Étude de la gêne olfactive des populations riveraines des zones industrielles de l'estuaire de la seine

Odour annoyance in industrial zones of the river Seine estuary

Marie-Line PERRIN*, Stéphane QUÉRÉ*, Nicole HUCHET*, Véronique DELMAS**, Philippe LEDENVIC***

RÉSUMÉ

L'embouchure de la Seine (France) est un important site industriel et pétrochimique. Si les rejets atmosphériques de polluants classiques de ces industries ont notablement diminué ces dernières années, il n'en va pas de même pour les odeurs. Elles sont, en effet, désignées par la majorité des riverains comme la plus gênante des pollutions de l'air.

Une étude baptisée « ODEURS-ESTUAIRE » a donc été menée, couvrant la zone de l'estuaire de la Seine, du Havre jusqu'à Port-Jérôme (30 km plus à l'Est).

Trois cent soixante dix bénévoles ont été recrutés dans quinze communes riveraines de l'estuaire. Ces personnes, en acceptant de tester, suivant un calendrier mobile, la qualité de l'air pendant une année complète, ont pu quantifier, en intensité et en fréquence, la gêne provoquée par les odeurs. L'état du site ainsi dressé a permis aux autorités d'engager une action auprès des industriels responsables de ces rejets odorants.

ABSTRACT

The mouth of the Seine river in France is an important industrial and petrochemical site. Even though classical air pollutants emissions of these industries have considerably decreased during these last years, the same does not hold true with odours. Indeed, most of living populations point them out as the most annoying air pollutant.

A so-called « ODEURS-ESTUAIRE » study has been done, covering the area of the mouth of the Seine River from Le Havre up to Port-Jérôme, 30 km easter.

Three hundred and seventy volunteer persons were chosen in fifteen riverside towns. These population panelists, in accepting to test the air quality during one year, have been able to quantify, in terms of intensity and frequency, the annoyance due to odours. The state of the site so drawn up allowed the authorities to invite the industries who are responsible of this annoyance to reduce it.

Les industries implantées sur l'estuaire de la Seine, entre Petitville et Le Havre, étant potentiellement responsables d'odeurs ressenties dans l'environnement et faisant l'objet de plaintes auprès des autorités, il a été décidé d'effectuer une étude des odeurs émises sur ce site, pouvant entraîner une gêne des populations riveraines.

Cette étude, baptisée « Odeurs-Estuaire » ou « Cyrano », à laquelle quinze communes ont été associées, comporte l'évaluation de la gêne olfactive ressentie par les populations riveraines et la caractérisation de l'état actuel du site du point de vue des odeurs (olfactométries dans l'environnement).

1. Évaluation de la gêne olfactive ressentie par les populations riveraines

1.1. Méthodologie

La paternité de ce type d'étude revient à une équipe de chercheurs de l'Université d'Utrecht (Pays-Bas) [1]. On notera que cette méthode est désormais recommandée par le VDI [2] et qu'une étude de ce genre a déjà été menée en France dans la région de l'Etang de Berre (Marseille) [3].

(*) *Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, Département de Protection de l'Environnement et des Installations, Laboratoire d'Olfactométrie, IPSN/CEA, BP 6, 92265 Fontenay-aux-Roses Cedex, France.*

(**) *Air Normand, 21, avenue de la Porte aux Champs, 76037 Rouen Cedex, France.*

(***) *Ministère de l'Environnement, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Service de l'Environnement Industriel, 20, avenue de Ségur, 75302 Paris 075P.*

L'échantillon de population constituant le jury est composé de personnes bénévoles riveraines du site étudié. Elles sont regroupées par secteurs géographiques en fonction de leur lieu de résidence. Ces personnes sont invitées à sortir de chez elles à des heures et dates déterminées et à se prononcer sur la qualité de l'air qu'elles respirent. Pour cela, elles doivent répondre au questionnaire figurant sur le carton-réponse (cf. figure 1).

Afin d'exploiter la mesure, le numéro du correspondant, l'heure et le jour doivent y figurer. Au verso, elles peuvent indiquer toutes les observations qu'elles jugent intéressantes.

L'ensemble des réponses va permettre de calculer un indice de gêne odorante pour un secteur, un jour et une heure déterminés. Il est calculé de la manière suivante :

$$I = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{5} W_i \cdot N_i$$

N : nombre total d'observateurs

i : catégorie de la réponse

W_i : coefficient de la catégorie i

N_i : nombre de réponses de la catégorie i

Réponse	i	W_i
Pas d'odeur	0	0
Odeur pas gênante	1	0
Odeur un peu gênante	2	25
Odeur gênante	3	50
Odeur très gênante	4	75
Odeur extrêmement gênante	5	100

La valeur de l'indice de gêne olfactive est nulle lorsque personne ne se déclare gêné par les odeurs, et égale à 100 lorsque tous les participants sont extrêmement gênés.

