



Mise en place d'un indicateur biologique général de la qualité de l'air en Basse-Normandie

ETUDE COMPLEMENTAIRE



Rabodanges (61)
(Stauth S., 2005)



2005

RES
324

SOMMAIRE

5658

Introduction.....	2
Méthodologie.....	3
I. Approfondissement des recherches.....	4
1. Compléments autour des stations présentant une qualité d'air moyenne en 2002.....	4
2. Compléments sur les paysages de grandes cultures.....	9
3. Discussion générale sur les résultats 2005.....	11
II. Mise en corrélation des résultats avec les données régionales.....	13
III. Proposition d'une méthode de suivi à moyen et long termes.....	15
Eléments de conclusion.....	17
Bibliographie.....	18

Annexes

- Tableaux de relevés
- Cartes des stations de relevés lichéniques à proximité des capteurs physico-chimiques d'Aircom

INTRODUCTION

En 2002, une première vaste étude des lichens épiphytes bio-indicateurs a permis de dresser l'état initial de la qualité globale de l'air en Basse-Normandie. Cet « **état zéro** » est basé sur la caractérisation des communautés lichéniques corticoles dans près de 350 stations réparties de manière homogène sur l'ensemble du territoire régional, avec des zooms sur les principales agglomérations.

Les résultats de 2002 concluent à une **très bonne qualité globale de l'air** dans la région bas-normande, avec une légère dégradation dans les agglomérations et certaines zones agricoles. A l'issue de cette campagne de relevés, il est apparu nécessaire de réaliser un complément de prospections dans certains secteurs, pour lesquels les résultats posent question : difficultés d'interprétation, besoin d'affiner l'échelle d'observation....

A la demande de la DIREN de Basse-Normandie, une étude complémentaire a donc été engagée en 2005. Elle vise d'une part à compléter les investigations dans les secteurs où, en 2002, l'interprétation des résultats était difficile, d'autre part à approfondir l'analyse des données récoltées en 2002 et 2005.

Ce travail constitue le **point de départ d'un suivi à long terme** de la qualité de l'air en Basse-Normandie par l'étude des lichens bio-indicateurs. Il ne s'agit pas ici de décrire, à un instant précis, des émissions polluantes (nature, volumes...), rôle parfaitement rempli par les capteurs physico-chimiques, mais de **mettre en évidence une ou plusieurs pollutions de fond en observant leurs effets sur les organismes vivants**.

METHODOLOGIE

Bref rappel de la méthode employée

La méthode appliquée en 2005 est, comme en 2002, celle décrite par Chantal Van Haluwyn et Michel Lerond en 1986 : dans chaque station visitée, correspondant à un ou plusieurs troncs d'arbres, un relevé de la végétation lichénique épiphyte est réalisé. Une note (1 à 4) est attribuée à chacune des espèces bio-indicatrices présentes ; cette note est représentative de l'âge des thalles lichéniques et de leur localisation sur le tronc de l'arbre support. Les résultats sont reportés sur une fiche de terrain détaillée, décrivant par ailleurs le contexte stationnel (cf. rapport 2002, p6 à 13).

La présence d'espèces de lichens non citées dans les tableaux de relevés est spécifiée sur la fiche de relevé, en information complémentaire.

Un affinage de la carte en 2005

En amont de la campagne de terrain 2005, une carte de stations complémentaires a été dressée :

- un maillage plus fin dans la plaine de Caen (« triangle » Lisieux – Flers – L'Aigles), avec un point tous les 5 km : 94 nouvelles stations au total ;
- des points supplémentaires (de 5 à 15) autour des stations pour lesquels les résultats posaient question : Hérouville St-Clair (C25.1), Vieux (C34.4), Louvigny (C46), Saint-Ebremont-de-Bonfossé (M39) et Granville ; soit 41 nouvelles stations.

Ainsi, en 2005, 135 nouvelles stations ont été positionnées en complément des 347 placettes visitées en 2002.

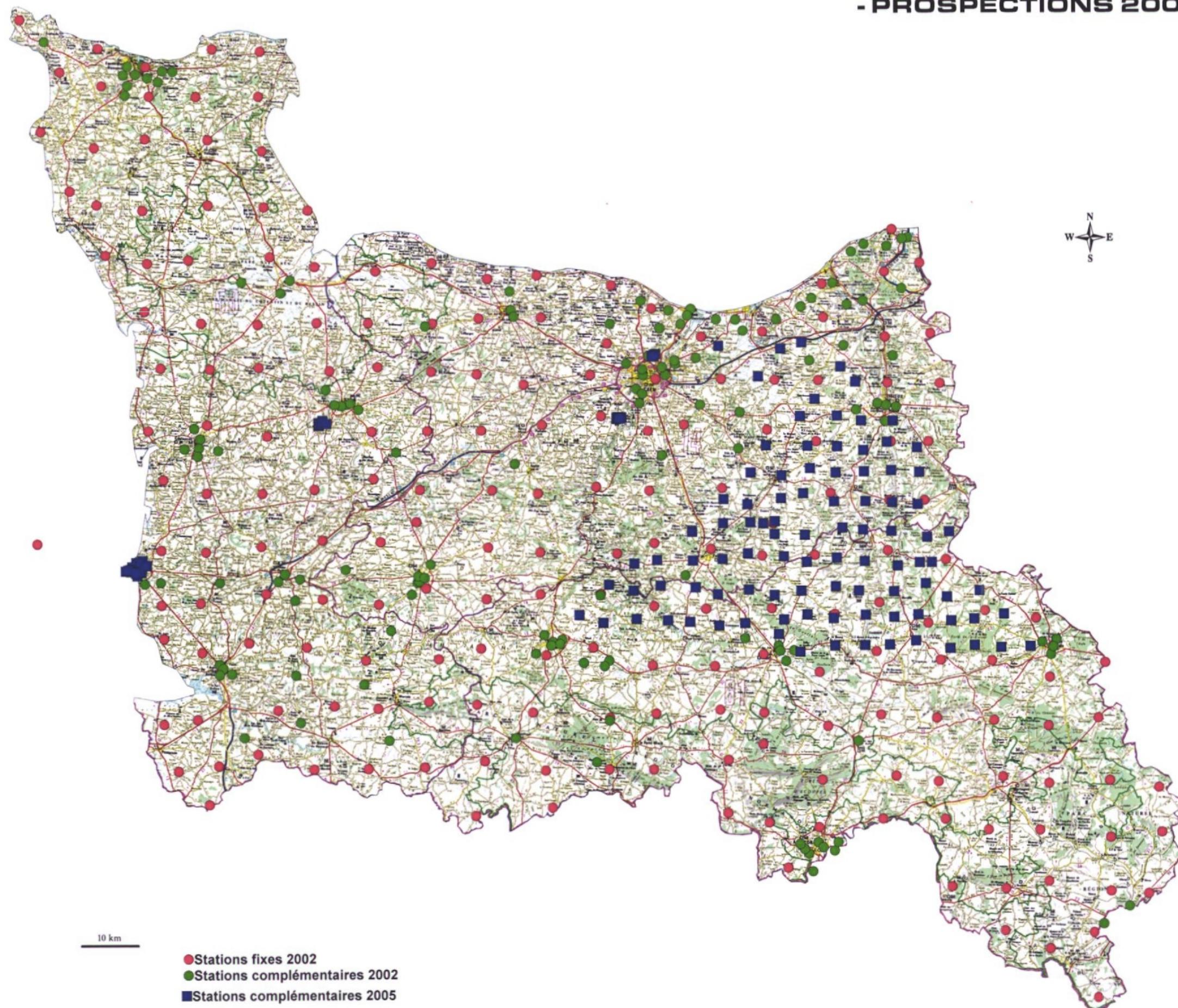
Caractérisation des stations visitées en 2005

Près de 30 % des stations sont situées dans des paysages de **prairies**, 21 % dans des **espaces verts** (parcs urbains, jardins privés, etc.), 15 % en bord de route ou de parking, 14 % dans des secteurs de grandes cultures, 14 % en milieu bocager. Les zones boisées et vergers sont peu représentés en 2005, concernant respectivement 3 % et 2 % des stations.

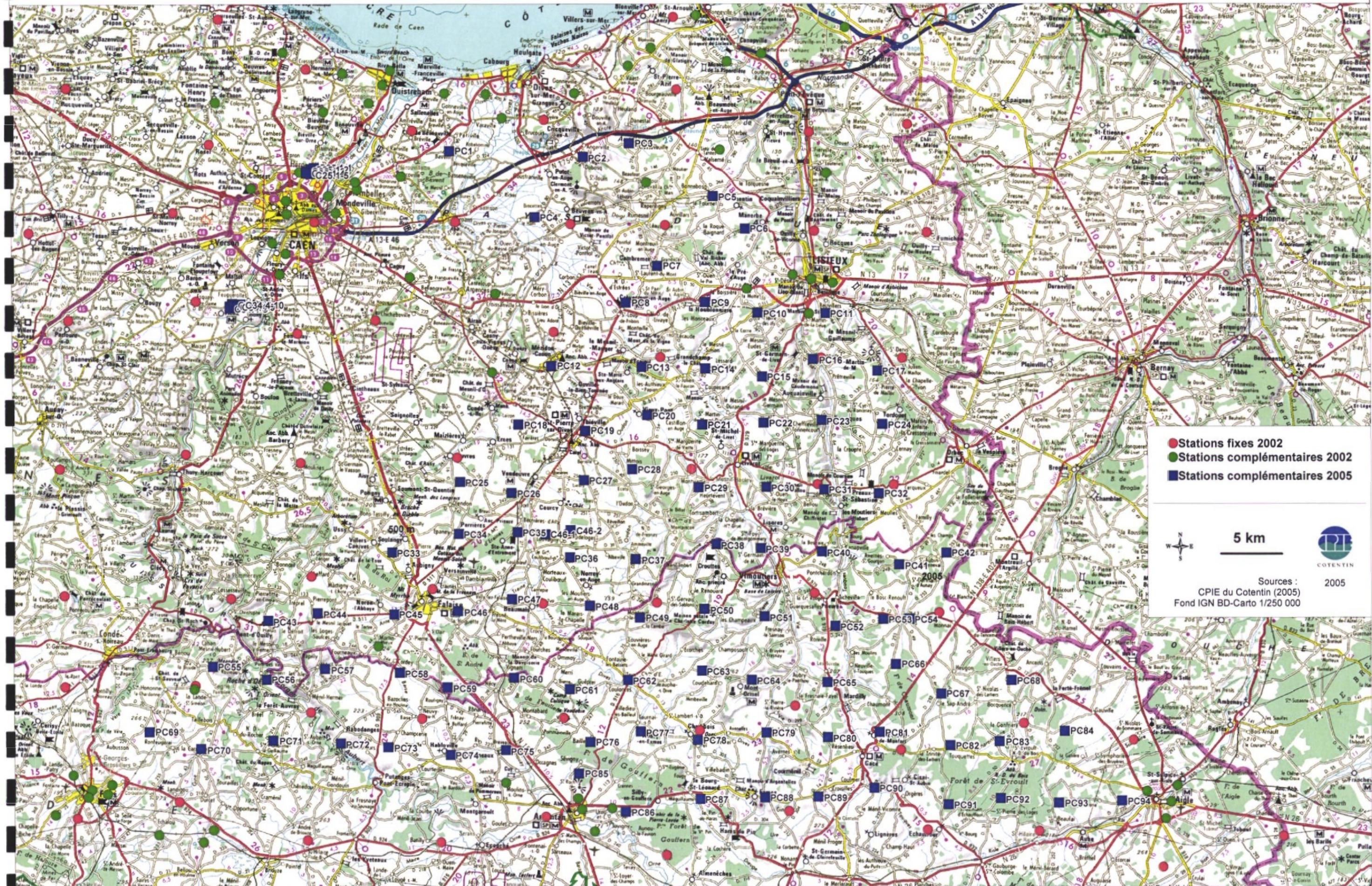
Une majorité des stations concerne des **arbres d'alignement** (43 %, principalement en bord de route, de parking, d'espaces verts...) et des arbres de haies (35 %). Environ 15 % des relevés ont été faits sur des arbres isolés. Les arbres en lisière de boisement ont été autant que possible évités. Bénéficiant d'un ombrage plus ou moins important, ils sont souvent de moins bons supports pour les lichens indicateurs pris en compte dans cette méthode, plutôt héliophiles.

L'essence support la plus fréquemment « employée » est le **chêne pédonculé** (dans 31 % des stations 2005). Viennent ensuite, par ordre décroissant, le frêne élevé (15 %), les érables, les peupliers (p. d'Italie, p. tremble...) et le tilleul (10 % chaque). Les autres essences (noisetier, pommier, saule, charme, hêtre, aubépine monogyne) concernent moins de 8 % des stations. Le diamètre moyen des supports est de 38 cm.

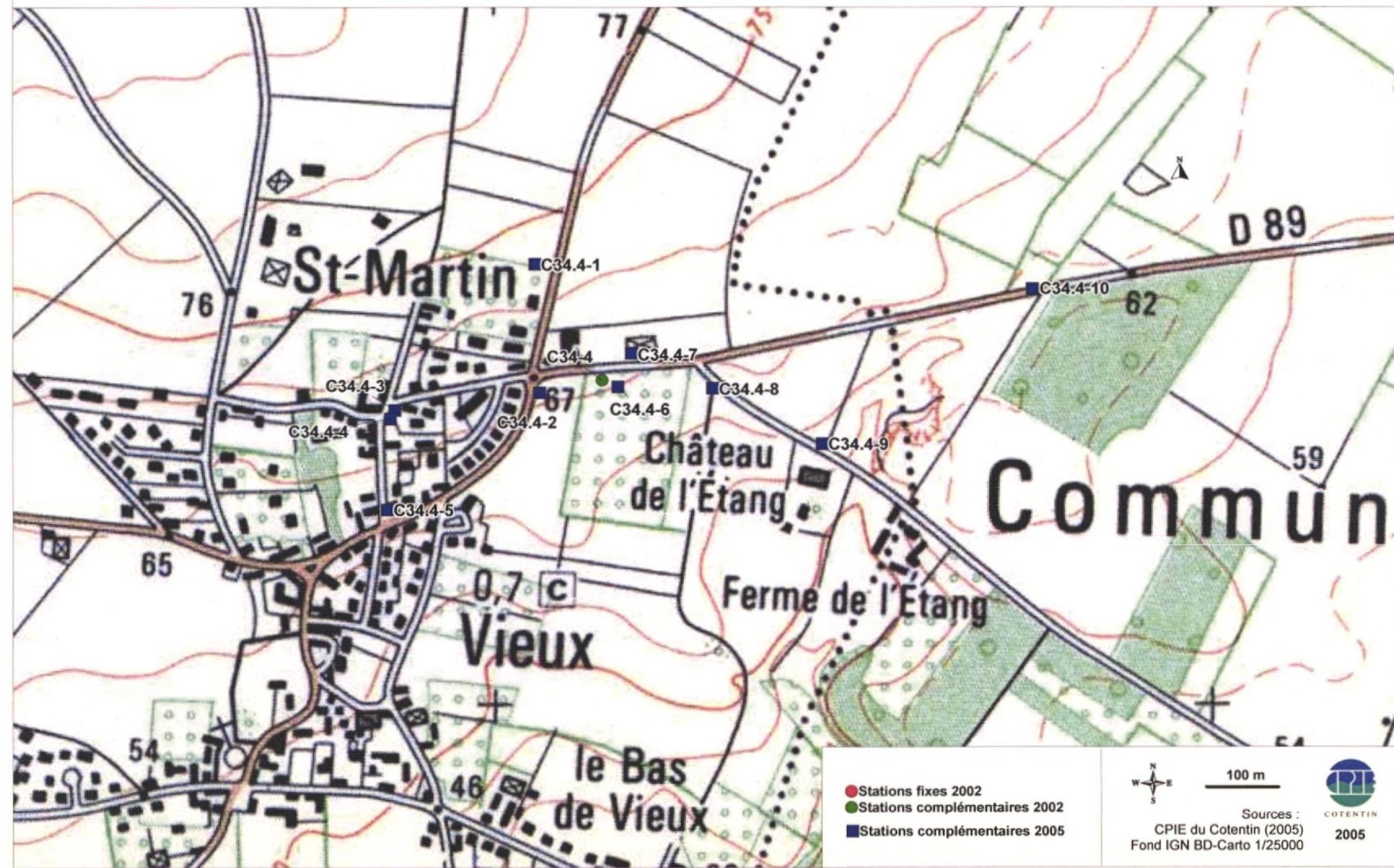
CARTE DE RÉPARTITION DES STATIONS VISITÉES - PROSPECTIONS 2002 ET 2005



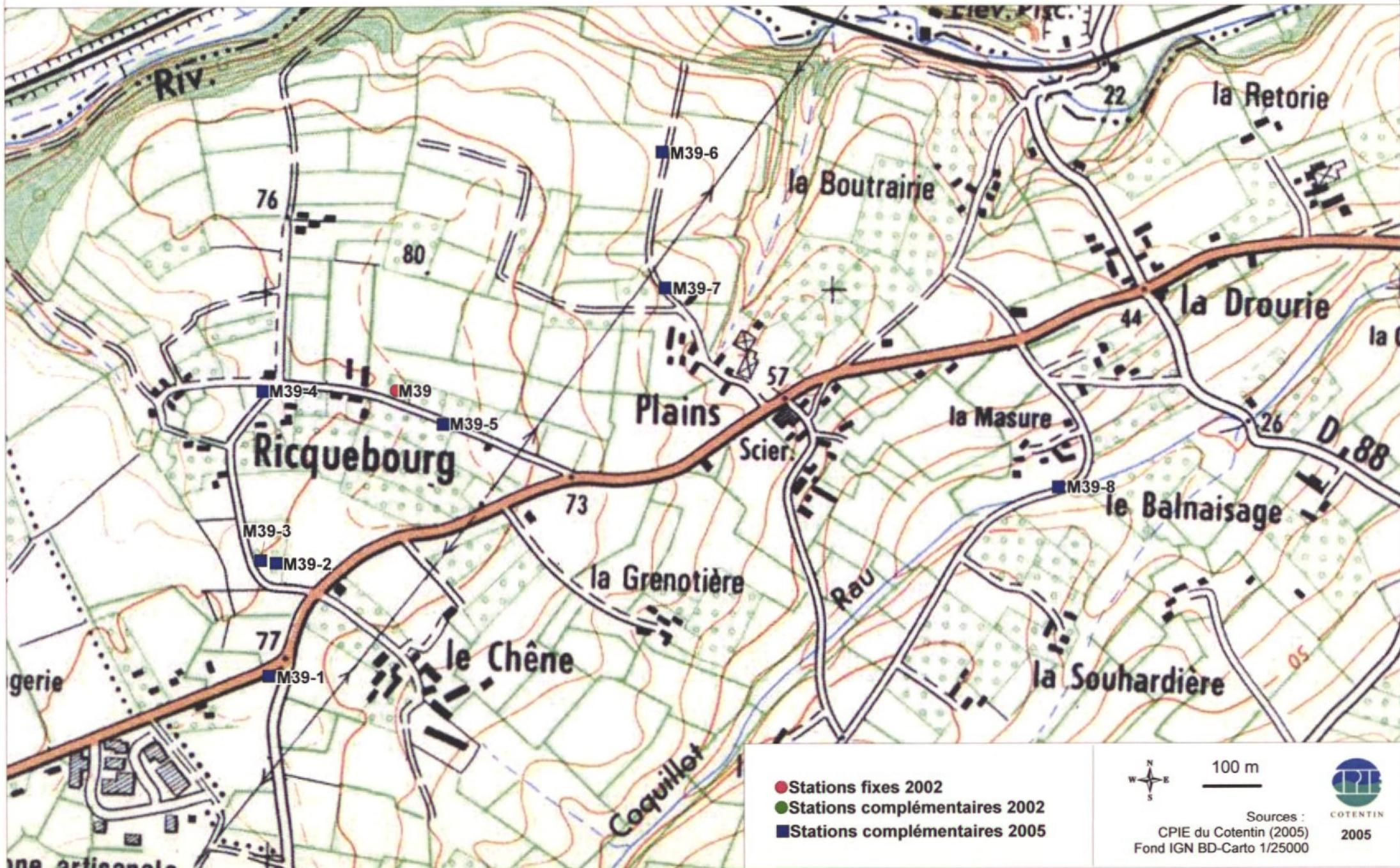
Localisation des stations complémentaires 2005 dans le secteur Lisieux - L'Aigles - Flers



Localisation des stations complémentaires 2005
autour de la station C34.4 (Vieux, 14)



Localisation des stations complémentaires 2005
autour de la station M39 (St-Ebremond-de-Bonfossé, 50)



Localisation des stations complémentaires 2005 sur Granville (50)



I. APPROFONDISSEMENT DES RECHERCHES

1. Compléments autour des stations présentant une qualité d'air moyenne en 2002

Quatre stations visitées en 2002 indiquaient une qualité d'air globalement moyenne (E4/2 ou E4/3). Des prospections complémentaires s'avéraient nécessaires pour expliquer ces résultats et confirmer ou non un indice de dégradation ponctuelle de la qualité de l'air.

Chaque station a été re-visitée en 2005 et complétée de 5 à 10 placettes aux alentours immédiats (dans un rayon de 1 à 5 km). Le nombre de stations supplémentaires est lié à la diversité des situations rencontrées autour de la station initiale (variété des essences support, des modes d'occupation du sol, etc.).

Il s'agissait ici d'écarter des biais potentiels tels que la nature du ou des supports, leur âge (un arbre trop jeune, de diamètre inférieur à 20 cm, n'est généralement colonisé que par des communautés pionnières à lichens incrustants), leur situation (à proximité d'une exploitation agricole, d'un carrefour très fréquenté, etc.).

o Placette C25.1 (La Citis, Hérouville-St-Clair, 14)

Cette station est située au cœur de la Citis, zone d'activité d'Hérouville St-Clair (14), dans un parc urbain récemment aménagé. Les arbres support, de diamètre inférieur à 20 cm, n'y présentent encore que des groupements lichéniques pionniers, peu diversifiés et peu couvrants. L'âge des supports constitue une piste avancée en 2002 pour expliquer le résultat obtenu, soit une qualité d'air globalement moyenne (E4) et un indice de nitrophilie assez élevé (2).

Cinq nouvelles stations ont été visitées dans un rayon de moins d'1 km, principalement vers l'est de C25-1 où ont pu être trouvés quelques arbres porteurs (principalement des essences horticoles non locales : chêne rouge d'Amérique, paulownia...). Il s'agit d'arbres d'alignement, bordant une aire de stationnement ou une route, tous situés à proximité d'habitations ou dans la zone d'activités de la Citis. Leur diamètre moyen est de 26 cm, deux arbres supports ayant un tronc de diamètre inférieur à 20 cm, autrement dit des individus jeunes, encore peu favorables à l'installation de communautés lichéniques à *Ramalina* et/ou *Parmelia* div. sp.

L'une de ces 5 stations supplémentaires est également classée en E4/2 ; il s'agit dans ce cas précis de supports ligneux jeunes, issus d'un aménagement paysager récent. Les résultats obtenus ici sont donc discutables ; la station devrait être revisitée dans 5 ans. Une deuxième station (C25.1-3) se range quant à elle en G4/3 (très bonne qualité d'air mais indice de nitrophilie moyen). Les trois autres stations indiquent une bonne qualité d'air avec un indice de nitrophilie moyen pour deux d'entre elles, et faible pour la dernière.

	Hérouville-St-Clair	Indice Qualité d'air	Indice Nitrophilie
C25.1-1	Lebisey	F4	3
C25.1-2	La Citis	E4	2
C25.1-3	La Citis	G4	3
C25.1-4	La Citis	F4	3
C25.1-5	La Citis	F4	4

Qualité globale de l'air
autour de la station C25.1 (Hérouville-St-Clair, 14)



Indice de pollution azotée
autour de la station C25.1 (Hérouville-St-Clair, 14)



Globalement, au vu des résultats obtenus en 2005 et des observations ponctuelles faites alentours, on peut objectivement estimer que **la qualité globale de l'air dans ce secteur est bonne (F4) et la pollution azotée moyenne (3)**, ce qui est cohérent vis-à-vis des résultats généraux sur l'agglomération caennaise.

Notons que la diversité spécifique moyenne par station est ici de 12 taxa lichéniques, chiffre relativement important par rapport aux autres secteurs visités en Basse-Normandie (la moyenne pour 2005 est de 9 taxa par station).

○ Placette C34.4 (Vieux, 14)

Située à l'est de la commune de Vieux, en bordure d'une prairie pâturée, la placette C34.4 est soumise à l'influence des grandes cultures qui dominent le paysage vers le nord et cela, jusqu'à l'agglomération caennaise. Les stations 2005 ont été positionnées dans un rayon de 500 m autour de C34.4, essentiellement vers le sud, dans le bourg de Vieux.

Les résultats obtenus dans les 10 stations supplémentaires 2005 confirment une **dégradation de la qualité globale de l'air ainsi qu'une pollution azotée moyenne à forte**. Trois stations indiquent une qualité d'air moyenne (E) et 7 stations une bonne qualité d'air (F). Par ailleurs une majorité de stations indique un niveau de pollution azotée moyen (3).

	Commune	Indice Qualité d'air	Indice Nitrophilie
C34.4-1	Vieux	F4	3
C34.4-2		F4	3
C34.4-3		E4	3
C34.4-4		F4	3
C34.4-5		F4	4
C34.4-6		E4	2
C34.4-7		E4	2
C34.4-8		F4	3
C34.4-9		F4	3
C34.4-10	Feuguerolles	F4	3

Le secteur concerné par la station C34.4 est soumis à l'influence :

- de la zone urbaine de Caen, émettrice de polluants atmosphériques divers (circulation automobile, chauffage au fuel, industries...),
- de l'agriculture intensive pratiquée au sud-ouest de Caen.

