

## Biosurveillance de la qualité de l'air autour de la zone industrielle du Havre : cartographie des indices biologiques de lichens épiphytes

### 1. Introduction

Lors de la réunion du groupe de travail « incinérateurs » du Secrétariat Permanent pour la Prévention de la Pollution Industrielle (SPPPI) à Rouen en juin 2008, a été relevé l'intérêt de mettre en place une démarche mutualisée de surveillance des retombées atmosphériques autour des incinérateurs et co-incinérateurs, et de rendre les résultats disponibles pour le public.

Air Normand a inscrit cette action dans son programme de surveillance de la qualité de l'air 2010-2015.

La biosurveillance a été jusqu'à présent utilisée sur la zone industrielle du Havre de deux manières. La première consiste à prélever des lichens ou des mousses et à analyser les métaux et dioxines/furanes accumulés. La seconde permet quant à elle de rendre compte de l'impact global de la pollution atmosphérique. Un suivi historique utilisant les populations lichéniques a été lancé avec M. Lerond de 1981 à 2005. Le travail présenté ici constitue en quelque sorte la suite de ce travail mais en appliquant une norme récente. Il a permis de cartographier la qualité globale de l'air sur cette zone.

### 2. Méthodologie

#### *Norme et écarts :*

Ce travail s'appuie sur l'application d'une méthode normalisée par l'AFNOR (2008) : NF X43-903. Cette synthèse n'a pas pour but de décrire cette méthode mais d'expliquer les choix opérés dans ce travail et les résultats obtenus. Globalement, la norme a été suivie. Cependant, elle n'inclut pas les interprétations ni la pondération des résultats bruts tout en informant sur le fait qu'il est possible de pondérer par des indices biologiques. Ici, l'indice de Wirth\* (toxitolérance) a permis de donner du « poids » à chaque espèce (voir annexe 3, tableau 2) en fonction de leur résistance à la pollution. L'indice s'étend de 1 à 9 (9 pour les espèces les plus polluotolérantes). Par souci de cohérence avec le sens d'évolution de l'IBL brut, nous avons décidé d'inverser les indices de Wirth de chaque espèce. Soit par exemple espèce A Toxitolérance de 9=>1, ou encore espèce B Toxitolérance de 8=>2 etc. Nous avons donc pondéré de la manière suivante :

$$XP_{pond} = XP \times (\text{inverse de l'indice de Wirth} / \text{somme des indices})$$

La somme des indices = 45 (soit 9+8+7+6+5+4+3+2+1=45).

XP : somme des produits (cf. norme)

---

\* U. Kirschbaum et V. Wirth, 1997. *Les lichens bioindicateurs : les reconnaître, évaluer la qualité de l'air*. Les éditions Eugen Ulmer, 128 p.

Sur la zone d'étude, nous avons échantillonné des mailles de 2 km x 2 km. La recherche des arbres pour l'application de cette norme est un des points les plus délicats. En effet, les arbres doivent être bien droits (figure 1), sans branche dans la zone d'échantillonnage (c'est-à-dire le tronc), non abimés, accessibles, de certaines essences (frêne, chêne, peuplier, érable par exemple), éloignés d'une source ponctuelle (comme une route très passante par exemple) et en dehors des forêts. Il est alors difficile de trouver en grand nombre des arbres respectant ces consignes. Cela explique le choix d'une taille de maille de 2 km. De plus, la norme précise qu'il faut entre 3 et 5 arbres par station pour qu'elle soit représentative. Sur cette zone, nous n'avons pas eu la possibilité de relever 3 arbres par station (entre 1 et 2). Cela est à prendre en compte dans l'interprétation des résultats.

La météorologie peut aussi être une contrainte. La pluie rend plus délicate la détermination des taxons lichéniques (changement d'aspect, de texture et de couleur). Il faut donc éviter de faire des relevés quand les troncs des arbres sont humides.

### *Période de terrain :*

Les phases de terrain représentent d'une part les prospections des stations potentielles et d'autre part les relevés lichéniques (figure 3). Ce travail a été mené en juillet et août 2011 et a représenté environ 3 semaines.