De manière à couvrir toutes les conditions météorologiques ainsi que les diverses conditions de fonctionnement des industries locales, l'étude a duré une année, à raison de deux relevés par semaine. Les avantages de ce type de mesures, par rapport à une prise en compte des plaintes ou à un sondage d'opinions ponctuel, sont les suivants :

– les personnes considérées travaillent toutes avec une échelle de réponses précise pour indiquer le niveau de la gêne qu'elles ressentent,

– cette gêne ressentie est uniquement basée sur leur expérience immédiate et ne fait donc pas appel à la mémoire d'épisodes vécus dont l'objectivité peut être mise en question,

– les épisodes pendant lesquels les personnes ont à se prononcer peuvent être contrôlés par l'expérimentateur et corrélés à des niveaux de pollution et des situations météorologiques.

1.2. Conditions opératoires

La zone géographique couverte par l'étude s'étend de Petitville au Havre (cf. figure 2).

Des réunions d'informations tenues dans les différentes communes ont conduit 370 personnes à se porter volontaires pour l'étude. En accord avec les municipalités et AIR NORMAND, chaque personne s'est vue attribuer un numéro de participant,

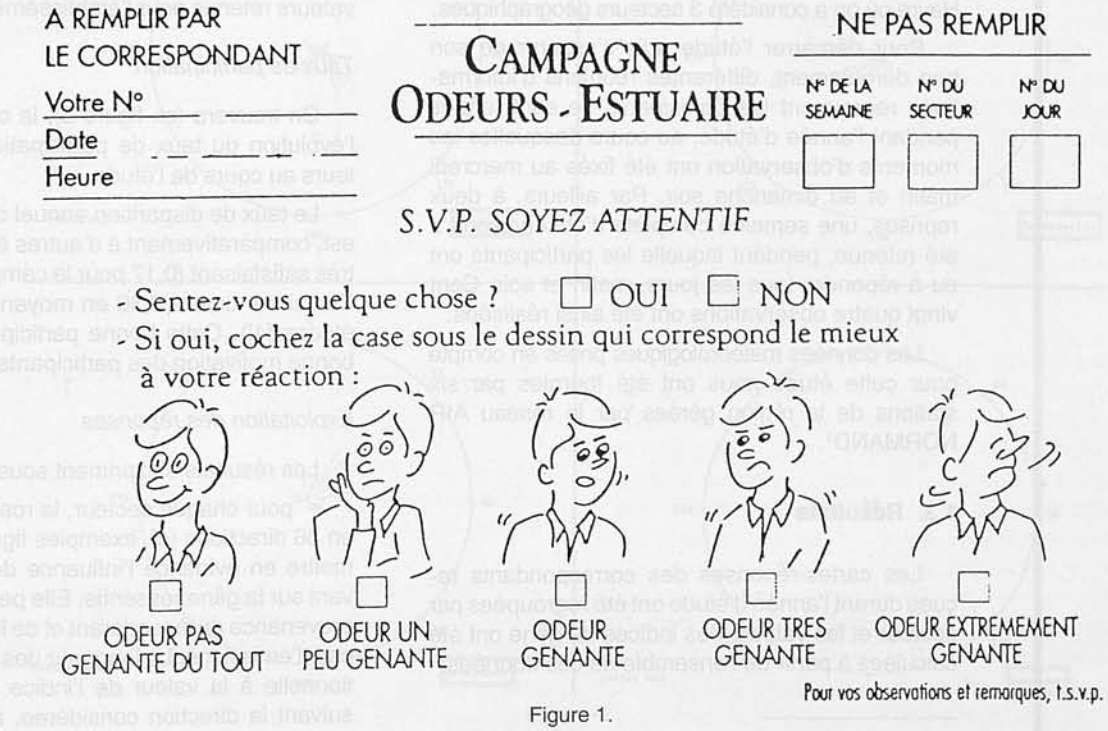

Figure 1.

Questionnaire à remplir par les observateurs.

Questionnaire to be completed by the observers.