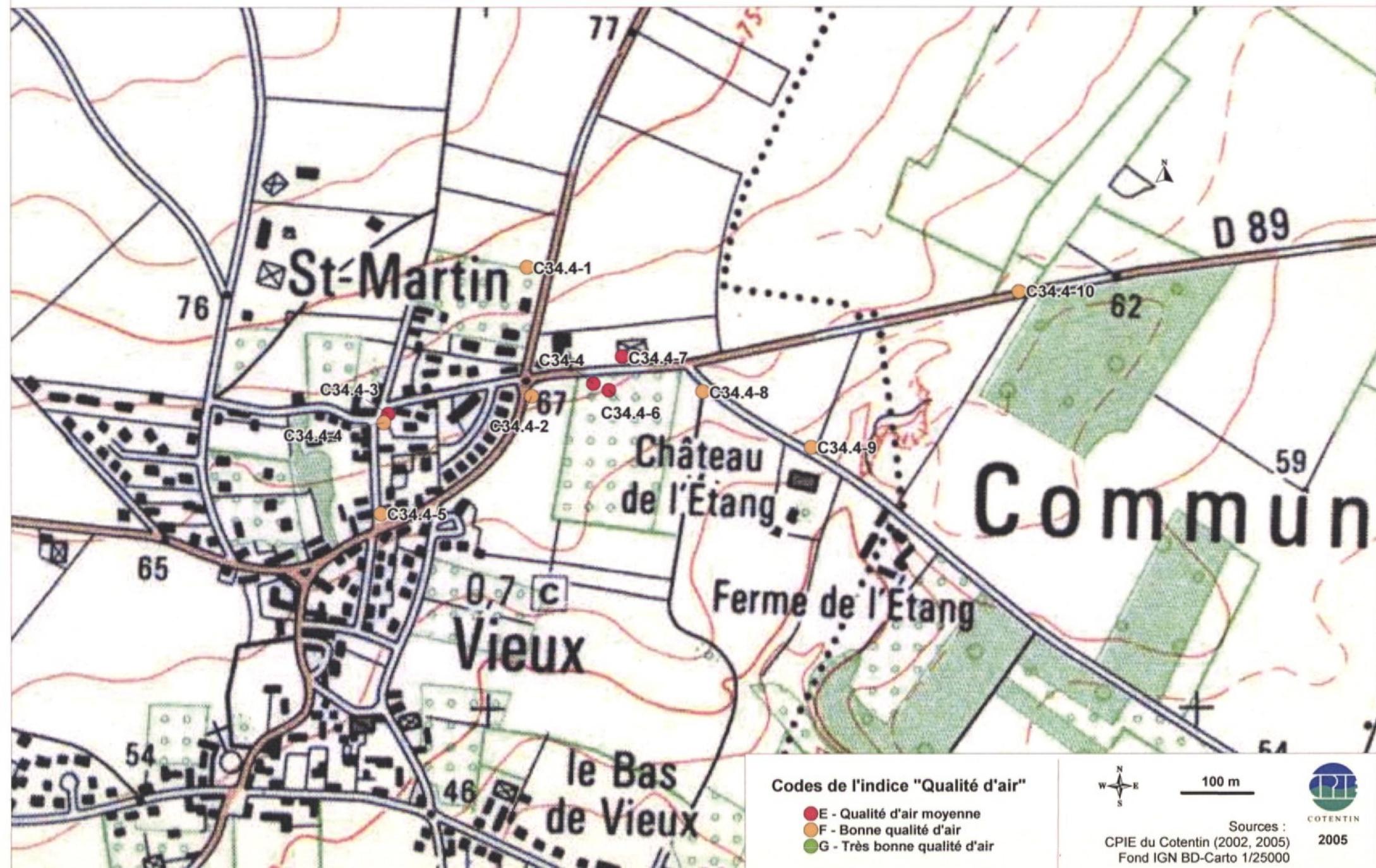
Les vents dominants, nord-est – sud-ouest, contribuent probablement à balayer les émissions polluantes jusqu'à cette zone.

○ Placette C46 (Louvigny - plaine de Caen, 14)

La station C46 est située au cœur de la vaste zone de grandes cultures au sud de St-Pierre-sur-Dives. Les arbres supports sont rares dans ces grands espaces ouverts ; les communautés lichéniques épiphytes y sont pauvres (3 taxa par station au maximum) et principalement constituées d'espèces toxi-tolérantes et nitrophiles.

Deux stations supplémentaires ont été visitées à proximité immédiate de C46, par ailleurs incluse dans le maillage plus fin (5 km de côté) mis en place dans le triangle Lisieux – Flers – L'Aigles.

Qualité globale de l'air
autour de la station C34.4 (Vieux, 14)



Codes de l'indice "Qualité d'air"

- E - Qualité d'air moyenne
- F - Bonne qualité d'air
- G - Très bonne qualité d'air



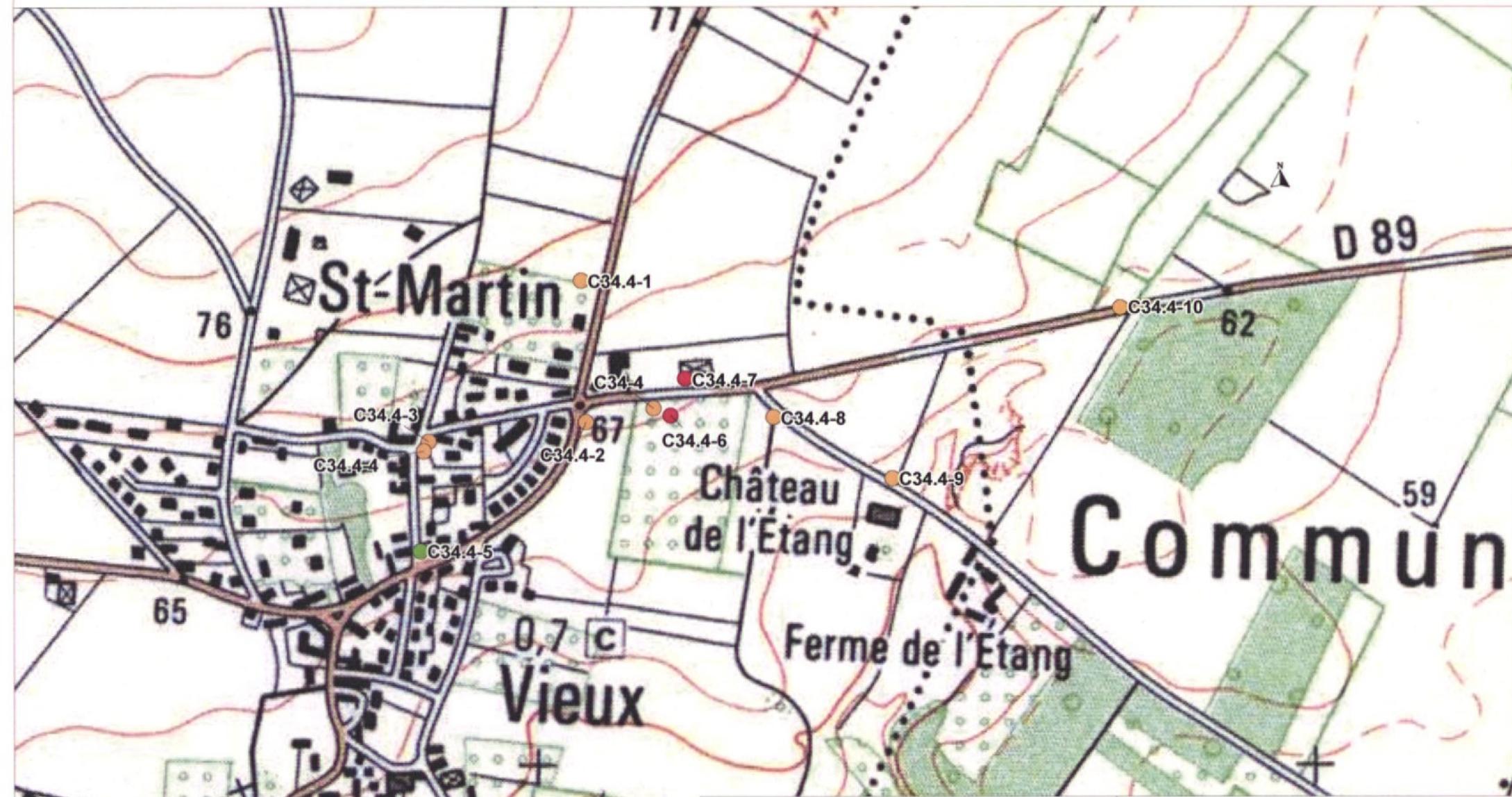
100 m



Sources :
CPIE du Cotentin (2002, 2005)
Fond IGN BD-Carto 1/25000

2005

Indice de pollution azotée
autour de la station C34.4 [Vieux, 14]



Codes de l'indice "Nitrophilie"

- 2 - Pollution forte
- 3 - Pollution moyenne
- 4 - Pollution faible



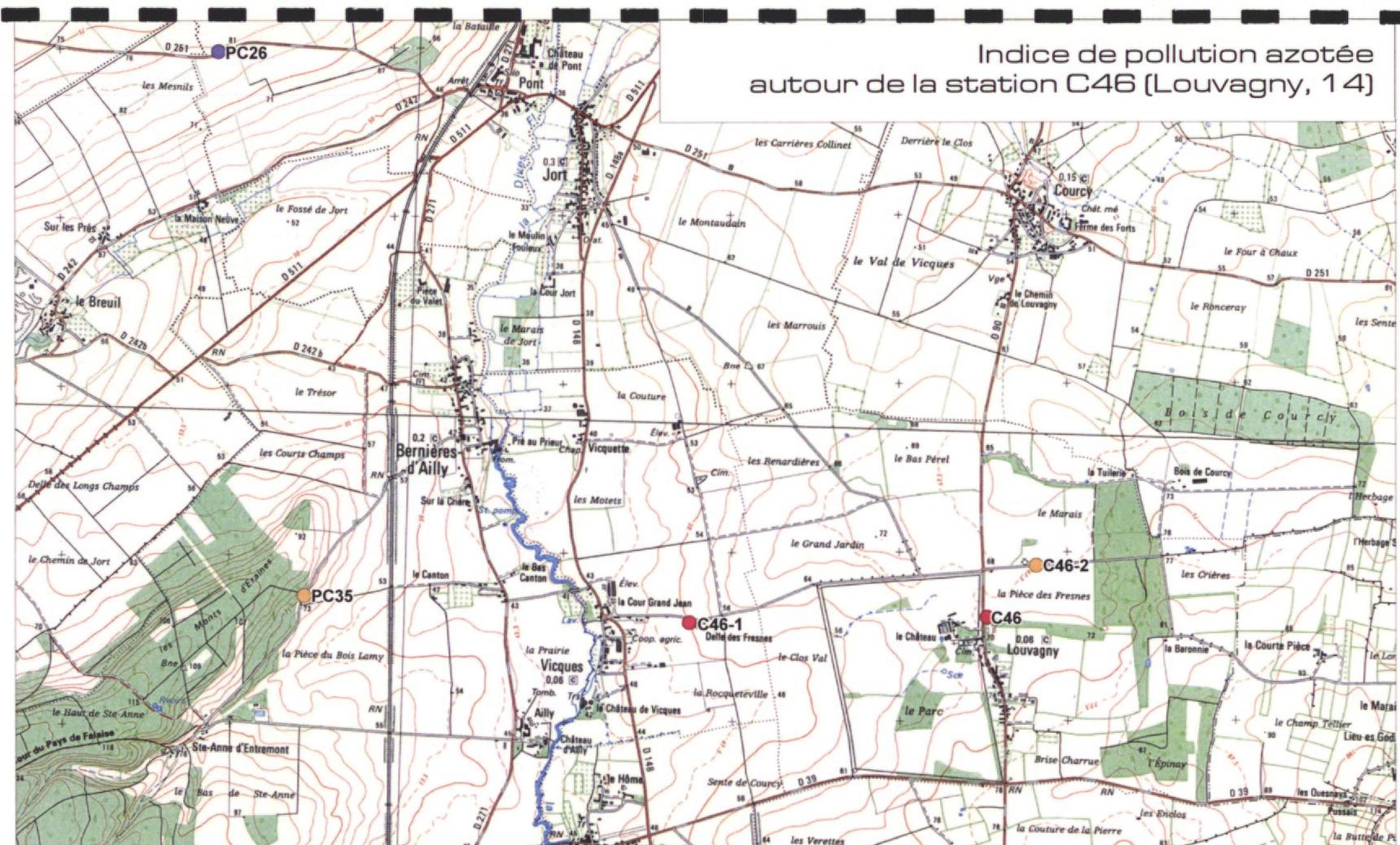
100 m

Sources :
CPIE du Cotentin (2002, 2005)
Fond IGN BD-Carto 1/25000



COTENTIN
2005

Indice de pollution azotée autour de la station C46 (Louvagny, 14)



Codes de l'indice "Nitrophilie"

- 1 - Pollution très forte
- 2 - Pollution forte
- 3 - Pollution moyenne
- 4 - Pollution faible



500 m

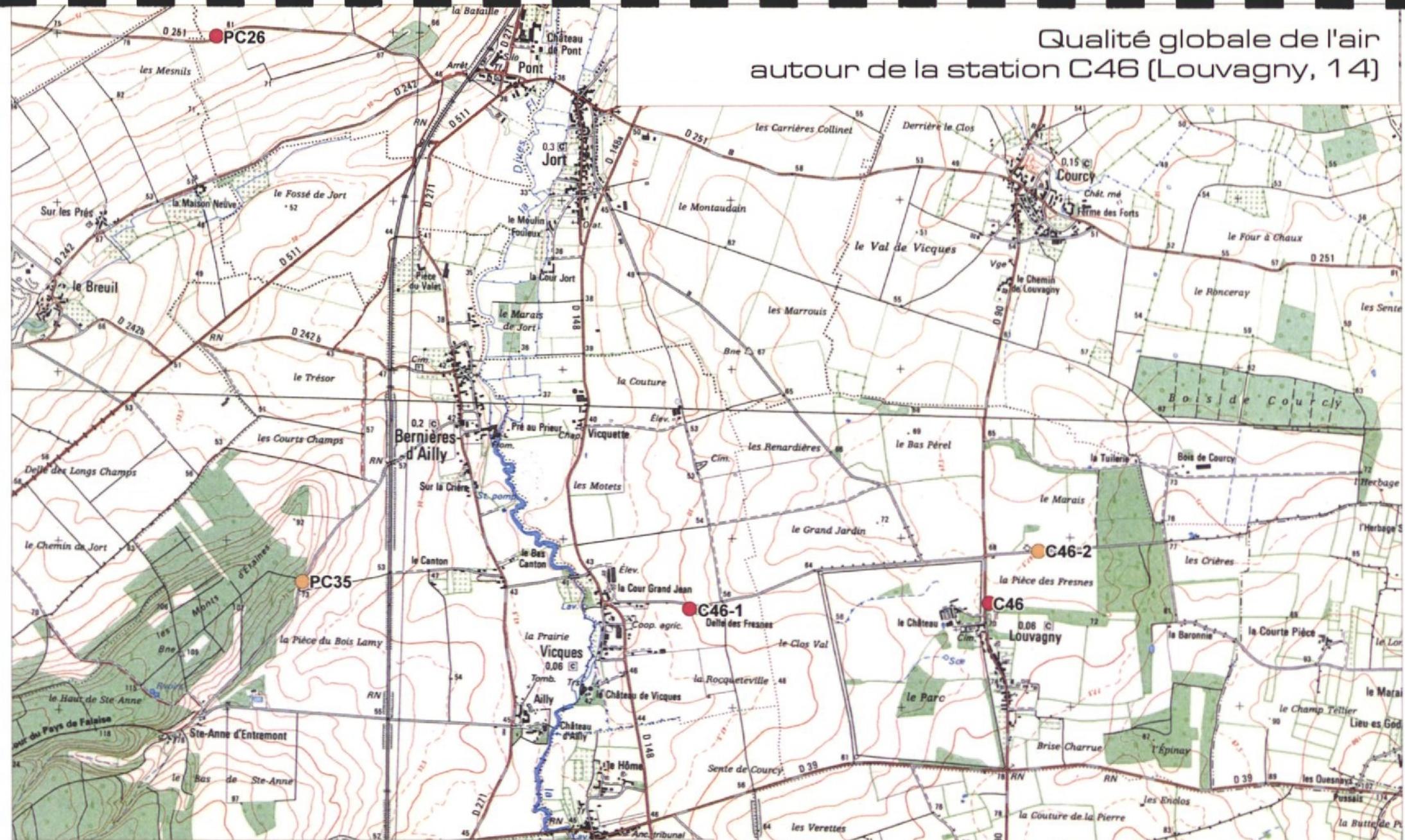
Sources :
CPIE du Cotentin (2002, 2005)
Fond IGN BD-Carto 1/25000



2005

2005

Qualité globale de l'air autour de la station C46 (Louvagny, 14)



Codes de l'indice "Qualité d'air"

- E - Qualité d'air moyenne
- F - Bonne qualité d'air
- G - Très bonne qualité d'air



500 m



COTENTIN

Sources :
CPIE du Cotentin (2002, 2005)
Fond IGN BD-Carto 1/25000

2005

2005

Deux stations, situées dans un rayon de cinq km autour de C46 indiquent une qualité d'air moyenne et un indice de pollution azotée forte à très forte. Dans les deux cas, il s'agit d'arbres directement soumis à l'influence de l'agriculture intensive menée à proximité. Les 4 autres stations proches de C46 indiquent une bonne qualité d'air et un niveau de pollution azotée moyen.

	Commune	Indice Qualité d'air	Indice Nitrophilie
C46.1	Bernières d'Ailly	E4	2
C46.2	Louvagny	F4	3
PC35	Bernières d'Ailly	F4	3
PC36	Barou-en-Auge	F4	3
PC26	Pont	E4	1
PC27	L'Oudon	F4	3

Ainsi, il semble que **la qualité globale de l'air dans ce secteur soit bonne (classe F), avec une dégradation localisée, au cœur des cultures intensives. On note une pollution azotée moyenne (classe 3).**

Trois espèces, parmi les plus nitrophiles, dominent nettement dans ce secteur : *Xanthoria parietina*, *Physcia tenella* et *Diploicia canescens*. Ponctuellement, il est possible de rencontrer deux *Ramalina* fréquents en Basse-Normandie : *R. fastigiata* et *R. farinacea*, permettant de « ranger » la station en classe F. Hormis *Parmelia subrudecta*, observé une fois sur la station PC 27, aucune autre espèce des classes F ou G n'ont été observées dans ce secteur.

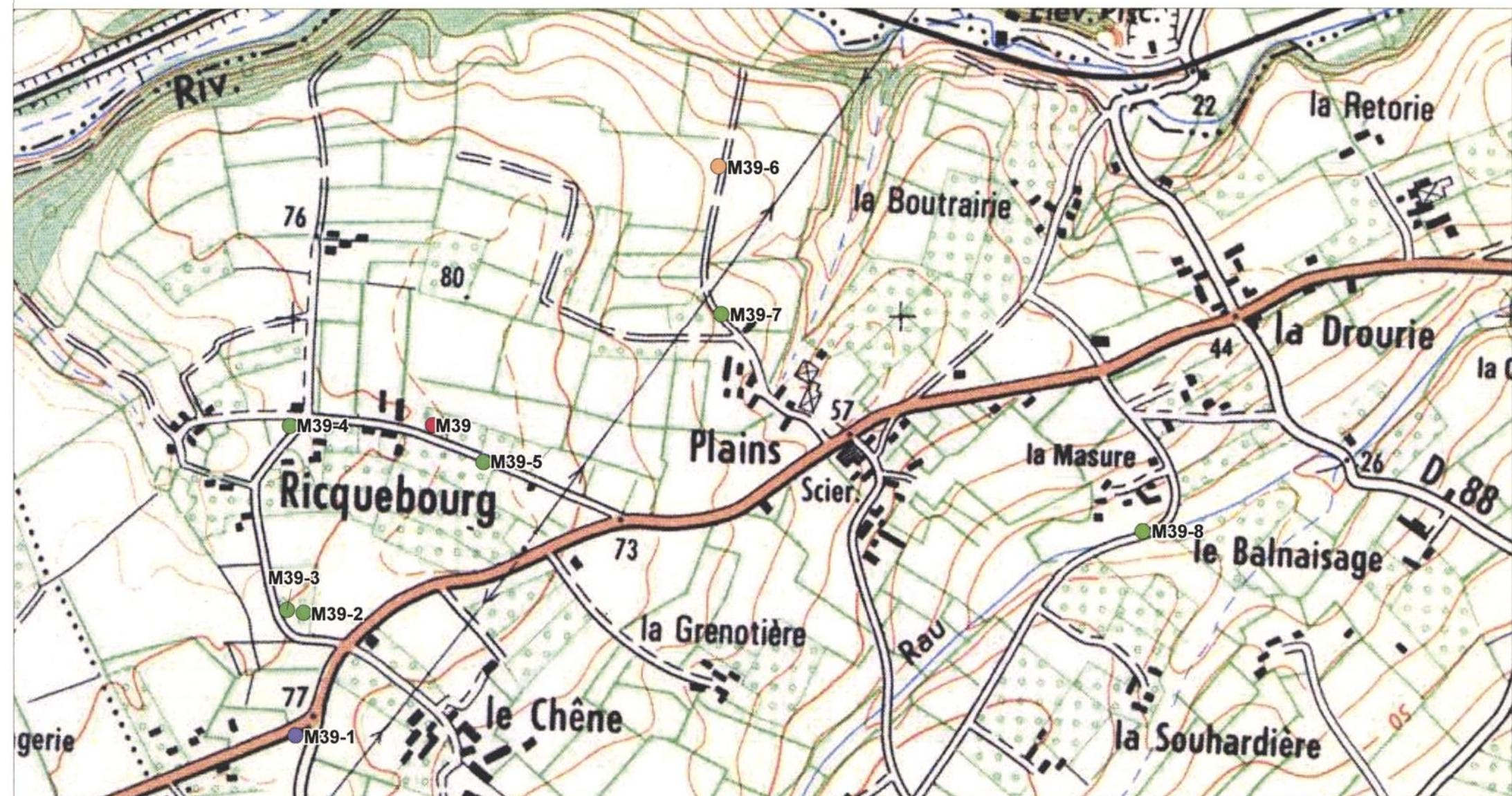
○ Placette M39 (St-Lô, 50)

Située au sud-ouest de St-Lô, la station M39 est directement soumise à l'influence d'un champ cultivé. Sur les 8 stations supplémentaires visitées en 2005, 6 indiquent une très bonne qualité d'air et un niveau de pollution azotée faible à moyen. En raison de la présence de lierre sur l'arbre support utilisé, la station M39.1 ne semble pas significative ; les résultats obtenus - une qualité globale de l'air passable et un indice de nitrophilie très fort – doivent de ce fait être pris avec recul.

	Commune	Indice Qualité d'air	Indice Nitrophilie
M39.1	St-Ebremond-de-Bonfossé	D4	1
M39.2		G4	4
M39.3		G4	4
M39.4		G4	4
M39.5		F4	4
M39.6		G4	3
M39.7		G4	4
M39.8		G4	4

Au vu de ces résultats et des observations alentours, **la qualité globale de l'air dans ce secteur semble très bonne, avec une pollution azotée faible.**

Indice de pollution azotée
autour de la station M39 (St-Ebremond-de-Bonfossé, 50)



Codes de l'indice "Nitrophilie"

- 1 - Pollution très forte
- 2 - Pollution forte
- 3 - Pollution moyenne
- 4 - Pollution faible



100 m

Sources :
CPIE du Cotentin (2002, 2005)
Fond IGN BD-Carto 1/25000



COTENTIN
2005

Qualité globale de l'air
autour de la station M39 (St-Ebremond-de-Bonfossé, 50)



○ Granville

Lors des prospections menées en 2002, il était apparu que Granville présentait une qualité globale de l'air légèrement dégradée (zone F) et un indice de nitrophilie ponctuellement élevé. Ces résultats, comparés à ceux obtenus dans des villes de plus grande importance et dans un contexte similaire (ex. Cherbourg), soulevaient quelques interrogations.

En 2005, 16 nouvelles stations ont été visitées sur ce secteur.

M48	Indice Qualité d'air	Indice Nitrophilie	M48	Indice Qualité d'air	Indice Nitrophilie
A	G4	4	I	F3	3
B	E4	2	J	G4	4
C	G4	4	K	G4	4
D	G4	4	L	F4	3
E	F4	4	M	F4	4
F	F4	4	N	G4	4
G	F4	4	O	G4	4
H	F4	4	P	G4	4

Seule une station 2005 (M48-B) présente une qualité d'air moyenne couplée à un fort indice de nitrophilie. La station est matérialisée par trois arbres-support de faible diamètre (25 cm), situés en bordure d'un parking. Le cortège lichénique y est typiquement nitrophile et pionnier, *Xanthoria parietina* et *Diploicia canescens* dominant. L'influence des embruns sur cette station peut être avancée ; les arbres n'étant éloignés de la mer que d'une centaine de mètres. Toutefois, ils ne sont pas directement soumis aux vents marins, étant séparés de la côte par une rangée de bungalows disposés face à la mer.

