

Modélisation de la pollution par le dioxyde de soufre dans l'environnement de la raffinerie de Donges au cours des épisodes de février 2003

Rapport d'étude



octobre 2003

SOMMAIRE

Résumé.....	1/11
Rapport d'étude.....	3/11

Simulations, interprétation, rédaction :
Mise en page

Arnaud REBOURS
Bérangère POUSSIN

RÉSUMÉ

Dans la ville de Donges, des épisodes de pollution en dioxyde de soufre remarquables par leur ampleur et par leur durée se sont produits les 11 et 20 février 2003 en lien avec les rejets de la raffinerie Total France.

La DRIRE des Pays de la Loire a demandé à la raffinerie Total France de Donges d'apporter des éléments d'appréciations sur l'origine de ces forts niveaux et d'indiquer les moyens envisageables pour ne pas les reproduire à l'avenir.

Sur la base d'une proposition d'étude de modélisation de ces épisodes, la raffinerie Total France de Donges a fait appel à Air pays de la Loire.

L'étude entreprise avait pour triple but de comparer les résultats de la modélisation avec les données observées sur les sites de mesure, d'identifier les rejets prépondérants et d'évaluer l'impact de la mise en œuvre des procédures de réduction des émissions.

Il est rappelé en préambule que d'une manière générale, les sorties calculées de modélisation et les cartographies générées sont issues de simulations numériques. De ce fait, par construction, elles sont altérées d'incertitudes liées à l'état des connaissances scientifiques dans le domaine de la physico-chimie atmosphérique ainsi qu'à la qualité des données d'entrée nécessaires au fonctionnement des modèles.

Pour cette étude, en particulier, les modélisations réalisées se sont appuyées sur des données d'entrée météorologiques fournies par Météo France et des données d'entrée d'émissions fournies par la raffinerie Total France de Donges. Air Pays de la Loire ne saurait être tenu pour responsable des conséquences résultant de la qualité de ces données et des incertitudes qui y sont attachées.

L'étude de modélisation ainsi réalisée a permis de tirer les trois enseignements principaux suivants :

- ❑ Même si le dépassement du seuil d'alerte n'a pu être évité pendant ces épisodes, les actions engagées par TOTAL France DGS ont permis d'éviter une dégradation de la qualité de l'air qui aurait été plus importante que celle observée. Le gain sur la pollution a été quantifié entre 40 et 80 %. Les simulations ont par ailleurs montré qu'une action de réduction anticipée des émissions des principales unités du site aurait eu une influence supplémentaire sur la qualité de l'air en diminuant les concentrations atmosphériques de 15 % en moyenne et de 40 % au maximum. Malgré un impact limité puisque le dépassement du seuil d'alerte aurait seulement été atténué et retardé, cette procédure conserve son intérêt.
- ❑ L'étude de la contribution individuelle des 13 émetteurs a montré que si les unités DEE et FCC sont les principales installations de la raffinerie à contribuer à la pollution, d'autres points de rejets moins importants en terme d'émission comme les chaudières participent également à la pollution de la zone, principalement au sud du secteur urbanisé de Donges.
- ❑ Les simulations ont reproduit un impact de la raffinerie les 11 et 20 février. En revanche, la comparaison entre les résultats du modèle et les données des stations de surveillance n'est pas totalement satisfaisante en raison des sous-estimations produites par le simulateur. L'utilisation de récepteurs positionnés de façon à mailler la ville de Donges a toutefois permis d'évaluer l'accord mesure-modèle sur d'autres secteurs situés à l'est de la zone urbanisée. Des voies d'amélioration de cet accord sont possibles : utilisation d'un modèle de petite échelle pour l'intégration de données météorologiques locales, quantification des rejets avec des données de mesure à l'émission et donc révision éventuelle des calculs d'émission.

Cette étude dessine des axes de progrès susceptibles d'améliorer la prévention de ces épisodes :

- ❑ Poursuivre l'anticipation de la maîtrise des rejets en agissant dès la première hausse de pollution à l'exemple de ce que TOTAL France DGS réalise désormais en activant le contrôle des émissions dès le seuil de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- ❑ Agir simultanément et de façon plus conséquente qu'actuellement sur les émissions des principales unités du site. A titre d'exemple, une réduction complémentaire significative des rejets de l'installation FCC en relation avec les hausses de pollution serait de nature à améliorer l'impact sur la qualité de l'air, ceci en s'assurant de la compatibilité de l'action avec les process,
- ❑ Activer la procédure de réduction des rejets à partir d'un réseau plus dense de capteurs de façon à détecter les premières élévations de pollution. Dans ce cadre, nous préconisons la mise en place de campagnes exploratoires de surveillance à l'est et au sud des stations Ampère et Pasteur, en secteur

