

modélisation des niveaux de nitrate d'ammonium

YARA France à Montoir de Bretagne

Etude préliminaire à la campagne de mesure 2008

28/08/08 – version 2



sommaire

| | |
|---|-----------|
| synthèse | 1 |
| introduction | 8 |
| le nitrate d'ammonium | 9 |
| le nitrate d'ammonium | 10 |
| le procédé industriel de fabrication de l'ammonitrate..... | 12 |
| le domaine d'étude | 14 |
| la zone d'étude..... | 15 |
| le bâti YARA France | 15 |
| les sites de mesure d'Air Pays de la Loire | 17 |
| le modèle ADMS | 19 |
| le modèle ADMS | 20 |
| les données d'entrée nécessaires | 20 |
| les données de sortie disponibles..... | 22 |
| la méthodologie d'évaluation | 23 |
| hypothèses..... | 24 |
| les émissions | 24 |
| la période modélisée et les conditions météorologiques | 25 |
| les zones de retombées | 34 |
| retombées de poussières submicroniques de la tour de prilling | 35 |
| retombées de poussières totales en provenance du grossisseur | 50 |
| synthèse des résultats | 65 |
| implantation des sites de mesure | 66 |
| conclusions et perspectives | 71 |
| annexes | 72 |
| annexe 1 : Air Pays de la Loire | 73 |
| annexe 2 : techniques d'évaluation..... | 74 |
| annexe 3 : types des sites de mesure | 75 |
| annexe 4 : polluants | 76 |
| annexe 5 : seuils de qualité de l'air 2007 | 77 |
| annexe 6 : influence du bâti..... | 78 |
| annexe 7 : épisodes complémentaires | 83 |
| bibliographie | 93 |
| glossaire | 94 |
| abréviations | 94 |
| définitions | 94 |
| précisions sur les calculs statistiques | 94 |

contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Frédéric Penven, Cartographie : Frédéric Penven, Exploitation statistique : Frédéric Penven, Mise en page : Bérangère Poussin, Validation : Arnaud Rebours, Luc Lavrilleux.

conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} août 2007 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org, etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

remerciements

Air Pays de la Loire remercie Messieurs DAUDON et CHABOCHE de la société YARA France pour leur disponibilité et pour la transmission des données nécessaires à l'étude.

synthèse

contexte → une sollicitation de YARA France

La société YARA France s'est rapprochée d'Air Pays de la Loire afin d'évaluer les niveaux de poussières fines et les niveaux de nitrate d'ammonium particulaire dans l'environnement de son établissement situé à Montoir de Bretagne.

Dans ce cadre, une réunion de présentation préliminaire s'est tenue le 11 juillet 2007 dans les locaux de YARA France à Montoir de Bretagne. A l'issue de cette rencontre, une proposition technique et financière a été transmise et acceptée. Celle-ci présente 2 approches complémentaires :

- une approche par modélisation des retombées de poussières ;
- une approche par une campagne de mesure.

Ce rapport présente les résultats de l'approche par modélisation.

objectifs → évaluer l'aire de retombée des poussières

L'étude de modélisation vise à estimer la zone impactée par des retombées de nitrate d'ammonium autour de l'établissement et de quantifier les concentrations dans l'environnement afin de valider les emplacements des trois sites pressentis pour la campagne de mesure. L'objectif est également d'évaluer trois scénarii de taux d'émissions :

- émissions respectant l'arrêté préfectoral ;
- émissions actuelles ;
- émissions doublées par rapport à la situation actuelle.

repère → le nitrate d'ammonium

Le nitrate d'ammonium est un composé chimique apolaire de formule brute NH_4NO_3 , principalement utilisé dans la fabrication d'engrais hautement azoté connu sous le nom d'ammonitrate.

Dans l'environnement de YARA France, il convient de distinguer l'influence locale de l'établissement, des épisodes généraux de pollution particulaire provenant des sources agricoles, du transport et des industries et affectant des échelles de plusieurs centaines de kilomètres au cours desquels les concentrations en nitrate d'ammonium peuvent atteindre plusieurs dizaines de $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. En condition plus habituelle, les niveaux de nitrate d'ammonium dans l'environnement sont de l'ordre de quelques $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Le procédé industriel de fabrication de l'ammonitrate consiste à neutraliser de l'acide nitrique par de l'ammoniac, pour aboutir à la fabrication de solution de nitrate d'ammonium, constituant de base de la fabrication des granulés d'ammonitrate.

moyens → modèle ADMS

le périmètre d'étude → un carré de 10 km de coté

La modélisation de la dispersion des poussières est réalisée sur un domaine carré de 10 km de coté centré sur l'installation YARA France avec une résolution de 100 m.

le modèle ADMS

Le modèle mis en œuvre est le système de référence ADMS (Atmospheric Dispersion Modeling System) développé en Grande Bretagne par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultants).

Il s'agit d'un modèle gaussien de seconde génération qui utilise une description continue de la couche limite plutôt que les classes de stabilité de Pasquill.

D'autre part, la surélévation du panache est calculée à partir d'une modélisation de trajectoire 3D et non à partir d'une formulation empirique.

Enfin, il permet la prise en compte de l'effet du bâti situé à proximité immédiate des cheminées.

méthodologie

L'année de simulation retenue est l'année 2007. Les paramètres météorologiques ont été obtenus sur la station Météo France de Gron située à proximité de YARA France.

Les émetteurs pris en compte sont la tour de prilling et le grossisseur dont les caractéristiques géométriques et thermodynamiques ont été fournies par l'exploitant. Les principaux bâtiments de l'établissement ont également été modélisés.

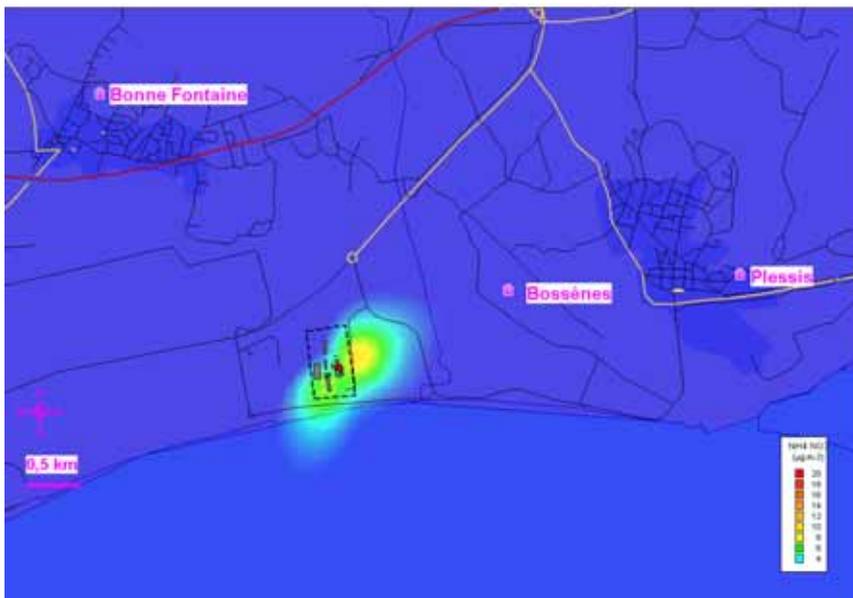
Les granulométries des poussières émises par la tour de prilling et le grossisseur sont respectivement submicroniques (PM₁) et supérieures à 12 µm (TSP).

résultats → une zone de retombée moyenne limitée à quelques centaines de mètres

Les cartes produites font apparaître une zone de retombées les plus fréquentes limitée à l'environnement proche de l'installation mais des pointes par vent établi plus éloignées.

retombées de poussières submicroniques issues de la tour de prilling

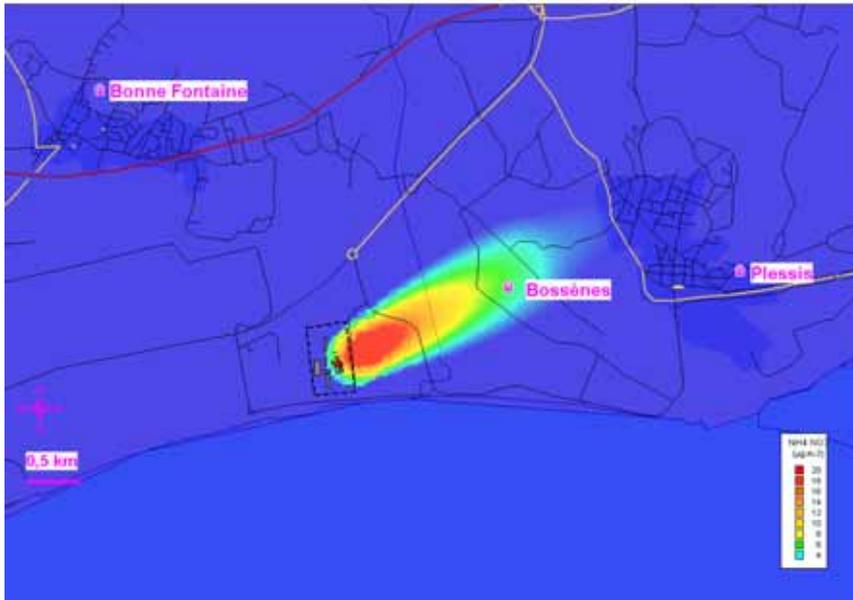
Les cartes de moyennes annuelles font apparaître des zones de retombées limitées aux abords de l'usine YARA France (700 m avec le scénario d'émission actuel).



concentrations moyennes annuelles 2007 de PM₁ en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles.

Les cartes de niveaux de pointes montrent que ponctuellement des concentrations élevées peuvent être observées au-delà de ce périmètre (plus de $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ à 1 km de la source).