### *Moyens techniques :*

Les moyens techniques mis en œuvre sont relativement légers comparés à ceux rencontrés dans des études classiques d'Air Normand. Il a suffi d'un véhicule et de quelques matériels de détermination montrés sur la figure 2 (loupe, boussole, réactifs, grille d'échantillonnage en carton...). De plus, un logiciel de SIG (Arc Gis V9.3.2.) a été utilisé pour l'élaboration des cartes de terrain ainsi que les cartes présentées dans les résultats.



Figure 1 : Photographie d'un tronc exploitable pour l'IBLE. (Source : Air Normand)



Figure 2 : Photographie du matériel de terrain nécessaire pour faire les relevés lichéniques. (Source : Air Normand)



Figure 3 : Photographie de la zone d'observation de l'IBLE. (Source : Air Normand)

### 3. Résultats

#### Historique :

Air Normand dispose d'un historique de relevés lichéniques sur la région et il aurait été intéressant de recalculer les IBLE sur les anciennes placettes de surveillance pour conserver cet historique. Cependant la méthode utilisée depuis les années 80 (C. Van Haluwyn et M. Lerond) ne peut pas être comparée à la méthode normée car trop de critères d'inclusion des arbres différent en plus de la surface d'observation (tout le tronc pour l'ancienne méthode contre une grille de 10x 50 cm pour la norme de 2008). Même au regard des listes d'espèces, on peut constater une évolution.

#### Clé de lecture des cartes :

Les Lichens sont des organismes qui répondent à l'étude des contaminants présents dans l'atmosphère (phases gazeuses et particulaires) en raison de leur physiologie. Ils ne régulent pas les échanges gazeux et sont donc exposés en continu à la pollution. Ils intègrent l'ensemble des conditions environnementales (qualité de l'air, climat, etc.). Les cartes présentées ici doivent être comprises en tant qu'outils de diagnostic ou d'évolution mais pas en tant que valeurs. L'indice biologique de lichens épiphytes est un indice de biodiversité normalisé. Il prend en compte la fréquence et le recouvrement des espèces déterminées. L'IBLE est une information sans unité et sans valeur maximale connue.

#### Carte de l'IBLE brut :

L'étude présente 46 stations réparties sur la zone d'étude (hors forêts). La Liste est donnée sur la figure 8 en Annexe 2 avec un tableau synthétique des stations en annexe 3. La cartographie de l'IBLE brut (figure 4) met en évidence des zones impactées par la pollution atmosphérique (faibles indices) et d'autres qui le sont moins.

En effet, les stations avec les plus faibles indices (9.6, 14.6, 17.5, 29.5 etc.) sont plus ou moins regroupées sur les plateaux nord de la zone industrielle sur plusieurs kilomètres. En s'éloignant, l'indice augmente très sensiblement (107.6, 90.5, 97.4 par exemple). Nous remarquons que les valeurs calculées au centre de la zone industrielle sont de l'ordre de la moyenne (62, 67, 53.5, 73 etc.) voir même supérieures en périphérie proche de la zone (111.6, 103.4 et 126.1). Cependant, les valeurs sont meilleures sur l'autre rive (128.8, 133.2, 151.4 etc.). Pour comprendre ces informations, il faut regarder tout d'abord la topographie. En effet, le transport des polluants canalisés (en haut des cheminées) s'effectue à distance du sol. Les plateaux sont donc directement soumis à ces fumées et la

