

Bio surveillance de la pollution atmosphérique d'une ville du Nord-est algérien par la combinaison de deux méthodes quantitatives: indice de pureté atmosphérique (I.P.A) et de l'indice de poléotolérance (I.P)

D. Fadel, N. Zga, F. Latrèche et B. Badouna

Laboratoire des Sciences et Techniques du Vivant - Université de Souk – Ahras - 41000 – Algérie

Abstract. Maintaining air quality necessarily involves the detection and estimation of global atmospheric pollution. The establishment of a mapping based on iso - pollution areas and classes of sensitivity lichenic species on a scale of pollution in the study area. In our work, we used a quantitative approach based on the combination of two methods based on the calculation of a pollution index obtained from mathematical formulas that incorporate various parameters related to the lichen flora. For the same zone of study, we applied two types of index poleotolerance index (I.P) which we have compared with the atmospheric purity index (A.P.I). These two methods allow by no means a direct correspondence with physical - chemical measures of the pollution. They allow estimating the global atmospheric pollution in relative value of each station studied. These two indexes allowed us to establish cartography of the global atmospheric pollution of the city of Skikda and petrochemical pole as well as the outlying suburbs of (Haddaiek, Hamadi Krouma Hamrouche Hamoudi, Larbi Ben M'Hidi).

1 Introduction

La bio- surveillance de la pollution de l'air reste un moyen de substitution et parfois en complément des capteurs physiques [1,2]. La bio- surveillance par la flore lichénique recèle différentes méthodes. Il n'y a aucune justification d'un choix d'une méthode par rapport à une autre. La consultation des travaux antérieurs réalisés par HAWKSWORTH [3] et VAN HALUWYN [4], nous a permis de les comparer et mieux comprendre leurs avantages et leurs limites. Elles contribuent toutes à cartographier selon une échelle de pollution de l'air d'une zone d'étude compte-tenu des classes d'iso-pollution et la sensibilité des espèces de la flore lichénique. Dans le cas de nos travaux, nous avons utilisé pour la première fois une approche quantitative nommée indice de poléotolérance (I.P) de STRASS [5] pour évaluer le niveau de pollution de l'air de la ville de Skikda et sa zone périurbaine. Ensuite pour la même zone d'étude, nous avons comparé les résultats de cette méthode à celle de l'indice de pureté atmosphérique (I.A.P) utilisé par Fadel & al, Hadjouja [6,7]. Ces deux méthodes permettent d'apprécier la valeur globale relative de la pollution atmosphérique pour chaque station étudiée. Elles

n'ont aucune correspondance directe avec les mesures physico -chimiques de la qualité de l'air, Steubing [8].

2 Méthode d'étude

2.1 Présentation du maillage et le choix des stations d'échantillonnage

Le périmètre d'étude est situé dans un quadrilatère de soixante (60) kms². Il comprend la ville de Skikda et sa zone péri -urbaine, le pôle pétrochimique, les municipalités de Haddaiek, Hamadi Krouma, Hamrouche Hamadi et Larbi Ben M ' Hidi (Fig.1).

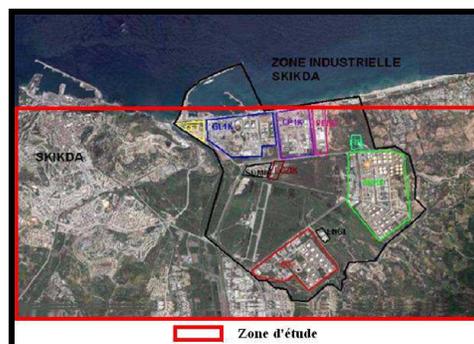


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

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. Les cartes de base utilisées lors de nos travaux de recherche sont des cartes d'Algérie au 1/25.000 (type 1960) Skikda N° 7- 8 publiées par l'Institut Géographique National (I.G.N.) et l'utilisation de photos satellites. Au cours de nos travaux nous avons considéré un système écologique cohérent, conditionné par les facteurs écologiques et topographiques. Nous avons pris en 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. Seules vingt trois (23) des quarante (40) mailles qui constituent la zone étudiée ont fait l'objet d'un recensement lichénique en fonction de la présence des phorophytes et des moyens d'accès (Fig. 2).