La flore lichénique des arbres de Granville est caractérisée par la nette dominance des espèces nitrophiles. Apparaissant dans plus de 90% des stations (2002 et 2005), *Diploicia canescens* est l'espèce la plus fréquemment rencontrée, suivie de *Xanthoria parietina* et *Physcia tenella* (dans plus de 80% des stations). A noter, la relative abondance de *Physconia grisea* sur les arbres de la ville (dans près de la moitié des stations) ; cette espèce nitrophile est généralement associée à un apport azoté du aux déjections canines.

Malgré la multiplication du nombre de relevés sur Granville, il est difficile de mettre en évidence l'influence des embruns sur le développement de *Diploicia canescens* et *Xanthoria parietina*, même si dans certains cas (ex. M48-G), ce facteur peut expliquer leur important pourcentage de recouvrement.

Les traitements phytosanitaires appliqués au pied des arbres de la ville mais aussi la fréquentation de ces derniers par les chiens de la ville peuvent constituer des sources significatives d'eutrophisation. On observe en effet, sur un mètre de hauteur environ, un « manchon » de lichens nitrophiles (*Physcia tenella*, *Xanthoria parietina*, *Diploicia canescens*, *Physconia grisea*) tout à fait révélateurs d'apports azotés réguliers (sous une ou plusieurs formes). Si ces espèces sont nettement favorisées, presque toutes les autres disparaissent. Afin de limiter autant que possible l'importance de ce biais, les relevés sont réalisés entre 1 m et 2 m de hauteur. Aucune information quant à l'entretien des arbres d'alignement n'a été récoltée au cours de cette étude. Toutefois, il est peu probable que les pratiques du service des Espaces Verts de Granville soient très différentes de celles des autres villes de Basse-Normandie.

Dans le centre-ville et sur les abords des principales voies de circulation, on observe fréquemment des thalles de Parméliacées nécrosés. Cette altération des thalles peut sous-entendre une augmentation des émissions polluantes liées à un trafic automobile intensifié depuis quelques années sur ces axes.

Globalement sur Granville, on note une **dégradation de la qualité globale de l'air** dans trois situations :

- à proximité immédiate du port,
 - o source possible : l'activité portuaire importante.
- dans le centre ville,
 - o sources possibles :
 - Le trafic automobile, avec une concentration des éléments polluants due à la configuration de la ville, avec des rues étroites, un centre ville « encaissé » en fond de vallée.
 - Le traitement phytosanitaire des arbres d'alignement par les services d'entretien de la ville.
 - Les déjections canines.
- en bordure des grands axes de circulation automobile.
 - o source possible : la densité du trafic automobile.

Qualité globale de l'air sur Granville (50)



Codes de l'indice "Qualité d'air"

- E - Qualité d'air passable
- F - Bonne qualité d'air
- G - Très bonne qualité d'air



Sources :
 CPIE du Cotentin (2002, 2005)
 Fond IGN BD-Carto 1/25000



Répartition de *Diploicia canescens*
sur Granville (50)



Répartition de *Xanthoria parietina*
sur Granville (50)



2. Compléments sur les paysages de grandes cultures : Plaine de Caen / St-Pierre-sur-Dives / Falaise / Argentan

Les cartes établies en 2002 faisaient apparaître sur un secteur globalement délimité par un triangle Lisieux / L'Aigles / Flers, une zone de moins bonne qualité d'air et un indice de nitrophilie plus fort que la moyenne régionale.

Près de 90 nouvelles stations complémentaires ont été définies en 2005, sur un maillage plus fin, à raison d'une station tous les 5 km. Une dizaine de stations ont également été positionnées en arrière de la côte fleurie, entre Caen et Lisieux, de manière à combler les « vides » du maillage 2002.

Moins de la moitié des stations indiquent une très bonne qualité d'air (G) et un indice de nitrophilie faible (4) à moyen (3) alors que ce résultat concerne presque 80% des stations visitées en 2002 sur l'ensemble de la région.

Le taux de stations présentant une bonne qualité d'air (F) et une pollution azotée moyenne (3), voisin de 30 %, est très largement supérieur à celui de la Basse-Normandie (5,4%). Enfin, le nombre de stations indiquant une qualité d'air moyenne et un indice de nitrophilie fort à très fort est significativement plus important que la moyenne régionale.

Comparativement aux résultats obtenus sur l'ensemble du territoire régional en 2002, **ce secteur de grandes cultures semble globalement affecté d'une moins bonne qualité d'air et d'une pollution azotée significative.**

Indice de Qualité d'air	Indice de Nitrophilie	Nombre de stations concernées	% de stations concernées
D	1	1	1
E	1	1	1
	2	8	8
	3	1	1
F	2	1	1
	3	26	28
	4	13	14
G	3	9	10
	4	34	36

Les stations présentant les résultats les plus médiocres se situent principalement entre St-Pierre-sur-Dives et Falaise :

- 5 stations indiquent une qualité d'air moyenne (E)
- 5 stations indiquent une pollution azotée forte (2), et même pour 1 station une pollution azotée très forte (1).

Si certaines stations sont effectivement soumises à l'influence directe des pratiques agricoles appliquées à proximité (émissions d'ammoniac), d'autres présentent des résultats relativement médiocres alors qu'elles sont situées au cœur de bourg, protégées des émissions azotées par le bâti, les haies et bosquets de jardins périphériques.

La pollution de l'air, *a priori* d'origine azotée ici, n'est donc pas uniquement ponctuelle (à proximité immédiate des cultures) mais diffuse sur l'ensemble du secteur.

Il est d'ailleurs intéressant de comparer les deux cartes des résultats 2002+2005 (qualité de l'air et nitrophilie) de cette présente étude avec celle des unités paysagères de Basse-Normandie (DIREN/SNPC). Le secteur de moins bonne qualité globale de l'air et de pollution azotée significative correspond assez bien aux paysages de campagnes découvertes : une

vaste zone délimitée par le nord-ouest de l'agglomération caennaise / Livarot / Chambois / Falaise, ainsi qu'une zone plus restreinte au nord-ouest d'Argentan.

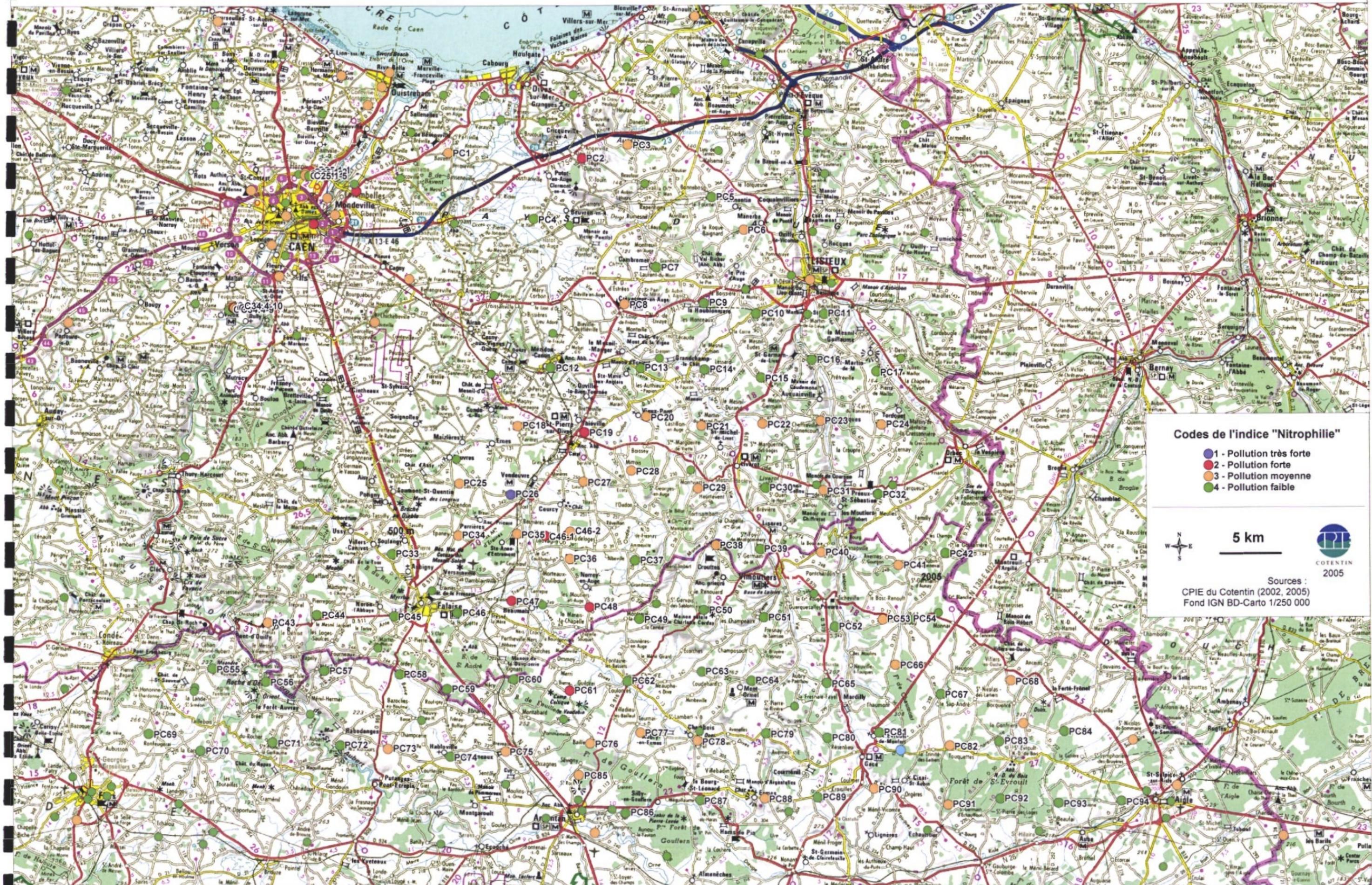
L'observation des cartes de répartition de quelques espèces emblématiques conforte les résultats obtenus en terme d'indices de qualité d'air et de nitrophilie.

- ✓ Espèce ayant besoin d'ammoniac pour se développer, *Diploicia canescens* est très commune dans les paysages ouverts de grandes cultures, les secteurs d'élevage et les zones urbaines. On retrouve une répartition assez similaire pour *Xanthoria parietina* et *Physcia tenella*, espèces parmi les plus fréquentes en ville.
- ✓ Moins commune à l'échelle régionale *Physcia adscendens* est fréquemment observée dans la plaine de Caen et les zones urbaines.
- ✓ Espèce très commune en Basse-Normandie, *Parmelia caperata* est quasiment absente dans la plaine de Caen et la plaine de St-Pierre-sur-Dives alors qu'on la retrouve fréquemment sitôt quitté les grandes cultures. Sensible au SO₂, elle tolère les NOx mais reste très sensible à l'ammoniac provenant de l'industrie ou de l'activité agricole.
- ✓ Pourtant plus tolérante à l'ammoniac, *Parmelia perlata* n'apparaît dans quasiment aucune des stations de ce vaste espace de cultures, y compris autour de l'agglomération caennaise ; elle est très sensible aux NOx et au SO₂, ce qui explique son absence quasi systématique des zones urbaines.
- ✓ Enfin, espèce indicatrice d'une bonne qualité d'air et non classée parmi les espèces nitrophiles, *Parmelia acetabulum* est bien plus fréquente sur l'agglomération caennaise et la plaine de Caen que sur le reste du territoire bas-normand. Ce lichen au thalle foliacé bleu verdâtre, appréciant les troncs d'érables, de frêne... appartient à l'alliance du *Xanthorion* et plus particulièrement à l'association du *Physcietum adscendentis* ; il est ainsi fréquemment observé aux côtés des *Physcia* div. sp., *Xanthoria* div. sp., *Diploicia canescens*...

Les investigations menées en 2005 dans le secteur Lisieux / l'Aigles / Flers ont permis de délimiter de manière plus précise cette « poche » de qualité d'air moindre, s'étendant vers l'est depuis St-Pierre-sur-Dives, dans des paysages plus bocagers. Sont mises en cause ici les pratiques agricoles appliquées dans ces vastes espaces ouverts : **l'utilisation d'engrais azotés liquides** et, pour une moindre part, **l'épandage des effluents d'élevage** (com. pers. I. Diomard - Chambre d'Agriculture du Calvados). De fait, dans les deux cas, se produit un phénomène de **volatilisation ammoniacale**, dont l'ampleur varie selon les conditions (accentué par une température de l'air élevée, un vent fort, un temps sec, un sol nu...), les types et les modes d'apport des fertilisants. La volatilisation de l'ammoniac est accrue lorsque le pH du sol est basique, comme dans le cas de la plaine de Caen, notamment aux environs de Falaise.

Les quelques stations complémentaires mises en place entre l'agglomération caennaise et Lisieux ne montrent pas de dégradation marquée de la qualité globale de l'air. Certaines indiquent une bonne qualité d'air (F) couplée à un indice de nitrophilie moyen (3) ; ces stations sont localisées en bordure de routes nationales, caractérisées par un trafic routier dense.

Indice de pollution azotée dans le secteur Lisieux - L'Aigles - Flers



3. Discussion générale sur les résultats 2005

Sur les points complémentaires 2005 (tous secteurs confondus), 44 % des stations indiquent une très bonne qualité d'air (G) corrélée à un indice de nitrophilie faible (4) et 26 % des stations une bonne qualité d'air (F) avec un indice de pollution azotée moyen (3). Comparés aux résultats obtenus pour l'ensemble du territoire régional (69 % pour la classe G/4 et seulement 5.4 % pour la classe F/3), ces chiffres semblent confirmer une **dégradation relative de la qualité de l'air** dans les secteurs prospectés de mani-re plus approfondie en 2005. Cette tendance est confirmée par une proportion significativement supérieure de stations classées en zone E - qualité d'air moyenne, avec un indice de nitrophilie élevé (2, voire 1).

Indices qualité de l'air / nitrophilie	Basse-Normandie : stations 2002		Stations complémentaires 2005	
	Nb de stations	%	Nb de stations	%
F / 5	1	0,3	0	0
G / 4	239	69	60	44
F / 4	48	14	13	10
G / 3	30	9	14	10
F / 3	19	5,4	35	26
E / 3	1	0,3	1	0,75
F / 2	6	1,5	1	0,75
E / 2	3	0,5	9	7
E / 1	0	0	1	0,75
D / 1	0	0	1	0,75

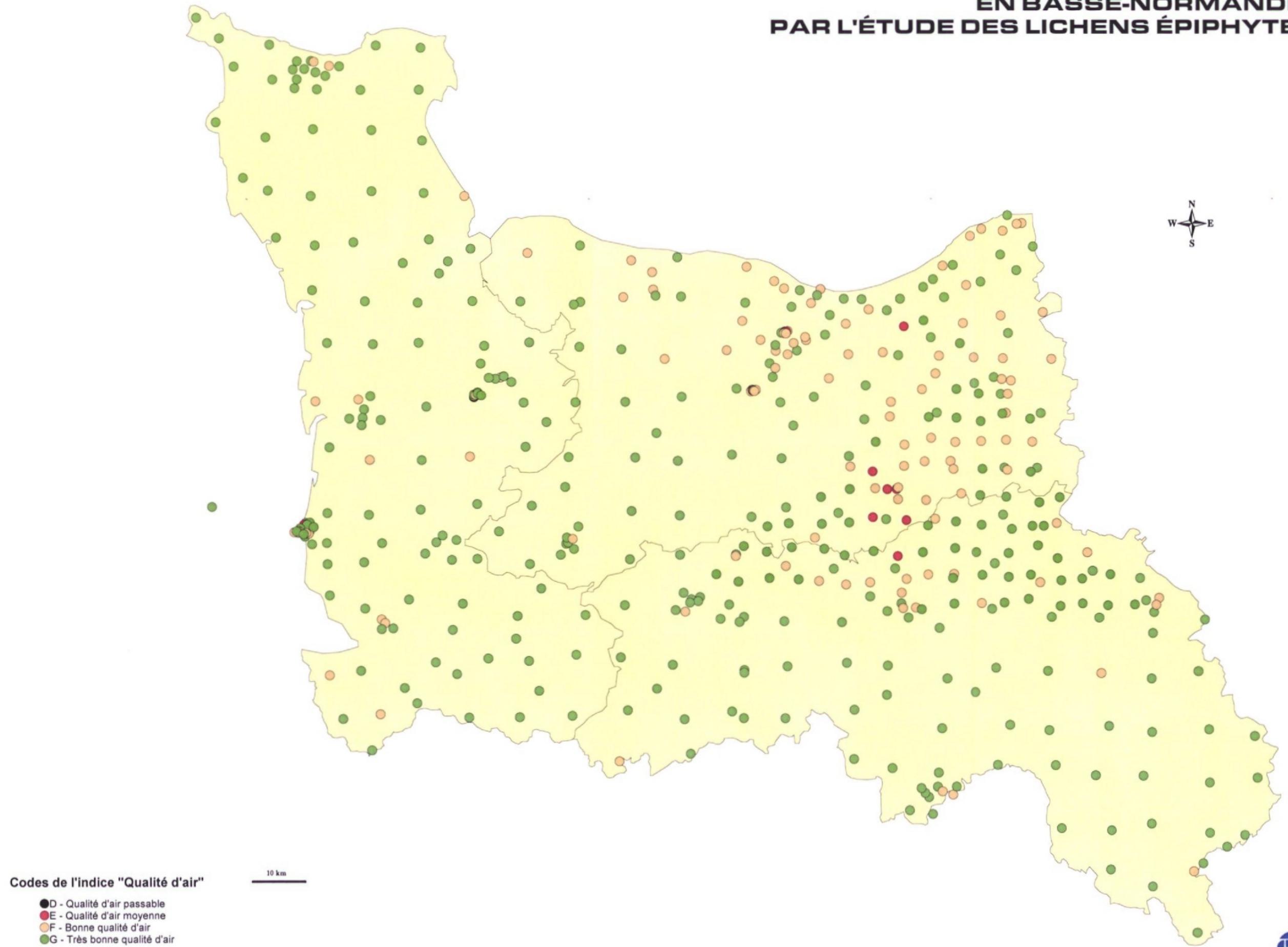
Au vu de ces résultats, il semble que la dégradation de la qualité globale de l'air soit surtout ponctuelle (à proximité des sources émettrices) et principalement liée à des **émissions azotées**, qu'elles soient d'origine agricole dans la plaine de Caen, ou conséquentes au trafic automobile dans les zones urbaines.

Notons que plusieurs investigations menées en France (Rhône-Alpes, Nord-Pas-de-Calais, Paris, etc.) sur le suivi de la qualité globale de l'air par l'observation des lichens épiphytes ont clairement montré une régression de la pollution acide (SO₂), se traduisant par le retour des espèces les plus sensibles (Usnées par exemple). Parallèlement, presque toutes mettent en évidence une **augmentation notable des espèces nitrophiles**, favorisées par les oxydes d'azote, notamment dans les zones industrielles.

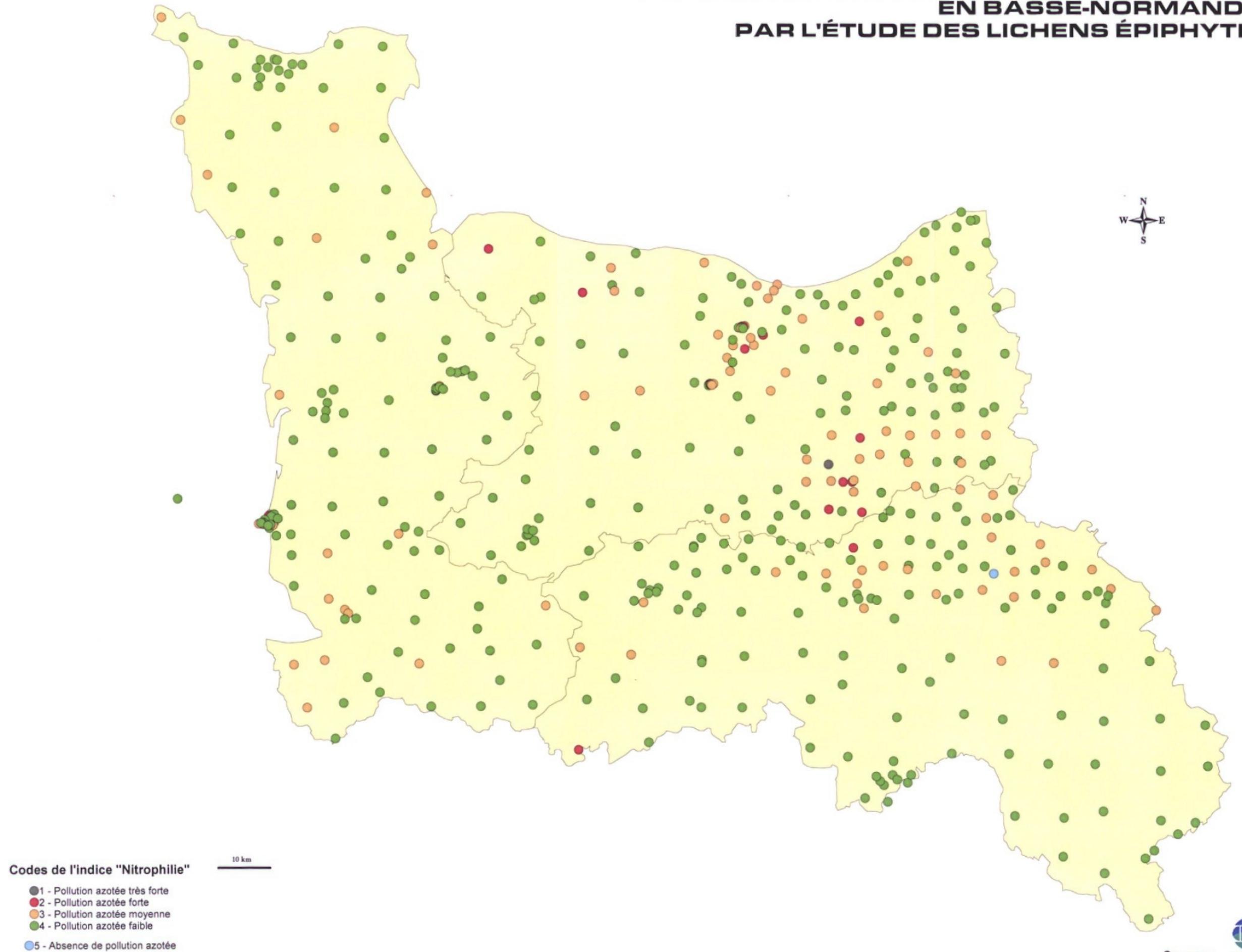
Selon le CITEPA (2003), l'agriculture est considérée comme la principale source émettrice d'ammoniac (plus de 90 % à l'échelle nationale), devant très largement le transport routier (2 % selon les mêmes sources). Parmi les sources d'émissions d'origine agricole, l'élevage (épandage des effluents d'élevage et bâtiments d'élevage) devance très largement les cultures (respectivement 80 et 20 % des émissions).

En Basse-Normandie, le développement des lichens nitrophiles, généralement corrélé à une dégradation de la qualité globale de l'air, est particulièrement significatif dans les secteurs de grandes cultures, plus que dans les zones d'élevage ; il semble que la cause la plus plausible de la pollution azotée détectée soit liée à l'utilisation d'engrais azotés liquides et à l'épandage des effluents d'élevage.

REPRÉSENTATION DE LA QUALITÉ GLOBALE DE L'AIR EN BASSE-NORMANDIE PAR L'ÉTUDE DES LICHENS ÉPIPHYTES



REPRÉSENTATION DE LA POLLUTION AZOTÉE EN BASSE-NORMANDIE PAR L'ÉTUDE DES LICHENS ÉPIPHYTES



✓ Etude des résultats par rapport à la diversité spécifique par station

L'analyse des résultats montre une nette corrélation entre le nombre d'espèces par station et l'indice de qualité d'air estimée. Ainsi, les stations classées en zone G présentent généralement plus de 10 taxons différents, les stations en zone F entre 5 et 10, les stations en zone E, moins de 5 taxons.

Il est logique de rencontrer ce même phénomène vis-à-vis de l'indice de nitrophilie. Dans les secteurs soumis à une pollution azotée, quelle soit d'origine agricole ou liée au trafic automobile, les espèces nitrophiles tendent à se développer au détriment des autres espèces, déjà mises à mal par des conditions d'eutrophisation et d'acidification de leur environnement.

✓ Analyse par rapport aux indices de fréquence des espèces

En 2005, l'espèce la plus fréquemment rencontrée est *Physcia tenella*, indicatrice d'une qualité d'air passable (zone D) et d'un taux de nitrophilie fort (zone 2) alors que sur l'ensemble de la région, *Parmelia caperata*, indicatrice d'une bonne qualité d'air et d'un taux de nitrophilie faible est la plus communément notée (apparaissant dans plus de 80 % des relevés).

En 2005, *Parmelia caperata* n'apparaît plus que dans 60% des relevés. Sa sensibilité face aux émissions azotées semble la cause la plus évidente de cette baisse de fréquence. Par ailleurs, *Evernia prunastri*, classé parmi les 5 espèces les plus couramment notées en 2002 (66 % des stations 2002), n'est présent que dans 20 % des stations de 2005.

