

Qualité de l'air en Ile-de-France : des outils de prévision de niveau international

Face à la sensibilisation croissante de la population vis-à-vis de la pollution urbaine, les organismes de surveillance de la qualité de l'air ne se contentent plus de mesurer les concentrations de polluants dans l'air ambiant : ils prévoient également l'occurrence des pointes de pollution aiguës, généralement 24 heures à l'avance. Pour cela, les modèles de prévision statistiques sont le plus souvent utilisés. AIRPARIF s'est doté, en outre, de modèles numériques physico-chimiques, afin de disposer d'une plateforme opérationnelle, utile lors de l'élaboration quotidienne de la prévision de la qualité de l'air pour le jour même et pour le lendemain.

par **Véronique Bonneau**
Ingénieur-statisticienne, AIRPARIF

Durant les 20 dernières années, la pollution de l'air a changé de visage partout dans le monde :

d'une pollution majoritairement industrielle, on est passé progressivement à une pollution plus urbaine et plus diffuse, due essentiellement aux transports. La population, de plus en plus informée, par les médias, de la qualité de l'air qu'elle respire a posteriori et en temps réel, réclame d'être prévenue à l'avance de l'occurrence des épisodes de pollution élevée afin de pouvoir se protéger.

Une enquête [1] a révélé que la majorité des pays développés effectuait des prévisions des niveaux d'ozone, et ceci depuis fort longtemps pour certains. En effet l'ozone, principal composant du smog photochimique estival, constitue dans le monde entier le problème le plus préoccupant, car il s'agit du polluant dont les concentrations mesurées excèdent le plus fréquemment le seuil de protection de la santé.

Pourquoi prévoir ?

La région Ile-de-France bénéficie de conditions météorologiques favorables à la dispersion des polluants de part son climat océanique et son relief peu marqué. Néanmoins, certaines conditions anticycloniques peuvent conduire à des épisodes de pollution intenses au cours desquels les niveaux peuvent être dix fois supérieurs aux niveaux moyens et dépasser les seuils définis par les direc-

tives de l'Union européenne. Cette situation a conduit les autorités à instaurer, dès avril 1994, une procédure d'alerte et d'information du public en cas d'épisodes de pollution. Cette procédure d'alerte concerne trois polluants : l'ozone (O_3), le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de soufre (SO_2). Pour chacun de ces trois polluants, deux seuils ont été définis (voir le tableau I) à partir des valeurs réglementaires des directives européennes et des recommandations de l'Organisation mondiale de la santé.

Lorsque le niveau d'alerte est atteint ou risque de l'être, les autorités sont tenues de prendre des mesures visant à réduire les sources d'émissions de polluants. Ces mesures visent à la fois les sources fixes (baisse de régime, utilisation de combustible de basse teneur en soufre) et les sources mobiles (circulation alternée). La mise en place de ces mesures temporaires nécessite une anticipation. Le développement d'outils de prévision devient donc une nécessité opérationnelle.

Les autorités ont instauré, dès avril 1994, une procédure d'alerte et d'information du public en cas d'épisodes de pollution

AIRPARIF, en tant qu'organisme chargé de la surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-

France, est chargé de l'information permanente du public et de la détection des dépassements des seuils de la procédure d'alerte définie précédemment. AIRPARIF doit donc être en mesure de fournir

TABLEAU I
Seuils de la procédure d'alerte et d'information du public en cas d'épisode de pollution (arrêté interpréfectoral du 24 juin 1992)

Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O_3	NO_2	SO_2
Information et recommandation	180	200	300
Alerte	360	400	600

aux autorités une prévision leur permettant de mettre en place des mesures de réduction des sources d'émissions de polluants et d'informer le public en complétant la diffusion des niveaux observés par une prévision.

Ce dernier axe conduit notamment AIRPARIF à s'attacher à la pré-

La diffusion en routine des prévisions améliore la sensibilité du grand public à la pollution de l'air

vision de l'indice de la qualité de l'air (ATMO) et des polluants atmosphériques le constituant ainsi qu'au développement d'outils susceptibles de délivrer une carte de prévision spatialisée de la pollution atmosphérique.