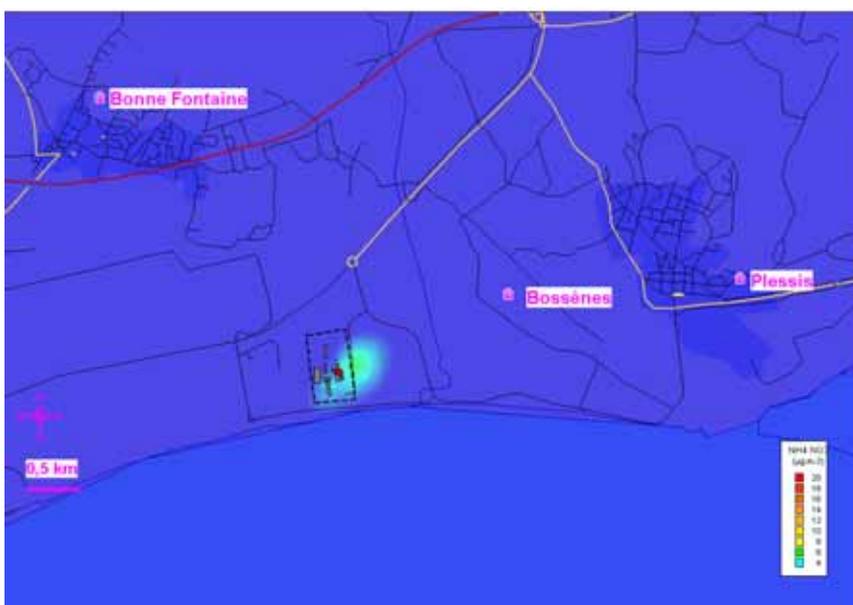
Les cartes de concentrations journalières correspondant à des flux modérés (vitesse de vent comprise entre 5 et $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) de sud-ouest et établis de nord-nord-est viennent confirmer ce constat. En effet, le 8 mai 2007, le site de Bossènes est dans la zone d'impact alors que le 20 mai 2007, les retombées de poussières s'étendent largement sur la Loire.



concentrations journalières de PM₁ en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles le 8 mai 2007 (vent de sud-ouest majoritaire avec une vitesse moyenne de $6,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

retombées de poussières totales issues du grossisseur

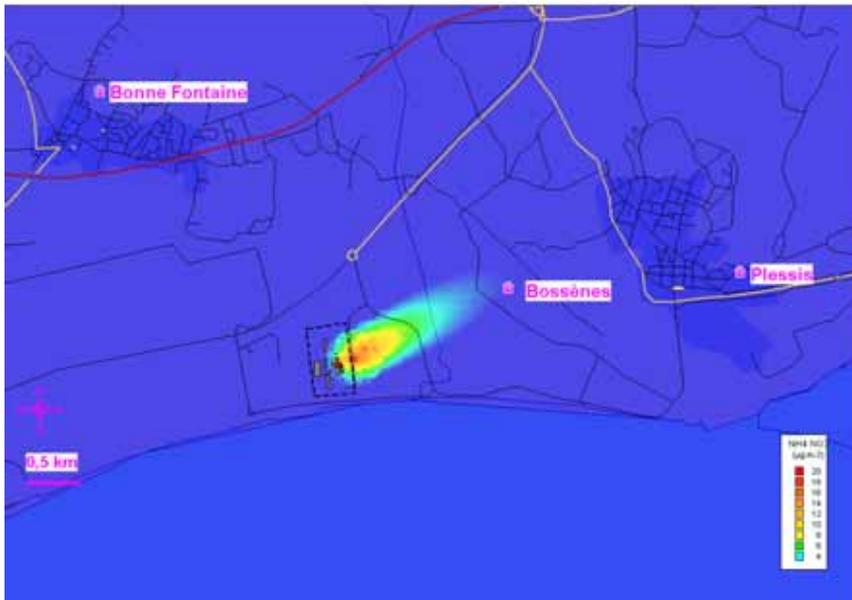
Les cartes de moyennes annuelles de poussières totales montrent que la distance d'impact (400 m dans la situation d'émission actuelle) et les concentrations modélisées sont plus faibles que celles en provenance du prilling voire imperceptibles dans l'hypothèse de respect de l'arrêt préfectoral.



concentrations moyennes annuelles 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario d'émissions actuelles.

Les cartes de niveaux de pointes font apparaître une zone d'impact occasionnel (plus de $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ jusqu'à une distance de 500 m de la source dans le scénario actuel).

Les simulations des épisodes de flux modérés (vitesse de vent comprise entre 5 et 9 m.s^{-1}) de sud-ouest et de nord-nord-est en témoignent.



concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario d'émissions actuelles le 8 mai 2007(vent de sud-ouest majoritaire avec une vitesse moyenne de $6,9 \text{ m.s}^{-1}$).

conclusions de l'étude de modélisation des retombées

L'étude de modélisation des retombées de poussières fines émises par l'usine YARA France de Montoir de Bretagne a permis d'évaluer les zones impactées. Celles-ci se limitent à quelques centaines de mètres autour de l'installation dans le scénario d'émission actuel. En effet, la distance maximale de retombées chroniques est de 700 m pour les poussières submicroniques de la tour de prilling et 400 m pour les poussières totales du grossisseur. Les niveaux atteints dans ces zones varient entre 10 et $35 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne sur l'année 2007. Dès que l'on s'en éloigne, les concentrations décroissent rapidement pour atteindre le bruit de fond ambiant.

Les écarts entre les retombées de la tour de prilling et du grossisseur peuvent d'expliquer par la différence de débit des sources et par la différence de diamètre des poussières émises. En effet, la tour de prilling présente un débit plus important et les poussières émises sont submicroniques donc plus dispersives.

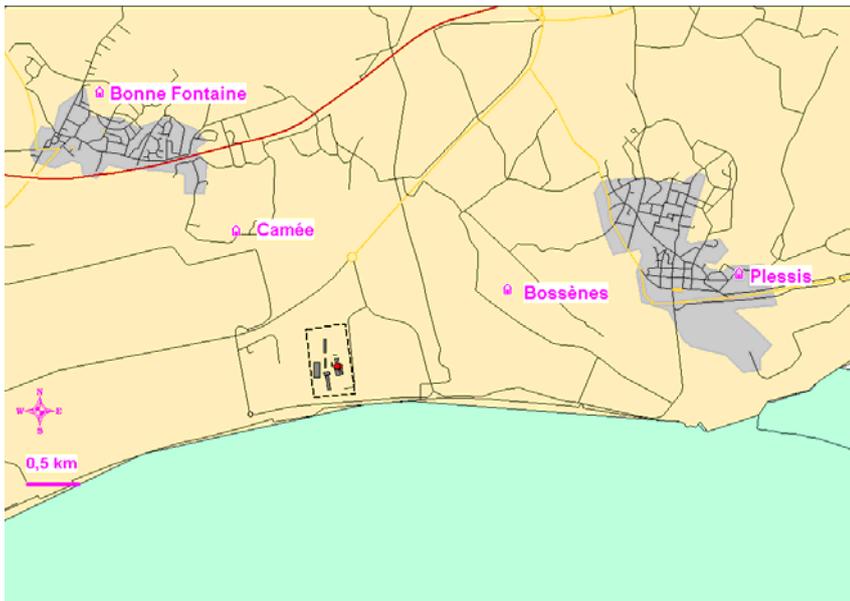
Si les zones d'impact les plus fréquentes sont localisées à proximité de l'établissement, des retombées peuvent être estimées entre 1000 m et 2300 m pour les poussières submicroniques et entre 500 m et 1300 m pour les poussières totales. Elles s'observent par vent modéré de sud-ouest. Dans ces conditions, les niveaux journaliers peuvent atteindre plusieurs dizaines de $\mu\text{g.m}^{-3}$ voire plus. A titre d'exemple, des concentrations similaires sont ponctuellement observées lors d'épisodes régionaux de pollution particulaire.

La comparaison des trois scénarii d'émission met en évidence des différences significatives de retombées tant sur le plan de la surface impactée que des niveaux de concentrations atteints. Ainsi, on observe des concentrations au sol sensiblement proportionnelles aux taux d'émission des différents scénarii comme le montre le tableau ci-dessous :

| scénario | source | taux d'émission (g/s) | percentile 98 maximal ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) | distance maximale de retombées (m) |
|---|---------------|-----------------------|---|------------------------------------|
| émissions respectant l'arrêté préfectoral | Prilling | 3,564 | 104 | 500 |
| | Grossissement | 0,669 | 36 | 0 |
| émissions actuelles | Prilling | 6,313 | 184 | 700 |
| | Grossissement | 1,927 | 104 | 400 |
| émissions actuelles doublées | Prilling | 12,625 | 369 | 1200 |
| | Grossissement | 3,854 | 208 | 600 |

Caractéristiques des zones de retombées suivant les 3 scénarii.

retombées sur différents sites potentiels de mesure



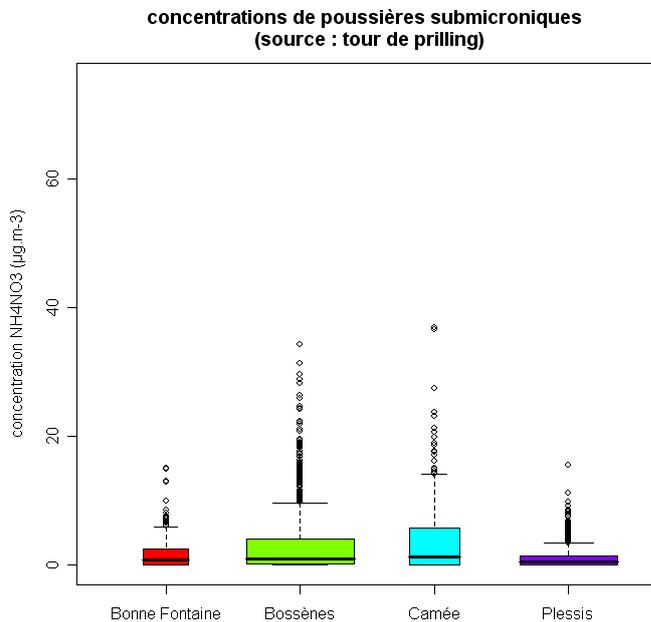
implantations possibles des sites de mesure.

Les 4 sites suivants ont ainsi été étudiés afin d'évaluer l'impact des sources de l'établissement :

- Bossènes ;
- Plessis ;
- Bonne Fontaine ;
- Camée.

Le dernier site localisé dans la zone résidentielle « Camée » sur la commune de Montoir de Bretagne répond aux critères d'implantation de la directive 2008/50/CE (annexe III) car il est entouré des habitations les plus proches de l'établissement.

La répartition des concentrations horaires est différente sur les 4 sites comme le montre le graphique ci-dessous concernant les poussières PM1 provenant de la tour de prilling avec le taux d'émission réel :



répartition des concentrations horaires de PM1 issues de la tour de prilling avec l'hypothèse d'émission actuelle.

Même si les sites restent peu impactés de façon chronique (75 % des concentrations horaires de PM1 provenant de la tour de prilling sont inférieures à $6 \mu\text{g.m}^{-3}$ dans le scénario d'émission réel), des pointes avoisinant les $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ ont été estimées à Bossènes et Camée. La station Bonne Fontaine initialement retenue apparaît moins influencée que Camée.

conclusions et perspectives ➔ 3 sites retenus

Pour rappel, le dispositif complet de la campagne de mesure est le suivant :

| objectif | Type de mesure | Nombre de sites | Période de mesure |
|--|--|---|--|
| <p>évaluer les niveaux d'empoussièremment (poussières fines) dans les zones habitées les plus proches de l'établissement</p> <p>Evaluer les niveaux d'empoussièremment (poussières fines) à proximité de l'usine et estimer l'impact des rejets de l'établissement</p> | PM10 – mesures horaires | <p>3 sites dans l'environnement de YARA France</p> <p>2 sites urbains non influencés pour comparaison</p> | 2 mois en période hivernale en fonction du fonctionnement de l'établissement |
| évaluer les concentrations en nitrate d'ammonium dans l'environnement de l'établissement par comparaison à celles enregistrées en milieu urbain non influencé. | PM10 – Collecte journalière sur filtre | <p>2 sites dans l'environnement de YARA France</p> <p>1 site urbain non influencé pour comparaison</p> | Période hivernale en fonction des conditions météorologiques et du fonctionnement de l'établissement |

dispositif de la campagne de mesure.