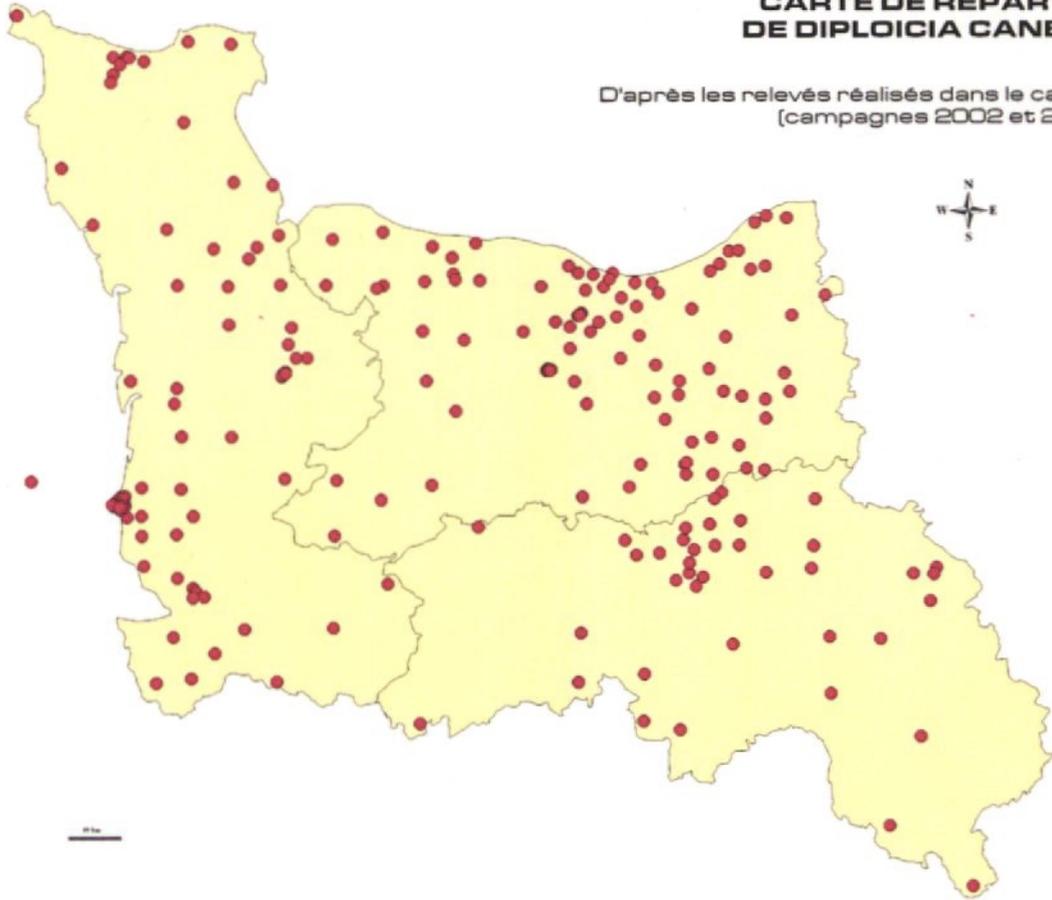
Par ailleurs, 8 espèces (2 de classe G, 5 de classe F et 1 de classe E) n'ont pas été notées lors des prospections de 2005. Ces espèces sont - dans la limite des connaissances actuelles sur la lichénoflore régionale - rares à très rares en Basse-Normandie.

Favorisé par les activités humaines, *Xanthoria parietina*, présent dans 62 % des stations visitées en 2002, apparaît dans plus de 71% des stations 2005.

Les prospections menées en 2005 auront contribué à améliorer nos connaissances actuelles quant à la répartition et à la fréquence des lichens pris en compte dans la méthodologie.

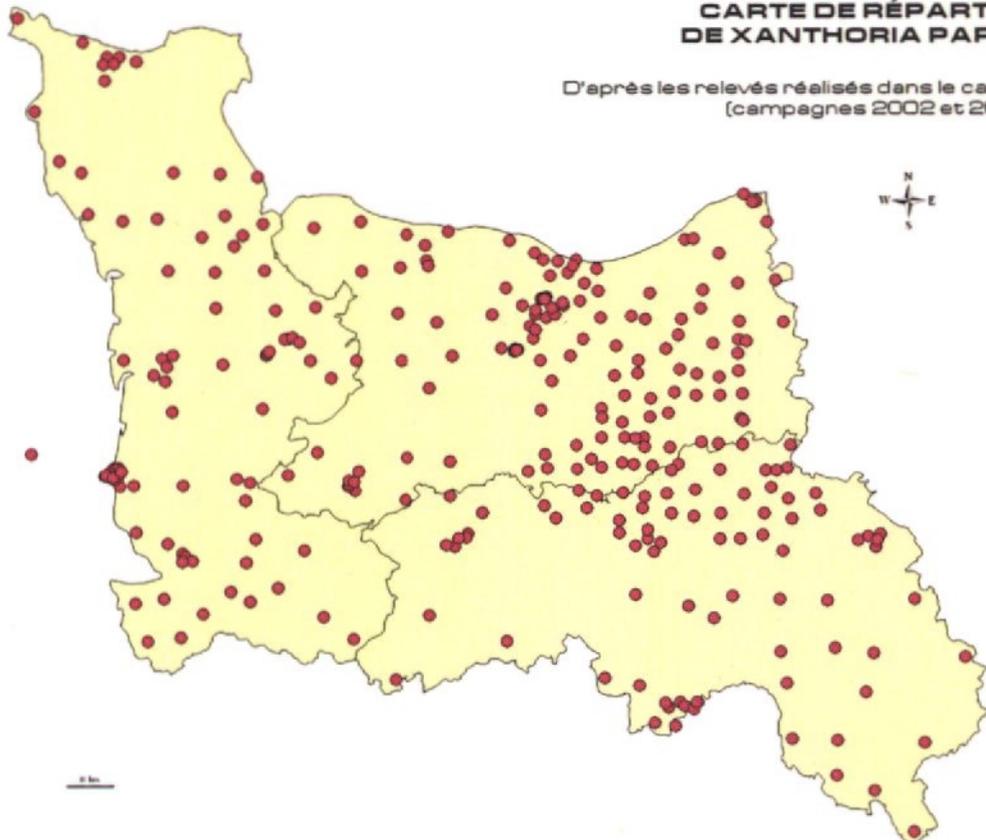
CARTE DE RÉPARTITION DE DIPLOICIA CANESCENS

D'après les relevés réalisés dans le cadre de cette étude
(campagnes 2002 et 2005)



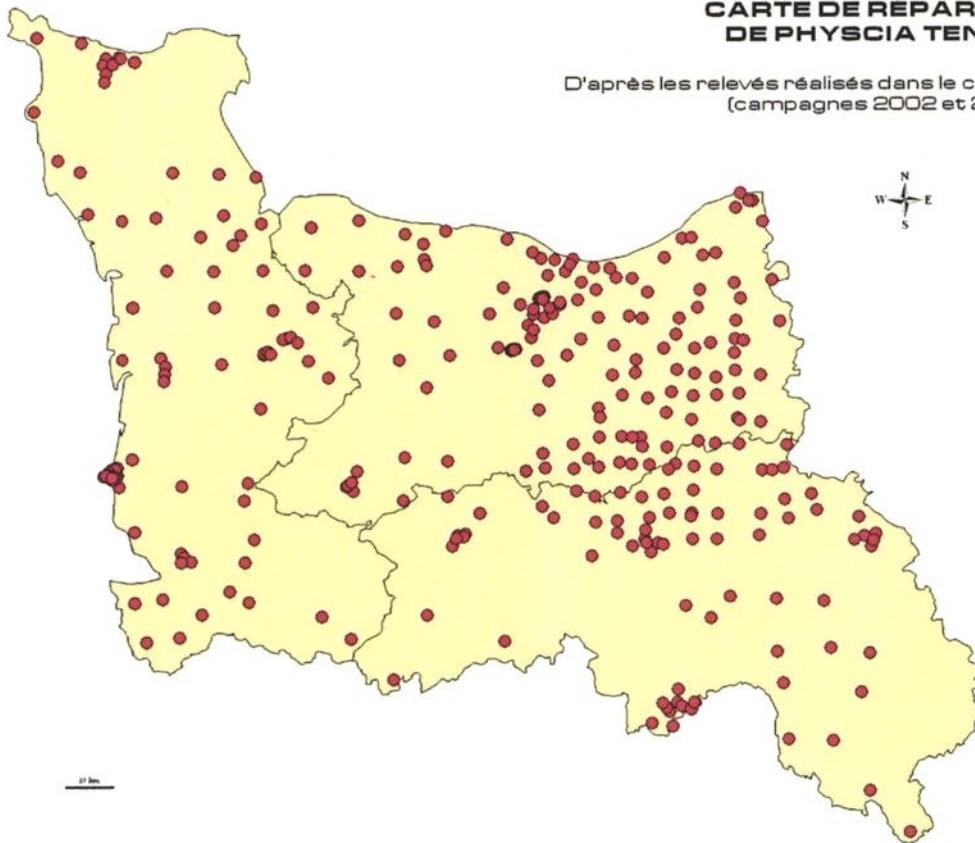
CARTE DE RÉPARTITION DE XANTHORIA PARIETINA

D'après les relevés réalisés dans le cadre de cette étude
(campagnes 2002 et 2005)



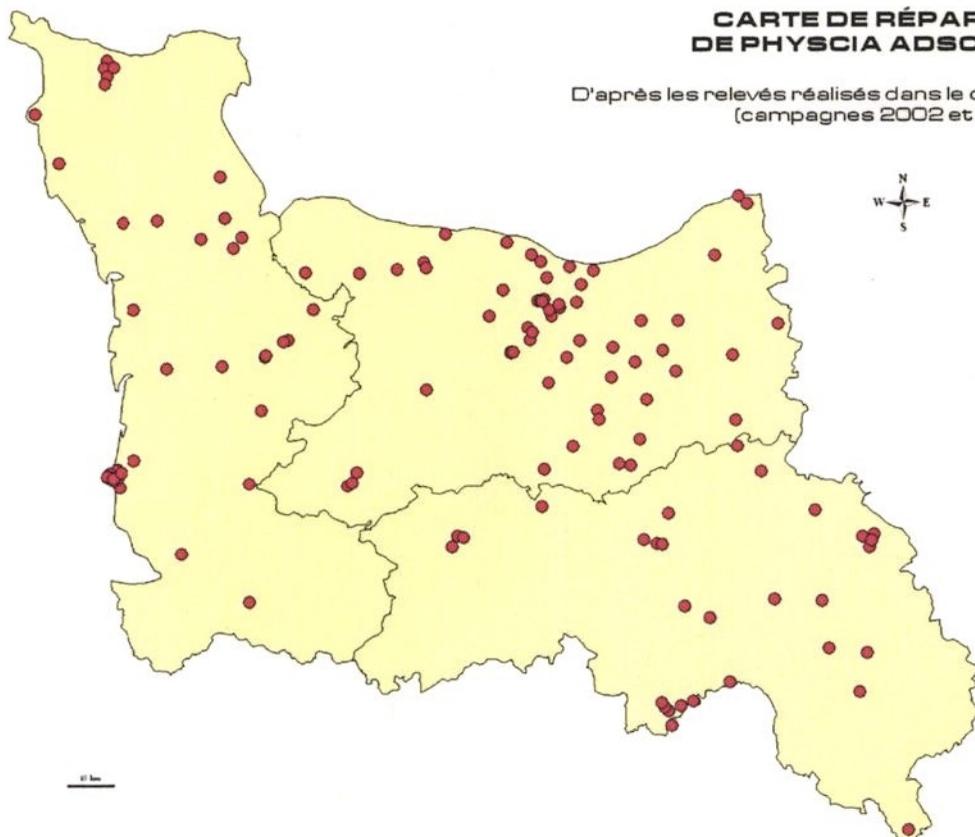
CARTE DE RÉPARTITION DE PHYSCIA TENELLA

D'après les relevés réalisés dans le cadre de cette étude
(campagnes 2002 et 2005)



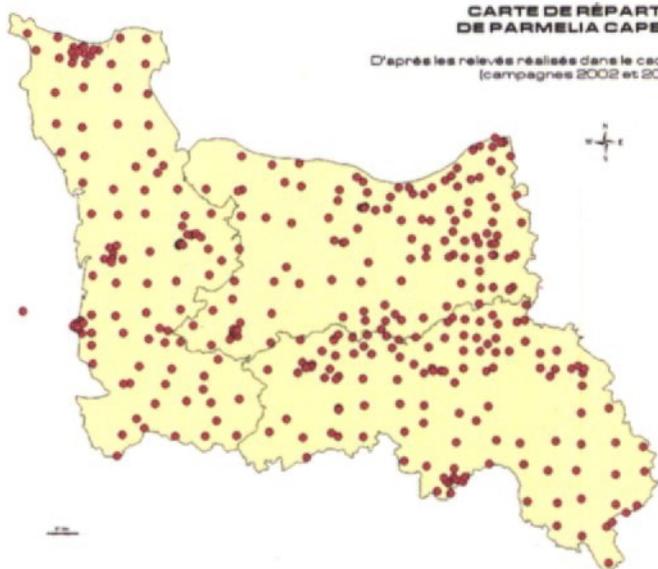
CARTE DE RÉPARTITION DE PHYSCIA ADSCENDENS

D'après les relevés réalisés dans le cadre de cette étude
(campagnes 2002 et 2005)



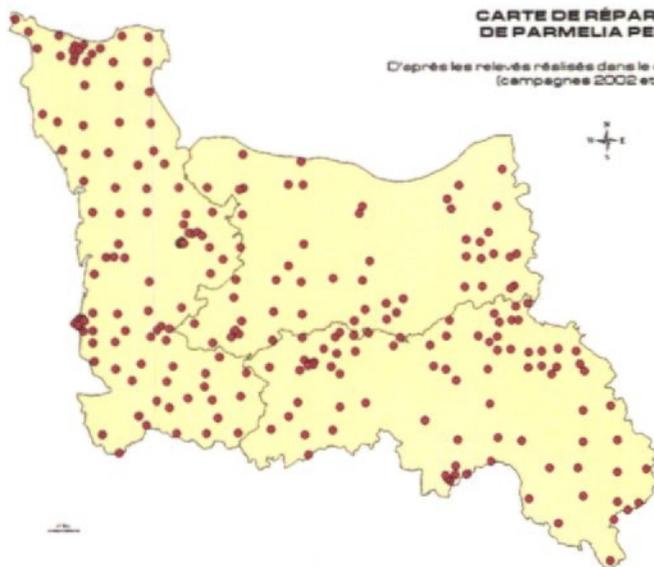
**CARTE DE RÉPARTITION
DE PARMELIA CAPERATA**

D'après les relevés réalisés dans le cadre de cette étude
(campagnes 2002 et 2005)



**CARTE DE RÉPARTITION
DE PARMELIA PERLATA**

D'après les relevés réalisés dans le cadre de cette étude
(campagnes 2002 et 2005)

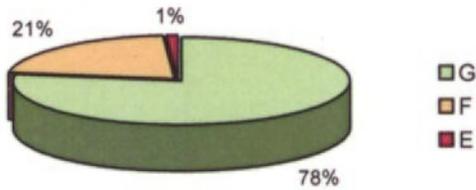


**CARTE DE RÉPARTITION
DE PARMELIA ACETABULUM**

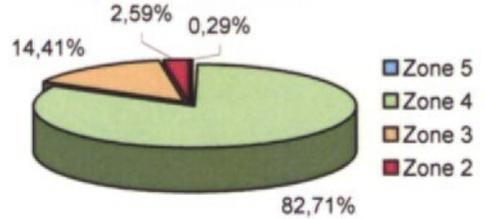
D'après les relevés réalisés dans le cadre de cette étude
(campagnes 2002 et 2005)



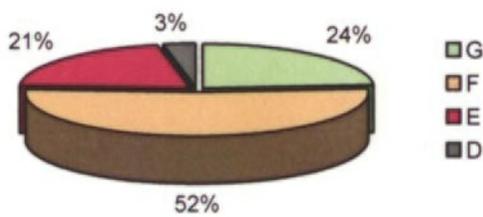
Répartition des stations en fonction de la qualité d'air estimée pour la Basse-Normandie



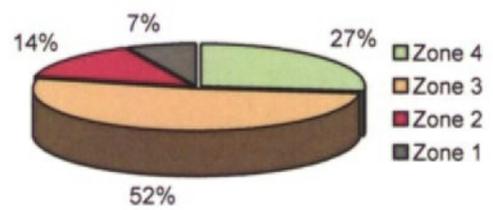
Répartition des stations en fonction de l'indice de pollution azotée estimée pour la Basse-Normandie



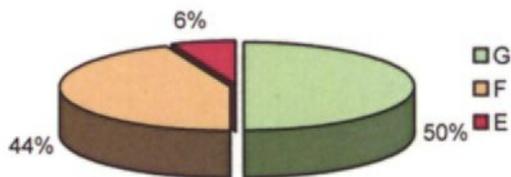
Répartition des stations en fonction de la qualité d'air estimée autour des points E de 2002



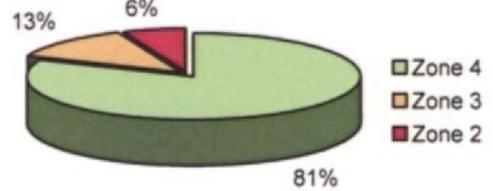
Répartition des stations en fonction de l'indice de pollution azotée estimée autour des points E de 2002



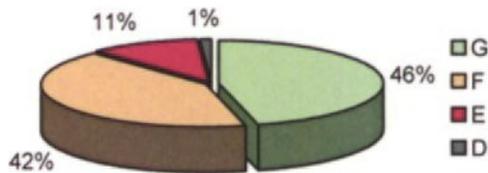
Répartition des stations en fonction de la qualité d'air estimée pour Granville



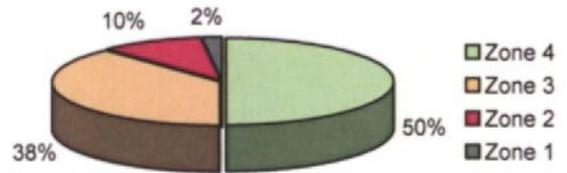
Répartition des stations en fonction de l'indice de pollution azotée estimée pour Granville



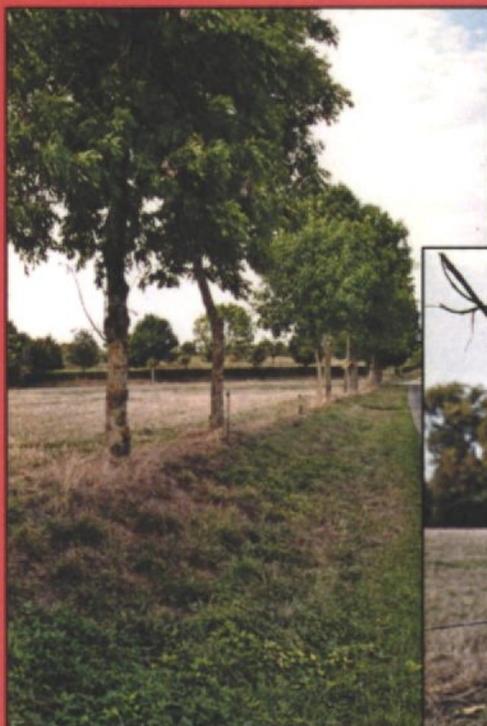
Répartition des stations en fonction de la qualité d'air estimée pour la plaine de Caen



Répartition des stations en fonction de l'indice de pollution azotée estimée pour la plaine de Caen



ILLUSTRATIONS DE QUELQUES STATIONS VISITEES EN 2005



PC47- Angloicheville (14) : E4 / 2

Située à l'est de Falaise, au cœur d'une zone de grandes cultures, la station PC 47 indique une qualité d'air moyenne et un indice de nitrophilie élevé. La diversité spécifique de la flore épiphyte y est faible (5 taxa) même si le taux de recouvrement est important. Deux espèces, indicatrices d'un fort apport en azote, dominent très largement : *Xanthoria parietina* (orange) et *Physcia tenella* (grisé).



PC61 – Guêprei (61) : E4 / 2

Bordée de part et d'autre de cultures (maïs), la station PC61 présente une flore épiphyte pauvre (3 taxa), exclusivement composée d'espèces indicatrices d'un taux de nitrophilie élevé : *Xanthoria parietina*, *Physcia tenella* et *Diploicia canescens*. Les arbres supports qui composent la haie sont directement soumis à la pollution ammoniacuée liée aux épandages pratiqués sur les champs cultivés voisins.



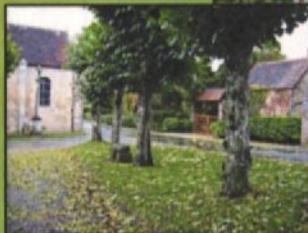
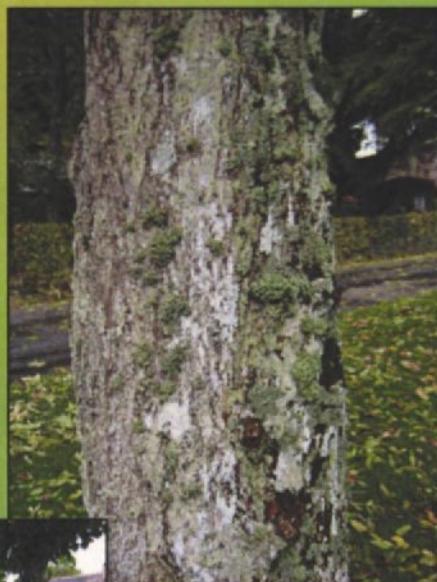
PC77 – Tournai / Dive : F4 / 3

La station PC77 est située dans une petite enclave bocagère, entourée de toutes parts par les grandes cultures. Les 4 espèces les plus nitrophiles dominent nettement le relevé, en particulier *Xanthoria parietina* et *Physcia tenella*. Seules deux espèces de zone F y sont notées : *Ramalina fastigiata* et *R. farinacea*, toutes deux très fréquentes en Basse-Normandie et visiblement les moins sensibles parmi les lichens rattachés à cet indice de qualité d'air. Cette station illustre l'influence des émissions polluantes issues des cultures voisines (à environ 1 km) mais non directement adjacentes.



PC74 – Habloville (61) : F4 / 4

Positionnée sur des arbres d'alignement bordant un parking près de l'église, la station PC 74 indique une qualité d'air bonne et un indice de nitrophilie faible. Le contexte stationnel laissait supposer une très bonne qualité d'air : une essence support favorable, des petits boisements protecteurs en périphérie, très peu de circulation, etc. Toutefois, cette station, quoique dans une enclave préservée, est située au cœur de la zone de grandes cultures au nord-ouest d'Argentan. Cela pourrait expliquer, au moins partiellement, la légère dégradation de qualité d'air observée ici.



PC40 – Canapville (61) : G4 / 3

Cette station est située sur un arbre isolé, à proximité d'un atelier d'élevage bovin et de prés pâturés. La diversité spécifique de la flore épiphyte est assez faible (7 taxa) et le relevé est dominé par deux espèces nitrophiles : *Xanthoria parietina* et *Physcia tenella*. La station est classée en zone « G » grâce la présence de *Parmelia revoluta*, seule espèce indicatrice d'une très bonne qualité d'air. De même, seules deux espèces de la zone F sont observées (*Ramalina farinacea* et *R. fastigiata*).

PC59 – St-André-en-Gouffern (14) : G4 / 4

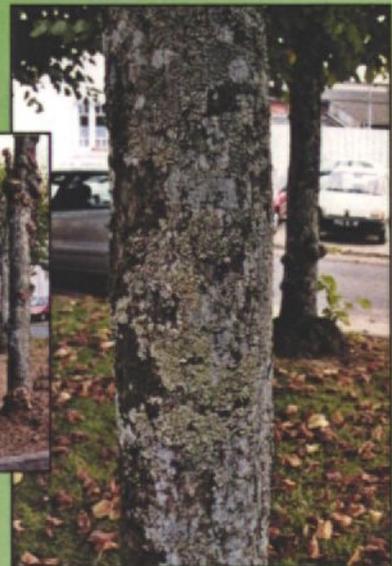
Située au sud de Falaise, à proximité du bois de St-André, cette station indique une très bonne qualité d'air. Le relevé est dominé par les *Ramalina*. Trois espèces de la zone G y sont présentes. Avec 17 taxa notés, la diversité spécifique de la flore épiphyte est relativement élevée.



PC54 – Le Sap (61) : G4 / 4

Au cœur du bourg du Sap, cette station indique une très bonne qualité globale de l'air et un indice de nitrophilie faible. Le relevé est dominé par les Parmétiacées, en particulier *Parmelia subrudecta* et *P. subaurifera*, a priori très communes en Basse-Normandie.

La diversité spécifique est moindre que dans la station précédente PC59 et une seule espèce de zone G y est notée (*Parmelia perlata*).



PC 46 – La Hoguette (14) : G4 / 4

Située à l'est de Falaise, en plein cœur d'une vaste zone de cultures, la station PC46 est représentée par trois érables alignés en bord de route, à un carrefour. Les résultats y sont complexes : *Xanthoria parietina*, indicateur d'une qualité d'air moyenne et d'un fort taux de nitrophilie domine nettement (taches orangées sur les troncs), ce qui n'est pas surprenant au vu de l'environnement immédiat de la station.

Plus étonnant, la présence significative (plusieurs thalles, bien développés, sur les 3 arbres supports) de *Ramalina fraxinea* classe la station en zone G (très bonne qualité d'air). Par ailleurs, *Parmelia caperata*, indiquant un taux de nitrophilie faible, est également noté.

Ce cas de figure est exceptionnel dans la plaine de Caen ; il serait intéressant de se pencher sur les modifications récentes de l'occupation du sol autour de cette station.

II. Mise en corrélation des résultats avec les données régionales

Si la méthode employée ici, basée uniquement sur l'observation d'organismes vivants, ne permet pas d'identifier la nature exacte des pollutions atmosphériques ni leur(s) origines, il est intéressant de compléter l'analyse des résultats 2002 et 2005 en prenant en compte la localisation des sources potentielles de pollution atmosphérique, tant industrielle et urbaine (pour les émissions acides et les oxydes d'azote) qu'agricole (pour les émissions d'ammoniac principalement).