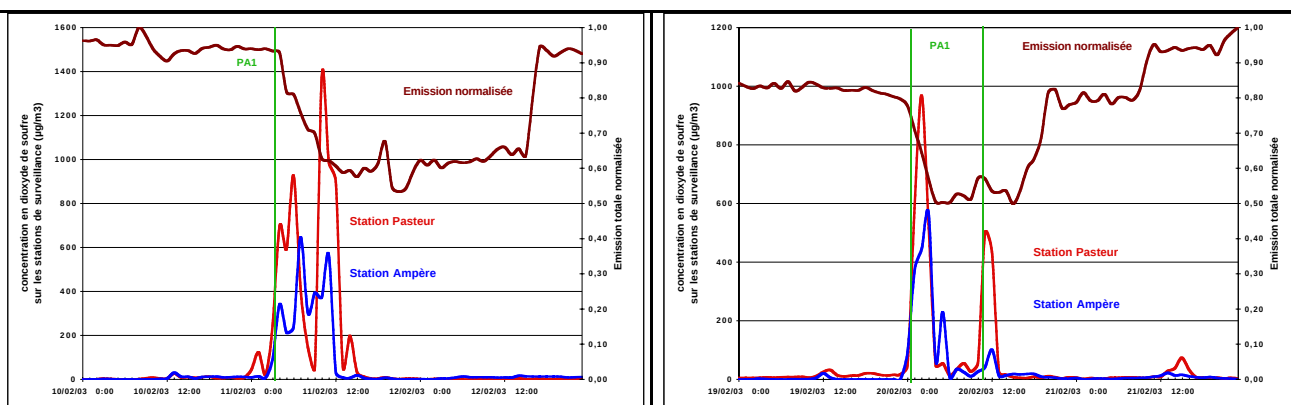
urbanisé. Dans ce sens, l'intégration dans la procédure d'alerte des capteurs tel que celui installé à Paimboeuf et tel que celui à installer à Montoir de Bretagne nous paraît répondre à cette problématique comme cela a été proposé dans l'étude d'Air Pays de la Loire relative à l'optimisation du réseau de surveillance de Basse-Loire (mai 2003).

RAPPORT D'ETUDE

Le contexte de l'étude

Dans la ville de Donges, des épisodes de pollution en dioxyde de soufre remarquables par leur ampleur et par leur durée se sont produits les 11 et 20 février 2003 en lien avec les rejets de la raffinerie Total France malgré la mise en œuvre de la procédure d'action sur les rejets. Le seuil d'alerte à la population pour le dioxyde de soufre fixé à $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 3 heures consécutives a été dépassé à deux reprises en fin de nuit et en fin de matinée du 11 février et à une reprise dans la nuit du 20 février. Les niveaux maxima atteints sur une heure au cours de ces épisodes sont de plus particulièrement élevés ($1376 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 11 février et $967 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 20 février).

Evolution des concentrations en dioxyde de soufre dans la ville de Donges les 11 et 20 février 2003 en lien avec l'émission totale de la raffinerie (valeur normalisée)



PA1 : préalerte de niveau 1 = première action de réduction des émissions

La DRIRE des Pays de la Loire a demandé à la raffinerie Total France de Donges d'apporter des éléments d'appréciations sur l'origine de ces forts niveaux et d'indiquer les moyens envisageables pour ne pas les reproduire à l'avenir.

Sur la base d'une proposition d'étude de modélisation de ces épisodes, la raffinerie Total France de Donges a fait appel à Air pays de la Loire.

En préambule, il est rappelé que d'une manière générale, les sorties calculées de modélisation et les cartographies générées sont des résultats de simulations numériques. De ce fait, par construction, elles sont altérées d'incertitudes liées à l'état des connaissances scientifiques dans le domaine de la physico-chimie atmosphérique ainsi qu'à la qualité des données d'entrée nécessaires au fonctionnement des modèles. Pour cette étude, en particulier, les modélisations réalisées se sont appuyées sur des données d'entrée météorologiques fournies par Météo France et des données d'entrée d'émissions fournies par la raffinerie Total France de Donges. Air Pays de la Loire ne saurait être tenu pour responsable des conséquences résultant de la qualité de ces données et des incertitudes qui y sont attachées.

Les objectifs de l'étude

La situation de ce mois de février 2003 présente un caractère exceptionnel dans la mesure où les niveaux maxima horaires enregistrés sont rarement atteints, malgré la mise en œuvre des procédures de réduction des émissions des principales installations du site de la raffinerie. La situation de dépassement de la valeur $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 3 heures consécutives est également relativement inhabituelle puisqu'elle ne concerne que 8% des épisodes.

Selon les informations fournies par Météo France, il est noté au cours des épisodes un temps couvert faiblement perturbé avec quelques pluies intermittentes sur la zone. **Le gradient thermique vertical n'est pas particulièrement favorable à l'accumulation de la pollution. Seules les hautes pressions enregistrées le 11 février peuvent expliquer en partie les pointes de pollution observées ce jour.**

Au cours de cette étude, les trois objectifs principaux suivants ont été recherchés :

- ❑ **Comparer les résultats de la modélisation avec les données observées aux stations de surveillance.**
- ❑ **Hiérarchiser les points de rejet de la raffinerie en terme d'impact sur la qualité de l'air en dioxyde de soufre dans la ville de Donges de façon à donner des indications sur les paramètres prépondérants à l'origine de la pollution,**
- ❑ **Mettre en œuvre deux scénarii sur les émissions de façon à étudier d'une part, comment auraient évolué les concentrations si TOTAL France DGS n'avait pas entrepris d'action sur les rejets et de calculer d'autre part pour l'épisode du 11 février 2003, l'impact d'une mise en œuvre de réduction anticipée des émissions en activant la procédure de gestion des rejets dès l'apparition de la valeur de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en dioxyde de soufre sur les sites de surveillance de la pollution.**