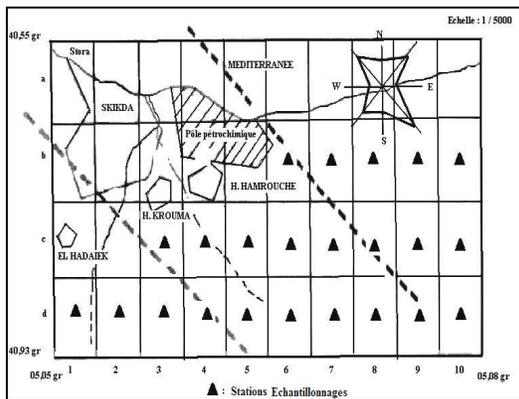


Fig. 2. Stations d'échantillonnages

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 [9, 10, 11]. Au cours de nos travaux nous avons considéré un système écologique cohérent, conditionné par les facteurs écologiques et topographiques. Nous avons pris en 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. Seules vingt trois (23) des quarante (40) mailles qui constituent la zone étudiée ont fait l'objet d'un recensement lichénique en fonction de la présence des phorophytes et des moyens d'accès. Une partie des relevés lichéniques dans la zone d'étude ont été déjà effectués par Mouats [12] et complétés par nos soins selon la méthode de Trass [5]. 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. Au niveau de notre zone d'étude 37 espèces lichéniques ont été identifiées. La nomenclature adoptée est celle utilisée par Ozenda et Clauzade [12] mais également celle de Jahns [13], Roux et al [14].

2.2 Méthode de calcul des indices

2.2.1 Calcul de l'indice de pureté atmosphérique (I.A.P)

Le calcul de l'indice de pureté atmosphérique donné par la formule suivante :

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

Avec :

- 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

2.2.2. Calcul de l'indice de poléotolérance (I. P)

L'indice de poléotolérance est donné par la formule suivante :

$$I.P = \sum_1^n ai \times ci / Ci$$

Avec :

- n : nombre d'espèce.
- ai : degré de poléotolérance d'une espèce donnée.
- ci : degré de recouvrement d'une espèce donnée.
- Ci : degré de recouvrement total de l'ensemble des espèces des relevés.

3 Résultats et discussions

3.1 Valeurs de l'indice de pureté atmosphérique (I.A.P)

A titre indicatif nous donnons pour la même zone d'étude les valeurs moyennes de l'indice de pureté atmosphérique calculées par plusieurs auteurs. Elles

sont représentées dans le tableau 1. Par contre les valeurs de l'indice de poléotolérance que nous avons calculées pour les 23 stations étudiées sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 1. Valeurs moyennes de l'indice de pureté atmosphérique

Stations	Indice de pureté atmosphérique (I.A.P)
	$I.A.P = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n Q \cdot f$
b₆	5,19
b₇	14,05
b₈	31,70
b₉	53,55
b₁₀	16,90
c₃	3,20
c₄	3,90
c₅	6,24
c₆	7,52
c₇	8,63
c₈	16,14
c₉	17,20
c₁₀	16,45
d₁	12,58
d₂	14,85
d₃	25,78
d₄	3,50
d₅	8,25
d₆	7,10
d₇	10,06
d₈	8,51
d₉	8,46
d₁₀	10,93

Tableau 2. Valeurs de l'indice de poléotolérance

Stations	Indice de poléotolérance (I. P)
	$I.P = \sum_{i=1}^n a_i \times c_i / C_i$
b₆	1,4
b₇	0,5
b₈	0,4
b₉	0,34
b₁₀	0,34
c₃	1,8
c₄	5,1
c₅	1,1
c₆	1,1
c₇	1,1
c₈	0,60
c₉	0,60
c₁₀	0,60
d₁	0,50
d₂	0,50
d₃	0,50
d₄	1,25
d₅	0,70
d₆	0,65
d₇	0,60
d₈	0,66
d₉	0,65
d₁₀	0,60

Selon les calculs de l'indice de poléotolérance, les résultats obtenus respectivement pour chaque station donnent globalement la qualité de l'air de chacune d'entre-elles. Parmi ces valeurs représentées sur le tableau 1, nous remarquons que les stations qui ont un indice de poléotolérance le plus élevé sont les plus exposées à la pollution atmosphérique. C'est le cas des stations qui ont une valeur de l'indice de poléotolérance compris entre 0,65 et 5,1. Ces dernières sont situées dans la maille (b₆, c₃, c₄, c₅, c₆, c₇, d₅, d₆, d₈, d₉). Les autres stations situées dans les mailles (b₇, b₈, b₉, b₁₀, c₈, c₉, c₁₀, d₁, d₂, d₃, d₇, d₁₀) ont un indice de poléotolérance compris entre 0,34 et 0,60 demeurent les moins exposées à la pollution atmosphérique. La carte d'iso-pollution obtenue à partir des valeurs de l'indice de poléotolérance (I.P) montre que les stations les plus hautement et moyennement polluées sont situées dans le couloir du vent dominant du Nord-ouest. Ce dernier est responsable de la dispersion et de la distribution des polluants émis par les différents foyers de combustion (domestiques et industriels). Les stations qui sont situées à proximité du tissu urbain de Skikda et les routes principales sont également