Par rapport à la proposition initiale d'implantation des sites de mesure dans l'environnement de YARA France, nous proposons de :

- Conserver le site de Bossènes, localisé sous les vents dominants de sud-ouest à la limite des zones de retombées les plus fréquentes mais ponctuellement directement impacté. Il est de plus localisé entre l'établissement YARA (à 1800 mètres) et les premières habitations de Donges (à 700 mètres).
- Conserver le site de Plessis, localisé sous les vents dominants de sud-ouest, à l'écart des zones de retombées majoritaires mais situé dans un secteur à forte densité de population;
- Remplacer le site permanent de Bonne Fontaine par un site temporaire dans la zone résidentielle « Camée », la plus proche de l'établissement et exposé plus directement aux rejets de YARA France, comme le montre l'étude de modélisation.

introduction

La société YARA France s'est rapprochée d'Air Pays de la Loire afin d'évaluer les niveaux de poussières (dont le nitrate d'ammonium) dans l'environnement de son établissement situé à Montoir de Bretagne. Dans ce cadre, une réunion de présentation préliminaire s'est tenue le 11 juillet 2007 dans les locaux de YARA France à Montoir.

A l'issue de cette rencontre, une proposition technique et financière a été transmise par Air Pays de la Loire et acceptée par YARA France. Celle-ci présente 2 approches complémentaires :

- une approche par modélisation des retombées de poussières ;
- une approche par une campagne de mesure.

Ce document présente la démarche et les résultats obtenus dans le cadre de l'étude de modélisation qui vise à :

- déterminer les zones impactées par les émissions spécifiques de YARA France;
- identifier les sites de mesures à mettre en œuvre dans la seconde phase.

le nitrate d'ammonium

Le nitrate d'ammonium est un composé chimique apolaire de formule brute NH_4NO_3 , principalement utilisé comme engrais hautement azoté plus connu sous le nom d'ammonitrate. Dans l'environnement de YARA France, il convient de distinguer l'influence locale de l'établissement, des épisodes généraux de pollution particulaire et de nitrate d'ammonium provenant du continent et affectant des échelles de plusieurs centaines de kilomètres. Le procédé industriel de fabrication de l'ammonitrate consiste à neutraliser de l'acide nitrique par de l'ammoniac, pour aboutir à la fabrication de solution de nitrate d'ammonium, constituant de base de la fabrication des granulés d'ammonitrate.

le nitrate d'ammonium

Le nitrate d'ammonium est un composé chimique apolaire de formule brute NH_4NO_3 , principalement utilisé comme engrais hautement azoté plus connu sous le nom d'ammonitrate. Il s'agit du fertilisant le plus utilisé en France.

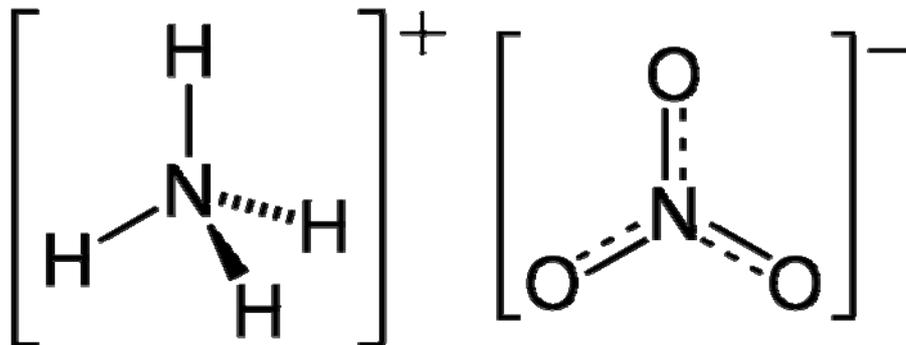


Figure 1 : formule 2D du nitrate d'ammonium.

les sources de nitrate d'ammonium

Pour déterminer les sources du nitrate d'ammonium, il s'agit de déterminer l'origine de l'ion ammonium (de formule NH_4^+) et de l'ion nitrate (NO_3^-).

L'ion ammonium a pour origine les émissions d'ammoniac gazeux dans l'atmosphère provenant des activités agricoles essentiellement (élevage et épandage d'engrais). Le rôle des sols est également important parce qu'ils assimilent l'azote atmosphérique pour produire de l'azote organique minéralisé ensuite à l'état d'ammoniac ou d'ammonium.

Les nitrates dans l'atmosphère sont issus principalement du cycle de l'azote dont un des produits finaux est l'acide nitrique (HNO_3), composante importante de l'acidité des précipitations issu de l'oxydation des oxydes d'azote. Les oxydes d'azote proviennent notamment de l'activité humaine. Les nitrates sont donc issus indirectement et essentiellement des activités anthropiques.

En résumé, l'ion ammonium provient essentiellement des activités agricoles tandis que le nitrate atmosphérique provient des transports et de l'industrie.

Compte tenu de la position géographique de la Loire Atlantique, les élévations générales en nitrate d'ammonium apparaissent principalement par vent d'origine continentale (vents d'est) alors que les vents océaniques d'ouest sont associés à des niveaux globalement faibles de ces composés.

Le nitrate d'ammonium provient également d'émissions directes de sources fixes, en particulier les établissements de fabrication d'engrais, à l'exemple de l'usine YARA France de Montoir.

En conclusion, dans l'environnement de YARA France, il convient de distinguer l'influence locale de l'établissement, des épisodes généraux de pollution particulaire et de nitrate d'ammonium provenant du continent et affectant des échelles de plusieurs centaines de kilomètres.

les niveaux de nitrate d'ammonium dans l'environnement

Le nitrate d'ammonium mesuré dans le compartiment atmosphérique est considéré comme faisant partie de la fraction volatile des particules. Cette fraction volatile est directement prise en compte depuis le 1 janvier 2007 par les organismes en charge de la surveillance de la qualité de l'air en France par des systèmes appelés FDMS. Elle représente en moyenne 20 % des concentrations en particules et peut atteindre au cours de certains épisodes plus de 50 % de la totalité des niveaux de poussières.

Certains épisodes particuliers de grande échelle sont essentiellement liés à la présence de nitrate d'ammonium dans l'air. C'est le cas du 15 mars 2007 où la concentration moyenne journalière en particules à Lyon a atteint $114 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour laquelle la présence de nitrate d'ammonium permet d'expliquer 60 % du total soient $68 \mu\text{g.m}^{-3}$ (source : rapport LCSQA [1] d'après données Atmo Rhône-Alpes). Ces épisodes sont représentatifs de niveaux de pointes.

Dans les conditions plus fréquentes, les concentrations en nitrate d'ammonium sont largement plus faibles. Ainsi, dans le cadre d'un contrat de recherche (n° 76-16), l'INSERM a mené une étude qui a permis de déterminer les concentrations habituelles des nitrates et de l'ion ammonium dans une zone dépourvue de sources de pollution et en zone urbaine.

Le tableau ci-dessous indique les concentrations de fond qui ressorte de cette étude :

| zone | [NO ₃] ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) | [NH ₄] ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) |
|---------|---|---|
| rurale | 0,2 | < 1 |
| urbaine | de 0,5 à 5 | de 0,7 à 10 |

Tableau 1 : concentrations de fond des nitrates et de l'ion ammonium.

Par ailleurs, le site internet de l'EMEP (programme européen de surveillance et d'évaluation du transport à grande échelle des polluants atmosphériques) présente des moyennes annuelles relevées en Italie sur un site rural (Ispra) de 2002 à 2005 et qui se situent autour de $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

le procédé industriel de fabrication de l'ammonitrate

la fabrication de l'ammonitrate

Le procédé de l'ammonitrate consiste à neutraliser de l'acide nitrique par de l'ammoniac, pour aboutir à la fabrication de solution de nitrate d'ammonium, constituant de base de la fabrication des granulés d'ammonitrate.

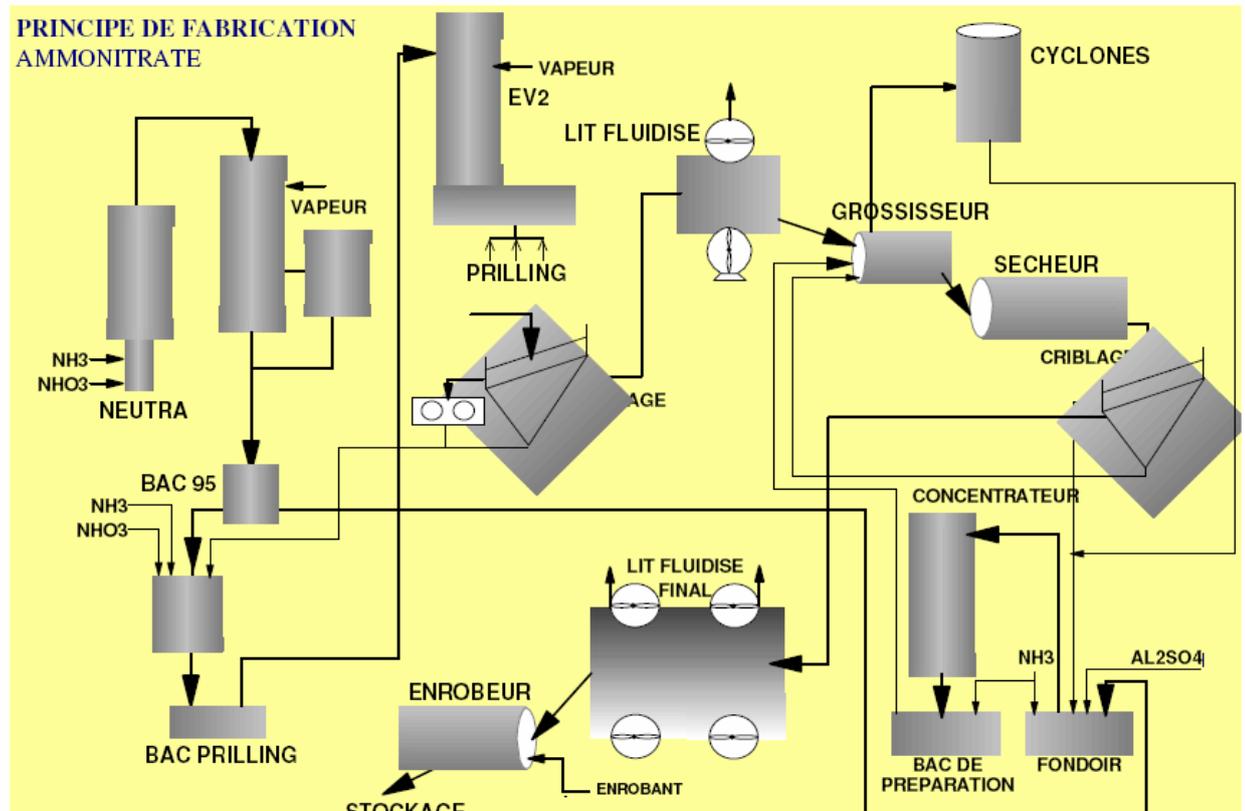


Figure 2 : le process de fabrication d'Extran 33,5 (prilling + grossissement).