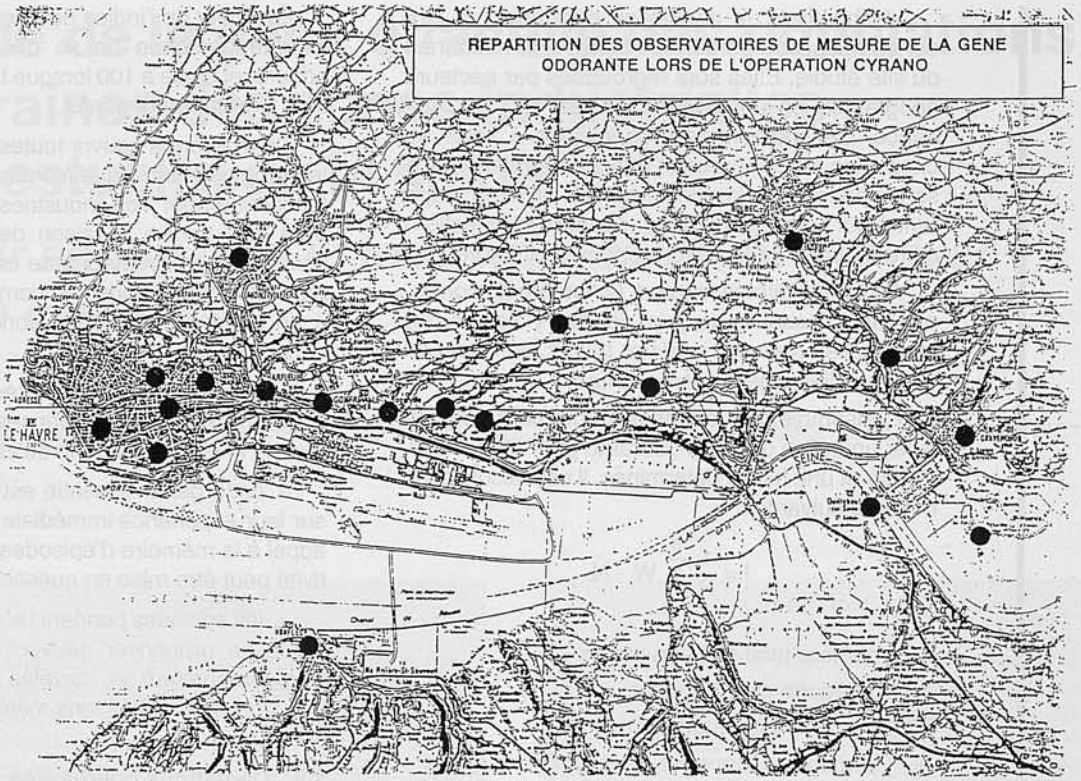

Figure 2.

Zone géographique couverte par l'étude.

Covered geographical area.

correspondant à une localisation géographique et permettant à chacun de conserver son anonymat. Dans chaque commune, les participants ont été regroupés en un secteur géographique sauf au Havre où on a considéré 3 secteurs géographiques.

Pour démarrer l'étude puis s'assurer de son bon déroulement, différentes réunions d'informations regroupant les participants se sont tenues pendant l'année d'étude, au cours desquelles les moments d'observation ont été fixés au mercredi matin et au dimanche soir. Par ailleurs, à deux reprises, une semaine complète d'observations a été retenue, pendant laquelle les participants ont eu à répondre tous les jours, matin et soir. Cent vingt quatre observations ont été ainsi réalisées.

Les données météorologiques prises en compte pour cette étude nous ont été fournies par six stations de la région gérées par le réseau AIR NORMAND[1].

1.3. Résultats

Les cartes-réponses des correspondants reçues durant l'année d'étude ont été regroupées par secteur et les valeurs des indices de gêne ont été calculées à partir de l'ensemble de ces données.

Pour des raisons statistiques, les participants ayant répondu à moins de 20 % des observations sur la totalité de la période ont été exclus de l'analyse. Ceci a ramené à 303 le nombre total d'observateurs retenus pour l'établissement des résultats.

Taux de participation

On trouvera (cf. figure 3), la courbe exprimant l'évolution du taux de participation des observateurs au cours de l'étude.

Le taux de disparition annuel des observateurs est, comparativement à d'autres études similaires, très satisfaisant (0,17 pour la campagne « Odeurs-Estuaire » contre 0,30 en moyenne pour d'autres études [4]). Cette bonne participation révèle une bonne motivation des participants.

Exploitation des réponses

Les résultats s'expriment sous deux formes :

– pour chaque secteur, la rose de gêne odeur en 36 directions (cf. exemples figure 4) permet de mettre en évidence l'influence de la direction du vent sur la gêne ressentie. Elle permet d'évaluer la provenance du flux odorant et de localiser les sources d'émissions. La longueur des traits est proportionnelle à la valeur de l'indice de gêne moyen suivant la direction considérée, alors que le trait pointillé représente un indice nul. Les vents de vitesse inférieure à 1 $m.s^{-1}$ pris en compte dans

1. réseau de mesure de pollution atmosphérique en région normande.