La diffusion en routine des prévisions améliore la sensibilité du grand public à la pollution de l'air. En intensifiant la diffusion des prévisions les jours où l'on prévoit des pointes de pollution, on incite la population - et, en particulier, les personnes les plus sensibles (enfants, personnes âgées...) - non seulement à se protéger, mais aussi à effectuer un certain nombre d'actions volontaires pour diminuer ses émissions : covoiturage, utilisation de transport en commun...

La diffusion des prévisions n'est donc aucunement une information passive : en tant qu'outil d'aide à la décision, elle vise à permettre l'action de la population et des pouvoirs publics. Lorsque de forts niveaux de pollution sont prévus, ces derniers peuvent prendre des mesures d'urgence (restriction de la circulation, intensification des transports en commun...), qui constituent en quelque sorte la dernière chance pour éviter l'occurrence de ces niveaux en dépit des conditions météorologiques favorables.

La prévision de la pollution : quels outils ?

Parmi les systèmes utilisés pour élaborer des prévisions de la pollution atmosphérique [1], on peut citer trois grandes familles :

- les prévisions empiriques, basées uniquement sur l'expertise humaine du prévisionniste, qui reposent sur l'analyse de situations météorologiques faite par des personnes travaillant générale-

ment dans le même organisme et connaissant très bien les phénomènes de la météorologie locale ;

- les modèles physiques qui tentent de représenter les processus de transport, diffusion et transformation des polluants et permettent ainsi d'établir une chaîne de cause à effet entre les émissions, les conditions météorologiques et les concentrations ambiantes ; ces modèles sont majoritairement utilisés en mode diagnostique, c'est-à-dire qu'ils permettent de tester l'efficacité des scénarii de réduction des émissions sur un épisode de pollution bien documenté ; peu de pays utilisent ces méthodes, si ce n'est sous des formes très simplifiées ;

- les modèles statistiques qui sont fondés sur l'analyse des données du passé pour obtenir des corrélations

entre des données d'entrée et de sortie et sont construits à partir d'une base de données historique ; ces modèles, les plus employés car les plus simples à mettre en œuvre, ne permettront de prévoir que des cas connus du passé.

Dès 1991, AIRPARIF a mené des études sur la prévision des niveaux de pollution, en collaboration avec les services régionaux de Météo-France, en privilégiant l'approche statistique. Ces travaux ont donné lieu à l'établissement d'un indicateur statistique décrivant les qualités dispersives de l'atmosphère. Calculé chaque jour, il donne une information qualitative des conditions dispersives de l'atmosphère pour le lendemain (tendance à la hausse, à la baisse ou stationnaire).

Pour disposer d'une prévision plus fine et quantitative, station par station, AIRPARIF a initié une deuxième voie de

recherche en collaboration avec une équipe de statisticiens du CNRS, dès fin 1994. Il s'agit de prévoir les pics de pollution sur un ensemble de sites répartis sur Paris et sa banlieue, constituant le réseau d'alerte. La prévision est effectuée le matin pour le jour même.

L'objectif final est de prévoir la veille à midi pour le lendemain. Cette phase finale a fait l'objet d'un projet « Primequal-Predit » en collaboration entre AIRPARIF, Orsay et Météo-France. Prévoir est par nature un art difficile, quel que soit le domaine d'application, et la prévision de l'air ne déroge pas à cette règle. En effet, la pollution est la résultante de nombreux phénomènes complexes avec des descriptions physiques riches, à différentes échelles en temps et en espace, offrant des visions

La prévision des pics de pollution sur un ensemble de sites répartis sur Paris et sa banlieue (réseau d'alerte) est effectuée le matin pour le jour même

différentes : météorologiques, physico-chimiques et topographiques.

De plus, on s'attache à la prévision de phénomènes rares (trois niveaux d'alerte observés depuis 1994), paradoxe pour la mise en place d'une approche statistique.

Les données utilisées sont, d'une part, des données de pollution (concentrations d'ozone, de monoxyde et de dioxyde d'azote), qui proviennent du réseau d'alerte d'AIRPARIF et, d'autre part, de données météorologiques au sol à Saclay et Montsouris (force du vent, humidité, température, nébulosité) et à 850 hPa du radiosondage de Trappes (force du vent et température). D'autres données, dans la mesure où elles seraient effectivement disponibles et de bonne qualité, pourraient également faire, a priori, office de prédicteurs. En particulier, le recours à des prédicteurs s'attachant à l'activité urbaine et de trafic, semblerait pertinent.