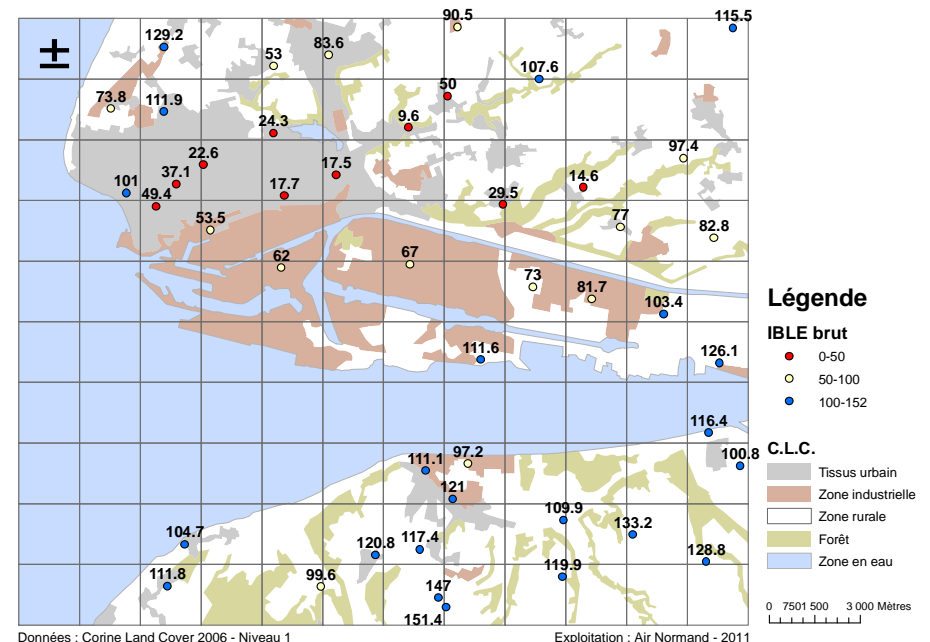


Figure 4: Carte de l'IBLE brut, ZI du Havre. Été 2011.

zone industrielle est moins impactée. Cet effet de panache est bien connu comme pour le  $SO_2$  par exemple. Par ailleurs, il est possible que l'effet d'estuaire atténue le transfert des polluants d'une rive à l'autre ce qui est aussi observé pour le  $SO_2$ . La Rose des vents (figure 5) montre bien les vents dominants Sud Ouest et Nord Est et appuie les explications fournies.

Signalons par ailleurs que les IBLE de certaines stations rurales peuvent être ainsi surestimés car l'ammoniac (polluant à l'origine de l'eutrophisation et émis majoritairement en zone rurale) permet le développement des espèces nitrophiles. Il est cependant difficile de quantifier cette surestimation. Enfin, pour expliquer les IBLE plus faibles en ville, on peut voir aussi les impacts de la pollution liée à l'automobile, au chauffage et plus généralement aux activités humaines non industrielles.

### Carte de l'IBLE pondéré :

Les espèces lichéniques ont des écologies différentes. En effet, certaines espèces se développent d'autant plus qu'il y a de l'azote disponible, *Phaeophyscia orbicularis* par exemple. D'autres sont dites héliophiles comme *Flavoparmelia caperata*. Mais quasiment toutes ont été répertoriées et classées en fonction de leurs aptitudes à supporter ou à se développer en présence de polluants atmosphériques. En effet l'indice de Wirth a été utilisé pour donner du poids aux espèces qui résistent moins. On obtient ainsi une cartographie de l'IBLE pondéré (figure 6).

Si on compare les deux cartes (IBLE brut et pondéré), il n'y a pas de différences fondamentales. Les extrêmes restent identiques mais c'est dans les stations moyennes que les changements s'opèrent (à l'ouest et à l'est de la ZI c'est-à-dire les contours proches). Au sud de la zone, on observe toujours des stations beaucoup moins impactées par rapport à celle des plateaux nord.

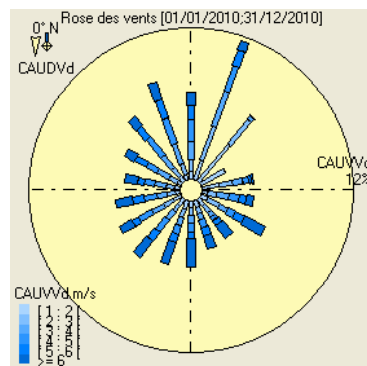


Figure 5: Rose des vents de la station Caucriauville d'Air Normand.