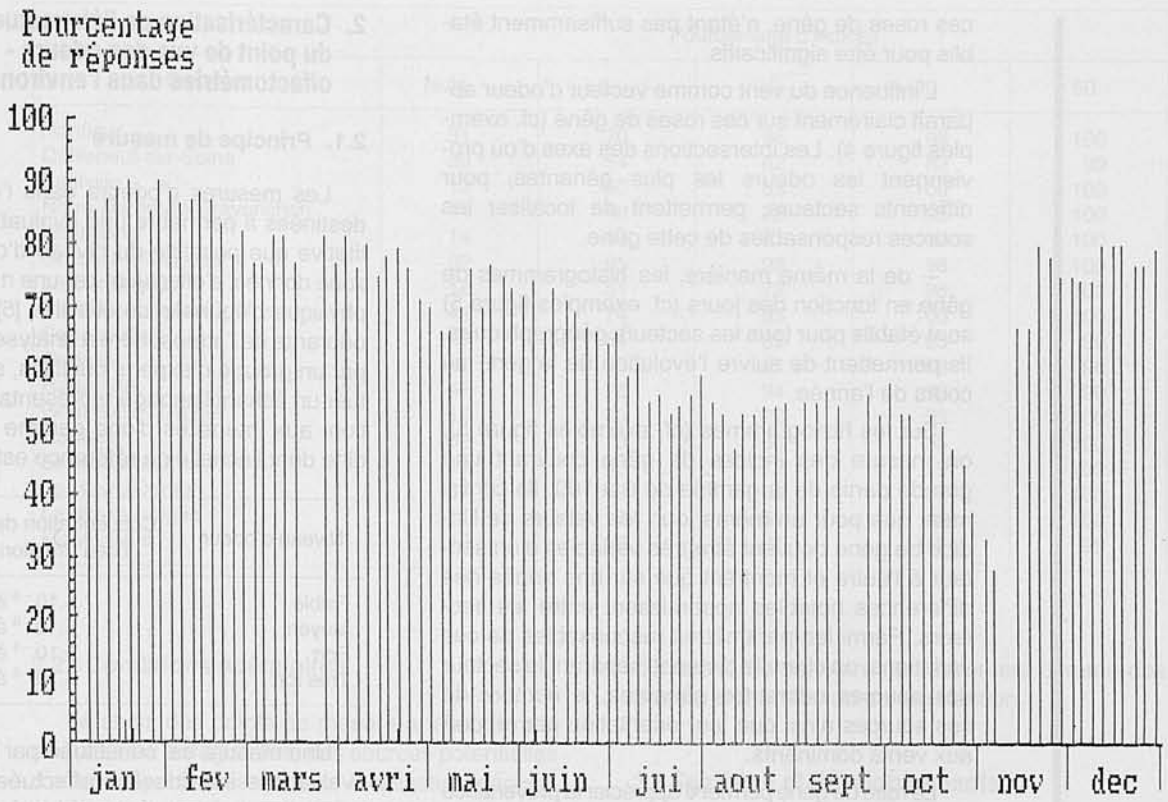

Figure 3.

Évolution du taux de participation des observateurs.

Degree of participation of the observers during the study.

