurales loin des sources d'émanations**

- *Diploïca canescens (Dicks.) Massal.*
- *Parmelia caperata (L.) Ach.*
- *Parmelia perlata (Huds.) Vain*
- *Parmelia reticulata Tayl.*
- *Parmelia soledians Nyl.*
- *Parmelia tiliacea (Hoffm.) Ach.*

#### **4 – CONCLUSION**

Les résultats que nous avons obtenus nous ont permis d'émettre une remarque d'ordre méthodologique. En effet, nous notons que l'utilisation d'un matériel biologique de nature végétale, peut, dans n'importe quelle zone dépourvue d'analyseurs physiques de l'atmosphère de mesurer et de cartographier la région soumise à la pollution en faisant ressortir les zones d'iso-pollutions. Les résultats du recensement de la flore lichénique de la région de Skikda ont montré de manière évidente que leur nombre et leur taux de recouvrement sont étroitement liés au degré de pollution. En effet, des travaux antérieurs [2, 3, 4], vont dans le même sens. Ils apprécient le degré de pollution directement à partir d'observation de terrain. La même constatation est remarquée à savoir quand la pollution est importante, le nombre d'espèce diminue ainsi que leur taux de recouvrement. Les résultats de l'indice de pureté atmosphérique obtenus respectivement pour chaque station ont fait apparaître de manière globale, la qualité de l'air pour chacune d'entre elles. La fiabilité de cette méthode a été testée en comparant les zones d'iso-pollutions obtenues quantitativement avec les classes de sensibilité de toutes les espèces lichéniques recensées. C'est ainsi que nous avons constaté que les espèces lichéniques les plus résistantes sont concentrées dans les zones fortement urbanisées tandis que celles qui sont moyennement résistantes se trouvent dans les zones périurbaines peu. Enfin les espèces les plus sensibles ou espèces poléophobes sont localisées dans les zones rurales loin de toutes sources de pollution.