- **Mise en parallèle des résultats de la présente étude avec les cartes de circulation automobile de la région (CETE).**

La mise en parallèle des résultats obtenus dans le cadre de cette étude (campagnes 2002 et 2005) avec les données du trafic routier (DRE Basse-Normandie, données 2000 à 2004) ne fait pas apparaître de corrélation évidente.

Le trafic automobile dense peut être l'une des causes avancées pour expliquer la dégradation de la qualité de l'air, couplée à un indice de pollution azotée moyenne, observée autour de l'agglomération caennaise ainsi que sur la côte fleurie (entre Caen et Honfleur). Toutefois, la méthode appliquée ici ne permet pas de distinguer cette source de pollution de l'air des industries émettrices de polluants dans l'air à l'est de Caen ou de la pollution induite par la zone urbaine (chauffage, etc.).

La dégradation de la qualité de l'air notée autour de la ville de Bayeux peut également provenir, au moins en partie, d'un trafic automobile dense et continu.

- **Comparaison des cartes de qualité globale de l'air et de pollution azotée avec les cartes des industries rejetant des émissions polluantes dans l'air (NO_x, SO₂, COV, Ps)**

L'échelle appliquée dans le cadre de cette étude ne permet pas de mettre en évidence l'impact sur les communautés lichéniques des émissions dans l'air de NO_x et/ou de SO₂ des industries de la région (d'après les données de la DRIRE, 2003). Pour ce faire, il aurait été nécessaire de mettre en place un quadrillage spécifique autour de ces industries.

Les résultats obtenus sur les stations visitées en 2002 et 2005 ne montrent pas de pollution de fond significative aux environs des industries concernées. Dans le cas de l'est de l'agglomération caennaise, où une pollution de fond est détectée par les lichens épiphytes, il n'est pas possible d'identifier l'origine des émissions polluantes : industries, trafic automobile, chauffage, etc.

- **Comparaison des cartes de qualité globale de l'air et de pollution azotée avec les cartes des zones agricoles**

Les deux cartes obtenues suite à la présente étude mettent clairement en évidence une dégradation de la qualité de l'air couplée à un indice de pollution azotée significatif dans la vaste zone agricole de la plaine de Caen / St-Pierre-sur-Dives /

Falaise / Argentan. D'après les informations fournies par la Chambre d'Agriculture du Calvados, les émissions d'azote dans l'air proviendraient principalement de l'utilisation d'engrais azotés liquides sur les grandes cultures. Le phénomène de volatilisation de l'ammoniac serait d'autant plus important sur substrat calcaire, soit dans le secteur de Falaise / St-Pierre-sur-Dive où les résultats de l'observation des lichens indiquent un indice de nitrophilie élevé.

Dans le cas de la zone de cultures au sud-ouest d'Avranches, la pollution azotée ponctuellement relevée par les lichens épiphytes serait plutôt liée aux pratiques d'épandage des effluents d'élevage (com. pers. R. Brun, DDAF de la Manche).

Il est intéressant de remarquer que le CITEPA (2000) place la région bas-normande comme le deuxième « émetteur » d'ammoniac dans l'air, après la Bretagne, tandis que pour les autres polluants atmosphériques (SO₂, COV...), les émissions restent modestes à l'échelle régionale.

Ainsi, l'observation des lichens épiphytes permet de souligner **une dégradation de la qualité de l'air** :

- **dans les zones urbaines**
 - o causes probables : trafic automobile, chauffage, industries (en particulier pour l'agglomération caennaise),
 - o polluant affectant le développement des lichens : **SO₂**

- **sur la côte fleurie, entre Caen et Honfleur**
 - o causes probables : trafic automobile, proximité de la zone industrielle du Havre, trafic maritime trans-Manche
 - o polluant affectant le développement des lichens : **SO₂**

- **dans les zones d'activité agricole intensive (plaine de Caen, Avranchin, nord-ouest d'Argentan)**
 - o causes probables : épandage des effluents d'élevage, utilisation d'engrais azotés liquides, élevage (bovins, volailles, porcs)
 - o polluant affectant le développement des lichens : **NH₃ et autres formes d'azote...**

Qualité globale de l'air dans le secteur Lisieux - L'Aigles - Flers



Codes de l'indice "Qualité d'air"

- E - Qualité d'air moyenne
- F - Bonne qualité d'air
- G - Très bonne qualité d'air

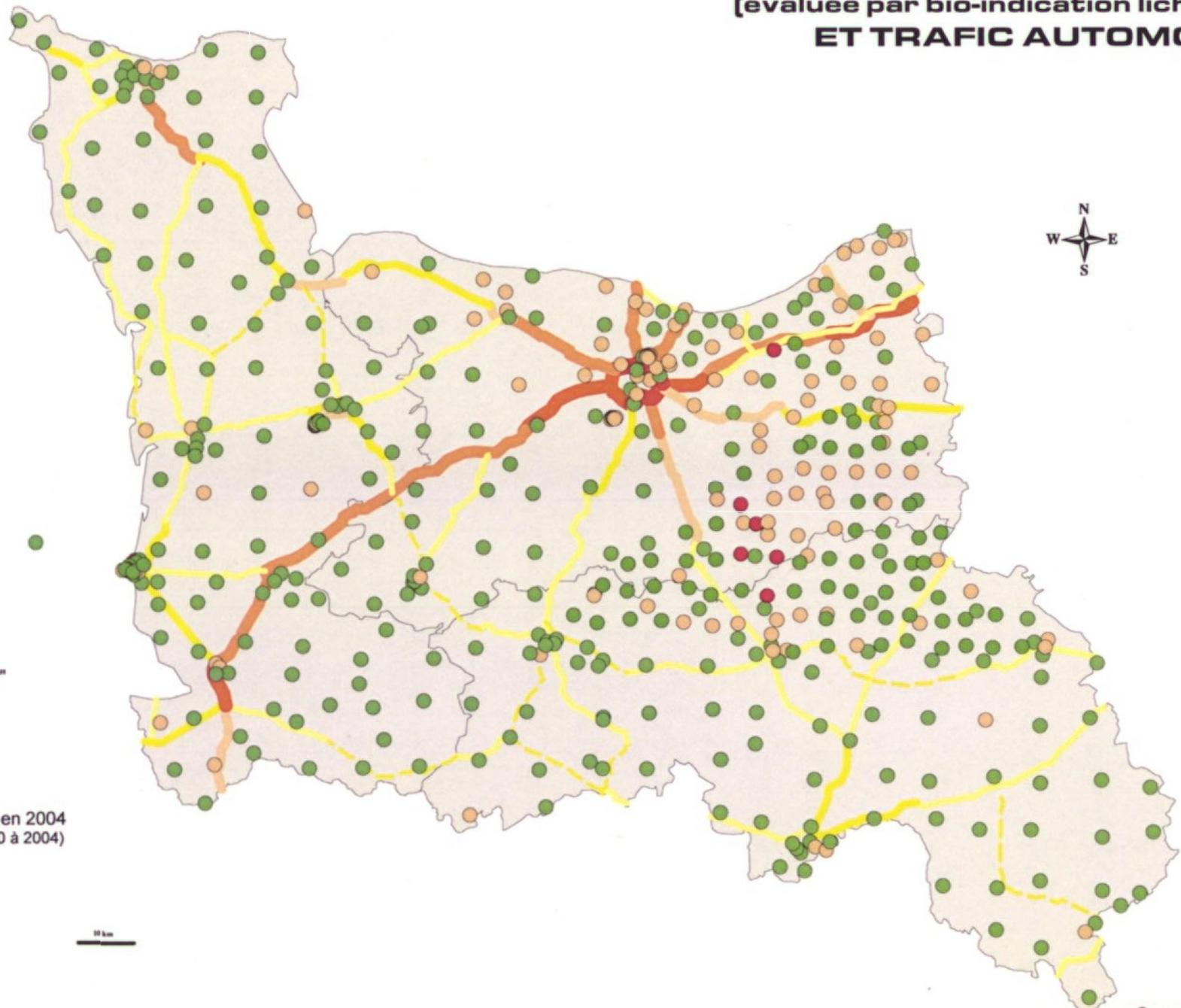
5 km

Sources :
CPIE du Cotentin (2002, 2005)
Fond IGN BD-Carto 1/250 000



2005

QUALITÉ GLOBALE DE L'AIR EN BASSE-NORMANDIE [évaluée par bio-indication lichénique] ET TRAFIC AUTOMOBILE



Codes de l'indice "Qualité d'air"

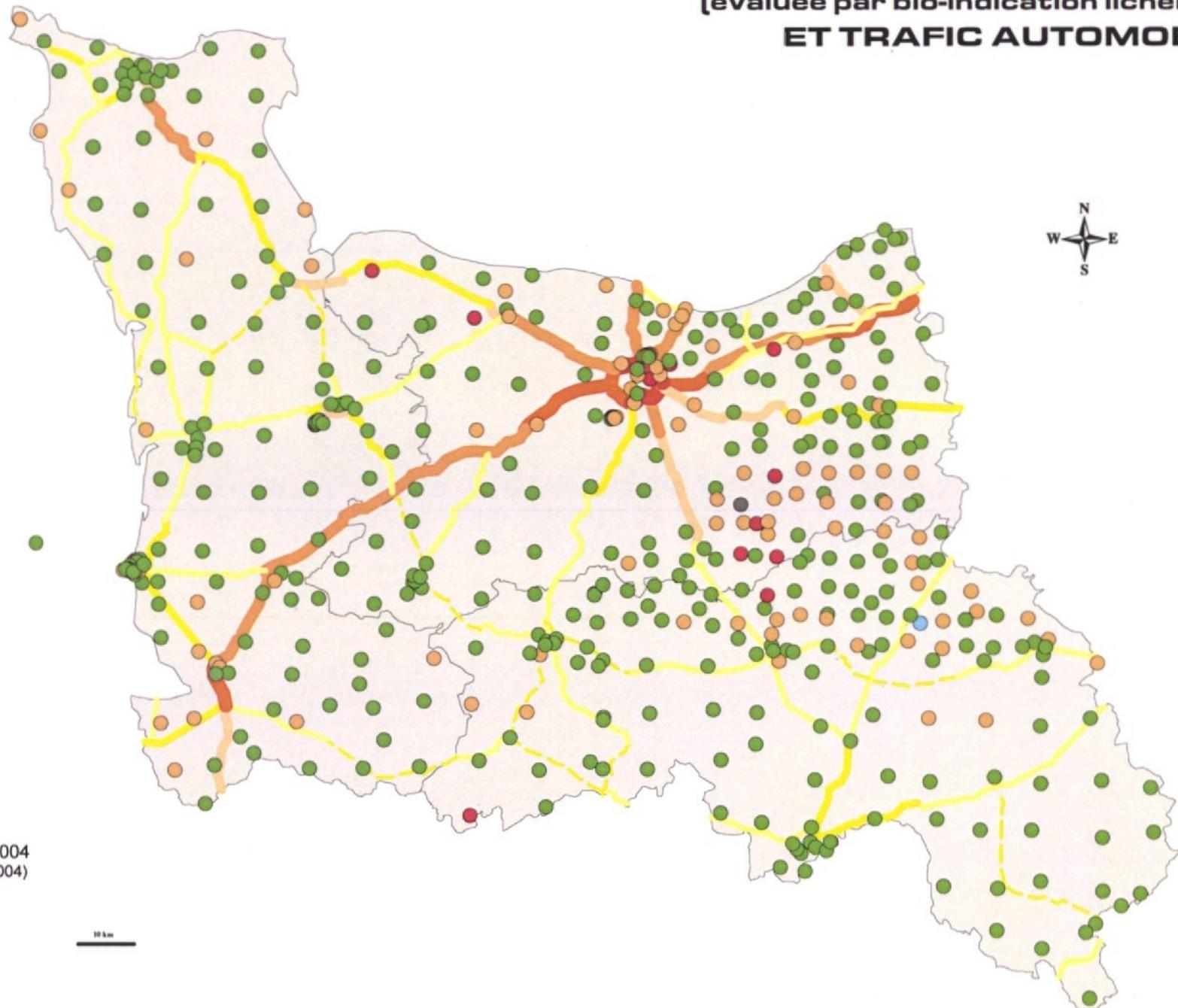
- D - Qualité d'air passable
- E - Qualité d'air moyenne
- F - Bonne qualité d'air
- G - Très bonne qualité d'air

Trafics moyens journaliers annuels en 2004 (données DRE Basse-Normandie - 2000 à 2004)

- 50 000 - 100 000
- 30 000 - 50 000
- 20 000 - 30 000
- 15 000 - 20 000
- 10 000 - 15 000
- 5 000 - 10 000
- 1 - 5 000

0 10 km

INDICES DE POLLUTION AZOTÉE EN BASSE-NORMANDIE [évaluée par bio-indication lichénique] ET TRAFIC AUTOMOBILE



Codes de l'indice "Nitrophilie"

- 1 - Pollution azotée très forte
- 2 - Pollution azotée forte
- 3 - Pollution azotée moyenne
- 4 - Pollution azotée faible
- 5 - Absence de pollution azotée

Trafics moyens journaliers annuels en 2004 (données DRE Basse-Normandie - 2000 à 2004)

- 50 000 - 100 000
- 30 000 - 50 000
- 20 000 - 30 000
- 15 000 - 20 000
- 10 000 - 15 000
- 5 000 - 10 000
- - - 1 - 5 000

10 km

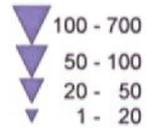


QUALITÉ GLOBALE DE L'AIR EN BASSE-NORMANDIE [évaluée par bio-indication lichénique] ET INDUSTRIES PRODUCTRICES DE REJETS DE NOX DANS L'AIR



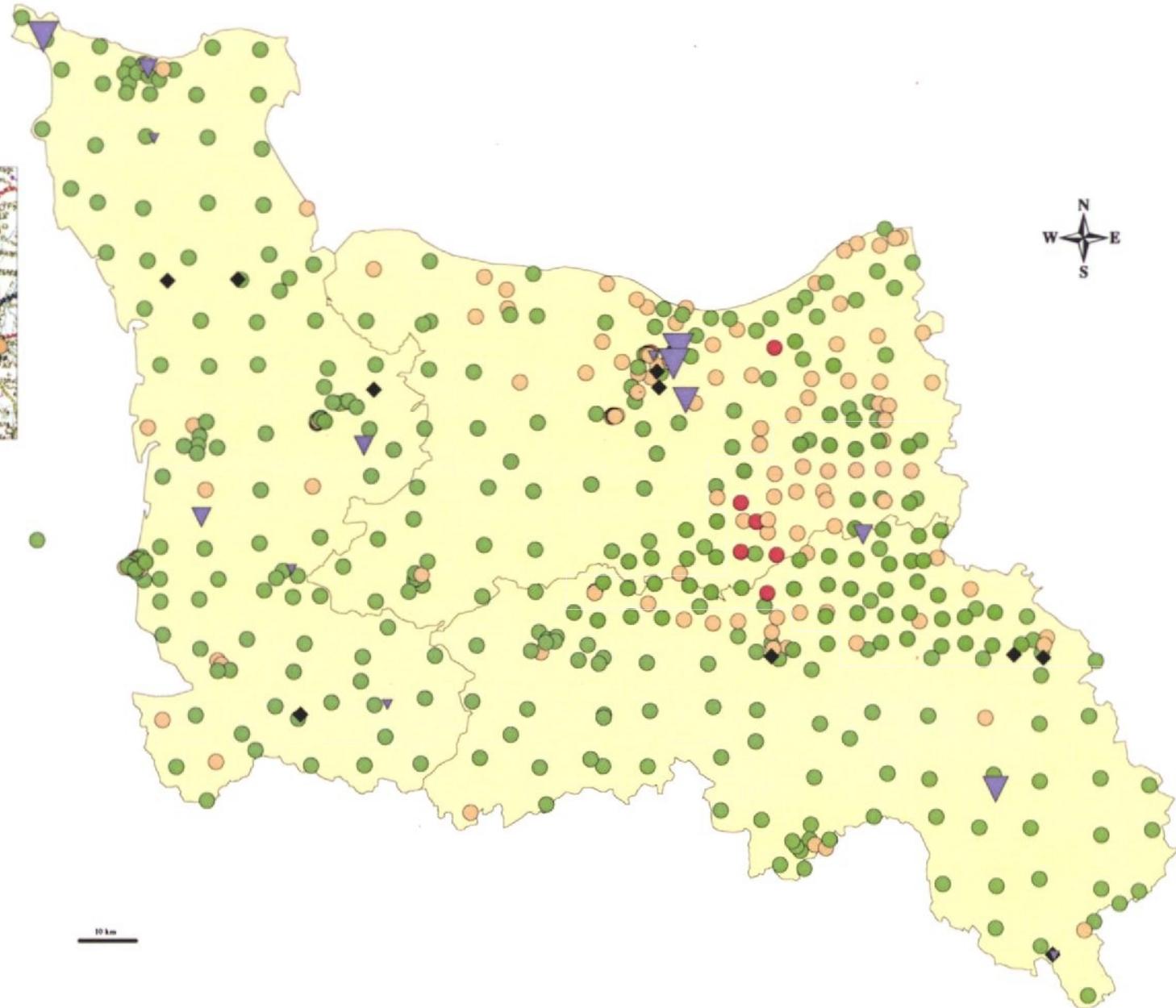
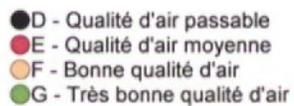
Zoom sur le secteur est
de l'agglomération caennaise

Emissions de NOx dans l'air (en t)
(DRIRE, 2003)



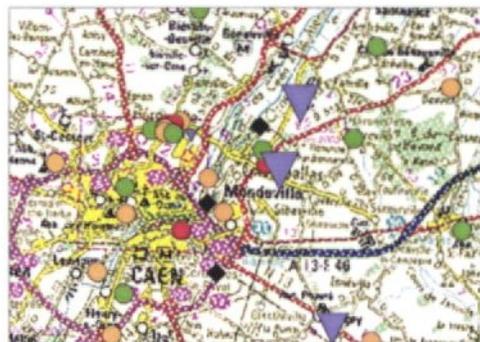
◆ Autres rejets industriels dans l'air

Codes de l'indice "Qualité d'air"



INDICES DE POLLUTION AZOTÉE EN BASSE-NORMANDIE [évaluée par bio-indication lichénique]

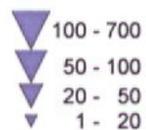
ET INDUSTRIES PRODUCTRICES DE REJETS DE NOx DANS L'AIR



Zoom sur le secteur est de l'agglomération caennaise

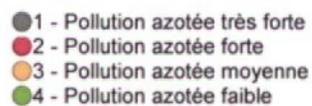


Emissions de NOx dans l'air (en t)
(DRIRE, 2003)

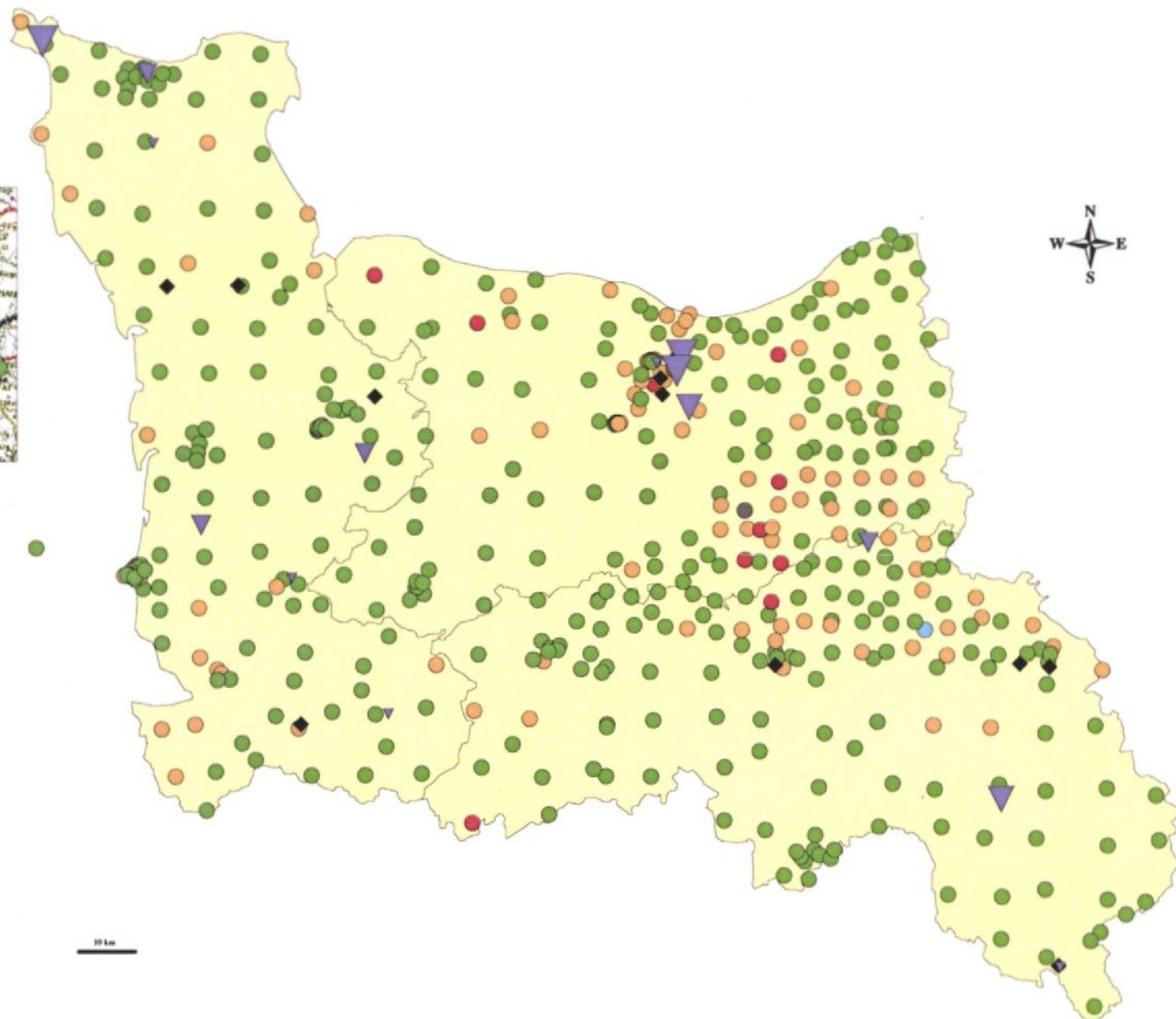


◆ Autres rejets industriels dans l'air

Codes de l'indice "Nitrophilie"

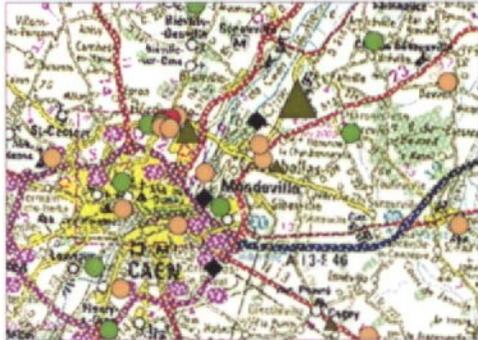


10 km



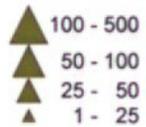
QUALITÉ GLOBALE DE L'AIR EN BASSE-NORMANDIE (évaluée par bio-indication lichénique)

ET INDUSTRIES PRODUCTRICES DE REJETS DE SO2 DANS L'AIR



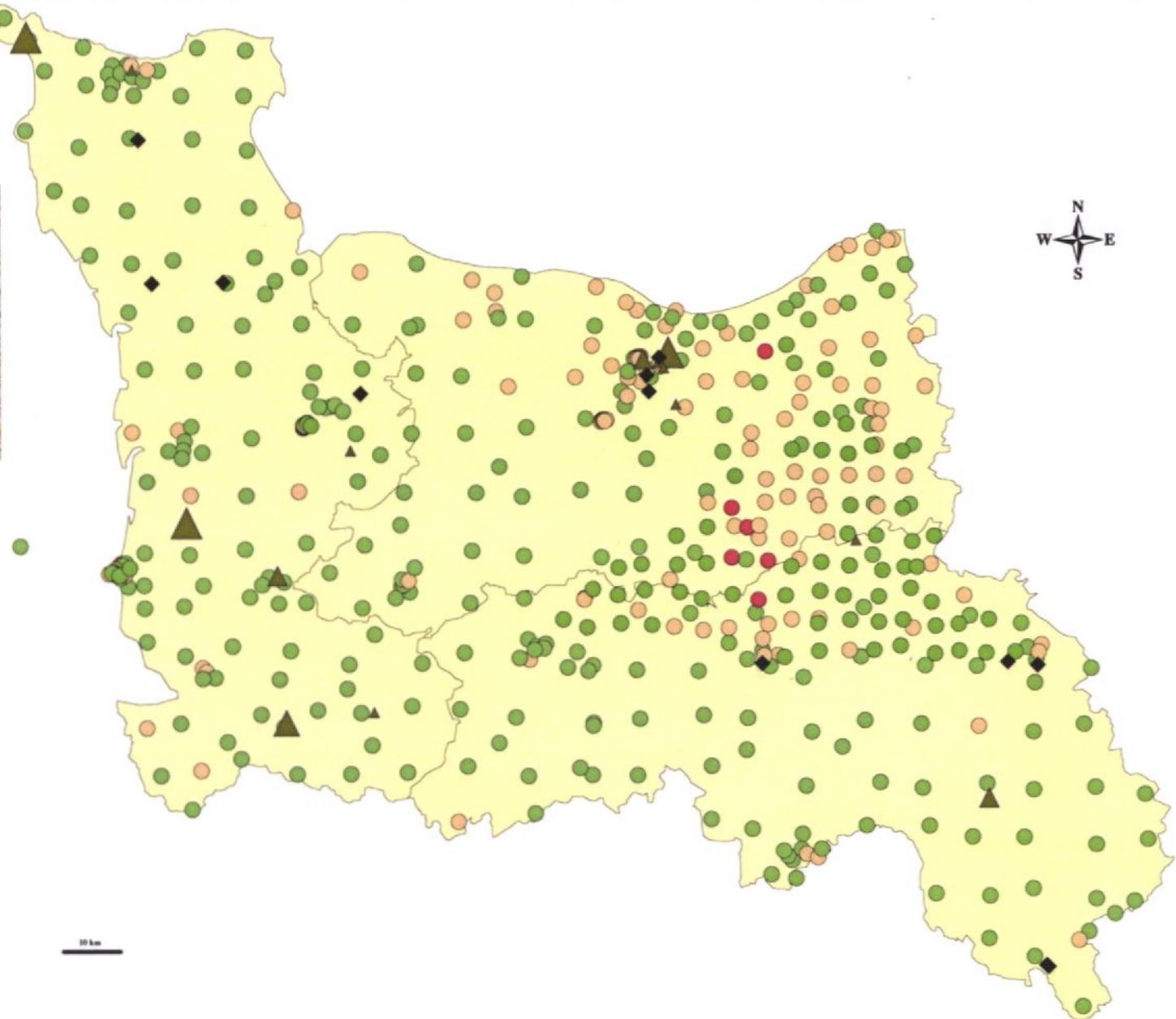
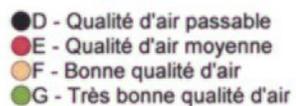
Zoom sur le secteur est
de l'agglomération caennaise