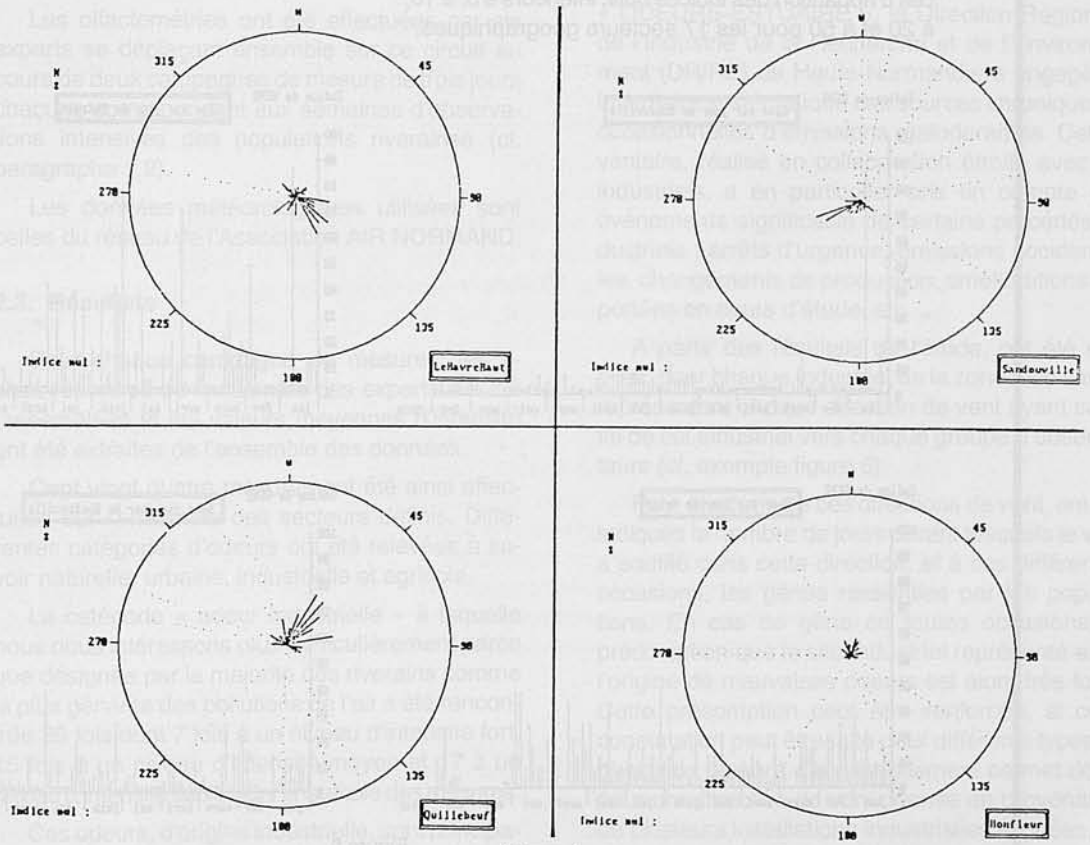

Figure 4.

Roses de gêne « odeur ».

Odour annoyance compass cards.

ces roses de gêne, n'étant pas suffisamment établis pour être significatifs.

L'influence du vent comme vecteur d'odeur apparaît clairement sur ces roses de gêne (cf. exemples figure 4). Les intersections des axes d'où proviennent les odeurs les plus gênantes, pour différents secteurs, permettent de localiser les sources responsables de cette gêne.

– de la même manière, les histogrammes de gêne en fonction des jours (cf. exemples figure 5) sont établis pour tous les secteurs géographiques. Ils permettent de suivre l'évolution de la gêne au cours de l'année.

Sur les histogrammes (cf. exemples figure 5), on mesure des indices de gêne couvrant une grande partie de la gamme de 0 à 100. Ils confirment que pour un même jour, les valeurs de l'indice de gêne peuvent être très variables d'un secteur à l'autre et montrent que sur une année des différences notables apparaissent entre les secteurs. Parmi les paramètres responsables de ces variations, on citera la distance séparant le secteur des sources odorantes gênantes, le nombre de ces sources ainsi que leur orientation par rapport aux vents dominants.

La rose de gêne permet d'apprécier la provenance de la gêne alors que les histogrammes permettent de la quantifier en intensité et en fréquence.

Le tableau page suivante récapitule les fréquences d'apparition des indices nuls, inférieurs à 5, à 10, à 20 et à 50 pour les 17 secteurs géographiques.

2. Caractérisation de l'état actuel du site du point de vue des odeurs - olfactométries dans l'environnement

2.1. Principe de mesure

Les mesures d'odeurs dans l'environnement, destinées à permettre une évaluation aussi quantitative que possible du niveau d'odeur dans une zone donnée, s'effectuent par une méthode psychophysique d'équivalence olfactive [5], [6]. L'intensité odorante de l'atmosphère à analyser est comparée par un groupe d'experts qualifiés, supposé constituer un échantillonnage représentatif de la population, aux intensités d'une gamme étalon de pyridine dont l'échelle de référence est la suivante :

Niveau d'odeur	Concentration de pyridine dans l'eau (fraction volumique)
Faible	5.10^{-6} à
Moyen	5.10^{-5} à
Fort	5.10^{-4} à
Très fort	5.10^{-3} à 5.10^{-2}

Une mesure est constituée par l'ensemble des évaluations individuelles effectuées à un endroit précis (localisation géographique) et à un moment précis (localisation temporelle) par les membres constituant le jury.