## REFERENCES

- [1] C. Roux, Echantillonnage de la végétation lichénique et approche critique des méthodes de relevés. *Cryptogamie, bryol. Lichenol.* Vol.11, Issue2, 1990, p. 95-108.
- [2] E. Joyeux, D. Daillant, Comparaison de différentes méthodes d'évaluation de la qualité de l'air par les lichens en Bourgogne en 1998. *Bulletin d'information de l'Association française de lichénologie*, Vol.24, Issue1, 1999, p.45-52.
- [3] K. Khallil, J. Asta, Lichens, bioindicateurs de pollution atmosphérique dans la région lyonnaise. *Ecologie*, Vol. 3, Issue 3, 1998, p. 467 – 472.
- [4] D.L. Hawksworth, F. Rose, Qualitative squalre for estimating sulphur dioxide air pollution in England and wales using epiphytic lichens. *Nature*, Vol. 2, Issue 27, 1970, p. 145-148.
- [5] C. Van Haluwyn, M. Lerond, Les lichens et la qualité de l'air. Evaluation méthodologique et limites. Rapport final du Ministère de l'Environnement [S.R.E.T.I.E], 1986, 213 p.
- [6] D. Fadel, R. Djamaï, A. Laïfa, I. BOUGHAMBOUZ, Eco-development of lichens in zones no polluted (N.E. Algeria). *Revue Synthèses* N° 22; Février; 2011, p. 57 – 65.
- [7] A. Posthumus, General philosophy for the use of plants as indicators and accumulators of air pollutants and as bio-monitors of their effects. In: *Proc. of the VI<sup>th</sup> World congress on Air Quality*. Paris, France, 1983, p. 158-164.
- [8] P. Lebrun, L'usage de bio-indicateurs dans le diagnostic sur la qualité du milieu de vie. In: *Journées d'étude de l'A.F.I.E – Ecologie appliquée - indicateurs biologiques et techniques d'études*, 1990, p. 167-174.
- [9] J. De Sloover, Végétaux épiphytes et pollution de l'air. *Rev. Quest. Scientif*, Vol.25, 1964, p. 531 - 561.
- [10] H. Trass, Lichen sensitivity to the air pollution and index of poleotolerance [I.P]. *Fol. Crypt. Est, Tartu*, 3, 1973, p.19 - 22.
- [11] L. Steubing, Problems of bio-indication and the necessity of standardization. In *monitoring of air pollutants by plants. Methods and problems. Proc. of the International Workshop*. Osnabrück (F.R.G.), 1982, p. 19-24.
- [12] Z. Mouats, Contribution au recensement de la végétation lichénique en fonction du niveau de la pollution de la région de Skikda. *Mém. Ing. d'Etat en Ecologie& Environnement. Fac. Sci. Univ. Annaba*, 1990, 80 p.
- [13] L. Hafidi, B. Nouar, Contribution à l'étude biologique de la pollution atmosphérique dans la région de Skikda à l'aide de bio-indicateurs lichéniques, *Mém. D.E.S, Fac. Sci. Univ. Annaba*, 1994, 66 p.
- [14] M. Lerond, C Van Haluwyn, D. Cuny, Lichens et bio-indication: réalisations concrètes et exigences éthiques. *Ecologie*, Vol.27, Issue 4, 1996, p. 277-283.
- [15] C. Roux, C. Gueidanc, Flore et végétation des lichens et champignons lichénicoles et non lichénisés du massif de la Sainte Baume (Var, Provence, France). *Bull. Soc. Linn. Provence*, Vol. 53, 2002, p. 123-150.
- [16] P. Ozenda, G. Clauzade, *Les lichens. Etude biologique et flore illustrée*. Ed. Masson. C.I.E. Paris, 1970, 801 p.
- [17] H.M. Jahns, *Guide de Fougères, Mousses et Lichens d'Europe*. Ed. Delachaux et Niestle, Paris, 1989, 25 p.
- [18] C. Roux, C. Coste, O. Bricaud, Masson D, Lichens et champignons lichénicoles du parc national des Cévennes (France). 4 - Le massif de l'Aigoual. *Bull. Soc. linn. Provence*, Vol.58, 2007, p. 103-125.
- [19] A. Semadi, Incidence de la pollution fluorée d'origine industrielle sur la végétation de la région d'Annaba-Algérie, Thèse de Doct. Ing., Univ. Paris VII, 1983, 79 p.
- [20] A. Semadi, Effets de la pollution atmosphérique sur la végétation dans la région d'Annaba (Algérie), Thèse de Doctorat d'Etat. Univ. P et M.C. Paris VI, 1989, 339 p.
- [21] M. Rahali, Cartographie de la pollution plombique dans la région d'Alger en utilisant un lichen (*Xanthoria parietina*) comme bioaccumulateur. *Rev. Poll. Atm.* 175, 2002, p. 421- 428.

- [22] C. Roux, C. Coste, O. Bricaud, D. Masson, Catalogue des lichens et des champignons lichénicoles de la région Languedoc - Roussillon (France méridionale). Bull. Soc. Linn. Provence, Vol. 57, 2006, p. 85 - 200.
- [23] S. Rouidi, Contribution à la cartographie de la pollution atmosphérique de Skikda et sa périphérie par la méthode quantitative : Indice de pureté atmosphérique (I.A.P), Mém. Ing. Etat Ecologie, Univ., Annaba., 1999, 36 p.
- [24] D. Fadel, R. Djamai, A. Laïfa, Estimation de la pollution atmosphérique hydrocarbonée issue de la circulation automobile dans la ville de Skikda (Algérie) à l'aide de transplants lichéniques, Actes du colloque Environnement et Transports dans des contextes différents, Ghardaïa, Algérie, 2009, p. 46- 52.
- [25] D. Fadel, I. Boughambouz, A. Laïfa, R. Djamai, Bio-indication the air pollution by total hydrocarbons by using a lichenic specie in the area of Skikda – Algeria. Physical & Chemical News, Vol. 34, 2007, p. 126-130.
- [26] D. Fadel, R. Djamai, A. Laïfa, M. Benslama, I. Boughambouz, Bio - indication de la pollution atmosphérique par les hydrocarbures totaux du complexe pétrochimique de Skikda (nord-est algérien) à l'aide d'une espèce lichénique épiphyte *Xanthoria parietina*. Revue Ecologie & Environnement ; n°5 ; Novembre 2009; p. 48 – 56