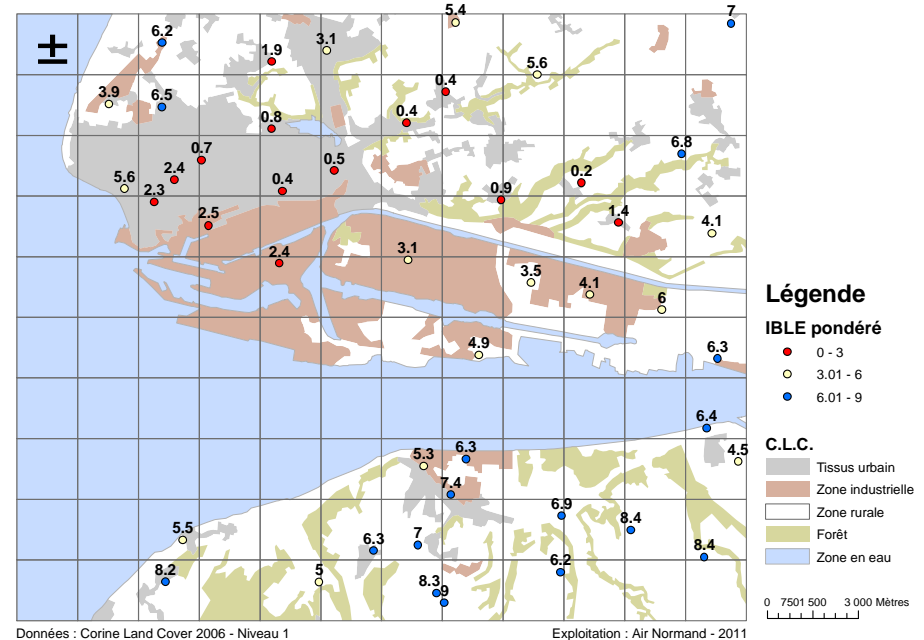


Figure 6: Carte de l'IBLE pondéré par l'indice de Wirth, ZI du Havre. Été 2011.

### Carte de la répartition des espèces :

La cartographie suivante (figure 7) représente les espèces les plus souvent rencontrées (au minimum sur 50% des stations) et les pourcentages auxquels elles participent dans le calcul de l'IBLE. On remarque différents groupements. L'ensemble des stations n'est pas homogène. Cela s'explique par les variables stationnelles comme l'hygrométrie, l'ensoleillement, l'acidité des écorces, etc.. *Lecanora expallens* est l'espèce la plus rencontrée sur la zone d'étude (recensée sur 87% des stations). C'est aussi la plus toxitolérante. En seconde place, on retrouve *Xanthoria parietina* qui est un des lichens les plus courants et les plus reconnaissables (voir photos en annexe 1).

Comme le montre la figure 9 présentée en annexe 2, 4 taxons lichéniques ont été observés au minimum (station 16 à Oudalle) et 23 au maximum (station 46 à Honfleur). Le nombre d'espèce que l'on peut observer sur une station n'étant pas défini clairement, il semble cependant au vu d'autres études que ces chiffres soient dans la fourchette des résultats généralement obtenus (minimum de 0 et maximum de 31 dans l'étude du Warndt et PPA des Trois Vallées,\*)