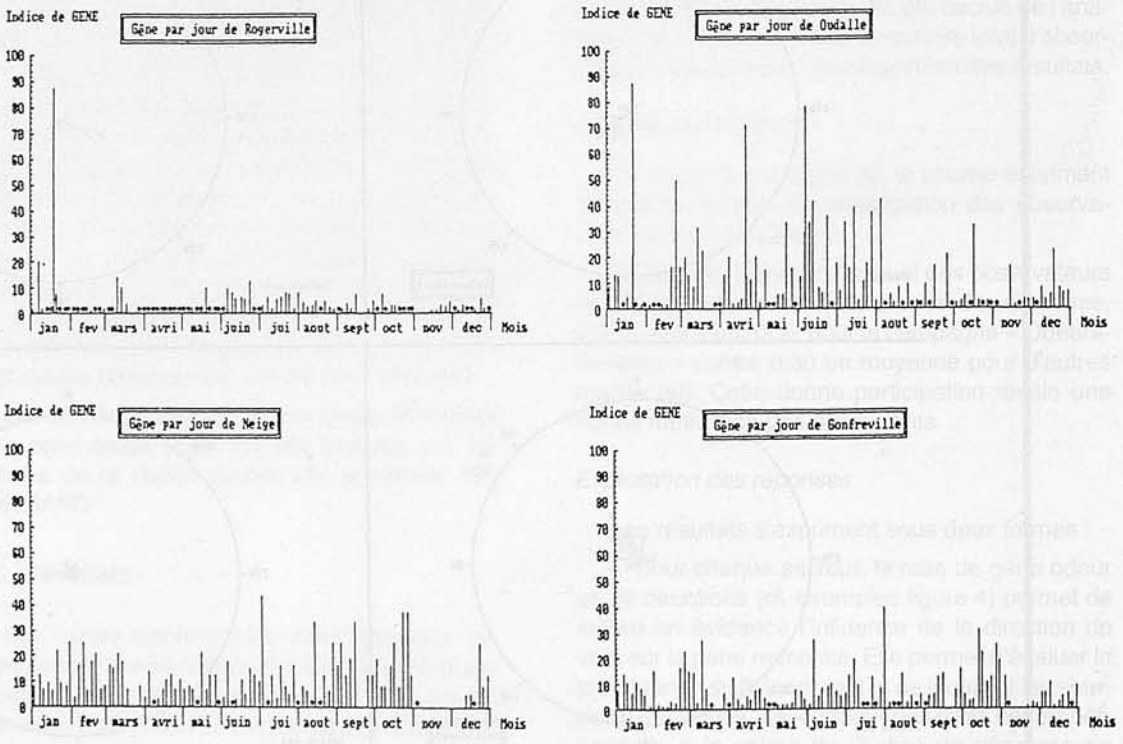

Figure 5.

Indices de gêne « odeur » mesurés pendant l'année.

Odour annoyance index as a fonction of day.

Secteurs	Pourcentage d'indices				
	Nuls	< 5	< 10	< 20	< 50
Honfleur	31	70	86	99	100
Quillebeuf-sur-Seine	39	54	62	82	99
Petitville	13	50	83	100	100
Notre-Dame-de-Gravenchon	11	48	78	95	100
Lillebonne	14	63	91	99	100
Gruchet-le-Valasse	22	65	93	98	100
La Cerlangue	18	51	72	98	100
Saint-Romain-de-Colbosc	44	74	93	100	100
Sandouville	45	64	86	95	99
Oudalle	21	43	61	78	96
Rogerville	46	76	94	98	99
Gonfreville-l'Orcher	13	40	72	93	100
Harfleur	62	73	86	95	100
Le Havre haut	12	43	73	89	100
Le Havre Danton	57	79	90	97	100
Le Havre Neiges	11	17	51	85	100
Montivilliers	19	65	91	97	99

2.2. Conditions opératoires

Le choix des points de mesure a tenu compte des plaintes enregistrées, des sources potentielles d'odeur répertoriées et de la localisation géographique des riverains participant à l'évaluation de la gêne odorante (cf. chapitre I). Le circuit ainsi établi a couvert l'ensemble des secteurs définis dans la méthode d'évaluation de la gêne.

Les olfactométries ont été effectuées par six experts se déplaçant ensemble sur ce circuit au cours de deux campagnes de mesure de trois jours chacune correspondant aux semaines d'observations intensives des populations riveraines (cf. paragraphe 1.2).

Les données météorologiques utilisées sont celles du réseau de l'Association AIR NORMAND.

2.3. Résultats

Pour chaque campagne de mesures, les fiches-réponses de l'ensemble des experts ont été rassemblées et les valeurs moyennes d'intensité ont été extraites de l'ensemble des données.

Cent vingt quatre mesures ont été ainsi effectuées sur l'ensemble des secteurs définis. Différentes catégories d'odeurs ont été relevées à savoir naturelle, urbaine, industrielle et agricole.

La catégorie « odeur industrielle » à laquelle nous nous intéressons plus particulièrement parce que désignée par la majorité des riverains comme la plus gênante des pollutions de l'air a été rencontrée 39 fois dont 7 fois à un niveau d'intensité fort, 15 fois à un niveau d'intensité moyen et 17 à un niveau d'intensité faible, sur l'ensemble des mesures.

Ces odeurs, d'origine industrielle, sont principalement décrites par les remarques écrites des experts comme des odeurs de mercaptans, d'hydrogène sulfuré, de produits soufrés, de solvants ou d'hydrocarbures, voire plus rarement comme des odeurs d'imbrûlés ou de torréfaction.