plus exposées à la pollution de l'air. Par contre, les stations les moins polluées sont loin du corridor du vent du Nord-ouest. Elles sont situées loin des sources d'émission industrielles et des zones urbaines. Elles sont localisées dans les mailles du Nord, du Sud - est et Sud - ouest (Fig.3).

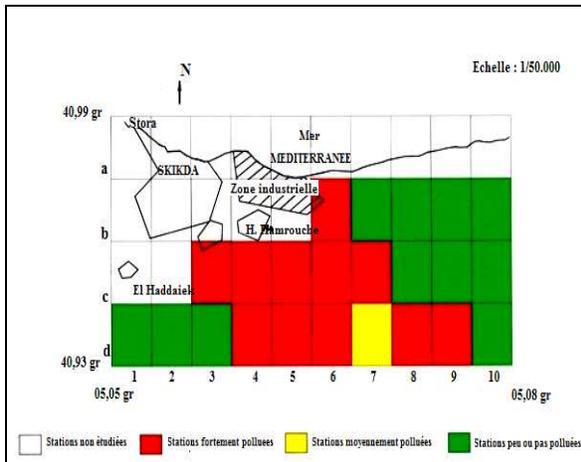


Fig. 3. Carte de la qualité de l'air de la ville de Skikda et sa zone périurbaine

3.2 Comparaison des deux méthodes

Dans cette rubrique nous avons comparé les valeurs des deux méthodes quantitatives utilisées dans la cartographie de cette même zone d'étude à l'exception de quelques stations : b_1 ; b_2 ; b_3 ; b_4 ; b_5 ; c_2 ; d_1 . Nous avons ainsi comparé les valeurs l'indice de poléotolérance (I.P) que nous avons calculé dans le cadre de notre travail à celles de l'indice de pureté atmosphérique (I.A.P) utilisées également par Metalaoui et Rouidi [16, 17]. Bien que l'indice de poléotolérance (I.P) illustre une bonne traduction de la zonation de la pollution de l'air autour d'un émissaire à l'exemple d'une cheminée, ce qui permet une cartographie précise. Il est néanmoins moins sensible que l'indice de pureté atmosphérique du fait qu'il n'est pas directement lié à la richesse de la flore lichénique [18]. C'est pour cette raison que la combinaison de ces deux méthodes quantitatives utilisées dans la cartographie de la même zone d'étude nous permet de mieux connaître leurs avantages et leurs limites. Pour permettre une meilleure lecture des résultats que nous avons présentés dans le tableau 3, les valeurs de l'indice de poléotolérance (I.P) et l'indice de pureté atmosphérique(I.A.P).

Tableau 3. Valeurs comparatives des deux indices

Stations	Indice de poléotolérance (I. P) n $I.P = \sum_{i=1}^n a_i \times c_i/C_i$	Indice de pureté atmosphérique (I. P.A) n $I.A.P = 1/10 \sum_{i=1}^n Q.f$
b_6	1,4	5,19
b_7	0,5	14,05
b_8	0,4	31,70
b_9	0,34	53,55
b_{10}	0,34	16,90
c_3	1,8	3,20
c_4	5,1	3,90
c_5	1,1	6,24
c_6	1,1	7,52
c_7	1,1	8,63
c_8	0,60	16,14
c_9	0,60	17,20
c_{10}	0,60	16,45
d_1	0,50	12,58
d_2	0,50	14,85
d_3	0,50	25,78
d_4	1,25	3,50
d_5	0,70	8,25
d_6	0,65	7,10
d_7	0,60	10,06
d_8	0,66	8,51
d_9	0,65	8,46
d_{10}	0,60	10,93