Emission de SO₂ dans l'air (en t)
(DRIRE, 2003)

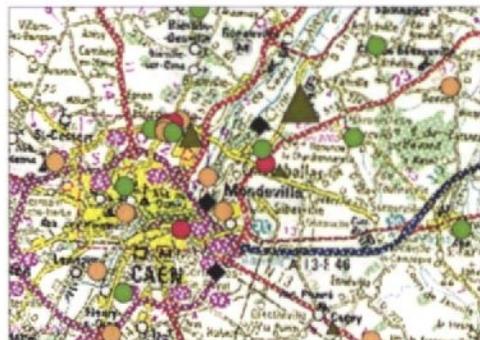


◆ Autres rejets industriels dans l'air

Codes de l'indice "Qualité d'air"

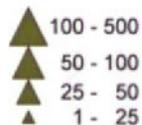


INDICES DE POLLUTION AZOTÉE EN BASSE-NORMANDIE [évaluée par bio-indication lichénique] ET INDUSTRIES PRODUCTRICES DE REJETS DE SO2 DANS L'AIR



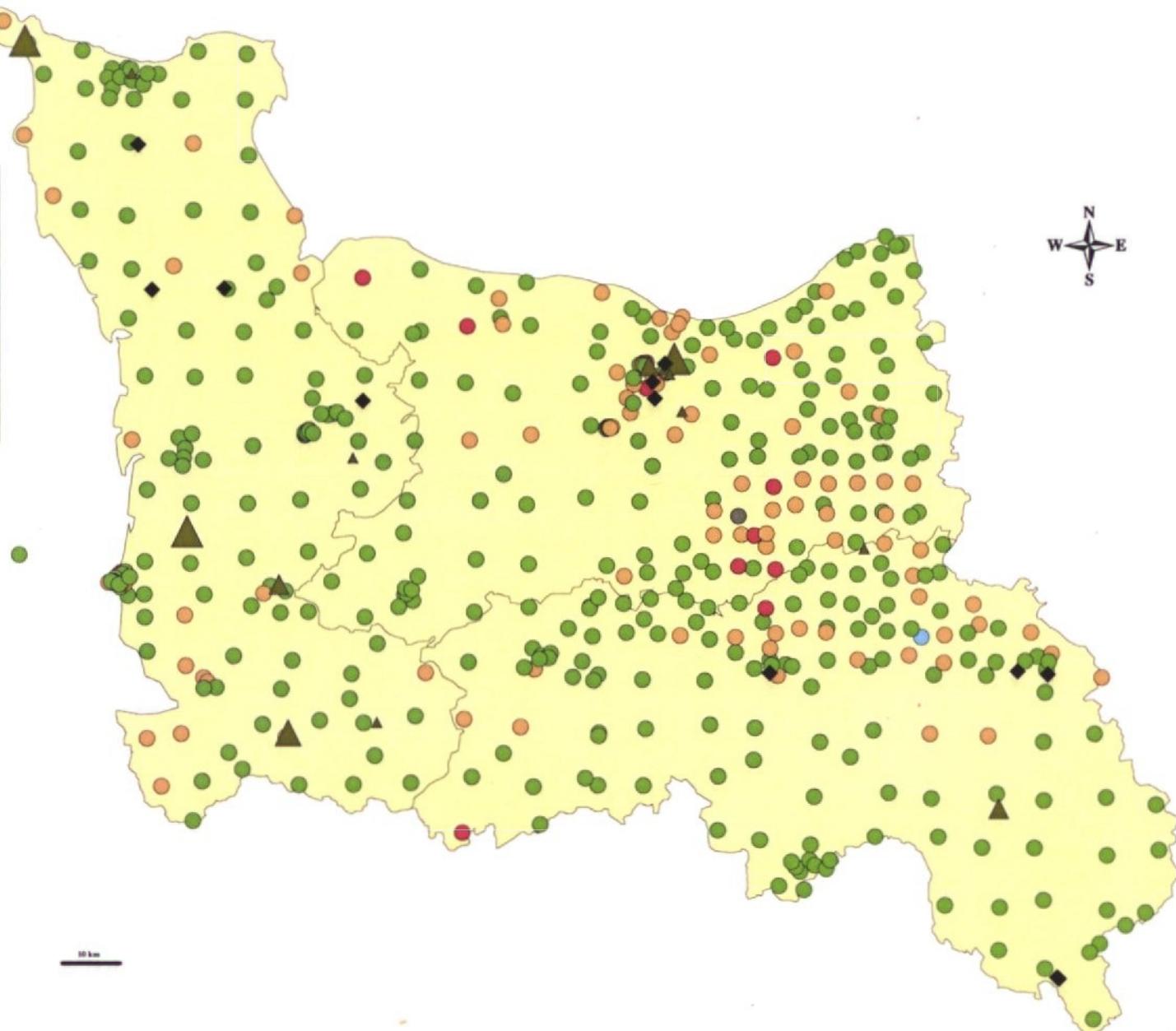
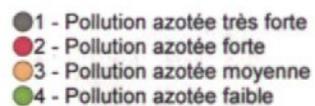
Zoom sur le secteur est
de l'agglomération caennaise

Emission de SO2 dans l'air (en t)
(DRIRE, 2003)



◆ Autres rejets industriels dans l'air

Codes de l'indice "Nitrophilie"

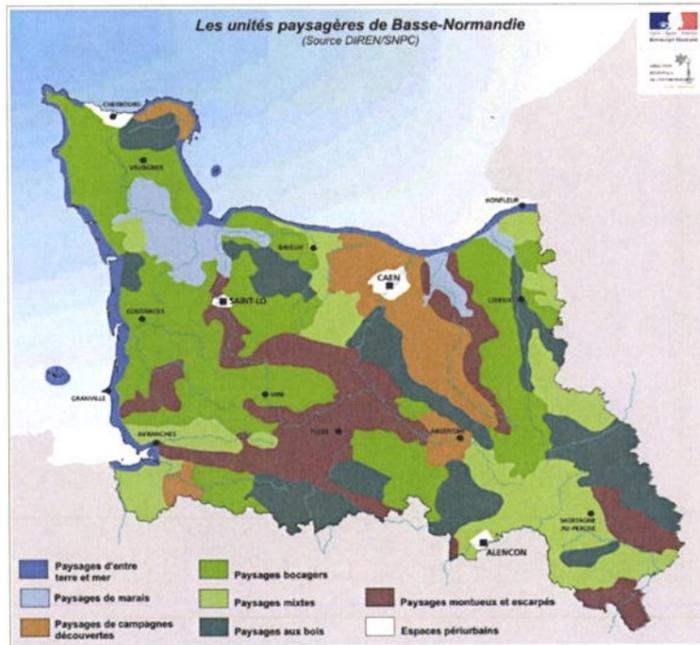


QUALITÉ GLOBALE DE L'AIR EN BASSE-NORMANDIE

[évaluée par bio-indication lichénique]

ET OCCUPATION DU SOL

[selon la nomenclature CORINE-biotope]



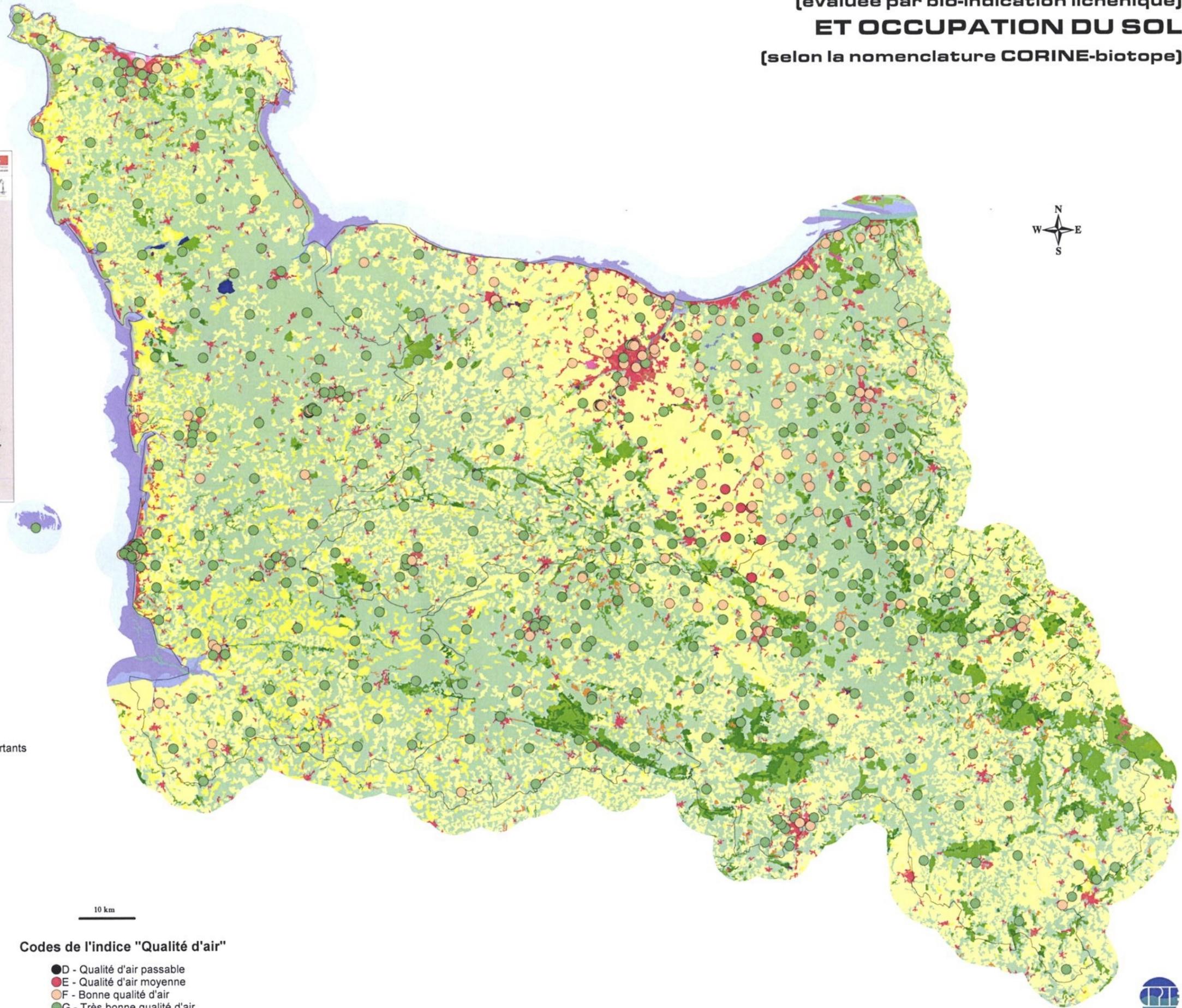
Correspondances Code CORINE

- 111 - Tissu urbain continu
- 112 - Tissu urbain discontinu
- 121 - Zones industrielles ou commerciales
- 122 - Réseaux routier et ferrovière et espaces associés
- 123 - Zones portuaires
- 124 - Aéroports
- 131 - Extraction de matériaux
- 132 - Décharges
- 133 - Chantiers
- 141 - Espaces verts urbains
- 142 - Equipements sportifs et de loisirs
- 211 - Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 222 - Vergers et petits fruits
- 231 - Prairies
- 242 - Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 - Surfaces agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
- 311 - Forêts de feuillus
- 312 - Forêts de conifères
- 313 - Forêts mélangées
- 321 - Pelouses et pâturages naturels
- 322 - Landes et broussailles
- 324 - Forêts et végétation arbustive en mutation
- 331 - Plages, dunes et sables
- 332 - Roches nues
- 333 - Végétation clairsemée
- 411 - Marais intérieurs
- 412 - Tourbières
- 421 - Marais maritimes
- 423 - Zones intertidales
- 511 - Cours et voies d'eau
- 512 - Plans d'eau
- 521 - Lagunes littorales
- 522 - Estuaires
- 523 - Mers et océans

Codes de l'indice "Qualité d'air"

- D - Qualité d'air passable
- E - Qualité d'air moyenne
- F - Bonne qualité d'air
- G - Très bonne qualité d'air

10 km

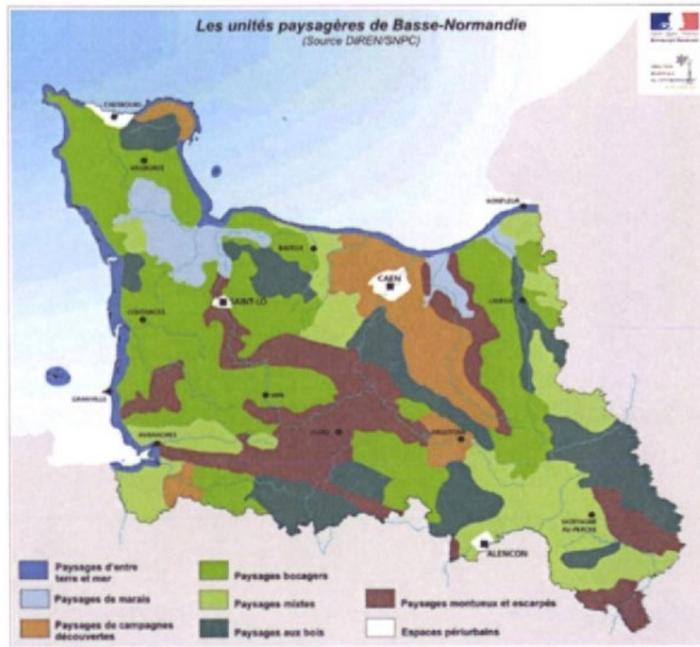


QUALITÉ GLOBALE DE L'AIR EN BASSE-NORMANDIE

[évaluée par bio-indication lichénique]

ET OCCUPATION DU SOL

[selon la nomenclature CORINE-biotope]



Correspondances Code CORINE

- 111 - Tissu urbain continu
- 112 - Tissu urbain discontinu
- 121 - Zones industrielles ou commerciales
- 122 - Réseaux routier et ferrovière et espaces associés
- 123 - Zones portuaires
- 124 - Aéroports
- 131 - Extraction de matériaux
- 132 - Décharges
- 133 - Chantiers
- 141 - Espaces verts urbains
- 142 - Equipements sportifs et de loisirs
- 211 - Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 222 - Vergers et petits fruits
- 231 - Prairies
- 242 - Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 - Surfaces agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
- 311 - Forêts de feuillus
- 312 - Forêts de conifères
- 313 - Forêts mélangées
- 321 - Pelouses et pâturages naturels
- 322 - Landes et broussailles
- 324 - Forêts et végétation arbustive en mutation
- 331 - Plages, dunes et sables
- 332 - Roches nues
- 333 - Végétation clairsemée
- 411 - Marais intérieurs
- 412 - Tourbières
- 421 - Marais maritimes
- 423 - Zones intertidales
- 511 - Cours et voies d'eau
- 512 - Plans d'eau
- 521 - Lagunes littorales
- 522 - Estuaires
- 523 - Mers et océans

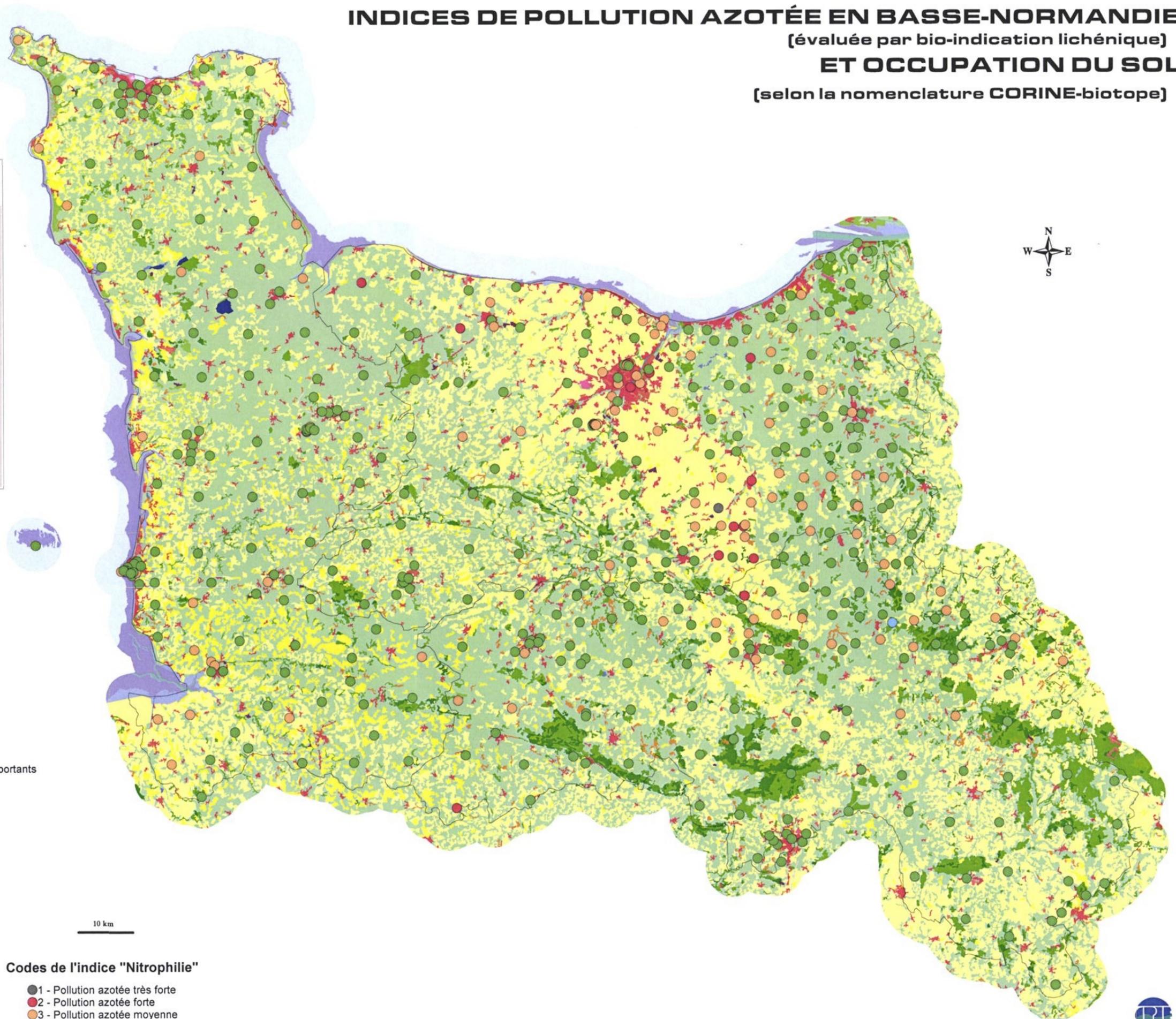
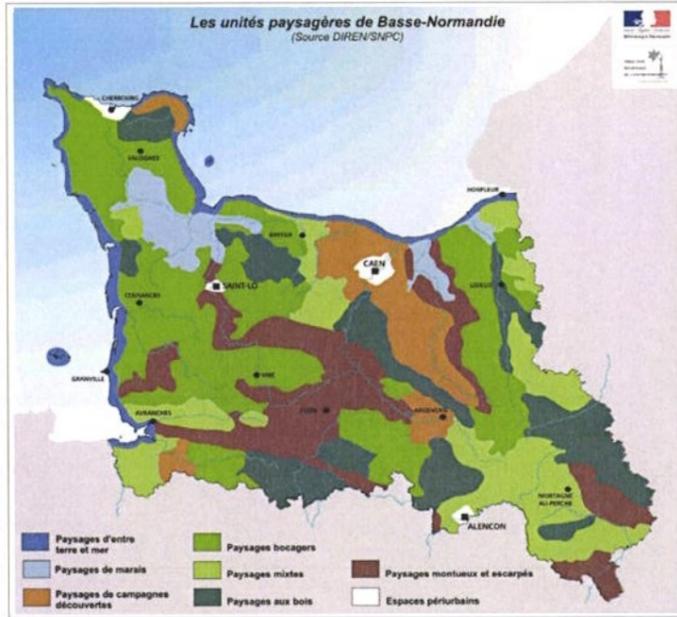
Codes de l'indice "Qualité d'air"

- D - Qualité d'air passable
- E - Qualité d'air moyenne
- F - Bonne qualité d'air
- G - Très bonne qualité d'air

10 km



INDICES DE POLLUTION AZOTÉE EN BASSE-NORMANDIE (évaluée par bio-indication lichénique) ET OCCUPATION DU SOL [selon la nomenclature CORINE-biotope]



Correspondances Code CORINE

- 111 - Tissu urbain continu
- 112 - Tissu urbain discontinu
- 121 - Zones industrielles ou commerciales
- 122 - Réseaux routier et ferrovière et espaces associés
- 123 - Zones portuaires
- 124 - Aéroports
- 131 - Extraction de matériaux
- 132 - Décharges
- 133 - Chantiers
- 141 - Espaces verts urbains
- 142 - Equipements sportifs et de loisirs
- 211 - Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 222 - Vergers et petits fruits
- 231 - Prairies
- 242 - Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 - Surfaces agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
- 311 - Forêts de feuillus
- 312 - Forêts de conifères
- 313 - Forêts mélangées
- 321 - Pelouses et pâturages naturels
- 322 - Landes et broussailles
- 324 - Forêts et végétation arbustive en mutation
- 331 - Plages, dunes et sables
- 332 - Roches nues
- 333 - Végétation clairsemée
- 411 - Marais intérieurs
- 412 - Tourbières
- 421 - Marais maritimes
- 423 - Zones intertidales
- 511 - Cours et voies d'eau
- 512 - Plans d'eau
- 521 - Lagunes littorales
- 522 - Estuaires
- 523 - Mers et océans

Codes de l'indice "Nitrophilie"

- 1 - Pollution azotée très forte
- 2 - Pollution azotée forte
- 3 - Pollution azotée moyenne
- 4 - Pollution azotée faible

III. Proposition de méthode de suivi à long terme

La présente étude aura permis de dessiner, à l'échelle de la Basse-Normandie, la carte de la qualité globale de l'air et celle de la pollution azotée de l'air en s'appuyant sur des organismes vivants, les lichens épiphytes. Elle dresse **un état initial**, point de départ d'un **suivi** à plus ou moins long terme destiné à observer l'évolution de la qualité globale de l'air dans la région.

Rappelons que les lichens intègrent une pollution « de fond », mettant en jeu un ou plusieurs composés ; ils sont de ce fait complémentaires aux stations de mesures physico-chimiques, détectant les pics de pollution auxquels les thalles sont peu sensibles.

Une modification de la flore lichénique épiphyte (composition spécifique, diversité taxonomique, recouvrement et abondance-dominance des espèces...) peut mettre en évidence une évolution (altération ou amélioration) de la qualité de l'air. Les communautés lichéniques, dans leur composition et leur physionomie, sont le reflet de la qualité de l'environnement des années précédant la date de relevé (phénomène d'hystérésis).

Ainsi, cette première campagne de relevés à l'échelle régionale prend tout son sens et tout son intérêt dès lors qu'elle s'insère dans un programme de suivi sur le long terme.

Sur cette base, un suivi en deux temps peut être engagé, avec une périodicité adaptée aux problématiques rencontrées. Il conviendra d'employer une méthodologie similaire à celle appliquée dans le cadre des deux premières campagnes de terrain, de manière à faciliter la comparaison des résultats. Les relevés peuvent être faits en toute saison.

Les tableaux de données informatisés sous SIG pourront facilement être complétés au fur et à mesure des sessions de suivi.