Le modèle utilisé et les données d'entrée

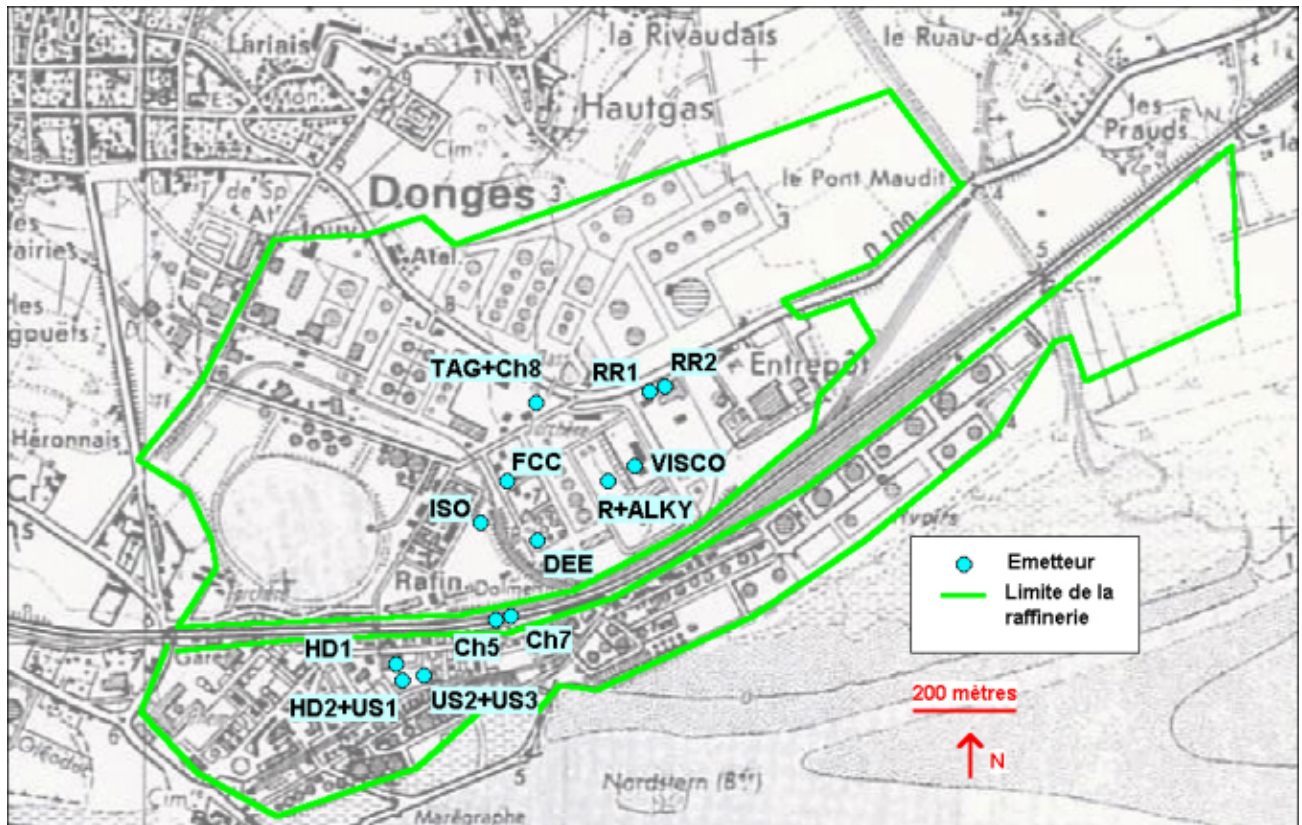
Air Pays de la Loire a conduit l'étude à l'aide du **modèle CALPUFF, modèle validé et recommandé par l'EPA** (agence américaine de protection de l'environnement). L'adaptation de ce modèle aux conditions locales a été vérifiée en mars 2001 lors d'une étude concernant l'établissement EDF de Cordemais. Le modèle CALPUFF est intégré au sein de la chaîne de simulation SAMAA qui inclue également le module météorologique CALMET pour le calcul des paramètres météorologiques sur le domaine d'étude et le module d'émission AIREMIS pour l'intégration des rejets de la raffinerie à partir des informations fournies par TOTAL France DGS.

Les paramètres météorologiques utilisés par la chaîne de simulation sont issus du **modèle de prévision ARPEGE** de Météo-France. Ce modèle fournit sur une verticale de 0 à 3000 mètres les paramètres de pression, température, vent, humidité relative, rayonnement, nébulosité et précipitations. En complément, des essais ont été réalisés pour intégrer les données des stations

météorologiques au sol de Météo France (Aéroport de Saint-Nazaire) et de TOTAL France DGS (site de la raffinerie).