TABLEAU II
Table de contingence et scores associés

	Dépassement non prévu	Dépassement prévu
Dépassement non mesuré	A	B
Dépassement mesuré	C	D
Taux de non détection	= C / (C + D)	
Taux de fausses alertes	= B / (B + D)	
Threat-score	= D / (B + C + D)	

Les critères de performances des modèles

Il est extrêmement difficile de comparer des modèles de prévision entre eux, étant donné la variété des situations et des présentations de performances. Néanmoins, un modèle de prévision doit en premier lieu fournir de meilleures performances que le modèle de persistance, qui consiste à prévoir la concentration d'un polluant pour un jour, par la réalisation de la veille, dont le taux de performance avoisine les 70 %.

On estime généralement les performances d'un modèle de deux manières. Soit on utilise les définitions mathématiques classiques, c'est-à-dire erreur absolue moyenne ou erreur quadratique... Soit, pour la prévision de dépassement de seuils, on raisonne en terme de table de contingence ; un certain nombre de scores sont alors définis (voir le tableau II) : taux de fausses alertes, taux de non détection et le threat-score, performance excluant les jours dits triviaux (aucun dépassement prévu ni observé).

Pour les prévisions de dépassement de seuils, l'estimation de l'erreur acceptable revient à établir un compromis entre le nombre de fausses alertes et le taux de non détection.

Le rapport entre ces deux scores intervient inévitablement dans le calage des paramètres du modèle. Compte tenu de la volonté des politiques et des coûts associés aux mesures prises suite à des prévisions d'épisodes de forte pollution, deux stratégies s'opposent :

- soit on privilégie la détection des épisodes, quitte à augmenter le nombre de fausses alertes, ce qui peut se justifier par le fait que les fausses alertes correspondent souvent à des concentrations juste inférieures au seuil limite entre alerte et non alerte, si bien que l'on estime que ces fausses alertes ne remettent pas en cause les performances du modèle ;

- soit l'on considère qu'un trop grand nombre de fausses alertes diminue la crédibilité du prévisionniste auprès des

autorités et de l'opinion publique - et, donc, en même temps, l'efficacité des mesures prises pour réduire les émissions et l'exposition - et l'on cherche alors en priorité à les diminuer.

Au vu des expériences étrangères, un taux de fausse alerte inférieur à 20 % et un taux de détection supérieur à 60 % sont souhaitables. Notons que certains modèles opérationnels ne remplissent pas ces critères et sont néanmoins jugés convenables par leurs utilisateurs.

Les performances au cours de l'été 2000

Au cours de l'été 2000, la prévision a concerné deux polluants : l'ozone et le dioxyde d'azote. Les résultats présentés concernent la période du 1^{er} juillet au 31 août 2000. Durant cette période de 153 jours, il y a eu un niveau d'information pour l'ozone en agglomération parisienne, en zone rurale sud-ouest et en zone rurale nord-est et aucun dépassement pour le dioxyde d'azote.

En cas d'indisponibilité des prévisions météorologiques de Météo-France, la mise en place d'un mode dégradé des modèles de prévisions statistiques (utilisation, si possible, des prévisions météorologiques de l'échéance précédente) a permis d'assurer une prévision.

Pour l'ozone, dans l'ensemble, la moyenne des erreurs absolues entre les niveaux de polluant prévus et observés est inférieure à 20 g/m³ en agglomération parisienne et en zones rurales.

Les résultats obtenus au cours de cet été ont été corrects, malgré la sous-estimation du niveau d'information de l'agglomération parisienne et des zones rurales, et une surestimation à l'échéance 06h T.U. en agglomération parisienne. Cet été 2000 a été moins intensément pollué que l'été 1998, où les niveaux élevés en ozone correspondaient à des conditions météorologiques très particulières, une température maximale très forte, couplée à un manque de vent, ce qui avait facilité la prévision. Cette année, durant l'été, les concentrations en ozone ont été plus « moyennes », ce

qui est à l'origine de la difficulté de bien prévoir les concentrations de chaque jour.

Pour le dioxyde d'azote, sur les 153 jours de la prévision estivale, la moyenne des erreurs absolues entre les niveaux de polluant prévus et observés est inférieure à 21 g/m³. Les résultats obtenus au cours de cet été sont corrects et aucune fausse alerte n'a été commise.