La fabrication d'ammonitrate nécessite deux grandes étapes principales :

- la fabrication d'un produit intermédiaire : le nitrate d'ammonium en solution chaude à partir d'ammoniac et d'acide nitrique ;
- la réalisation des granulés d'ammonitrate au sein d'un grossisseur, à partir de la solution chaude de nitrate à laquelle sont additionnés des agents destinés à la mise à titre désirée, et à améliorer les propriétés physiques du grain.

Les principales étapes sont donc les suivantes :

- fabrication de nitrate d'ammonium en solution chaude ;
- préparation de la solution de nitrate d'ammonium pour la fabrication de l'ammonitrate granulé (ajout des adjuvants qualité et homogénéisation, concentration de la solution, fabrication de prills (ammo 1), mise à titre de la liqueur de pulvérisation (ammo 2)) ;
- grossissement des prills ;
- traitement de finition (criblage, refroidissement et enrobage).

La fabrication de la liqueur de nitrate d'ammonium est basée sur la neutralisation de l'acide nitrique par l'ammoniac, par deux procédés différents :

- saturateur associé à un concentrateur sur ammo 1 ;
- réacteur tubulaire sur ammo 2.

l'usine YARA de Montoir de Bretagne



Photo 1 : vue aérienne de l'usine de Montoir de Bretagne.

le site

La construction de l'usine de Montoir de Bretagne a été lancée en 1969 et la production a débuté en 1972. Implantée sur un site de 30 ha, elle se situe dans une zone industrielle portuaire à l'embouchure de la Loire près de Saint-Nazaire. L'usine bénéficie d'une implantation privilégiée au centre d'une vaste région agricole et à proximité du port de Nantes-St Nazaire.

unités de production

Le site dispose de trois unités de production :

- une usine d'acide nitrique ;
- une usine de fertilisants NPK ;
- une usine de nitrate.

L'usine utilise le port de Nantes-Saint Nazaire pour le déchargement des matières premières et le chargement des bateaux pour l'exportation.

L'atelier d'engrais complexes se caractérise par sa flexibilité et produit plus de 50 formules différentes par an. En 2003, de nouveaux investissements ont été réalisés afin d'accroître les rendements horaires en introduisant de nouveaux broyeurs.

A l'origine, l'unité de nitrate produisait uniquement de l'ammonitrate 33.5 mais elle a été modifiée pour produire de nouvelles formules notamment les ammonitrates soufrées (gamme Nitror).

durabilité

L'usine de Montoir de Bretagne est certifiée ISO 9001 et ISO 14000 et se prépare pour la certification OHSAS 18001.

Pendant les 10 dernières années, de nombreux investissements ont été réalisés afin d'améliorer la sécurité industrielle et de réduire le niveau des émissions. Une étape importante a été franchie avec les investissements destinés à diminuer les émissions de poussière de NPK dans l'air (réduction de 90%) : un mur de protection autour des stocks d'ammoniac, et une nouvelle unité catalytique de réduction de N₂O.

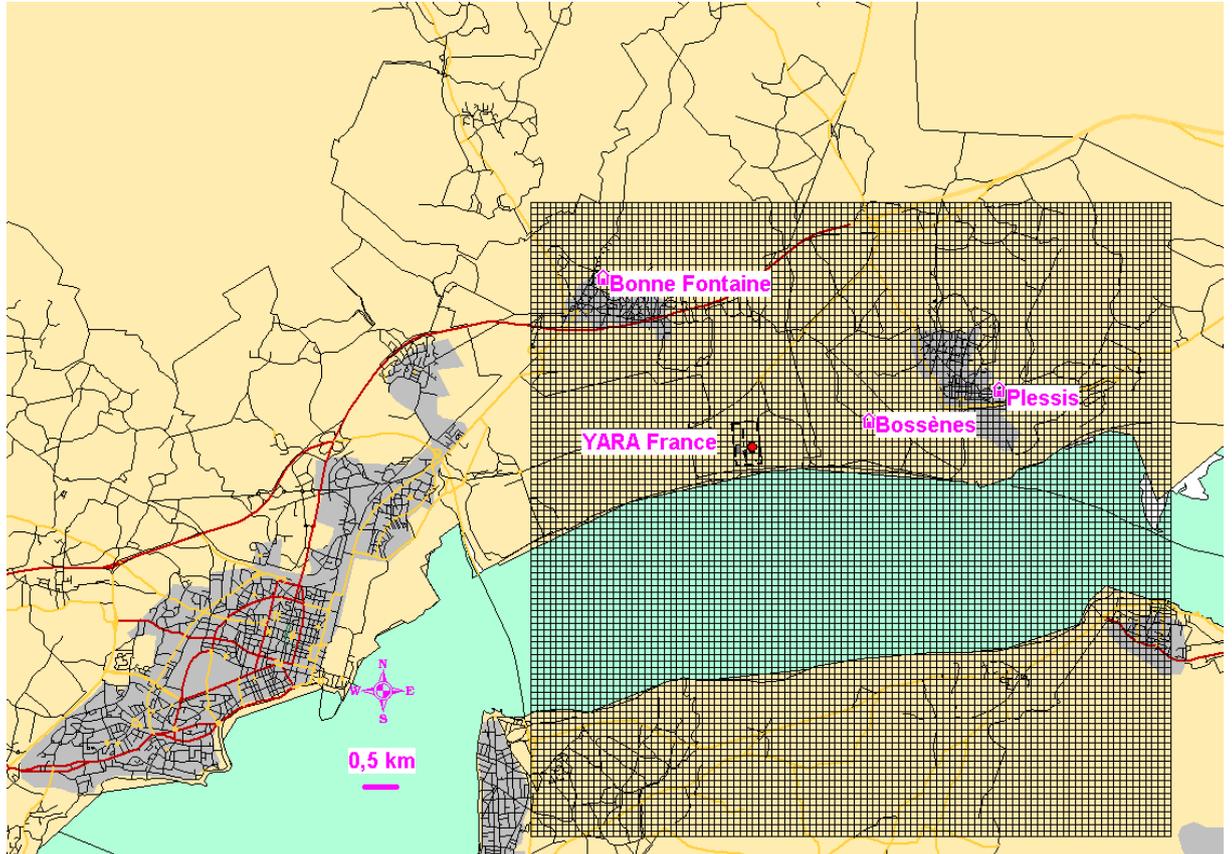
le domaine d'étude

Le domaine d'étude est un carré de 10 kilomètres de côté centré sur l'installation YARA France à Montoir de Bretagne. Trois stations de mesure du réseau d'Air Pays de la Loire sont incluses dans ce périmètre et ont été pressenties dans la proposition initiale pour accueillir les appareils de la campagne de mesure de la deuxième phase de l'étude.

la zone d'étude

L'usine YARA France est localisée sur la rive droite de la Loire à Montoir de Bretagne. Le domaine de l'étude s'étend sur un carré de 10 kilomètres de coté autour du site.

La résolution maximale disponible (grille de 100x100) pour le modèle ADMS, utilisé pour l'étude de modélisation, a été définie. Les cartes réalisées ont donc une définition de maille de 100 m.

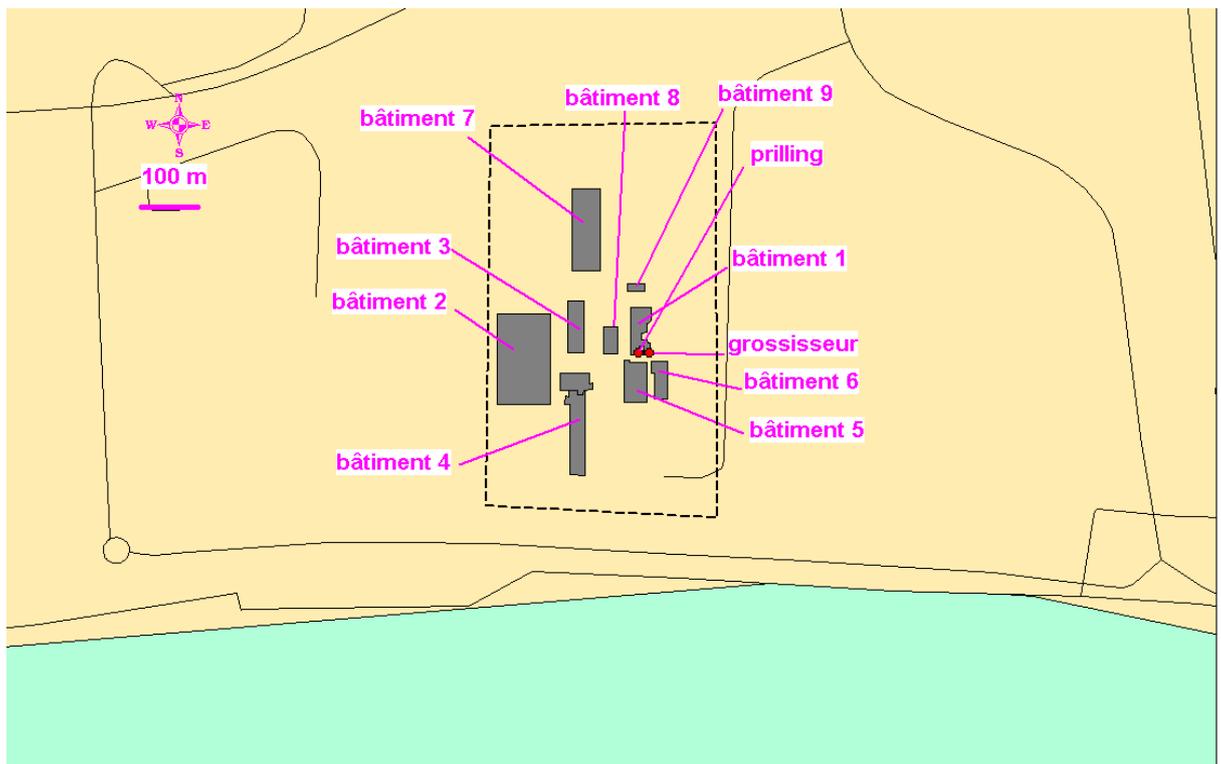


Carte 1 : domaine d'étude et sites permanents proposés initialement pour l'approche mesure.

le bâti YARA France

Une des particularités du modèle ADMS est qu'il permet de prendre en compte l'influence du bâti dans l'environnement proche des sources émettrices. Les principaux bâtiments de l'usine ont donc été intégrés.

Les plans topographique et altimétrique transmis par YARA France nous ont permis de définir précisément l'emplacement et les dimensions des bâtiments de l'installation.



Carte 2 : principaux bâtiments et sources émettrices de YARA France à Montoir de Bretagne.

La hauteur des bâtiments doit être supérieure à 1/3 de la hauteur des sources pour qu'ils aient un réel impact sur la dispersion des polluants.

Compte tenu de la hauteur des sources (35,5 m NGF pour le prilling et 27 m NGF pour le grossissement), les bâtiments qui apparaissent sur cette carte sont ceux dont la hauteur dépasse 12 m NGF.