TOTAL France DGS a fourni à Air Pays de la Loire les **paramètres physiques, thermodynamiques et d'émission au pas de temps horaire de 13 émissaires** répertoriés sur le site et présentés sur la carte suivante :

Localisation des points de rejet sur le site de la raffinerie de Donges

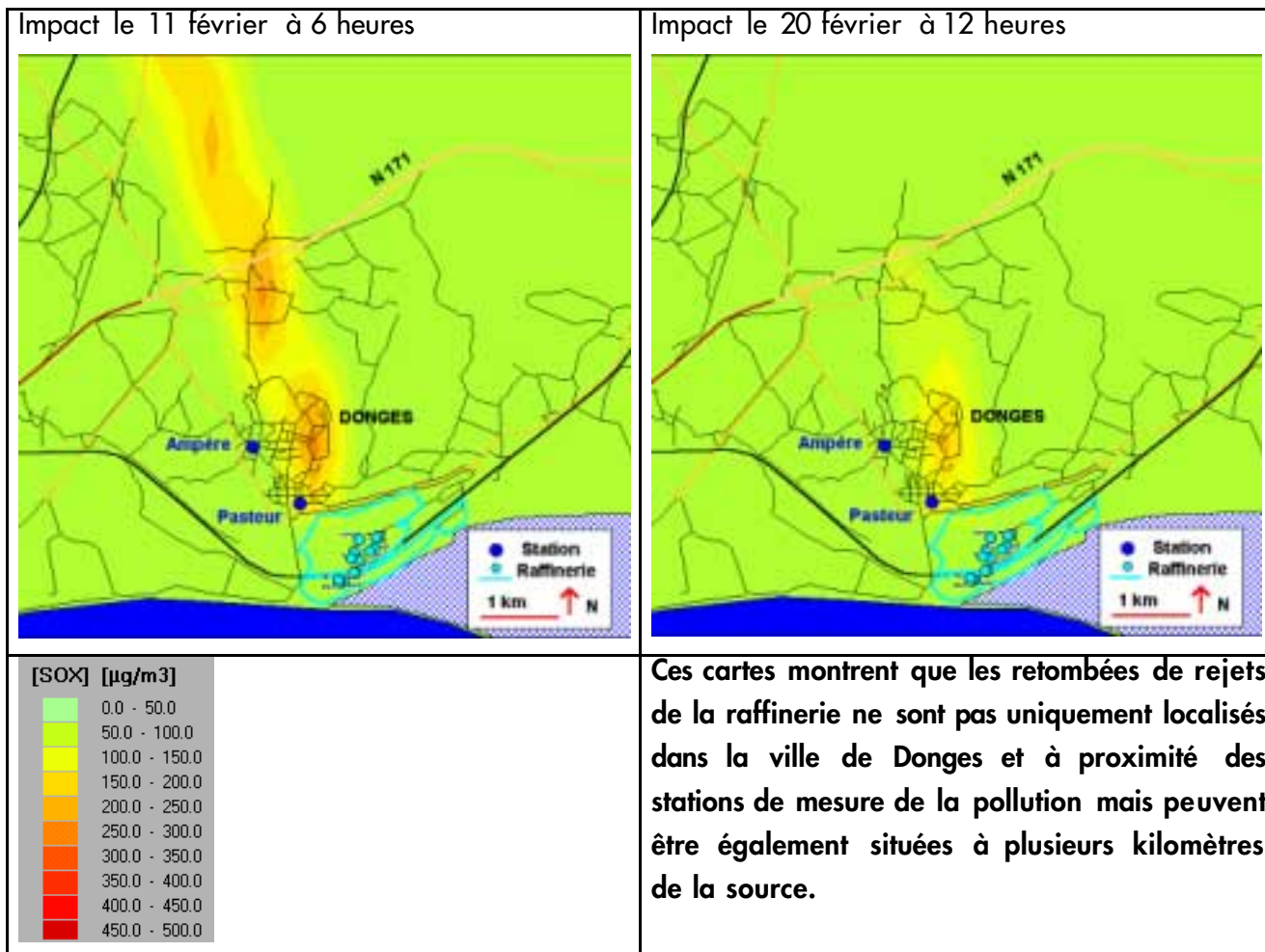


Les paramètres des deux torchères situées à l'est du site, non disponibles, n'ont pas été fournis à Air Pays de la Loire. Ces rejets sont toutefois en moyenne faibles en comparaison avec les émissions des principales unités du site même si on ne peut exclure, du fait du principe de fonctionnement d'une torchère, des rejets transitoires élevés.

Les positions des 13 émissaires répertoriés ont été validées par TOTAL France DGS avant d'être intégrées dans le simulateur.