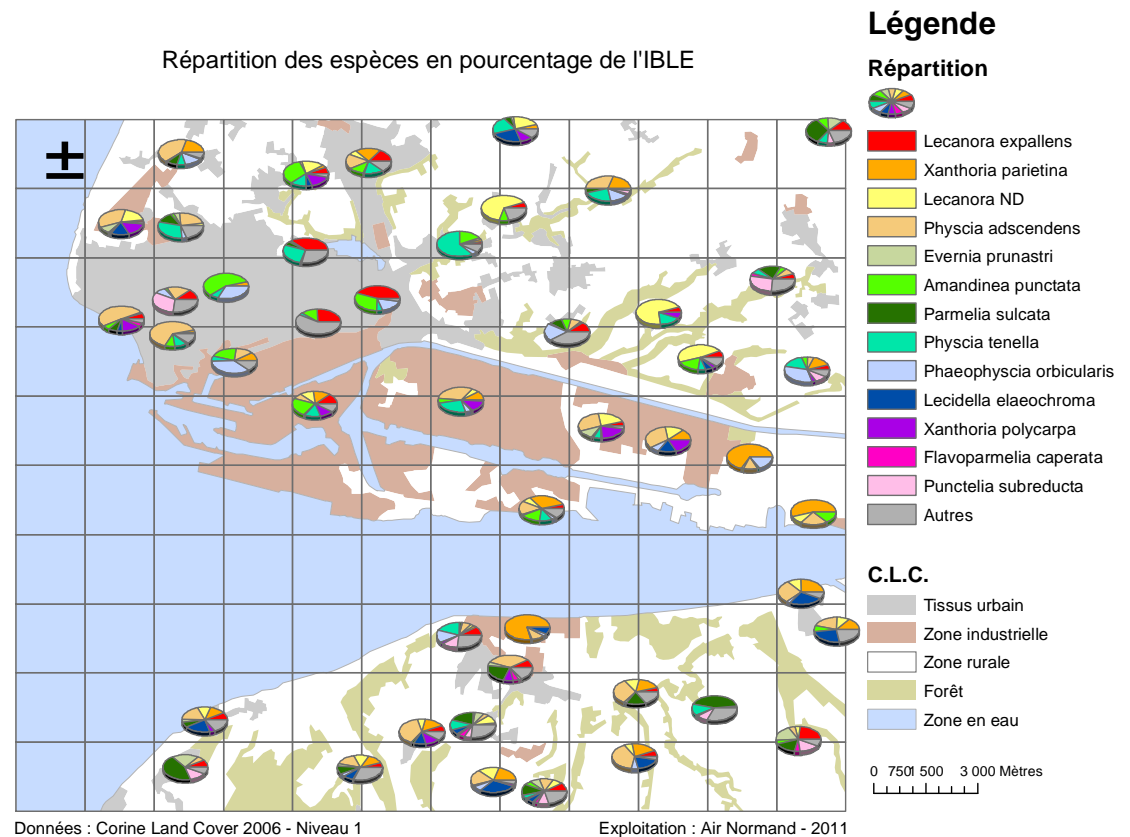


Figure 7 : Cartographie graphique de la contribution de chaque espèce dans le calcul de l'IBLE, ZI le Havre. Été 2011

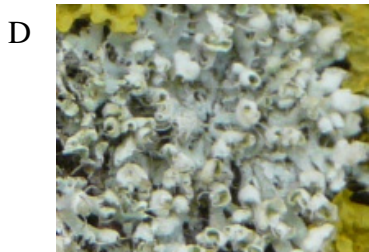
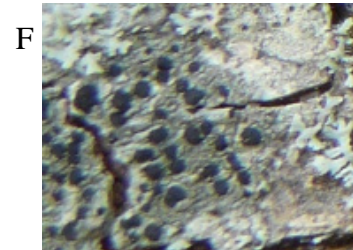
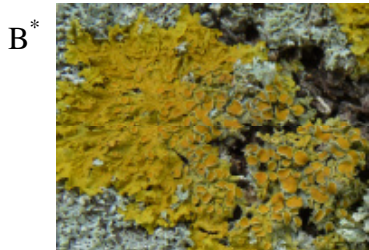
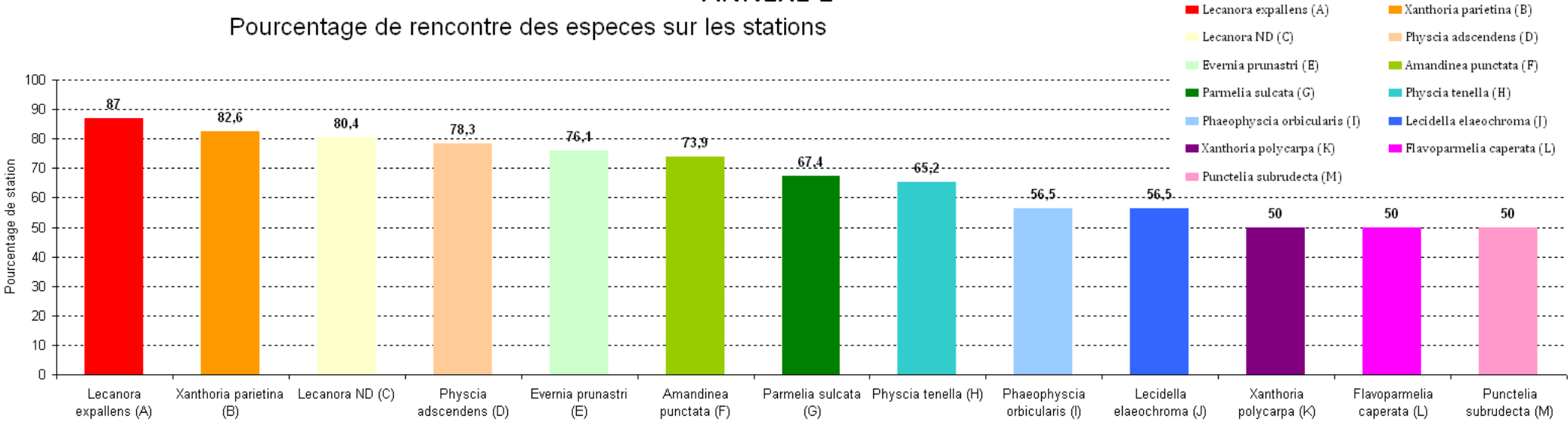
La réitération d'ici 2 ou 3 ans de ce travail pourra permettre une comparaison dans le temps.