1. Sur l'ensemble du territoire régional

Sur la base du travail de terrain effectué, **121 stations** de référence ont été retenues. Ont été privilégiées les stations facilement accessibles (bord de route, bourg...), sur des essences locales (du genre *Quercus* de préférence), des supports d'un diamètre supérieur à 25 cm (arbres suffisamment âgés pour accueillir des groupements lichéniques à Parméliacées).

Toutes les stations sont localisées sur la BD-Carto 1/25000, afin de pouvoir les retrouver aisément. Par ailleurs, sur chaque fiche de relevé, un croquis décrit de manière aussi détaillée que possible la station.

Outre les indices de qualité d'air et de nitrophilie, l'analyse des résultats des prochaines campagnes de suivi devra prendre en compte la diversité et la composition spécifique des relevés. De fait, ces paramètres peuvent apporter de précieux renseignements sur l'évolution des groupements lichéniques en place et traduisent de manière plus subtile une modification locale de la qualité de l'air.

Périodicité : un passage tous les 5 ans

Temps estimé pour une campagne de terrain (sans temps d'analyse) : 10 jours

2. Sur la plaine de Caen (*sensu lato*) et l'agglomération caennaise

La pollution azotée détectée dans le vaste secteur de grandes cultures entre Caen et Argentan apparaît comme la problématique majeure soulevée par les lichens épiphytes. Un suivi avec une périodicité plus courte y sera donc plus pertinent.

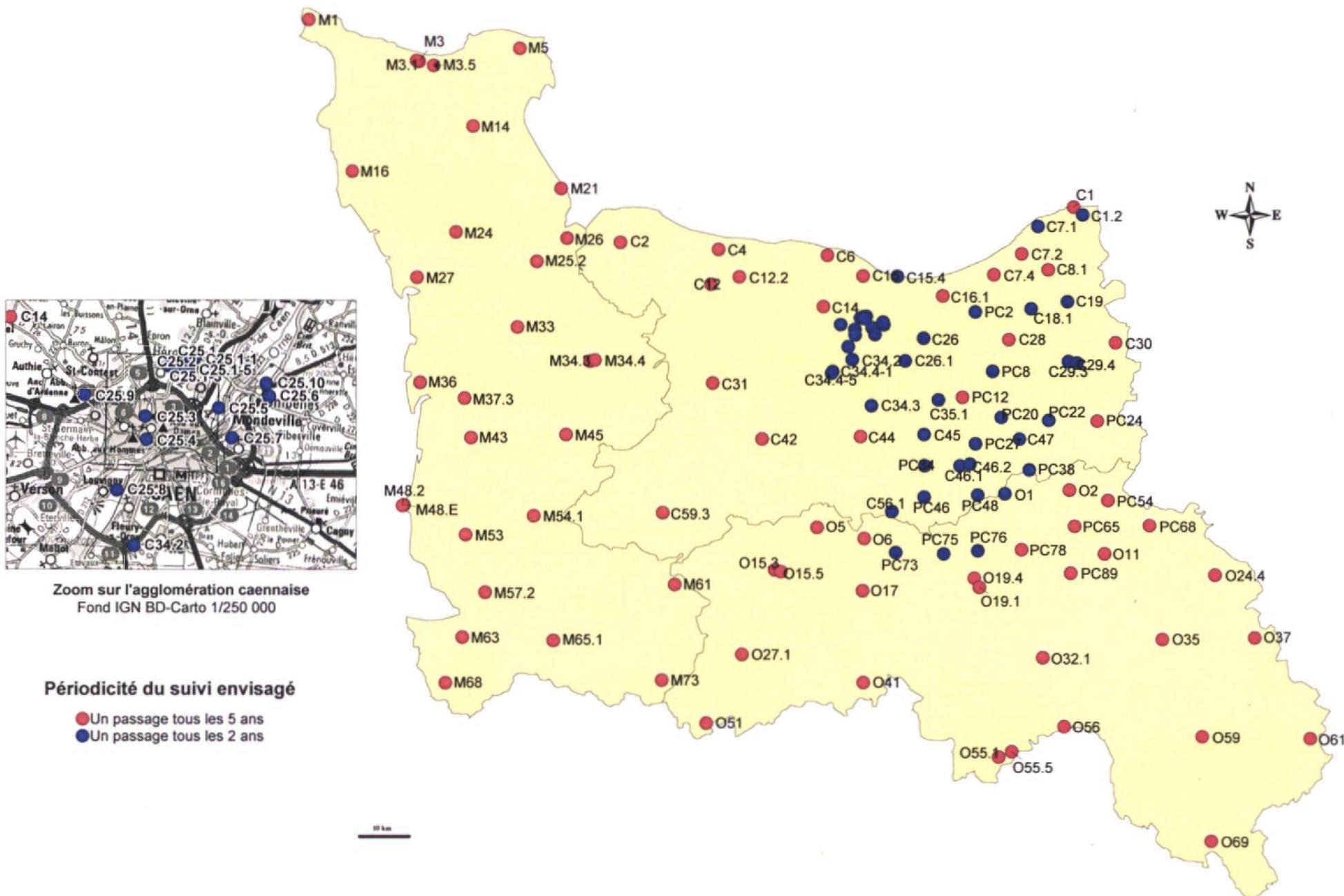
Par ailleurs, sur l'agglomération caennaise, et notamment dans sa moitié est, ainsi que sur l'axe Caen – Rouen, l'observation des lichens épiphytes met également en évidence une dégradation de la qualité globale de l'air. C'est pourquoi un suivi plus régulier mérite d'y être mis en place.

Ainsi, un passage plus fréquent sur **45 stations** parmi les 121 retenues pour le suivi à long terme pourra être réalisé.

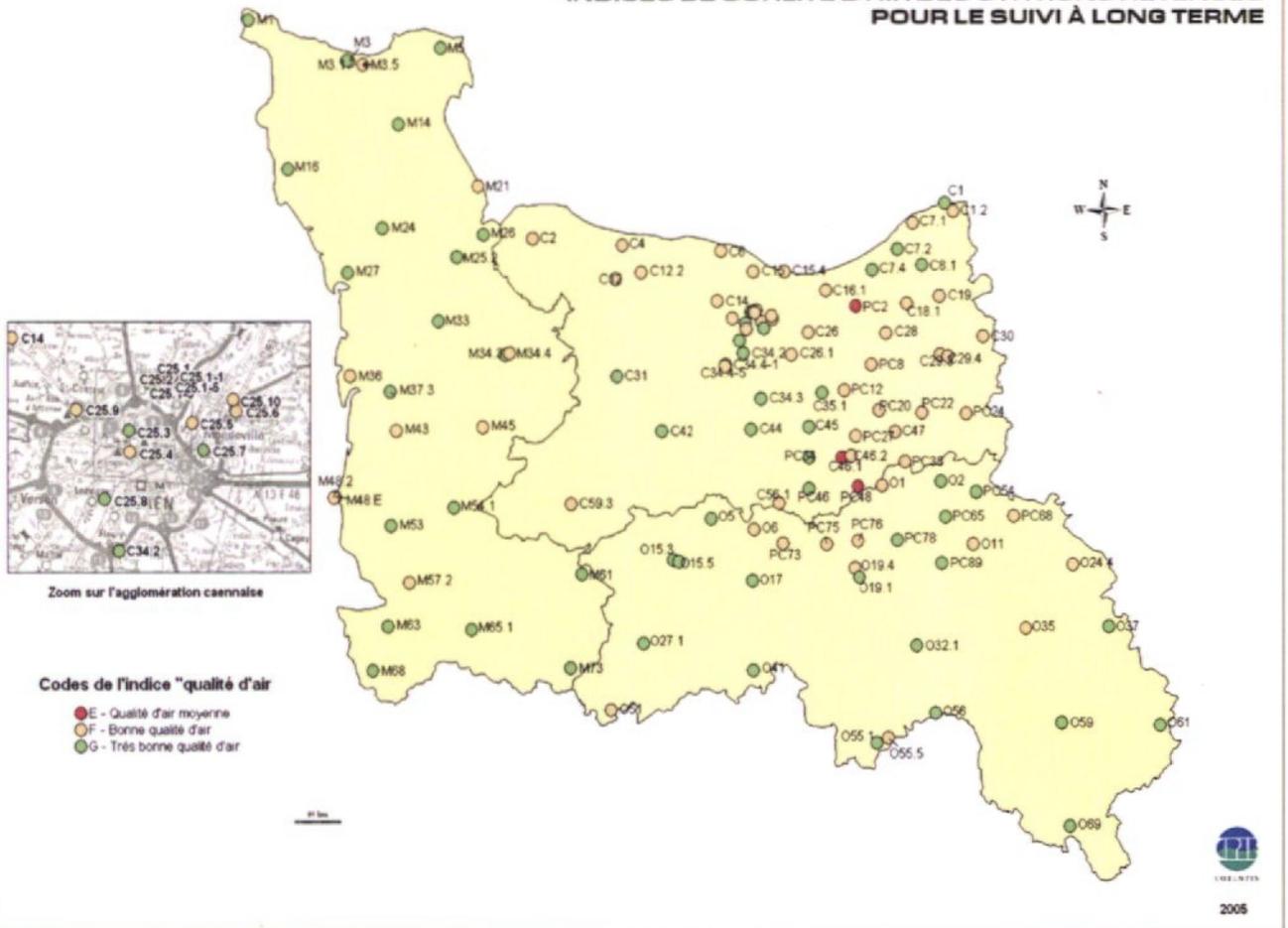
Périodicité : un passage tous les 2 ans

Temps estimé pour une campagne de terrain (sans temps d'analyse) : 4 jours

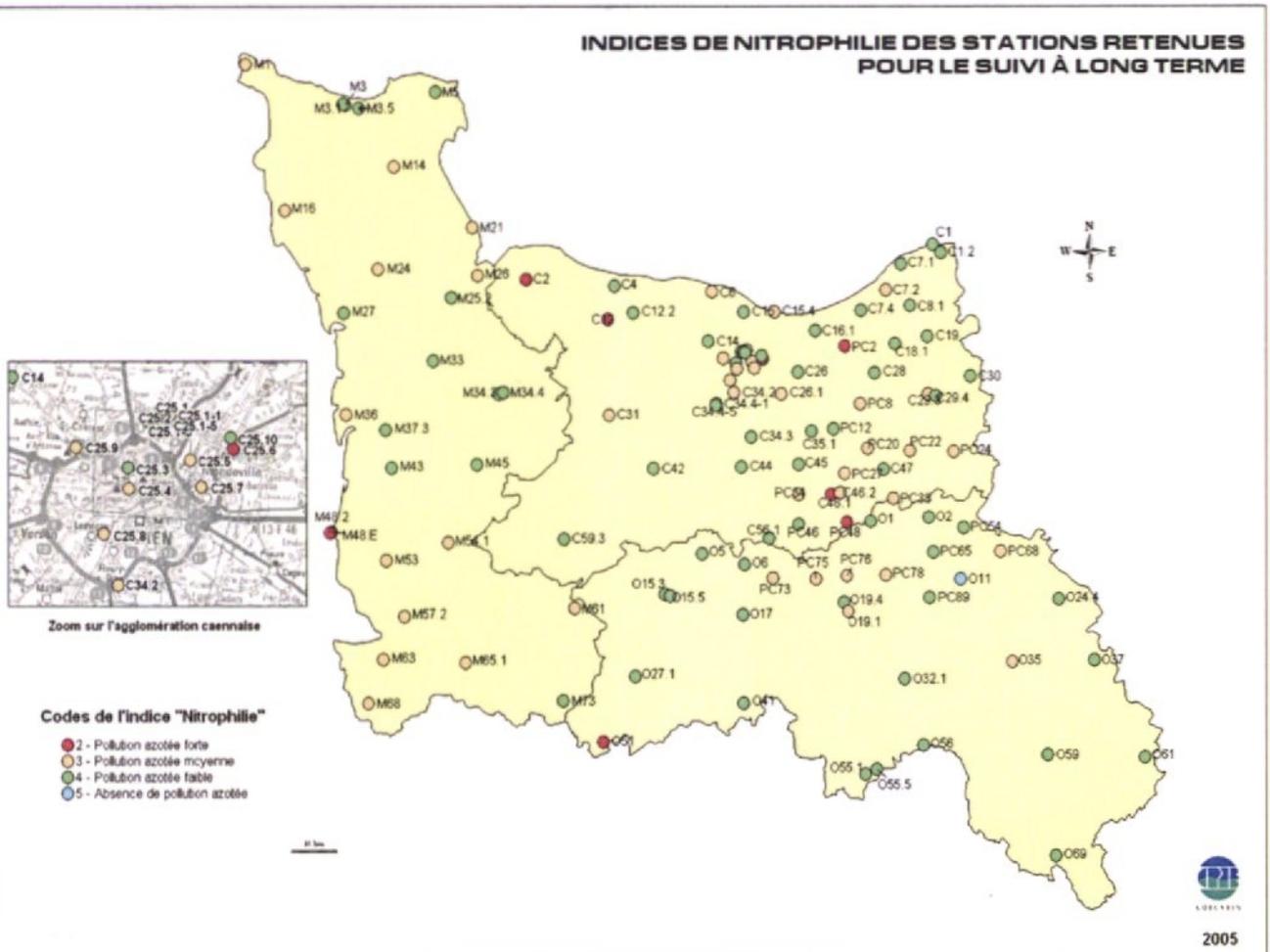
CARTE DES STATIONS RETENUES POUR LES SUIVIS À MOYEN ET LONG TERMES



INDICES DE QUALITÉ D'AIR DES STATIONS RETENUES POUR LE SUIVI À LONG TERME



INDICES DE NITROPHILIE DES STATIONS RETENUES POUR LE SUIVI À LONG TERME



Stations suivies tous les 5 ans

N° stations	Communes	Occupation du sol	QA	N
50				
M1	Auderville	Prairie	G4	3
M3	Cherbourg	Zone urbaine	F4	4
M3-1	Cherbourg	Espaces verts	G4	4
M3-5	Tourlaville	Zone urbaine	F4	4
M5	Tocqueville	Espaces verts	G4	4
M14	Tammerville	Bocage	G4	3
M16	Baubigny	Prairie	G4	3
M21	St Martin de Varreville	Bocage	F4	3
M24	Varenguebec	Bocage	G4	3
M25-2	Carentan	Bocage	G2	4
M26	Brévands	Bocage	G4	3
M27	La Fenouillère	Bocage	G4	4
M33	Marchésieux	Marais	G4	4
M34-3	St Lô	Zone urbaine	G4	4
M34-4	St Lô	Zone urbaine	F4	4
M36	Blainville/mer	Bocage	F4	3
M37-3	Coutances	Espaces verts	G4	4
M43	Tréllly	Bocage	F4	4
M45	La Haye-Bellefond	Bocage	F4	4
M48-2	Granville	Zone urbaine	F4	2
M48.E	Granville	Espaces verts - bord de route	F4	4
M53	La Lucerne d'Outremer	Bocage	G4	3
M54-1	Villedieu-les-Poêles	Zone de culture	G4	3
M57-2	Avranches	Zone urbaine	F4	3
M61	Le Fresne-Poret	Prairie + zone de culture	G4	3
M63	Servon	Prairie + zone de culture	G4	3
M65-1	Isigny-le-Buat	Bocage	G4	3
M68	Aucey la Plaine	Prairie + zone de culture	G4	3
M73	Le Teilleul	Prairie	G4	4
14				
C1	Honfleur	Espaces verts	G4	4
C2	St Germain du Pert	Bocage	F4	2
C4	Port-en-Bessin	Bocage	F4	4
C6	Courseulles/mer	Espaces verts	F4	3
C7-2	St Arnoult	Espaces verts	G4	3
C7-4	Villers/Mer	Bocage	G4	4
C8-1	St Martin aux Chartrains	Espaces verts	G4	4
C12	Ranchy	Zone de culture	F3	2
C12-2	Bayeux	Espaces verts	F4	4
C14	Rosel	Espaces verts	F4	4
C15	Cresserons	Espaces verts	F4	4
C16-1	Varaville	Bocage	F4	4
C28	Léaupartie	Prairie	F4	4
C30	Moyeau	Verges	F4	4
C31	Caumont l'Eventé	Prairie	G4	3
C42	Roucamp/Le Postil	Bocage	G4	4
C44	Mouline	Bocage	G4	4
C59-3	Vire	Zone urbaine	F4	4
PC24	Saint-Cyr-du-Roncera	Zone de culture	F4	3
PC12	Mézidon-Canon	Bord de route	F4	4
61				
O2	Guerquesalles	Forêt	G4	4
O5	Ste Honorine la Chardonne	Zone de culture	G4	4
O6	La Forêt-Auvray	Bocage	F4	4
O11	St Evroult de Montfort	Forêt	F4	5
O15-3	Fliers	Zone urbaine	G4	4
O15-5	Fliers	Espaces verts	G4	4
O17	St Hilaire de Briouze	Forêt + prairie	G4	4
O19-1	Argentan	Prairie + zone de culture	G4	3

O19-4	Argentan	Espaces verts	F4	4
O24-4	L'Aigle	Espaces verts	F4	4
O27-1	Domfront	Espaces verts	G4	4
O32-1	Sées	Espaces verts	G3	4
O35	Moulins la Marche	Bocage	F4	3
O37	St Maurice les Charencey	Zone de culture	G4	4
O41	Magny le Désert	Zone de culture	G4	4
O51	St Siméon	Zone de culture	F4	2
O55-1	St Germain du Corbéis	Espaces verts	G4	4
O55-5	Alençon	Espaces verts	F4	4
O56	Le Ménil Broût	Forêt + bocage	G4	4
O59	Courgeon	Prairie + zone de culture	G4	4
O61	La Madeleine Bouvet	Forêt	G4	4
O69	L'Hermitière	Espaces verts	G4	4
PC54	Le Sap	Espaces verts	G4	4
PC65	Mardilly	Prairie	G4	4
PC68	Villers-en-Ouche	Espaces verts	F4	3
PC78	Fel	Espaces verts	G4	3
PC89	Croisilles	Prairie	G4	4

Stations suivies tous les 2 ans

N° station	Communes	Occupation du sol	QA	N
14				
C1-2	Honfleur	Espaces verts	F4	4
C7-1	Villerville	Bocage	F4	4
C15-4	Ouistreham	Zone urbaine	F4	3
C25-1	Hérouville St Clair	Espaces verts	E4	2
C25.1-1	Hérouville-St-Clair	Espaces verts (lotissement)	F4	3
C25.1-3	Hérouville-St-Clair	Espaces verts - parking	G4	3
C25.1-5	Hérouville-St-Clair	Espaces verts - parking	F4	4
C25-2	Hérouville St Clair	Zone urbaine	G4	4
C25-3	Caen	Espaces verts	G4	4
C25-4	Caen	Zone urbaine	F4	3
C25-5	Hérouville St Clair	Espaces verts	F4	3
C25-6	Colombelles	Espaces verts	F4	2
C25-7	Mondeville	Espaces verts	G2	3
C25-8	Louvigny	Espaces verts	G4	3
C25-9	St Germain la Blanche Herbe	Zone de culture	F4	3
C25-10	Colombelles	Zone urbaine	F4	4
C18-1	Valsemé	Bocage	F4	4
C19	Pierrefitte en Auge	Bocage	F4	4
C26	Troarn	Espaces verts	F4	4
C26-1	Frénouville	Lisière bois	F4	3
C29-3	Lisieux	Espaces verts	F4	3
C29-4	Lisieux	Espaces verts	F4	4
C34-2	Ifs	Espaces verts	G4	3
C34-3	Bretteville/Laize	Bord de route	G4	4
C34.4-01	Vieux	Zone de culture	F4	3
C34.4-05	Vieux	Parking	F4	4
C35-1	Vieux Fumé	Zone de culture	G4	4
C45	Rouvies	Espaces verts	G4	4
C46-1	Bernières d'Ailly	Zone de culture	E4	2
C46-2	Louvagny	Zone de culture	F4	3
C47	Montviette	Bocage	F4	4
C56-1	Fourneau le Val	zone de culture	F4	4
PC02	Dozulé	Espaces verts	E4	2
PC08	Crèvecœur-en-Auge	Espaces verts	F4	3
PC20	Vieux Pont	Espaces verts	F4	3
PC22	Le Mesnil-Durand	Prairie	F4	3
PC27	L'Oudon	Zone de culture	F4	3
PC34	Epaney	Espaces verts	G2	3
PC38	Les Autels Saint Bazile	Bocage	F4	3
PC46	La Hoguette	Zone de culture	G4	4
PC48	Les Grands Moutiers	Zone de culture	E4	2
61				
O1	St Gervais des sablons	Bocage	F4	4
PC73	Champcerie	Zone de culture	F4	3
PC75	Commeaux	Prairie	F4	3
PC76	Bailleul	Zone de culture	F4	3

Eléments de conclusion

Depuis les années 1970, où les premières méthodes de bio-indication lichéniques ont été appliquées, la pollution atmosphérique des villes s'est modifiée ; tandis que les taux de SO₂ émis dans l'air régressaient, de nouveaux polluants, aux effets sur les lichens moins bien connus, ont pris de l'ampleur. Les réseaux de capteurs physico-chimiques installés dans les zones urbaines permettent de les cerner, quantitativement et qualitativement.

Toutefois, l'étude des lichens comme bio-indicateurs de la qualité de l'air conserve tout son intérêt :

- Les lichens sont **de bon intégrateurs de la qualité globale de l'air**, y compris dans le cas de pollutions complexes, où se combinent plusieurs éléments polluants.
- L'altération des thalles lichéniques (nécroses) ou la modification de la flore lichénique peuvent constituer un signal d'alerte, sous-entendant une dégradation de la qualité de l'air sur un secteur donné, où jusqu'alors une pollution n'était pas soupçonnée. Ainsi, **la cartographie des lichens épiphytes peut aider au choix de l'emplacement des capteurs physico-chimiques mais également au choix des composés à mesurer** (NH₃ par exemple).
- Enfin, présents en ville (sauf dans les zones les plus polluées) comme à la campagne, les lichens permettent de visualiser facilement l'effet des pollutions de l'air sur les organismes vivants ; tant auprès du grand public que des élus, ils peuvent jouer un **rôle important dans la sensibilisation aux problèmes de qualité d'air**.

Dans de nombreuses régions françaises (Nord Pas-de-Calais, Rhône-Alpes, Pays de la Loire, Ile-de-France, etc.), des collégiens, des lycéens ou des universitaires se penchent sur l'observation des lichens épiphytes de leurs villes respectives pour cartographier la qualité globale de l'air. A partir d'une méthodologie simple, basée sur la reconnaissance de quelques espèces, ces élèves et étudiants abordent concrètement, sur le terrain, de multiples notions d'écologie et problématiques environnementales.

Pour conclure, soulignons l'apport significatif de connaissances quant à la répartition et la fréquence des différentes espèces (lichens et bryophytes) observées dans le cadre de cette étude. Les informations amassées au cours des deux campagnes de terrain enrichissent notablement les bases de données actuelles sur la flore cryptogamique régionale.

Éléments complémentaires de bibliographie

Air Breizh, 2003 – *Etude des teneurs en ammoniac atmosphérique sur le canton de Lamballe.*

Asta J., Erhardt W, Ferreti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis O.W., Pirintsos S., Scheidegger C., Van Haluwyn Ch. & Wirth V., 2002 – *European Guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress.*

Cuny D., Davranche L., Thomas P., Van Haluwyn C., Kempa M., Dossin M. & Silvie J.P., 2003 – *Imprégnation de thalles du lichen Xanthoria parietina par quelques éléments traces dans la région dunkerquoise.*

DDAF de la Manche, 2005 – *Les déclarations de surfaces 2005.* Service départemental de la statistique agricole. N° 2, nov. 2005

Kirschbaum U. & Wirth V., 1997 – *Les lichens bio-indicateurs.* Ed Ulmer, 128 p.

Portejoie S., Martinez J. & Landmann G., 2002 – L'ammoniac d'origine agricole : impact sur la santé humaine et animale et sur le milieu naturel. *INRA Prod. Anim.*, 15, 151-160.

Union des industries de la fertilisation, 2005 – Gagner en efficacité avec l'azote minéral pour protéger l'environnement. *Dossier technique de l'UNIFA.* 17p.

Van Haluwyn Ch. & Lerond M., 1993 – *Guide des lichens.* Lechevalier, Paris. 345 p.