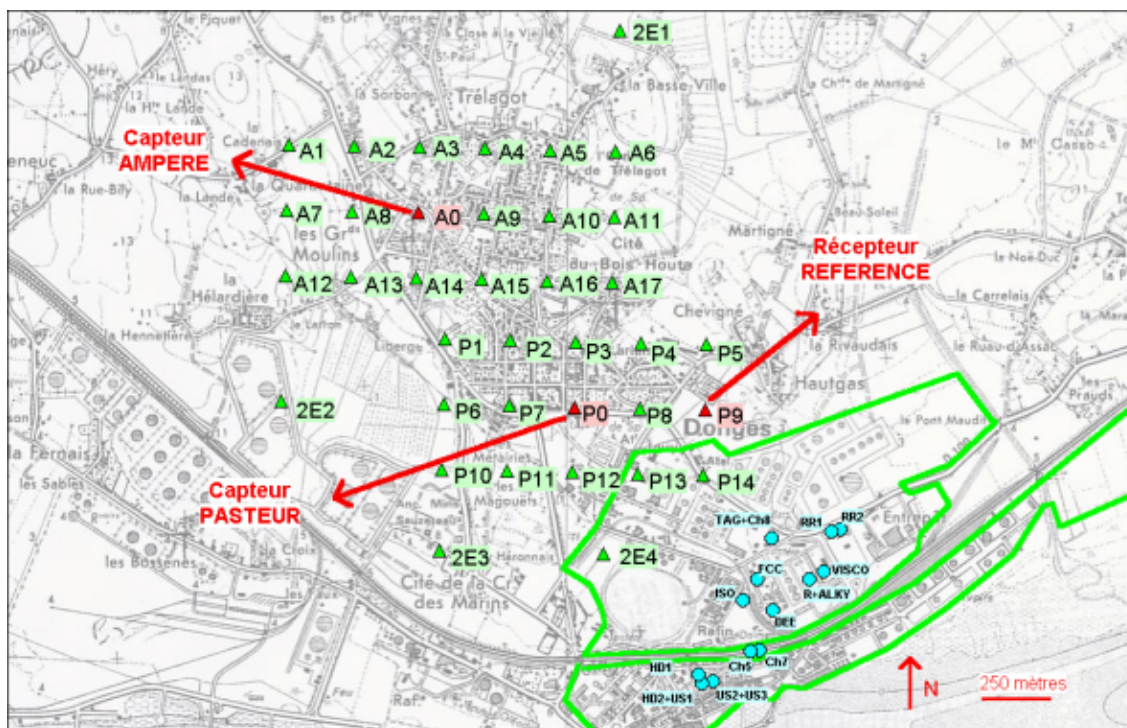
1 - Quelques cartographies et comparaison mesure-modèle

Les deux cartes suivantes issues des calculs de modélisation représentent des exemples de l'impact au sol dans la ville de Donges et aux alentours de l'ensemble des 13 rejets de la raffinerie pour les heures au cours desquelles les pics de pollution ont été mesurés.



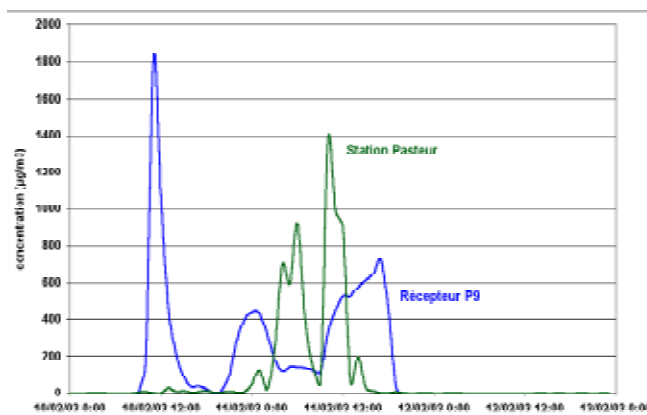
Les zones d'impact maximal modélisées se situent plutôt à l'est des stations de mesure. La direction des vents à 75 mètres, simulée par le module CALMET à partir des données ARPEGE, orientée plus au sud par rapport à la direction du vent au sol, explique la position de ces secteurs d'influence. Dans ces conditions, **il a été nécessaire d'évaluer l'accord mesure-modèle non seulement au niveau des stations de mesure mais également sur des récepteurs positionnés à l'est des sites de surveillance**. Les récepteurs choisis, situés sur le secteur habité de Donges, sont présentés sur la carte de la page suivante.

Localisation des récepteurs de modélisation (Pasteur = P0; Ampère = A0)

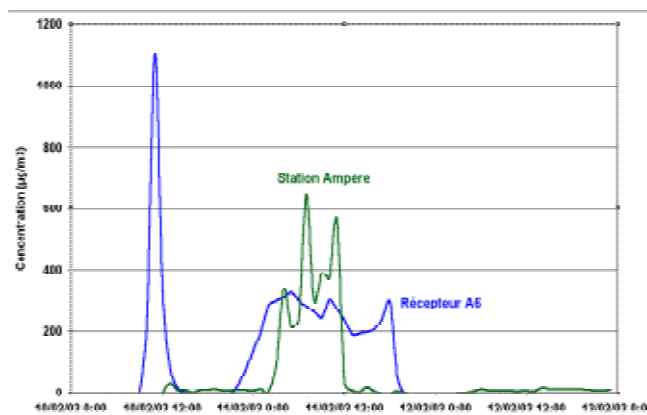


Des exemples de comparaison mesure-modèle sur lesquels l'accord est le plus satisfaisant sont proposés dans les graphiques suivants :

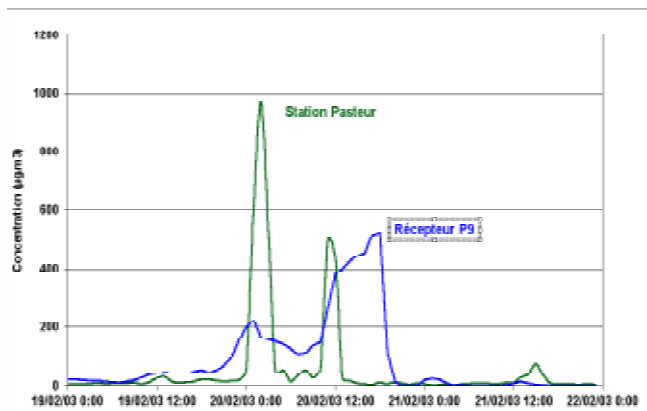
Comparaison sur le récepteur P9 le 11 février 2003



Comparaison sur le récepteur A6 le 11 février 2003



Comparaison sur le récepteur P9 le 20 février 2003



Le modèle calcule effectivement un impact de la raffinerie en reproduisant notamment deux pics de pollution sur le sud de la ville de Donges comme cela a été observé sur la station Pasteur. Les concentrations mesurées par les stations restent toutefois sous-estimées. Le pic de pollution modélisé le 10 en fin de matinée est attribué au passage d'un vent modélisé de sud-est de faible vitesse.