Du tableau il ressort que les stations qui ont des valeurs les plus faibles de l'indice de poléotolérance correspondent à celles de l'indice de pureté atmosphérique les plus élevées. En effet, il est bien établi que les stations qui ont des valeurs de l'indice de poléotolérance les plus élevées sont celles qui sont les plus exposées à la pollution atmosphérique. Par conséquent quand les valeurs de l'indice de poléotolérance sont faibles, la pollution est nulle à très faible. En se référant à l'échelle de l'indice de pureté atmosphérique qui considère que les stations qui ont un indice de pureté compris entre 0 et 5 sont fortement polluées ; de 05 – 10 sont polluées ; de 10 – 15 sont faiblement polluées et > 15 non polluées [7, 16, 17]. Si nous comparons cette échelle compte tenu aux valeurs de l'indice de pureté atmosphérique à celles de l'indice de poléotolérance, il ressort effectivement que les stations les moins polluées ont des valeurs de l'indice de poléotolérance les plus faibles. Par contre les stations (mailles) les plus polluées ont les valeurs de l'indice de poléotolérance les plus élevés. Ces deux méthodes ont une grande similitude dans

la cartographie de la pollution atmosphérique de la zone étudiée.

4 Conclusion

Les résultats obtenus nous ont permis d'émettre une première remarque d'ordre méthodologique. En effet, nous constatons que l'utilisation d'un matériel biologique de nature végétale peut se substituer dans des zones dépourvues de capteurs physiques de l'air. Il permet de mesurer et de cartographier une région soumise à la pollution atmosphérique. Les résultats de l'indice de poléotolérance obtenus respectivement pour chaque station étudiés, nous donne une appréciation globale de la qualité de l'air pour chacune d'entre-elles. La fiabilité de cette méthode a été testée en comparant les zones d'isopollutions obtenues quantitativement par la méthode de l'indice de pureté atmosphérique. La carte obtenue par l'utilisation de la méthode de l'indice de poléotolérance correspond fidèlement à celle réalisée grâce à l'indice de pureté atmosphérique. La carte de la qualité de l'air de la ville de Skikda et ses zones périurbaines ont mis en évidence les stations moyennement à fortement polluées. Elles sont localisées dans le couloir de la rose de pollution générée par les vents dominants du Nord -ouest. Les vents traversent la zone industrielle et transportent les polluants émis par les différentes unités pour les déposer dans les stations qui se trouvent dans leur 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. 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 observations sont confortées par des données analytiques de la pollution par les hydrocarbures de la même zone d'étude par Fadel et al[19,20].

Références

- [1], R. Djamaï, Physical & Chemical News, 34, (2007)
- [7] N. Hadjoudja, Magister. Univ. Annaba, (2011)
A. Semadi, Thèse de Doct, Univ. P et M.C. Paris VI, (1989)
- [2] M. Rahali, Rev. Poll. Atm. 1(75), 2002
- [3] D.L. Hawksworth, F. Rose, Nature, 2(27), (1970)
- [4] C. Van Haluwyn, M. Lerond, (S.R.E.T.I.E), (1986)
- [5] H. Strass, Fol. Crypt. Est, Tartu, 3, (1973)
- [6] D. Fadel, I. Boughambouz, A. Laïfa
- [8] L. Steubing, Proc of the International Workshop. Osnabrük (F.R.G.), (1982)
- [9] M. Lerond, C Van Haluwyn, D. Cuny, Ecologie, 27 (4), (1996)
- [10] C. Roux, C. Gueidanc, Bull. Soc. Linn. 53, (2002)
- [11] D. Fadel, R. Djamaï, A. Laïfa, I. Boughambouz, Synthèses, 22, (2011)
- [12] Z. Mouats, Mém. Univ. Annaba, (1990)
- [13] P. Ozenda, G. Clauzade, Ed. Masson. C.I.E. Paris, (1970)
- [14] H.M. Jahns, Ed. Delachaux et Niestle, Paris, (1989)
- [15] C. Roux, C. Coste, O. Bricaud, D. Masson, Bull. Soc. Linn. 57, (2006)
- [16] H. Metlaoui, Mém. Univ, Annaba, (2001)
- [17] S. Rouidi, Mém. Univ, Annaba, (1999)
- [18] E. Joyeux, D. Daillant, Bull. Inf. Lich, 24 (1), 1999
- [19] D. Fadel, R. Djamaï, A. Laïfa, Actes coll. Ghardaïa, Algérie, (2009)
- [20] D. Fadel Djamaï R, A. Laïfa, M. Benslama, I. Boughambouz, Ecol. & Envir, 5, (2009)