\* A.-S. Karagounis et J. Signoret, 2010. *Evaluation et cartographie des impacts de la pollution atmosphérique sur l'environnement avec des lichens épiphytes en Lorraine Nord : Bassin du Warndt et territoire du PPA des Trois Vallées*, Atmo Lorraine Nord, 15p.



ANNEXE 1

Pourcentage de rencontre des espèces sur les stations



\* Source photographie : Air Normand

## ANNEXE 2

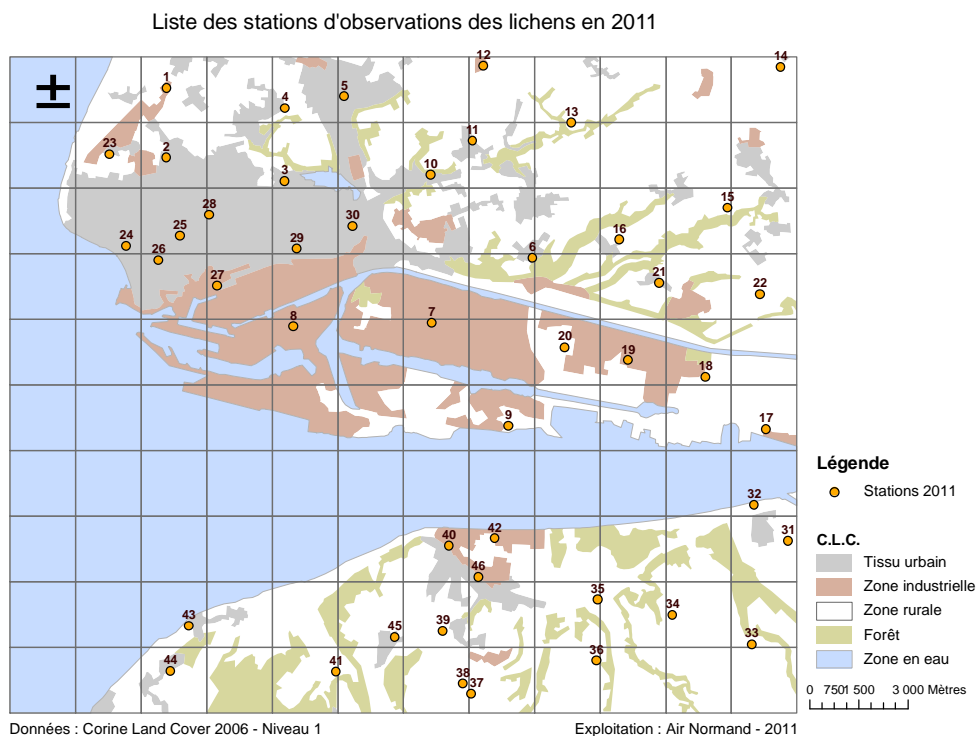


Figure 8: Carte des stations IBLE, ZI du Havre. Eté 2011.