L'analyse des prévisions en mode opérationnel montre, pour l'ozone comme pour le dioxyde d'azote, la sensibilité des modèles statistiques aux entrées, c'est-à-dire, ici, aux prévisions météorologiques.

Quant à la prévision, durant l'été, de l'indice ATMO de l'agglomération parisienne du jour pour le lendemain et établie sur la base des outils statistiques développés, elle s'est avérée correcte - à une classe d'indice près (ATMO compte dix classes qualifiant la qualité de l'air de très bon à très mauvais) - dans plus de 93 % des cas. Les prévisions du matin pour la journée même sont correctes dans 90 % des cas.

La diffusion des prévisions

Une fois un modèle aux performances « acceptables » développé, il s'agit d'en communiquer les résultats, à la fois aux autorités et à la population, par des messages adaptés. Les prévisions destinées à la population visent à l'informer, la sensibiliser et la faire agir, d'une part pour diminuer son exposition et, d'autre part, pour réduire ses émissions. Afin que les prévisions jouent pleinement leur rôle d'information et de sensibilisation, un certain nombre de conditions doivent être remplies. Les prévisions doivent être diffusées :

- à large échelle, en utilisant tous les moyens de communication (communiqués de presse, bulletins radiophoniques et télévisuels, serveurs vocaux, serveurs Internet...);

- suffisamment à l'avance (généralement, le dispositif de surveillance chargé des prévisions les communique la veille du jour pour lequel la prévision est effectuée, soit en fin de matinée ou en début d'après-midi) ;

- tous les jours, même le week-end, et quel que soit le niveau de pollution prévu ;

- de manière à être très compréhensibles (le message doit néanmoins toujours contenir la notion d'incertitude inhérente aux prévisions, c'est pourquoi l'on diffuse généralement un intervalle pour la concentration) ; en outre, les prévisions sont diffusées à l'échelle d'une région, plus ou moins grande, et jamais à l'échelle du site de mesure, ce qui n'aurait aucun sens pour la population.

La diffusion des prévisions de la façon la plus satisfaisante, c'est-à-

dire de manière régulière et dans les temps requis, nécessite une coopération parfaite entre les différents acteurs en présence : les pourvoyeurs de données (en particulier les météorologistes et les techniciens chargés de l'exploitation du réseau de mesure), les concepteurs du modèle (auxquels les prévisionnistes doivent pouvoir s'adresser facilement, afin éventuellement d'adapter le modèle au gré des résultats, des erreurs relevées et des nouvelles données disponibles), les prévisionnistes et les média.

Prévoir, en vertu du principe de précaution

Depuis 10 à 20 ans, un grand nombre de pays utilisent des modèles statistiques pour prévoir un jour à l'avance les pointes de pollution. En dépit des incertitudes incontournables associées aux prévisions, les organismes compétents choisissent de diffuser le plus largement possible les résultats de ces modèles, souvent

en tenant compte de jugements experts et en simplifiant le message diffusé.

Les prévisions doivent être considérées comme des actions à part entière dans la lutte contre la pollution atmosphérique. S'il est évident que prévoir ne suffit pas, il faut toutefois prévoir, en vertu du principe de précaution, car prévoir c'est participer pleinement à la sensibilisation et à l'éducation de la population.

Les prévisions statistiques élaborées à AIRPARIF sont de qualité comparable aux résultats des équipes internatio-

nales [1]. Ces prévisions constituent la matière principale des informations diffusées sur le Minitel et Internet.

Les outils développés se doivent, à l'évidence, de faire l'objet d'une démarche permanente d'amélioration. Cette amélioration est essentiellement liée à l'extrême sensibilité de l'ensemble des outils développés à la qualité des prévisions météorologiques introduites. Cette sensibilité se voit encore renforcée dans les périodes de pollution atmosphérique les plus critiques, généralement associées à des conditions météorologiques d'une prédictibilité délicate (vitesse de vent faible, inversion marquée, nébulosité complexe...). Cette grande sensibilité milite pour un travail de fond avec Météo-France sur la nature et la qualité des prédicteurs météorologiques utilisés par les modèles de prévisions à AIRPARIF. ●

BIBLIOGRAPHIE

[1] : Fromage A., « Prévision des pointes de pollution atmosphérique : état de l'art dans le monde et perspectives pour la région Ile-de-France ». Thèse professionnelle de maîtrise en ingénierie et gestion de l'environnement, effectuée à AIRPARIF, Septembre 1996.