3. Synthèse et développements

3.1. Vingt six sources potentielles détectées

Parallèlement à la campagne d'observation « ODEURS-ESTUAIRE », la Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) de Haute-Normandie a engagé un inventaire systématique des sources chroniques et occasionnelles d'émissions malodorantes. Cet inventaire, réalisé en collaboration étroite avec les industriels, a en particulier pris en compte des événements significatifs de certains procédés industriels : arrêts d'urgence, émissions accidentelles, changements de production, améliorations apportées en cours d'étude, etc ...

A partir des résultats de l'étude, ont été établies, pour chaque industriel de la zone, des cartes représentant chaque direction de vent ayant soufflé de cet industriel vers chaque groupe d'observateurs (cf. exemple figure 6).

Pour chacune de ces directions de vent, ont été indiqués le nombre de jours durant lesquels le vent a soufflé dans cette direction, et à ces différentes occasions, les gênes ressenties par les populations. En cas de gêne en toutes occasions, la présomption que le site industriel représenté est à l'origine de mauvaises odeurs est alors très forte. Cette présomption peut être renforcée, si cette constatation peut être faite pour différents types de directions de vent. Ce raisonnement permet donc, pour une direction de vent donnée en provenance de plusieurs installations industrielles alignées, de discerner celle la plus probablement responsable des émissions malodorantes gênantes. On constate que les graphiques obtenus sont en réalité les

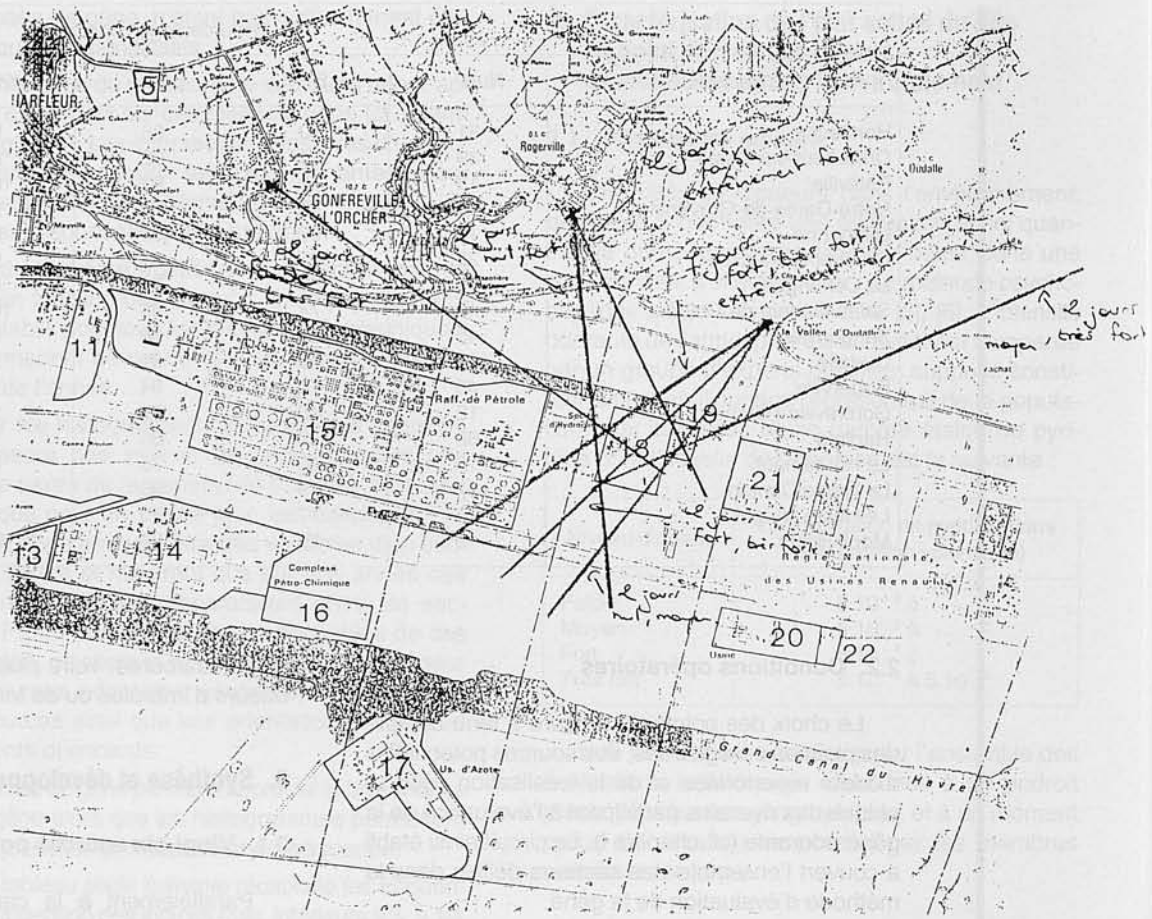

Figure 6.