Afin de rechercher l'origine de l'écart entre la mesure et le système de modélisation, plusieurs pistes ont été explorées.

Concernant **la plate-forme de modélisation** telle qu'elle a été proposée pour étudier ces épisodes, elle **répond correctement à la demande** de TOTAL France DGS, comme cela nous a été confirmé par le Laboratoire central de Surveillance de la qualité de l'Air. Les options de Calpuff pour modéliser en champ proche ont d'autre part été sélectionnées.

Concernant la validité des données ARPEGE, il a été conclu que ce modèle reproduit correctement les données observées sur la station Météo France de l'aéroport de Saint-Nazaire, ce qui ne préjuge pas toutefois de la qualité des données en altitude. De plus, ARPEGE a tendance à lisser les phénomènes ou à ne pas répondre à des variations rapides des phénomènes météorologiques. En conclusion, **il subsiste ponctuellement des variations entre les données ARPEGE et les données météorologiques réelles qui expliquent en partie les écarts observés.**

Concernant les données d'émission, elles sont obtenues non pas par des mesures des concentrations en sortie de cheminée mais par calcul, à partir d'analyse des combustibles et de mesure des débits des fluides, ce qui peut s'avérer un facteur supplémentaire d'incertitude.

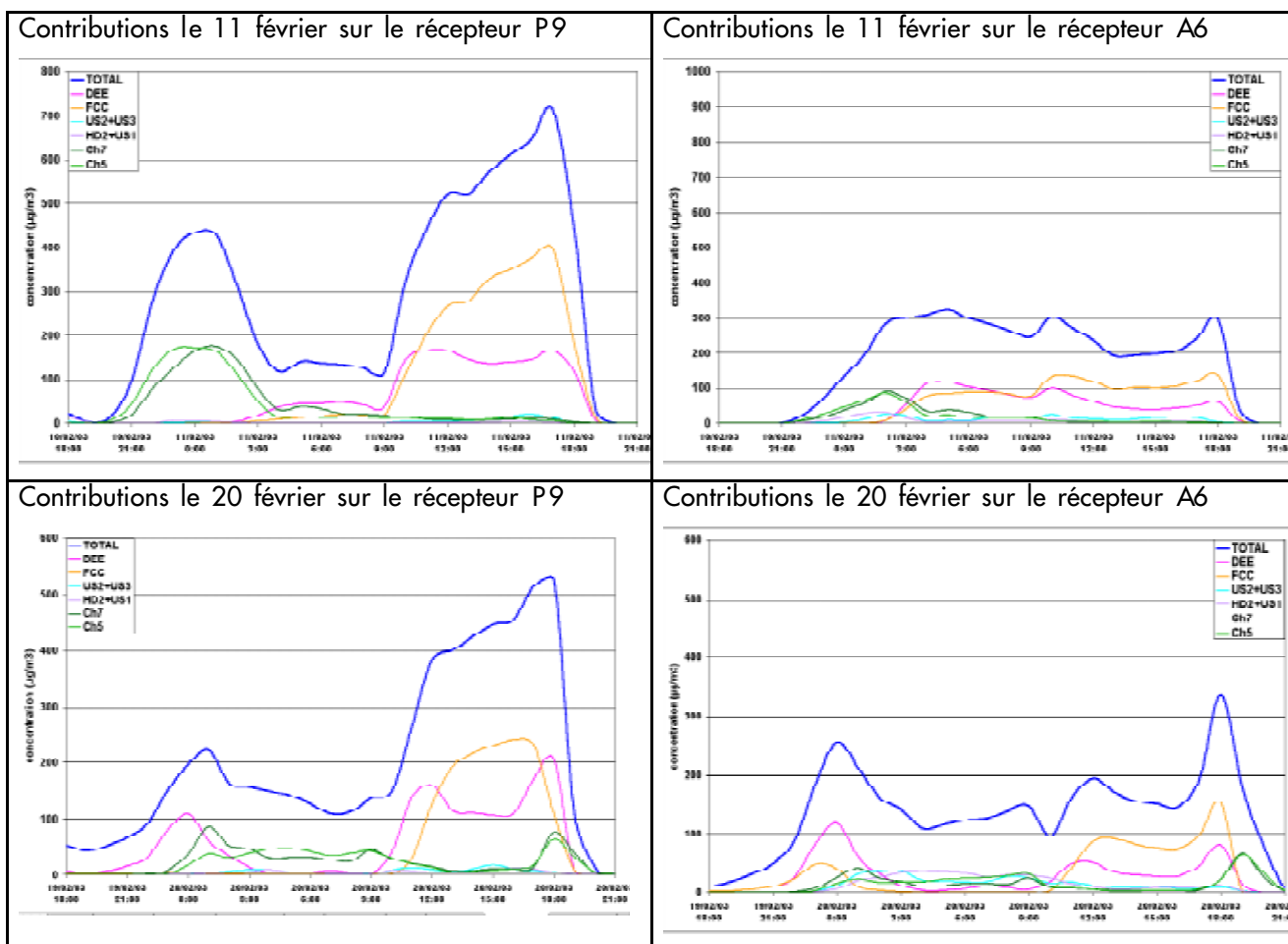
Comme l'a montré cette étude avec la mise en œuvre de récepteurs, l'impact de la raffinerie sur les concentrations n'est pas uniquement localisé sur les stations Pasteur et Ampère. Dans ces conditions, nous préconisons d'organiser des campagnes exploratoires, par exemple à l'est des stations de surveillance tout en restant dans le secteur urbanisé.