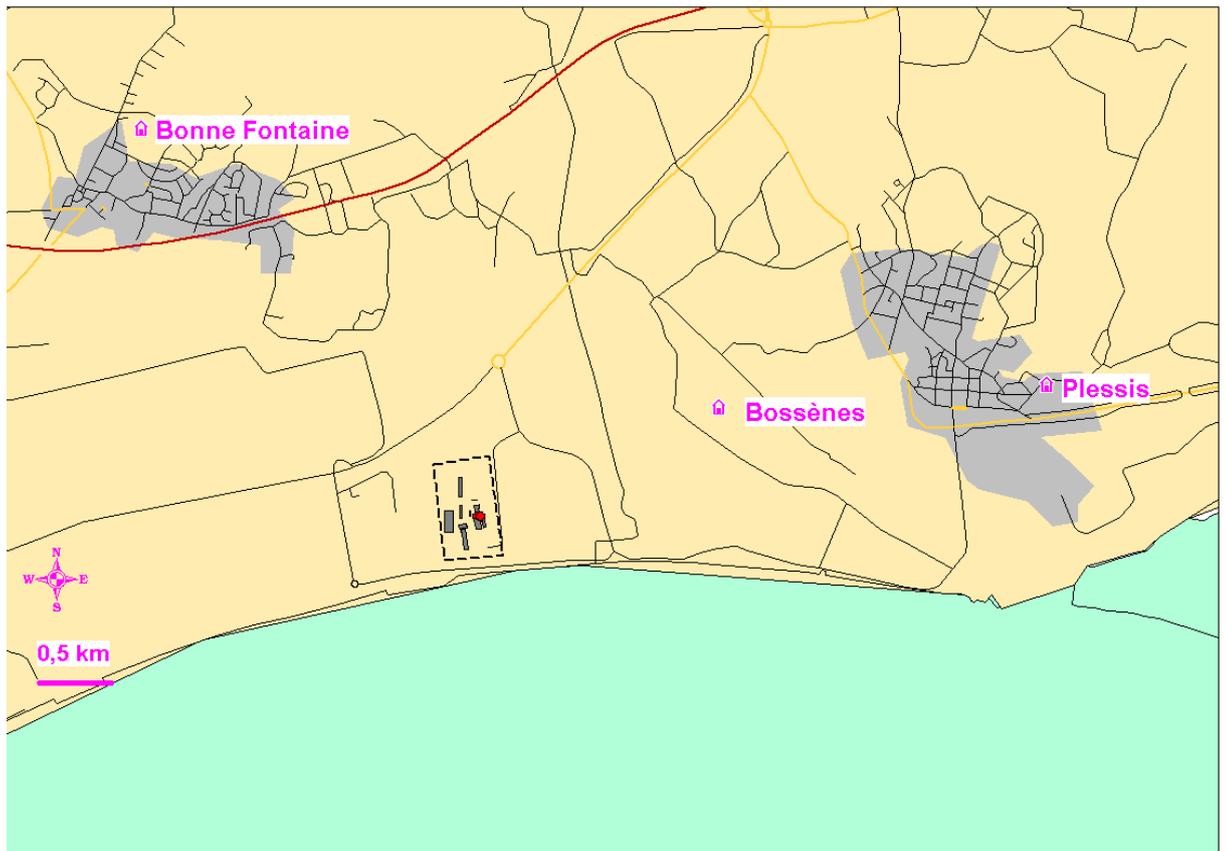
Le tableau ci-dessous rassemble les caractéristiques des bâtiments pris en compte :

| numéro | Bâtiment | Hauteur (m NGF) | Hauteur (m niveau zéro YARA) | Longueur (m) | Largeur (m) |
|--------|------------------------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------------|
| 1 | Ateliers AMMO et acide nitrique | 21,5 | 17,13 | 88 | 44,7 |
| 2 | Stockage NPK et Matières Premières | 24,71 | 20,34 | 154,3 | 72,8 |
| 3 | NPK | 33,61 | 29,24 | 92,1 | 18,9 |
| 4 | Magasins et ensachage | 27,09 | 22,72 | 59,8 | 40,2 |
| 5 | Stockage Ammonitrate | 18,68 | 14,31 | 75,7 | 48,9 |
| 6 | Rétention décalée HNO ₃ | 24,66 | 20,29 | 68,8 | 35,8 |
| 7 | Stockage Produit fini | 19,75 | 15,38 | 145,8 | 31,9 |
| 8 | Energie | 13,48 | 9,11 | 48,6 | 20 |
| 9 | Réfrigérants | 16,45 | 12,08 | 11,4 | 42,8 |

Tableau 2 : dimensions des bâtiments modélisés.

L'influence de la prise en compte du bâti a été évaluée dans le cadre de cette étude et les cartes simulées avec et sans modélisation des bâtiments sont présentées en annexe 6.

les sites de mesure d'Air Pays de la Loire



Carte 3 : implantation des stations de mesures du réseau Air Pays de la Loire pressenties pour la campagne de mesure.

Trois stations de mesure permanentes d'Air Pays de la Loire, présentes dans l'environnement de l'usine YARA France ont été pressenties initialement pour accueillir les systèmes de mesure :

- Bossènes (Donges) se situant à 1,8 km à l'est des sources, donc à proximité de l'établissement;
- Parscau du Plessis (Donges) se trouvant à 4 km à l'est des sources, en zone urbaine;
- Bonne Fontaine (Montoir de Bretagne) distante de 3,6 km au nord-ouest des sources, en zone urbaine.

Il s'agit d'une proposition de dispositif optimisé par l'utilisation des stations permanentes.

| Photographie | Nom | Commune | Date de 1 ^{ère} mise en service | Polluants mesurés |
|---|--------------------|---------------------|--|--|
|  | Bossènes | Donges | 19/07/1989 | - oxydes d'azote |
|  | Parscau du Plessis | Donges | 07/11/2006 | - dioxyde de soufre - poussières fines (PM10) |
|  | Bonne Fontaine | Montoir de Bretagne | 09/09/2004 | - oxydes d'azote - dioxyde de soufre |

Tableau 3 : description des stations permanentes pressenties pour la campagne de mesure.

le modèle ADMS

Le modèle mis en œuvre dans le cadre de cette étude est le système ADMS (Atmospheric Dispersion Modeling System) développé en Grande Bretagne par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultants Ltd). Il s'agit d'un modèle gaussien de seconde génération qui utilise une description continue de la couche limite plutôt que les classes de stabilité de Pasquill. D'autre part, la surélévation du panache est calculée à partir d'une modélisation de trajectoire 3D et non à partir d'une formulation empirique. Enfin, il permet la prise en compte de l'effet du bâti situé à proximité immédiate des cheminées.

le modèle ADMS

Le modèle mis en œuvre dans le cadre de cette étude est le système ADMS (Atmospheric Dispersion Modeling System) développé en Grande Bretagne par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultants Ltd) et distribué en France par la société NUMTECH qui en assure également la maintenance et le support technique.

Il s'agit d'un modèle gaussien de seconde génération qui utilise une description continue de la couche limite plutôt que les classes de stabilité de Pasquill.

D'autre part, la surélévation du panache est calculée à partir d'une modélisation de trajectoire 3D et non à partir d'une formulation empirique.

Enfin, il permet la prise en compte de l'effet du bâti situé à proximité immédiate des cheminées.

les données d'entrée nécessaires

Comme tout modèle, ADMS nécessite un certain nombre de paramétrages et de données d'entrée qui sont présentés ici.

les polluants

Les principaux polluants (oxydes d'azote, ozone, dioxyde de soufre,...) sont paramétrés par défaut dans le modèle. Cependant, il est possible de compléter la liste de ceux-ci. Dans le cadre de cette étude, la granulométrie des poussières émise par la source prilling nécessitera la création du polluant PM₁. Pour ajouter un polluant, il faut connaître :

- son état (gazeux ou particulaire);
- s'il s'agit d'un gaz :
 - ⇨ le facteur de conversion d'unité (de $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ à ppb) ;
 - ⇨ vitesse de dépôt.
- s'il s'agit de particules :
 - ⇨ diamètre ;
 - ⇨ densité ;
 - ⇨ fraction massique.

les sources

Les sources émettrices dans le cadre de cette étude sont ponctuelles, mais ADMS prend également en compte les sources linéiques et surfaciques. La définition d'une source ponctuelle nécessite de connaître :

- position géographique (longitude/latitude en coordonnées cartésiennes (lambert II carto));
- hauteur (m);
- diamètre (m);
- débit ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$);
- température à l'émission ($^{\circ}\text{C}$) ;
- taux d'émission ($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$).

la météorologie

ADMS permet la prise en compte précise des conditions météorologiques en continu (heure par heure) :

- vitesse du vent ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) ;
- direction du vent ($^{\circ}$ Nord) ;
- nébulosité (octa) ou hauteur de couche limite (m);
- température ($^{\circ}\text{C}$) ;
- précipitation (mm).

le niveau de fond

ADMS permet de prendre en compte un niveau de pollution de fond soit à partir des données séquentielles d'une station de mesure soit en attribuant une valeur de fond constante par polluant. Dans le cadre de cette étude qui vise à déterminer l'impact spécifique de l'établissement YARA France, aucun niveau de fond n'est pris en considération.

le bâti

ADMS dispose d'un module de prise en considération des bâtiments se trouvant à proximité des sources. Il est alors nécessaire de connaître :

- coordonnées géographiques du centre du bâtiment ;
- dimensions (hauteur, largeur, longueur) ;
- angle d'orientation de la longueur du bâtiment par rapport au Nord.

le relief

ADMS propose également un module de modélisation du relief. Cependant, les pentes doivent être de plus de 10% pour que le relief ait une influence sur les résultats. Compte tenu de la topographie du site, il n'a pas été réalisé de modélisation de terrain pour cette étude, hormis la prise en compte de l'influence des bâtiments de l'établissement.