L'analyse croisée des indices de gêne de plusieurs secteurs permet de localiser les sources d'odeurs gênantes les plus probables.

Cross analysis of the annoyance indexes of several sectors allows to locate the most probable annoying odorant sources.

graphiques duaux des roses de gêne, si on ne considère que les sources industrielles. Ces graphiques peuvent naturellement être réalisés et interprétés de la même façon, quelle que soit la nature des sources considérées.

L'exploitation de l'ensemble de ces éléments a permis de définir 26 sources très probablement responsables de gênes olfactives. Ces sources incluent plus particulièrement des usines chimiques et pétrochimiques situées dans l'estuaire, des incinérateurs d'ordures ménagères, une usine de transformation du tabac et un torréfacteur. L'étude a également mis en évidence l'impact de sources de mauvaises odeurs d'origine agricole et urbaine (station d'épuration des eaux usées).

3.2. Programme d'actions

Faisant suite au rapport d'étude rendu public en janvier 1992, la commission AIR du Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles (SPPPI), instance où se rencontrent industriels, élus et pouvoirs publics, s'est réunie en mai 1992 afin de rechercher, avec les responsables des unités concernées, les solutions appropriées au traitement des odeurs.

A l'issue de cette séance de travail, un premier bilan des suites de l'étude était dressé :

– d'une part, les investissements annoncés, et pour certains déjà en cours, avoisinaient les 500 millions de francs, dont la plus grande partie associée directement au traitement des odeurs,

– d'autre part, la majorité des entreprises s'était engagée à réaliser, dans les délais les plus brefs, des études complémentaires permettant de mieux connaître l'origine des odeurs gênantes ou de mettre en oeuvre les technologies les mieux adaptées pour les traiter.

Lors d'une réunion tenue en juillet 1993, on pouvait constater que huit entreprises sur vingt-six avaient déjà réalisé plus de 300 millions de francs d'investissement.

Une dernière commission odeur se tiendra en juin 1994 pour examiner les résultats des études portant sur le recensement qualitatif et quantitatif des émissions odorantes, et sur la recherche de

solutions techniques pour les quatorze établissements qui ont encore des études en cours.

Une campagne « ODEURS ESTUAIRE » « bis », d'ampleur et de durée inférieures à la première, pourrait ensuite être organisée dans le courant de l'année 1995 afin de mesurer l'impact des efforts accomplis.

Conclusion

Fin 1990, la campagne « Odeurs-Estuaire » était lancée sur l'estuaire de la Seine. Pendant une année complète, 370 « nez » volontaires allaient, deux fois par semaine à heure fixe, sortir sur le pas de leur porte en humant l'air afin de détecter d'éventuelles odeurs et d'en apprécier la gêne.

Début 1992, un rapport public, effectuant la synthèse des observations réalisées par les « nez » bénévoles, les « nez » experts et les renseignements fournis par les pouvoirs publics sur les sources industrielles potentielles mettait en avant 26 sources probables de gêne olfactive, parmi lesquelles on trouve principalement les grandes unités chimiques et pétrochimiques de la région.

Au 2 juillet 1993, 300 millions de francs d'investissements, principalement consacrés à l'étanchéité de bacs de stockage et à la mise en oeuvre ou à l'amélioration d'installations de traitement de gaz odorants ont été réalisés.

Ces investissements visent à réduire la gêne olfactive des populations riveraines mais ils participent aussi, souvent, à la réduction des émissions de composés organiques volatils.

Références

[1] E.P. KOSTER, P.M. PUNTER, K.D. MAIWALD, J. BLAAUWBROEK, J. SCHAEFE. n° 561, 299-312, 1985.

[2] V.D.I. 3883, Bl. 2. Effects and Assessment of Odours ; Determination of Annoyance Parameters by Questionning. Düsseldorf : Verein Deutscher Ingenieure 03/93.

[3] M.L. PERRIN, M. JEZEQUEL, J.L. DELPEUCH, R. NADAL. Étude de la gêne provoquée par des odeurs d'origine industrielle. 8e Congrès mondial sur l'air pur et exposition, La Haye (Pays-Bas), 11-15 septembre 1989.

[4] E.P. KOSTER. Tonalité affective et maitrise de la pollution odorante « ODEURS ET DESODORISATION ». Editeur TEC & DOC LAVOISIER, Septembre 1991.

[5] Norme AFNOR NF X 43-103. Qualité de l'air. Mesurage de l'odeur d'une atmosphère gazeuse. Méthode supraliminaire. En cours de publication.

[6] M.L. PERRIN, M.F. THAL, P. ZETTWOOG. Olfactométrie dans l'industrie. Mesure des odeurs à l'émission et dans l'environnement. Techniques de l'Ingénieur, P-445, 1-8, 1991.