Par ailleurs, dans ce sens, l'intégration dans la procédure d'alerte des capteurs tel que celui installé à Paimboeuf et tel que celui à installer à Montoir de Bretagne paraît répondre à cette problématique comme cela a été proposé dans l'étude d'Air Pays de la Loire relative à l'optimisation du réseau de surveillance de Basse-Loire (mai 2003).

2 - Analyse de la contribution individuelle des 13 émetteurs

Cette analyse a été réalisée en lançant pour chacun des deux épisodes, le système de simulation à 13 reprises en considérant successivement un seul émetteur sur le site de la raffinerie.

Des exemples de l'impact sur la qualité de l'air des principaux émetteurs pris isolément sont proposés dans les graphiques suivants :



Les unités DEE et FCC, avec des rejets proches chacun de 30 % du total des émissions du site, participent de façon importante à l'impact de la raffinerie avec des contributions aux concentrations comprises entre 20 et 30 %. La hauteur de ces rejets étant élevée, ce sont les seules unités à pouvoir impacter autant le nord de la zone urbaine.

Les émetteurs HD2 + US1 et US2 + US3 représentent chacun environ 10 % des émissions pendant les épisodes. En raison de leur localisation dans la raffinerie, ils influencent particulièrement les stations Ampère et Pasteur, avec des contributions pouvant atteindre 40 %.

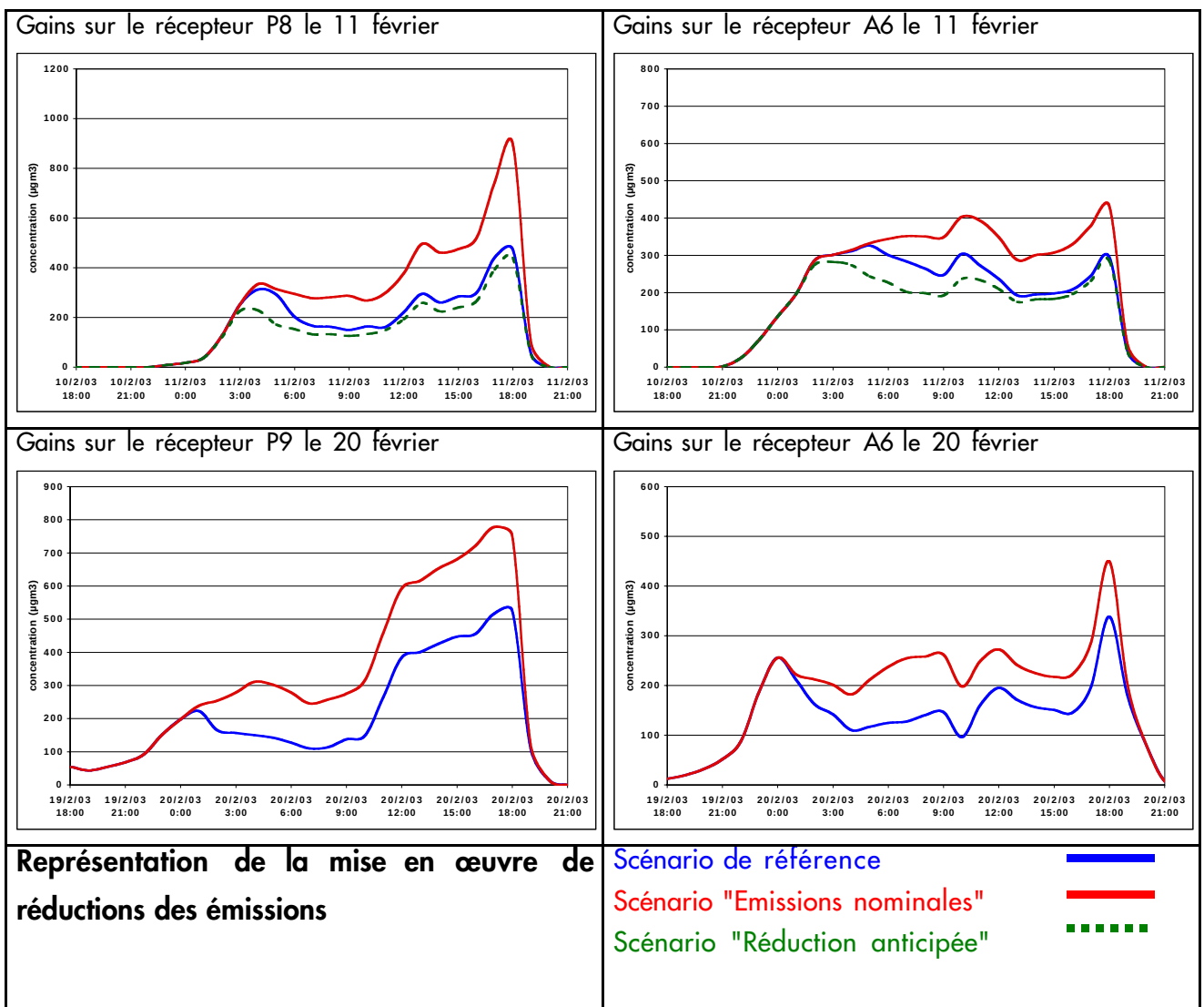
Les chaudières Ch5 et Ch7 ne représentent que 4 % des émissions mais participent à hauteur de 10 à 20 % des concentrations totales modélisées dans le sud du secteur urbanisé.