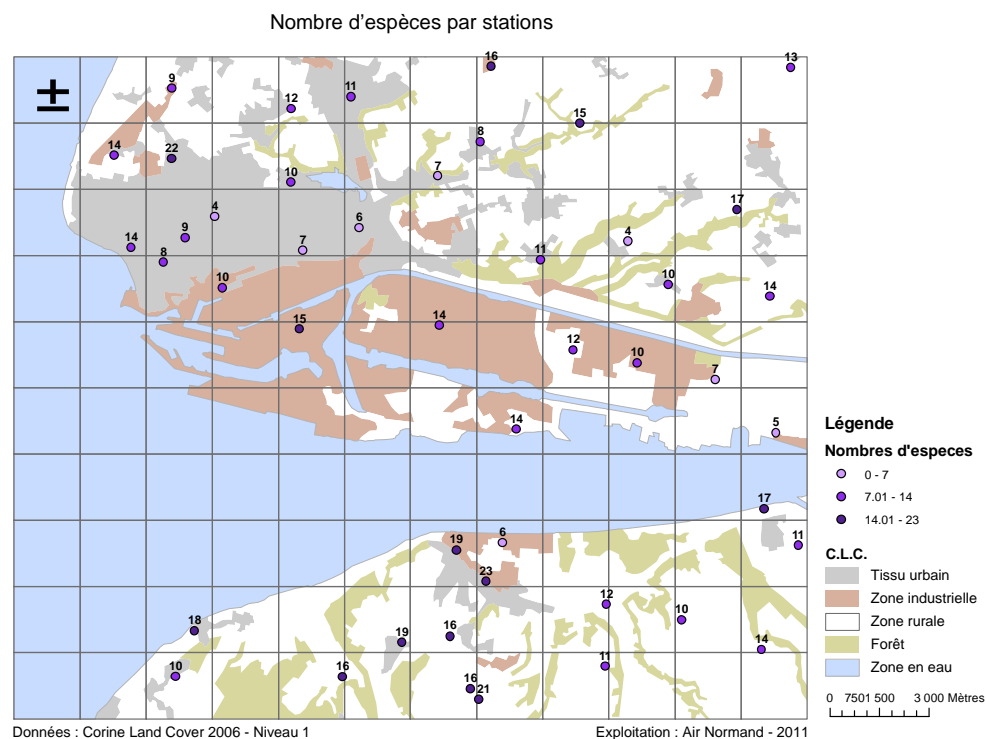


Figure 9: Carte du nombre d'espèces par station, ZI le Havre. Eté 2011

### ANNEXE 3

Station	Lieu	Ville	X	Y	IBLE	IBLE pondéré	Nombre d'espèces
1	Calvaire	Octeville sur Mer	438688	2507736	129,2	6,20	9
2	Gaillard	Le Havre	438677	2505618	111,9	6,46	22
3	Rouelles	Le Havre	442289	2504901	24,3	0,82	10
4	D53	Fontaine la Mallet	442299	2507119	53	1,94	12
5	Lombard	Montivilliers	444111	2507481	83,6	3,10	11
6	Derien	Rogerville	449847	2502559	29,5	0,95	11
7	Chimie	Gonfreville l'Orcher	446780	2500581	67	3,14	14
8	Neiges	Le Havre	442555	2500464	62	2,38	15
9	Roseaux	Rogerville	449111	2497441	111,6	4,91	14
10	Gournay	Gonfreville l'Orcher	446740	2505091	9,6	0,43	7
11	St Martin	Saint Martin du Manoir	448023	2506130	50	0,44	8
12	Coupeauville	Epouville	448352	2508407	90,5	5,40	16
13	Héroboc	Sainneville	451032	2506684	107,6	5,60	15
14	Gommerville	Gommerville	457414	2508369	115,5	6,97	13
15	Gromesnil	Saint romain de Colbosc	455791	2504079	97,4	6,76	17
16	Oudalle	Oudalle	452497	2503118	14,6	0,19	4
17	Marais	Saint Vigor d'Ymonville	456970	2497336	126,1	6,27	5
18	Indus Hode	Saint Vigor d'Ymonville	455129	2498933	103,4	6,01	7
19	Alizés	Sandouville	452768	2499436	81,7	4,13	10
20	Noroit	Oudalle	450833	2499831	73	3,46	12
21	Sandouville	Sandouville	453710	2501807	77	1,44	10
22	St Vigor	Saint Vigor d'Ymonville	456789	2501455	82,8	4,11	14
23	GrandHameau	Le Havre	436949	2505715	73,8	3,92	14