Quelques sites internet consultés

www2.ac-lille.fr/lichen/

www2.ujf-grenoble.fr

www.users.skynet.be/laroseaie/lichens/

www.beaulieu.djf.vd.ch

www.fs.fed.us/r6/aq/lichen/images.htm

www.aair-lichens.com

www.citepa.org

www.atmo-France.org

www.ademe.fr

www.unifa.fr

www.comifer.asso.fr

www.eea.eu.int

ANNEXES

Annexe 1

Tableaux des relevés lichéniques 2005

Tableau 1 - Stations supplémentaires 2005

Espèces de Lichens, d'Algues ou de Bryophytes	Zones	C25.1					C34.4										C46		M39								Espèces de Lichens, d'Algues ou de Bryophytes	
		C25.1-1	C25.1-2	C25.1-3	C25.1-4	C25.1-5	C34.4-01	C34.4-02	C34.4-03	C34.4-04	C34.4-05	C34.4-06	C34.4-07	C34.4-08	C34.4-09	C34.4-10	C46.1	C46.2	M39.1	M39.2	M39.3	M39.4	M39.5	M39.6	M39.7	M39.8		
<i>Pleurococcus viridis</i>	A	4	4	4	4	4		4	4	4	4		4			4			4	4	4+	4	4			4		<i>Pleurococcus viridis</i>
<i>Buellia punctata</i>	B						4		4				4								4	4			4	4	<i>Buellia punctata</i>	
<i>Lecanora conizaeoides</i>				4			4																4				<i>Lecanora conizaeoides</i>	
<i>Lecanora expallens</i>	C		4	4		4		4		4	4		4						4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Lecanora expallens</i>	
<i>Lepraria incana</i>		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4				4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Lepraria incana</i>	
<i>Diploicia canescens</i>	D	4	4		4	4	4	4	4+			4		4+	4	4	4	4	4+	4			4	4			<i>Diploicia canescens</i>	
<i>Lecidella elaeochroma</i>			4	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4				4	4	4	4	4				<i>Lecidella elaeochroma</i>	
<i>Physcia tenella</i>		4+	4	4	4	4	4+	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			4	4					4	<i>Physcia tenella</i>	
<i>Xanthoria polycarpa</i>									4																		<i>Xanthoria polycarpa</i>	
<i>Candelariella xanthostigma</i>	E																										<i>Candelariella xanthostigma</i>	
<i>Dicranoweisia cirrhata</i>		4						4	4			4															<i>Dicranoweisia cirrhata</i>	
<i>Evernia prunastri</i>																											<i>Evernia prunastri</i>	
<i>Hypogymnia physodes</i>		4																									<i>Hypogymnia physodes</i>	
<i>Parmelia sulcata</i>		4		4	4	4		4	4	4+	4				4	4					4	4					<i>Parmelia sulcata</i>	
<i>Pseudevernia furfuracea</i>																											<i>Pseudevernia furfuracea</i>	
<i>Physcia adscendens</i>		4		4	4	4		4		4	4		4								4		4				<i>Physcia adscendens</i>	
<i>Xanthoria parietina</i>		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4+	4+	4+	4+	4					4		4	4			<i>Xanthoria parietina</i>	
<i>Frullania dilatata</i>	F																				4				4	4	<i>Frullania dilatata</i>	
<i>Hypnum cupressiforme</i>																					4	4			4	4	<i>Hypnum cupressiforme</i>	
<i>Parmelia acetabulum</i>		4		4		4						4															<i>Parmelia acetabulum</i>	
<i>Parmelia caperata</i>		4		2		4							2								4	4	4	2	4	4	<i>Parmelia caperata</i>	
<i>Parmelia glabratula</i>																											<i>Parmelia glabratula</i>	
<i>Parmelia pastillifera</i>																											<i>Parmelia pastillifera</i>	
<i>Parmelia soledians</i>																											<i>Parmelia soledians</i>	
<i>Parmelia subaurifera</i>		4		4	4	4		4		4	4										4						<i>Parmelia subaurifera</i>	
<i>Parmelia subrudecta</i>		4				4				4	4											4				4	<i>Parmelia subrudecta</i>	
<i>Parmelia tiliacea</i>																											<i>Parmelia tiliacea</i>	
<i>Pertusaria amara</i>																											<i>Pertusaria amara</i>	
<i>Pertusaria pertusa</i>																											<i>Pertusaria pertusa</i>	
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>		4												4					4				4	4			<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	
<i>Phlyctis argena</i>																											<i>Phlyctis argena</i>	
<i>Physconia grisea</i>																											<i>Physconia grisea</i>	
<i>Ramalina farinacea</i>																	4				4						<i>Ramalina farinacea</i>	
<i>Ramalina fastigiata</i>		4		4	4	4	4	4		4	4	(3)	(3)	4	4	4		4			4	4	4				<i>Ramalina fastigiata</i>	
<i>Xanthoria candelaria</i>																	4										<i>Xanthoria candelaria</i>	
<i>Anaptychia ciliaris</i>	G																				4	4	4		4	4	<i>Anaptychia ciliaris</i>	
<i>Parmelia perlata</i>																						4	4	4		4	<i>Parmelia perlata</i>	
<i>Parmelia reticulata</i>																							4	4	4		<i>Parmelia reticulata</i>	
<i>Parmelia revoluta</i>				2																		4	4	4		4	<i>Parmelia revoluta</i>	
<i>Physcia aipolia</i>																											<i>Physcia aipolia</i>	
<i>Physconia pulverulacea</i>																											<i>Physconia pulverulacea</i>	
<i>Ramalina fraxinea</i>				4																							<i>Ramalina fraxinea</i>	
Indice de Qualité d'air		F4	E4	G4	F4	F4	F4	E4	F4	F4	E4	E4	F4	F4	F4	E4	F4	D4	G4	G4	G4	F4	G4	G4	G4		Indice de Qualité d'air	
<i>Diploicia canescens</i>	1	4			4	4	4	4+			4		4+	4	4	4	4	4+		4			4	4			<i>Diploicia canescens</i>	
<i>Xanthoria parietina</i>		4	4	4	4	4	4		4	4	4+	4	4+	4+	4	4	4				4	4					<i>Xanthoria parietina</i>	
<i>Physcia adscendens</i>	2	4			4	4		4	4	4			4								4		4				<i>Physcia adscendens</i>	
<i>Physcia tenella</i>		4	4	4	4	4	4+	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4				4	4				4	<i>Physcia tenella</i>	
<i>Parmelia subrudecta</i>	3					4				4	4										4						<i>Parmelia subrudecta</i>	
<i>Parmelia subaurifera</i>		4		4	4	4		4		4	4				4												<i>Parmelia subaurifera</i>	
<i>Parmelia sulcata</i>		4		4	4	4		4	4	4	4			4	4							4					<i>Parmelia sulcata</i>	
<i>Parmelia perlata</i>																					4	4	4	4	4	4	<i>Parmelia perlata</i>	
<i>Ramalina fastigiata</i>		4		4	4	4	4	4		4	4	(3)	(3)	4	4	4		4			4	4	4				<i>Ramalina fastigiata</i>	
<i>Ramalina farinacea</i>																											<i>Ramalina farinacea</i>	
<i>Ramalina fraxinea</i>					4																						<i>Ramalina fraxinea</i>	
<i>Parmelia caperata</i>	4			(2)		4					4										4	4	4	4	(2)	4	<i>Parmelia caperata</i>	
<i>Parmelia glabratula</i>																											<i>Parmelia glabratula</i>	
Disparition des nitrophiles	5																										Disparition des nitrophiles	
Indice de nitrophilie		3	2	3	3	4	3	3	3	3	4	2	2	3	3	3	2	3	1	4	4	4	4	4	3	4	4	Indice de nitrophilie

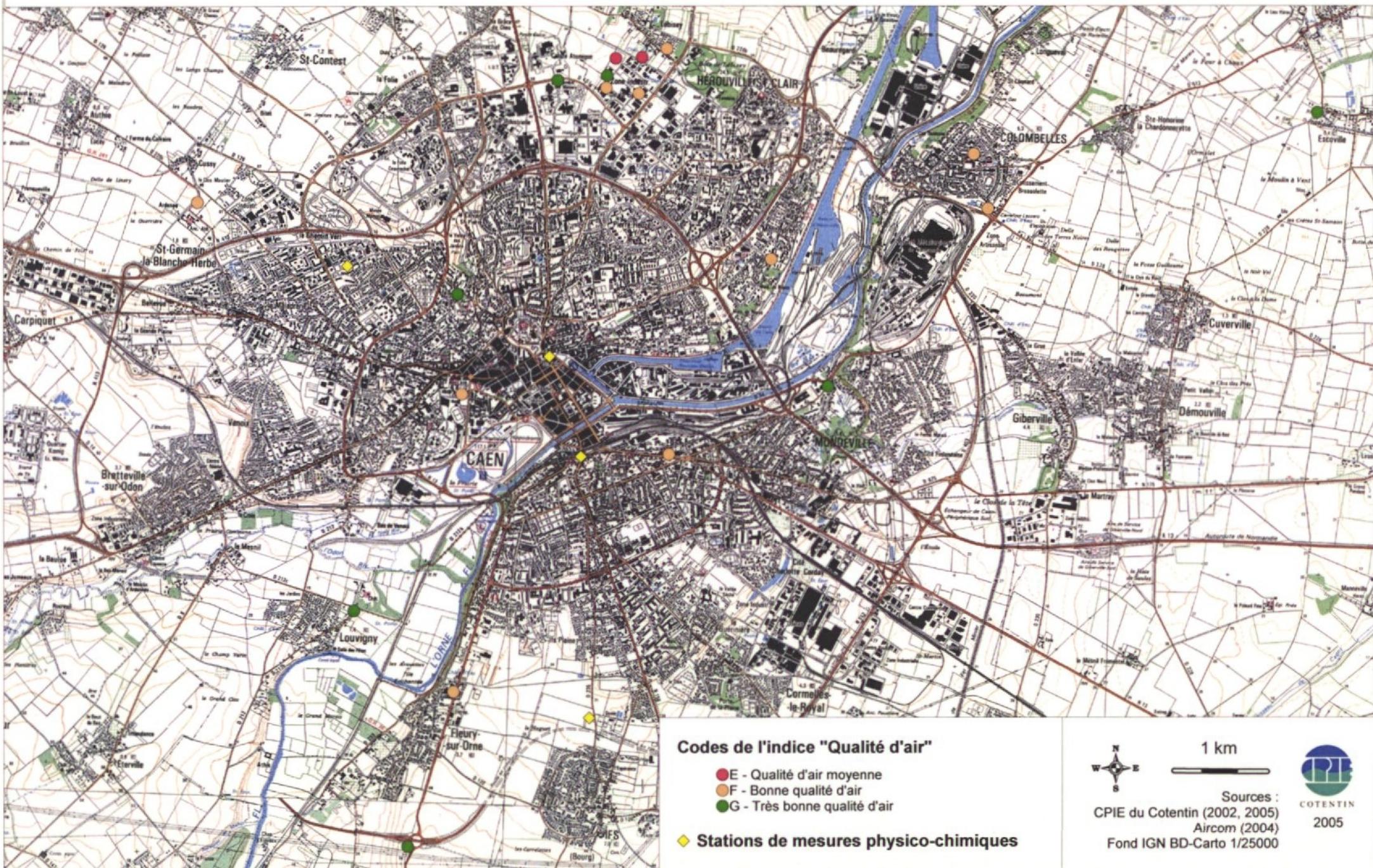
Tableau 2 - Stations supplémentaires dans Granville (50)

Espèces de Lichens, d'Algues ou de Bryophytes	Zones	M48 - A	M48 - B	M48 - C	M48 - D	M48 - E	M48 - F	M48 - G	M48 - H	M48 - I	M48 - J	M48 - K	M48 - L	M48 - M	M48 - N	M48 - O	M48 - P	Espèces de Lichens, d'Algues ou de Bryophytes
<i>Pleurococcus viridis</i>	A	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4		4	4	4	<i>Pleurococcus viridis</i>
<i>Buellia punctata</i>	B	4									4							<i>Buellia punctata</i>
<i>Lecanora conizaeoides</i>		4								4								<i>Lecanora conizaeoides</i>
<i>Lecanora expallens</i>	C			4						4								<i>Lecanora expallens</i>
<i>Lepraria incana</i>		4		4	4	4	4						4	4	4	4		<i>Lepraria incana</i>
<i>Diploicia canescens</i>	D	4	4	4	4	4+	4+	4	4		4+	4	4	4+	4	4+		<i>Diploicia canescens</i>
<i>Lecidella elaeochroma</i>		4	4	4	4		4	4		4	4			4	4		4	<i>Lecidella elaeochroma</i>
<i>Physcia tenella</i>		4	4	4	4	4	4	4	4+	4	4+	4	4+	4		4		<i>Physcia tenella</i>
<i>Xanthoria polycarpa</i>				4	4									4				<i>Xanthoria polycarpa</i>
<i>Candelariella xanthostigma</i>	E		4								4							<i>Candelariella xanthostigma</i>
<i>Dicranoweisia cirrhata</i>			4															<i>Dicranoweisia cirrhata</i>
<i>Evernia prunastri</i>																		<i>Evernia prunastri</i>
<i>Hypogymnia physodes</i>																		<i>Hypogymnia physodes</i>
<i>Parmelia sulcata</i>		4		4	4	4	4		4		4	4	4	4		4	4	<i>Parmelia sulcata</i>
<i>Pseudevernia furfuracea</i>				4	4	4	4	4	4		4	4	4	4		4	4	<i>Pseudevernia furfuracea</i>
<i>Physcia adscendens</i>				4	4	4	4	4	4		4	4	4	4		4	4	<i>Physcia adscendens</i>
<i>Xanthoria parietina</i>		4	4	4	4	4	4+	4+	4+	4	4	4+	4	4		4+	4	<i>Xanthoria parietina</i>
<i>Frullania dilatata</i>	F			4	4		4					4	4	4	4	4		<i>Frullania dilatata</i>
<i>Hypnum cupressiforme</i>																		<i>Hypnum cupressiforme</i>
<i>Parmelia acetabulum</i>																		<i>Parmelia acetabulum</i>
<i>Parmelia caperata</i>		4		4	4	4	4	4	4		4	4		4	4	4	4	<i>Parmelia caperata</i>
<i>Parmelia glabratula</i>																		<i>Parmelia glabratula</i>
<i>Parmelia pastillifera</i>																		<i>Parmelia pastillifera</i>
<i>Parmelia soledians</i>																		<i>Parmelia soledians</i>
<i>Parmelia subaurifera</i>		4		4	4						4						4	<i>Parmelia subaurifera</i>
<i>Parmelia subrudecta</i>		4		4	4	4	4					4	4	4		4	4	<i>Parmelia subrudecta</i>
<i>Parmelia tiliacea</i>																		<i>Parmelia tiliacea</i>
<i>Pertusaria amara</i>																		<i>Pertusaria amara</i>
<i>Pertusaria pertusa</i>																		<i>Pertusaria pertusa</i>
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>		4										4		4	4	4		<i>Phaeophyscia orbicularis</i>
<i>Phlyctis argena</i>																		<i>Phlyctis argena</i>
<i>Physconia grisea</i>		4		4	4	4	4		4		4		4					<i>Physconia grisea</i>
<i>Ramalina farinacea</i>																		<i>Ramalina farinacea</i>
<i>Ramalina fastigiata</i>		4					4	4	4	3	4	4	4		4	4	4	<i>Ramalina fastigiata</i>
<i>Xanthoria candelaria</i>																		<i>Xanthoria candelaria</i>
<i>Anaptychia ciliaris</i>	G																	<i>Anaptychia ciliaris</i>
<i>Parmelia perlata</i>		4		4	4						4	4			4	4	4	<i>Parmelia perlata</i>
<i>Parmelia reticulata</i>																		<i>Parmelia reticulata</i>
<i>Parmelia revoluta</i>																		<i>Parmelia revoluta</i>
<i>Physcia aipolia</i>																		<i>Physcia aipolia</i>
<i>Physconia pulverulacea</i>												4						<i>Physconia pulverulacea</i>
<i>Ramalina fraxinea</i>																		<i>Ramalina fraxinea</i>
Indice de Qualité d'air		G4	E4	G4	G4	F4	F4	F4	F4	F3	G4	G4	F4	F4	G4	G4	G4	Indice de Qualité d'air
<i>Diploicia canescens</i>	1	4	4	4	4	4+	4+	4	4		4+	4	4	4+	4	4+		<i>Diploicia canescens</i>
<i>Xanthoria parietina</i>		4	4	4	4	4	4+	4+	4+	4	4	4+	4	4		4	4	<i>Xanthoria parietina</i>
<i>Physcia adscendens</i>	2			4	4	4	4	4	4		4	4	4	4		4	4	<i>Physcia adscendens</i>
<i>Physcia tenella</i>		4	4	4	4	4	4	4	4+	4	4+	4	4+	4		4		<i>Physcia tenella</i>
<i>Parmelia subrudecta</i>	3	4		4	4	4	4					4	4	4		4	4	<i>Parmelia subrudecta</i>
<i>Parmelia subaurifera</i>		4		4	4						4						4	<i>Parmelia subaurifera</i>
<i>Parmelia sulcata</i>		4			4	4	4		4		4						4	<i>Parmelia sulcata</i>
<i>Parmelia perlata</i>		4		4	4						4	4			4	4	4	<i>Parmelia perlata</i>
<i>Ramalina fastigiata</i>		4					4	4	4	3	4	4	4		4	4	4	<i>Ramalina fastigiata</i>
<i>Ramalina farinacea</i>																		<i>Ramalina farinacea</i>
<i>Ramalina fraxinea</i>																		<i>Ramalina fraxinea</i>
<i>Parmelia caperata</i>	4	4		4	4	4	4	4	4		4	4		4	4	4	4	<i>Parmelia caperata</i>
<i>Parmelia glabratula</i>																		<i>Parmelia glabratula</i>
Disparition des nitrophiles	5																	Disparition des nitrophiles
Indice de nitrophilie		4	2	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	Indice de nitrophilie

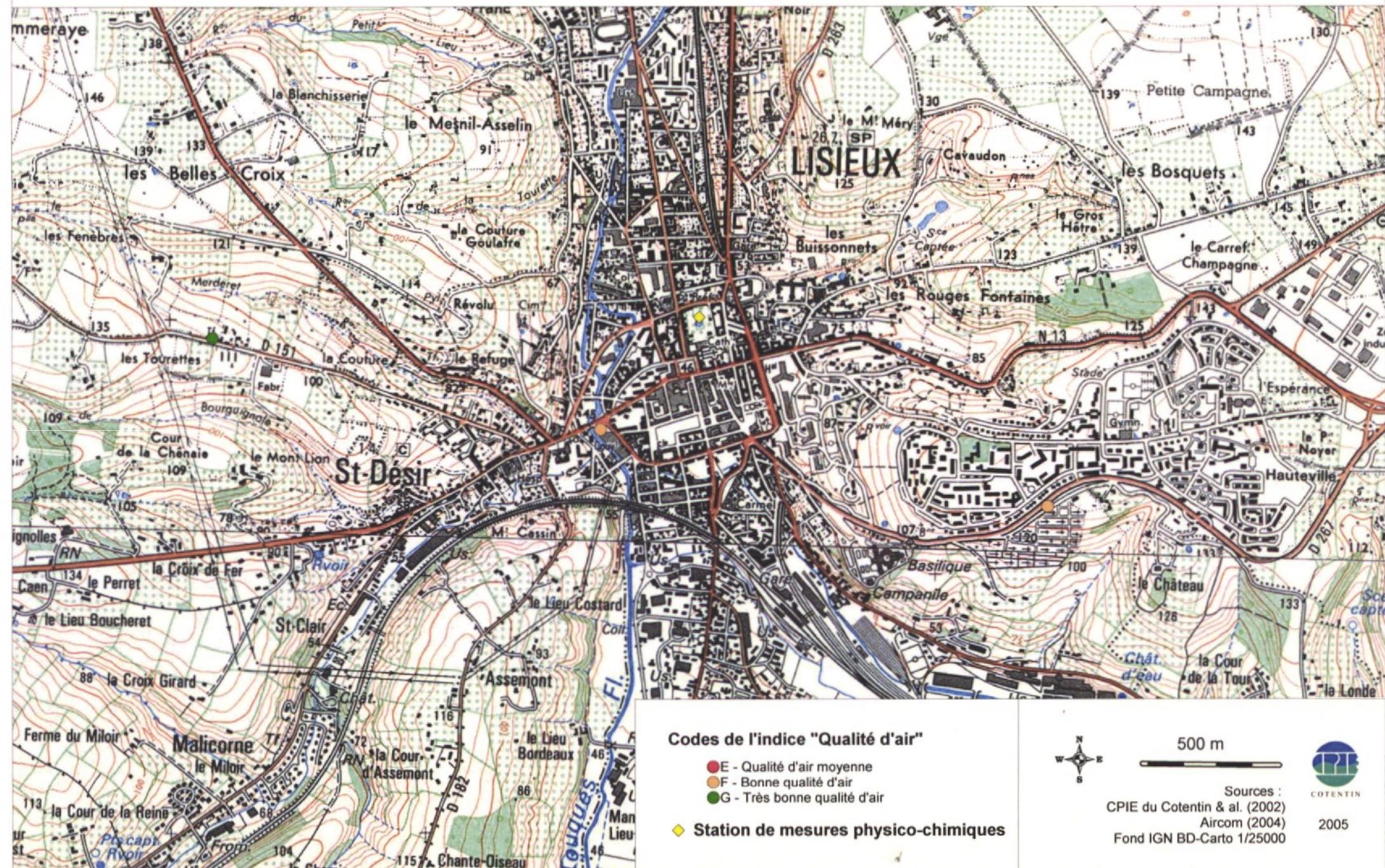
Annexe 2

Cartes des stations de relevés lichéniques à proximité des capteurs physico-chimiques d'Aircom

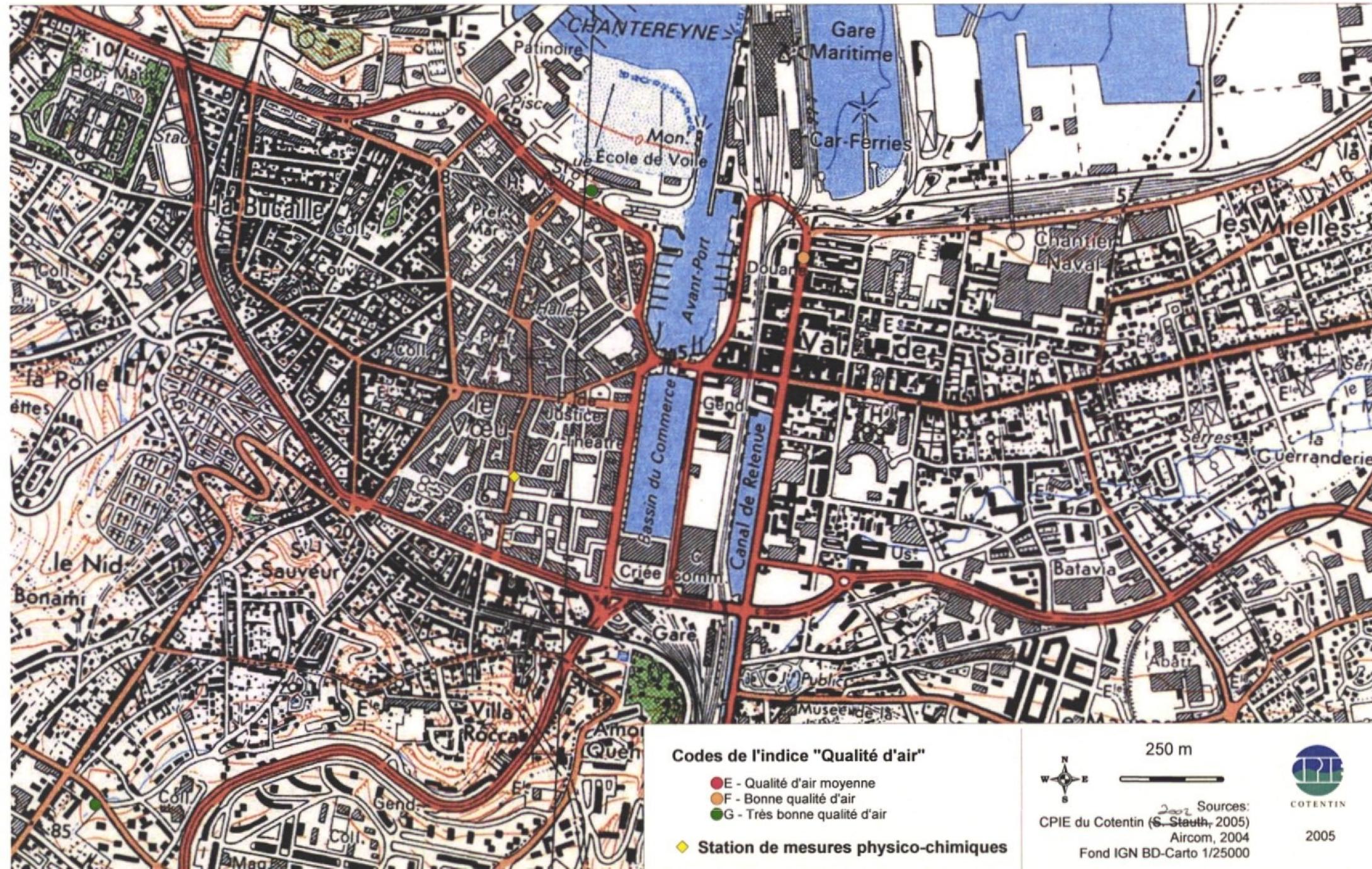
STATIONS DE MESURES PHYSICO-CHIMIQUES ET STATIONS DE RELEVÉS LICHÉNIQUES AGGLOMÉRATION CAENNAISE



STATION DE MESURES PHYSICO-CIMIQUES ET STATIONS DE RELEVÉS LICHÉNIQUES LISIEUX



STATION DE MESURES PHYSICO-CHIMIQUES ET STATIONS DE RELEVÉS LICHÉNIQUES CENTRE DE CHERBOURG



STATION DE MESURES PHYSICO-CHIMIQUES ET STATIONS DE RELEVÉS LICHÉNIQUES SAINT-LÔ



STATION DE MESURES PHYSICO-CHIMIQUES ET STATIONS DE RELEVÉS LICHÉNIQUES ALENÇON



Codes de l'indice "Qualité d'air"

- E - Qualité d'air moyenne
- F - Bonne qualité d'air
- G - Très bonne qualité d'air

◆ Station de mesures physico-chimiques



500 m



COTENTIN

Sources:
CPIE du Cotentin (2002, 2005)
Aircorn, 2004
Fond IGN BD-Carto 1/25000

2005



La Hoguette (14)
(Stauth S., 2005)



COTENTIN

Séverine STAUTH

CPIE du Cotentin
B.P. 42
50430 Lessay

Téléphone :
02.33.46.37.06
Télécopie :
02.33.46.63.06

Mél. : accueil@cpiecotentin.com