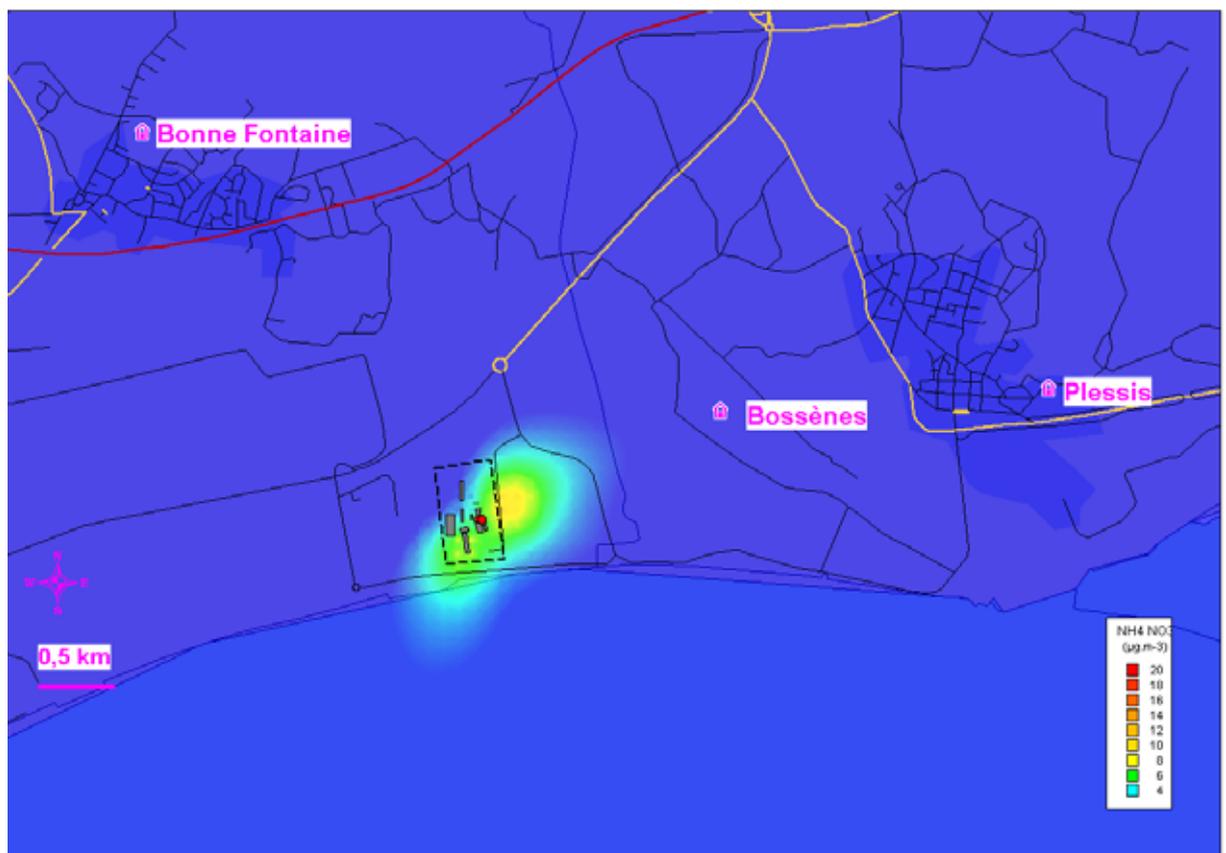
les données de sortie disponibles

ADMS fourni des résultats par polluant ou/et par source sous forme de :

- grille ou carte d'iso concentration ;
- données chronologiques pour une série de récepteurs ponctuels.

Les données fournies ou représentées sont :

- des indicateurs statistiques sur une période (moyennes, percentiles, nombre de dépassements) ;
- des concentrations horaires.



Carte 4 : exemple de produit de sortie ADMS (concentration de poussières PM1 autour de YARA en situation actuelle).

la méthodologie d'évaluation

L'année 2007 a été retenue pour l'étude de modélisation. Une comparaison des roses de vents permet de vérifier qu'elle est représentative des phénomènes météorologiques habituellement observés sur la région avec des flux de sud-ouest généralement associé à des perturbations océaniques et des flux de nord-nord-est correspondant à des situations anticycloniques.

Les données transmises par YARA France ont permis de réaliser une modélisation précise des principaux bâtiments de l'établissement de Montoir de Bretagne et de caractériser les deux sources émettrices de nitrate d'ammonium (tour de prilling et sortie du grossissement).

Les données météorologiques horaires fournies par Météo-France ont été nécessaires afin de réaliser une description continue des conditions observées au cours de l'année 2007.

Trois scénarii d'émission ont été simulés :

- Emissions respectant l'arrêté préfectoral ;
- Emissions actuelles ;
- Emissions doublées par rapport à la situation actuelle.

Des épisodes journaliers correspondant à des situations météorologiques typiques ont également été modélisés.

hypothèses

Les rejets de poussières qui ont été modélisés sont les rejets canalisés. Les sources diffuses n'ont pas été prises en compte.

Les quatre rejets de la tour de prilling sont assimilés à un rejet unique vertical de type cheminée classique.

Les émissions sont considérées comme constante toute l'année. YARA nous a confirmé que cette hypothèse est représentative de l'activité générale du site.

Compte tenu des caractéristiques du modèle retenu (ADMS), la dispersion des poussières est passive. Aucune transformation physico-chimique dans l'atmosphère (exemples : volatilisation, condensation des particules, en particulier celles du nitrate d'ammonium) n'a été prise en compte.

les émissions

les rejets

Les deux sources de nitrate d'ammonium identifiées par YARA France sont :

- la tour de Prilling ;
- la sortie du Grossissement.

Alors que la tour de Prilling présente un débit beaucoup plus élevé, la sortie du grossissement se fait à une température et avec un taux d'émission supérieurs.

Les caractéristiques des sources sont présentées dans le tableau ci-dessous :

| | Prilling | Grossissement |
|---------------------------|----------|---------------|
| Hauteur (m) | 31,13 | 22,61 |
| Diamètre (m) | 5,6 | 1,2 |
| Débit (m ³ /s) | 101,8 | 13,4 |
| Température (°C) | 24 | 68 |

Tableau 4 : caractéristiques des deux émetteurs.

les taux d'émission

Les données transmises par YARA France sont les concentrations (mg/Nm³) et les débits (Nm³/h) à l'émission des deux sources relevées périodiquement au cours de l'année 2007. Etant donnée l'hypothèse d'émission constante, une moyenne sur l'année a été calculée.

Suite à la réunion du 18 février 2007, YARA France a souhaité simuler une variation des taux d'émission des 2 sources selon trois scénarii :

- scénario n°1 : émissions respectant l'arrêté préfectoral ;
- scénario n°2 : émissions actuelles ;
- scénario n°3 : émissions doublées par rapport à la situation actuelle.

Le tableau ci-dessous présente les taux d'émission calculés :

| scénario n° | Source | concentration (mg/Nm ³) | débit (Nm ³ /h) | Taux d'émission (g/s) |
|-------------|---------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1 | Prilling | 35 | 366 537 | 3,564 |
| | Grossissement | 50 | 48 174 | 0,669 |
| 2 | Prilling | 62 | 366 537 | 6,313 |
| | Grossissement | 144 | 48 174 | 1,927 |
| 3 | Prilling | 124 | 366 537 | 12,625 |
| | Grossissement | 288 | 48 174 | 3,854 |

Tableau 5 : taux d'émission calculés pour les différents scénarii.

la granulométrie des poussières émises

Selon une étude réalisée par Erika Winne [3], 100% des poussières émises par la tour de prilling sont submicroniques (de dimension inférieure à 1 µm) alors que 100% des particules émises par la sortie du grossissement sont de diamètre supérieur à 12 µm. Le diamètre maximal des particules émises par la sortie du grossissement n'étant pas connu, il a été supposé inférieur à 100 µm.

la période modélisée et les conditions météorologiques

l'année 2007

La société YARA France a souhaité qu'une année récente soit modélisée aussi l'année 2007 a été retenue.

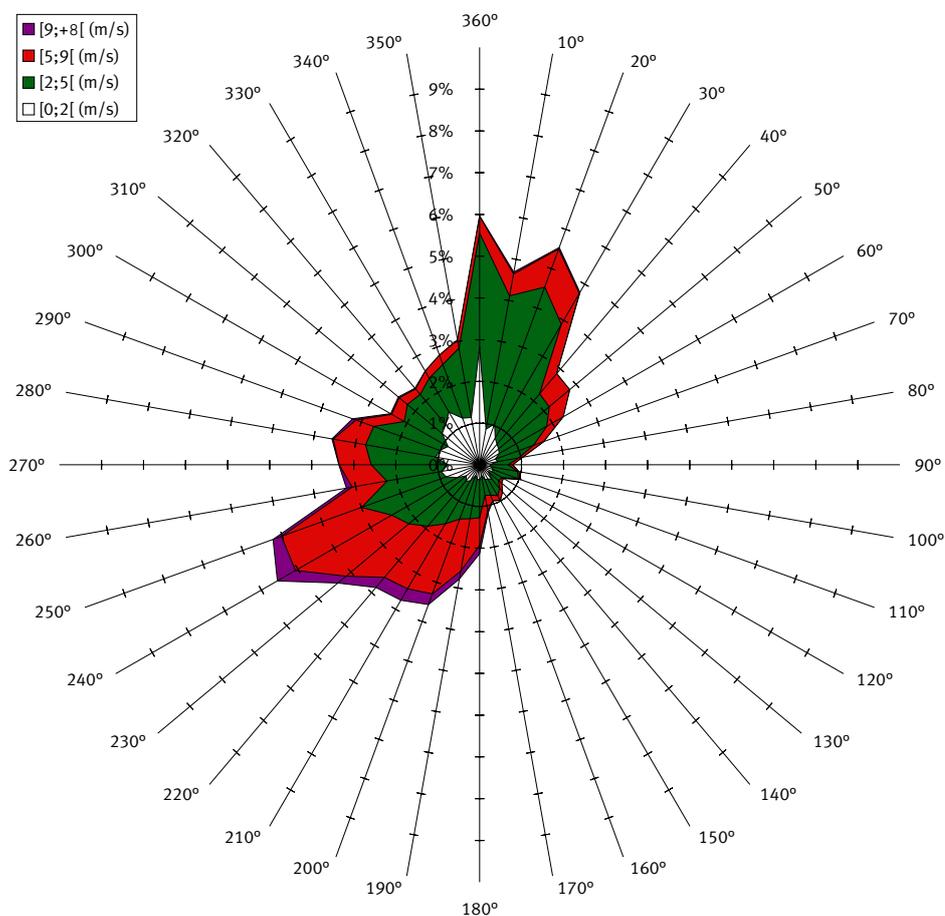


Figure 3 : rose de vents de l'année 2007 (source des données : Météo-France)

La rose des vents à Gron (Montoir de Bretagne) de l'année 2007 se caractérise par des vents dominants de secteur sud-ouest et nord-nord-est. Les vents modérés à forts sont principalement issus du sud-ouest alors que ceux de nord-nord-est sont principalement établis.

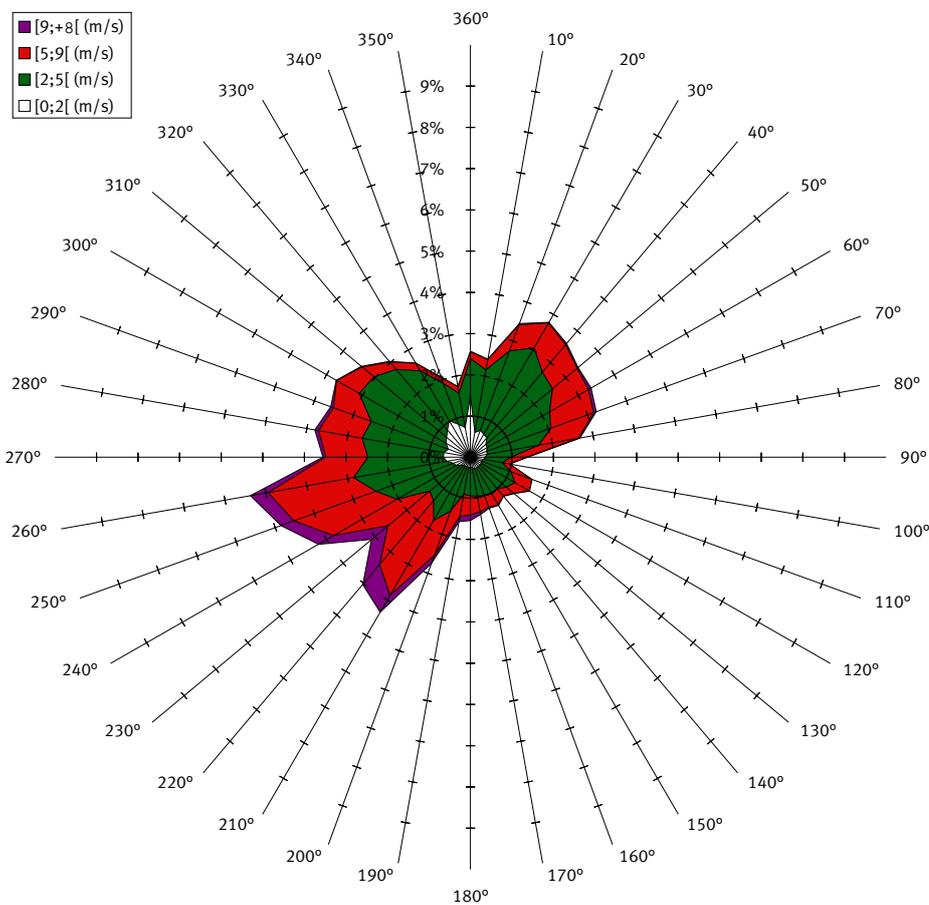


Figure 4 : rose de vents pour la période 1997-2006 (source des données : Météo-France).