Station	Lieu	Ville	X	Y	IBLE	IBLE pondéré	Nombre d'espèces
24	JardinSuspenc	Le Havre	437456	2502927	101	5,57	14
25	CavéeVerte	Le Havre	439093	2503227	37,1	2,44	9
26	Chapelle	Le Havre	438436	2502486	49,4	2,34	8
27	Briquetiers	Le Havre	440225	2501714	53,5	2,51	10
28	Flavigny	Le Havre	439986	2503868	22,6	0,75	4
29	PrieuréGravill	Le Havre	442652	2502845	17,7	0,36	7
30	Harfleur	Harfleur	444360	2503522	17,5	0,48	6
31	Conteville	Conteville	457647	2493937	100,8	4,50	11
32	Berville	Mer	456613	2495031	116,4	6,40	17
33	StPierre	du Val	456537	2490776	128,8	8,40	14
34	Fatouville	Grestain	454113	2491674	133,2	8,40	10
35	AblonD580A	Ablon	451837	2492144	109,9	6,90	12
36	Ablon	Ablon	451800	2490281	119,9	6,20	11
37	GonnevilleEnt	sur Honfleur	447977	2489271	151,4	8,99	21
38	GonnevilleEcc	sur Honfleur	447719	2489592	147	8,28	16
39	Buquet	Honfleur	447111	2491187	117,4	7	16
40	HonfleurParc	Honfleur	447297	2493785	111,1	5,32	19
41	Barneville	Bertran	443860	2489955	99,6	4,95	16
42	HonfleurZA	Honfleur	448695	2494008	97,2	6,27	6
43	Villerville	Villerville	439368	2491340	104,7	5,49	18
44	Bruyere	Villerville	438804	2489968	111,8	8,19	10
45	Equemaufville	e	445651	2490999	120,8	6,31	19
46	HonfleurD580	Honfleur	448196	2492836	121	7,39	23

Tableau 1 : Récapitulatif des stations, ZI le Havre. Eté 2011

Tableau 2: Liste des espèces observées et leurs Toxitolérances

Espèce	To
Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheidegger	9
Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau	6
Evernia prunastri (L.) Ach.	5
Diploica canescens	
Flavoparmelia caperata (L.) Hale	3
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.	8
Hypogymnia tubulosa (Schaerer) Hav.	6
Hypotrachyna revoluta (Flk.) Hale	
Lecanora conizaeoides Nyl. ex Crombie	9
Lecanora expallens Ach.	9
Lecidella elaeochroma (Ach.) Choisy	6
Lepraria incana (L.) Ach.	9
Melanelia elegantula (Zahlbr.) Essl.	
Melanelia exasperatula (Nyl.) Essl.	6
Melanelia subaurifera (Nyl.) Essl.	5
Parmelia sulcata Taylor	8
Pertusaria amara (Ach.) Nyl.	4
Pertusaria flavida (DC.) Laundon	4

Espèce	To
Phaeophyscia orbicularis (Necker) Moberg	8
Physcia adscendens (Fr.) Oliv.	8
Physcia aipolia (Erh. ex Humb.) Fürnr.	4
Physcia stellaris (L.) Nyl.	4
Physcia tenella (Scop.) DC.	8
Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt	3
Punctelia borreri (Sm.) Krog	
Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog	6
Ramalina farinacea (L.) Ach.	5
Ramalina fastigiata (Pers.) Ach.	2
Ramalina fraxinea (L.) Ach.	2
Usnea sp.	4
Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.	7
Xanthoria polycarpa (Hoffm.) Th. Fr ex Rieber	7
L. ND 1	
L. ND 2	
L. ND 3	
Xanthoria candélarina	6