Les autres émetteurs contribuent de façon faible ou négligeable à la pollution pendant les épisodes et ne peuvent être considérés comme étant à l'origine de ces pointes de pollution. **En conclusion, les chaudières Ch5 et Ch7 ont été les principales contributions pendant le premier pic, de façon moins nette le 20 février tandis que les émetteurs DEE et FCC ont été à l'origine de la pollution pendant les seconds pics des 11 et 20.**

3-Impact sur la qualité de l'air de scénarii sur les émissions

Le premier scénario a consisté à estimer quel a été l'impact de la mise en œuvre des actions de réduction des émissions liées à la procédure de gestion des rejets en vigueur à la raffinerie (action dès apparition d'une concentration horaire en dioxyde de soufre de 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'environnement) sur la qualité de l'air dans la ville de Donges pendant les épisodes des 11 et 20 février 2003. Ce scénario est appelé "Emissions nominales". Les émetteurs principaux concernés par ces actions ont été les points DEE, CH5 et Ch7.

Le second scénario a consisté à évaluer les conséquences d'une action anticipée de réduction des émissions sur la base de l'activation de la procédure dès l'apparition de la valeur de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les capteurs. Ce scénario est appelé "Réduction anticipée des émissions". Les unités concernées sont : DEE, US2+US3, HD2+US1, les chaudières 5 et 7 puis FCC dans un second temps.



Le gain apporté par la mise en œuvre de la réduction des émissions décidée par TOTAL France DGS selon la procédure en vigueur les 11 et 20 février est conséquent et s'observe sur l'ensemble de la ville de Donges. **Les gains moyens sur les concentrations à partir de la mise en**

œuvre de la procédure de prévention sont compris entre 40 et 80 %. En appliquant ces diminutions de concentrations aux niveaux réels mesurés, la pollution dans la ville de Donges aurait pu, le 11 février, dépasser 2000 µg/m³ au lieu des 1400 µg/m³ observés sur la station de surveillance Pasteur.

Le gain supplémentaire dans l'hypothèse où TOTAL France DGS aurait anticipé la réduction des émissions est modéré. Sur l'ensemble des récepteurs, **le gain supplémentaire moyen varie entre 10 et 20 % et le gain maximum horaire supplémentaire peut atteindre 40 %**, notamment lors du pic de pollution en début de matinée le 11 février. Si on applique ces écarts sur les pics réellement mesurés, le premier dépassement du seuil d'alerte constaté le 11 février aurait pu être évité. En revanche, la diminution des concentrations pour le second pic de pollution de la fin de la matinée n'aurait pu être suffisante pour empêcher le franchissement de ce seuil. Malgré un impact limité pour cet épisode, la procédure de réduction anticipée conserve tout son intérêt, notamment pour des épisodes moins aigus.

Cette étude dessine des axes de progrès susceptibles d'améliorer la prévention de ces épisodes :

- ❑ **Poursuivre l'anticipation de la maîtrise des rejets en agissant dès la première hausse de pollution à l'exemple de ce que TOTAL France DGS réalise désormais en activant le contrôle des émissions dès le seuil de 100 µg/m³,**
- ❑ **Agir simultanément et de façon plus conséquente qu'actuellement sur les émissions des principales unités du site. A titre d'exemple, une réduction complémentaire significative des rejets de l'installation FCC en relation avec les hausses de pollution serait de nature à améliorer l'impact sur la qualité de l'air, ceci en s'assurant de la compatibilité de l'action avec les process,**
- ❑ **Activer la procédure de réduction des rejets à partir d'un réseau plus dense de capteurs de façon à détecter les premières élévations de pollution. Dans ce cadre, nous préconisons la mise en place de campagnes exploratoires de surveillance à l'est et au sud des stations Ampère et Pasteur, en secteur urbanisé. Dans ce sens, l'intégration dans la procédure d'alerte des capteurs tel que celui installé à Paimboeuf et tel que celui à installer à Montoir de Bretagne nous paraît répondre à cette problématique comme cela a été proposé dans l'étude d'Air Pays de la Loire relative à l'optimisation du réseau de surveillance de Basse-Loire (mai 2003).**