La rose des vents des dix années précédentes est marquée par des vents dominants de secteur ouest et nord-est : les secteurs de vents les plus représentés sont ceux de sud-ouest correspondant le plus souvent à des dépressions océaniques et ceux de nord-est généralement associés à des conditions anticycloniques. Les vents les plus forts sont issus des directions de sud-ouest.

Les données météorologiques horaires de la station de Gron (Montoir de Bretagne) pour l'année 2007 ont été fournies par Météo France pour les paramètres suivants :

- vitesse du vent (m.s-1);
- direction du vent (° Nord);
- nébulosité (octa);
- température (°C);
- précipitation (mm).

épisodes

En complément des variations sur les taux d'émission des sources, trois situations météorologiques de l'année 2007 ont été identifiées comme représentatives des vents dominants à partir de la rose des vents et de la répartition des vitesses de vents présentée sur le graphique ci-dessous :

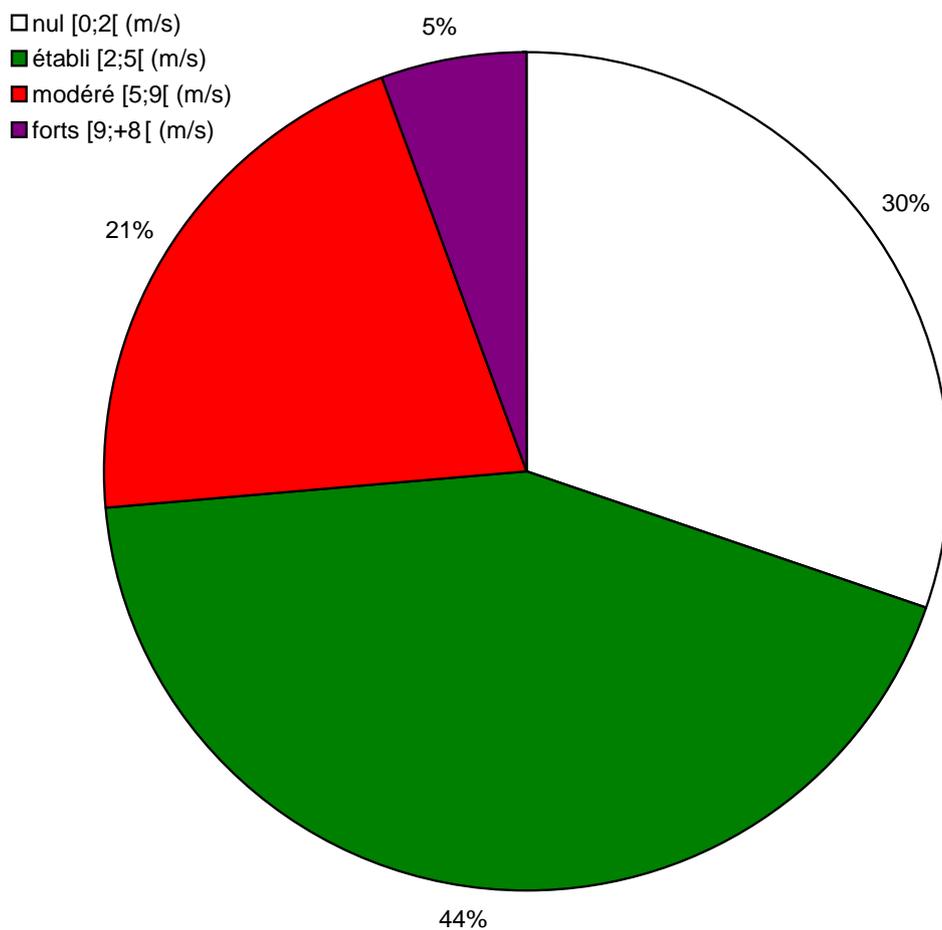


Figure 5 : répartition des vitesses de vent à Gron pour l'année 2007 (source des données : Météo France).

La répartition des vitesses de vents montre que les vent les plus fréquents sont de type établi mais qu'un quart d'entre eux est modéré voire fort. Il apparaît également que les vents nuls représentent 30 % des situations de l'année 2007.

Les trois situations étudiées sont donc :

- vents modérés de sud-ouest ;
- vents établis de nord-nord-est ;
- vents non établis.

vents modérés de sud-ouest

La rose des vents de l'année 2007 montre que 40 % des vents de sud-ouest sont de type modérés (vitesses comprises entre 5 et 9 m.s⁻¹).

- 8 mai 2007 :

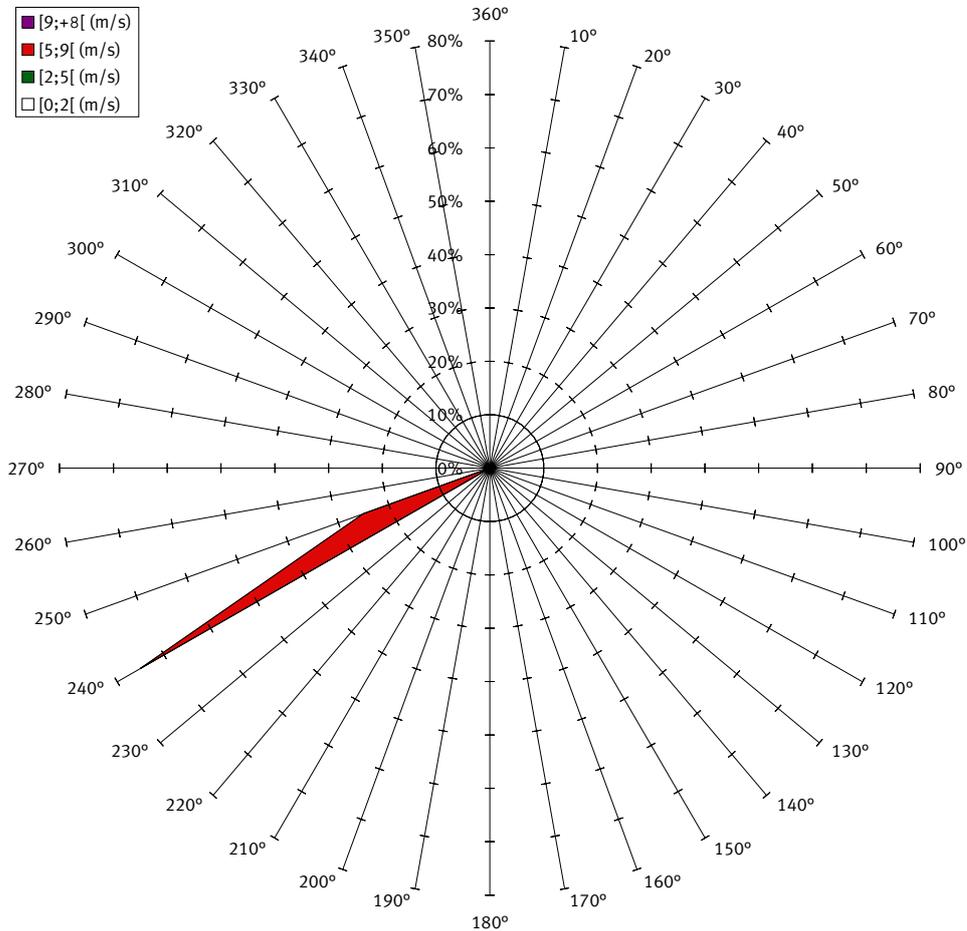


Figure 6 : rose des vents du 8 mai 2007 (source des données : Météo France)

La direction de vent la plus fréquente le 8 mai 2007 est 240 degrés Nord c'est-à-dire exactement la direction de sud-ouest. Les vents sont de type modérés puisque leur vitesse moyenne est de 6,9 m.s⁻¹.

- 6 décembre 2007 :

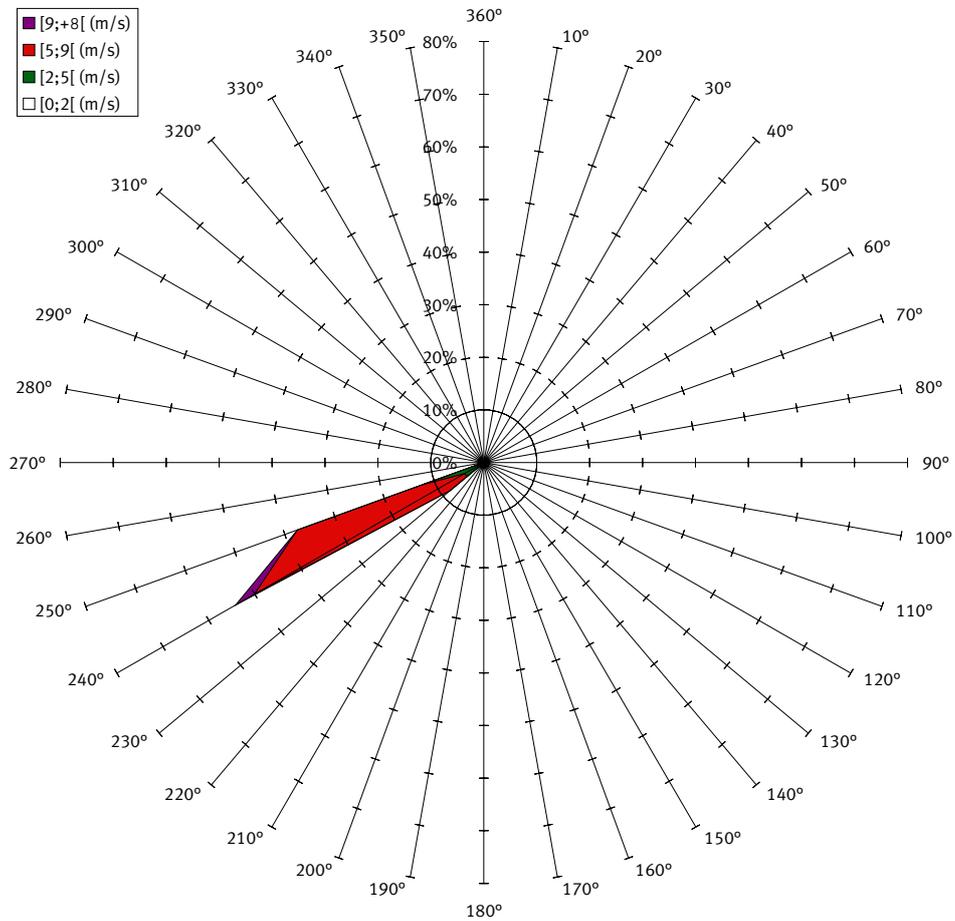


Figure 7 : rose de vents du 6 décembre 2007 (source des données : Météo France).

Les vents du 6 décembre sont modérés voire forts et de directions principales 240 et 250 degrés Nord correspondant au secteur sud-ouest.

Vents établis de nord-nord-est :

La rose des vents de l'année 2007 fait ressortir le secteur nord-nord-est avec des vents majoritairement établis (vitesses comprises entre 2 et 5 m.s⁻¹).

- 20 mai 2007 :

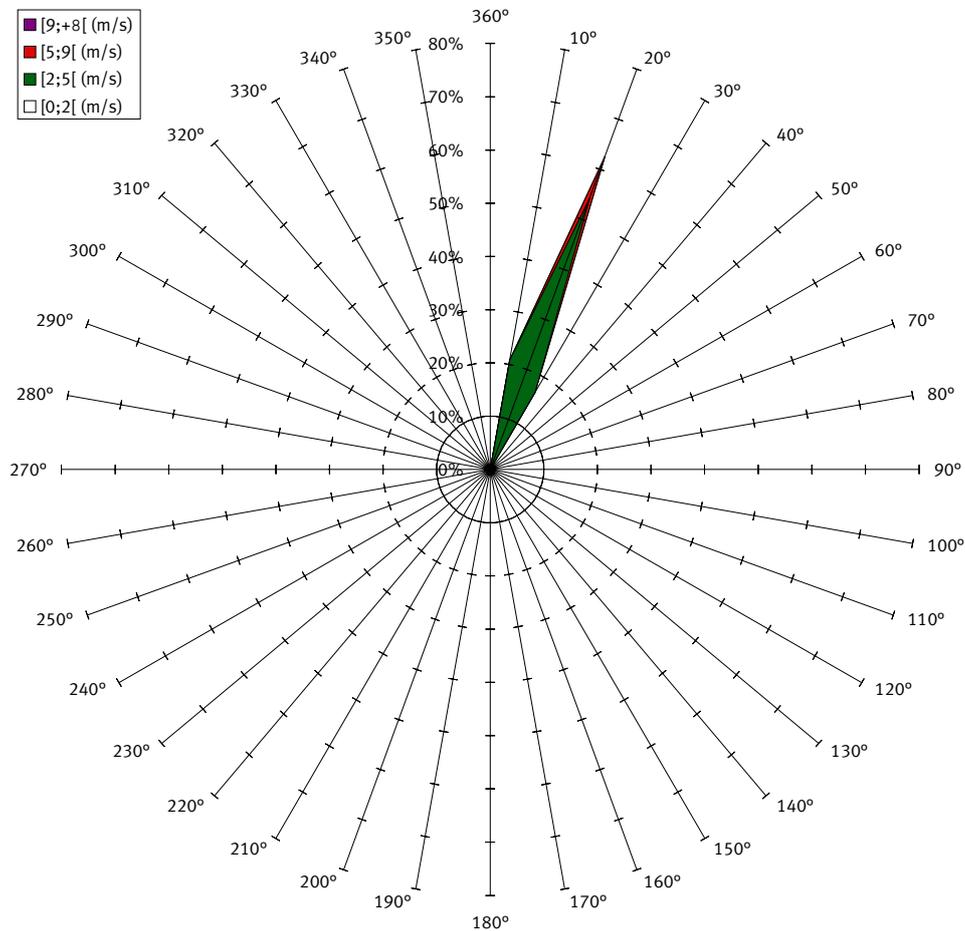


Figure 8 : rose de vents du 20 mai 2007 (source des données : Météo France).

Le 20 mai 2007 est marqué par des vents majoritairement établis (vitesse entre 2 et 5 m.s⁻¹) avec une vitesse moyenne sur la journée de 4,1 m.s⁻¹ de direction 20 degrés Nord soit nord-nord-est.

- 29 août 2007 :

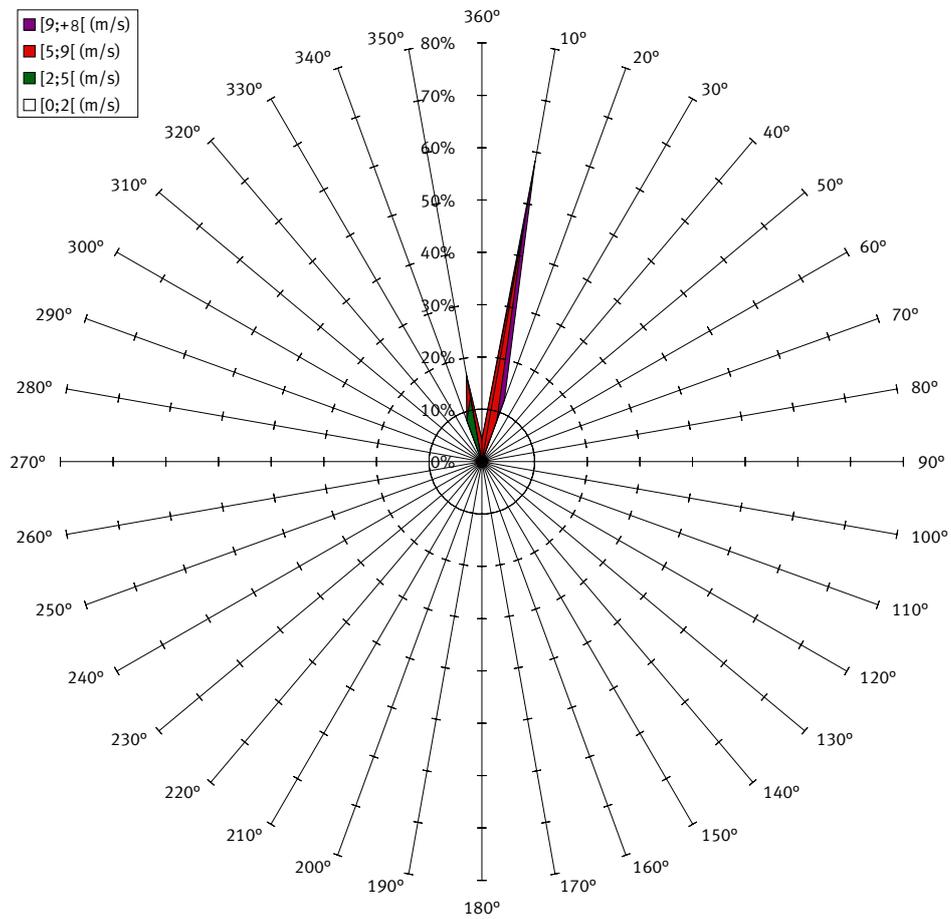


Figure 9 : rose de vents du 29 août 2007 (source des données : Météo France).

Les vents du 29 août sont répartis autour du secteur Nord entre des vents établis et des vents modérés à forts. La vitesse moyenne des vents est de $6,9 \text{ m.s}^{-1}$. Il sera intéressant de comparer les simulations de retombées avec celle du 20 mai qui présente des vents moins forts.

vents non établis :

La répartition des vitesses de vent montre que les vents non établis (vitesses comprises entre 0 et 2 m.s⁻¹) représentent 30 % de l'année 2007. Ces vents présentent la particularité de ne pas avoir de direction nettement établie.

- 28 janvier 2007 où la vitesse moyenne est de 0,8 m.s⁻¹ :

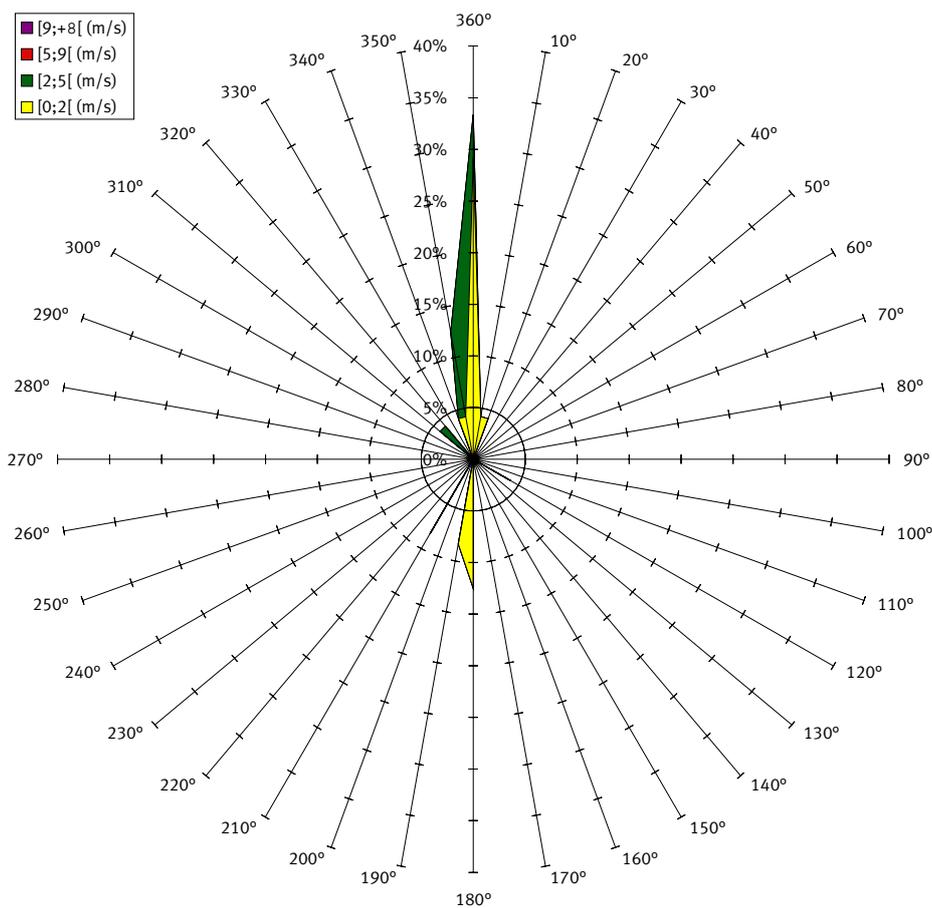


Figure 10 : rose de vents du 28 janvier 2007 (source des données : Météo France).

Les vents du 28 janvier se répartissent entre 83 % de vents non établis et 17 % de vents établis de secteur nord.

- 7 juillet 2007 où la vitesse moyenne s'élève à $1,25 \text{ m.s}^{-1}$:

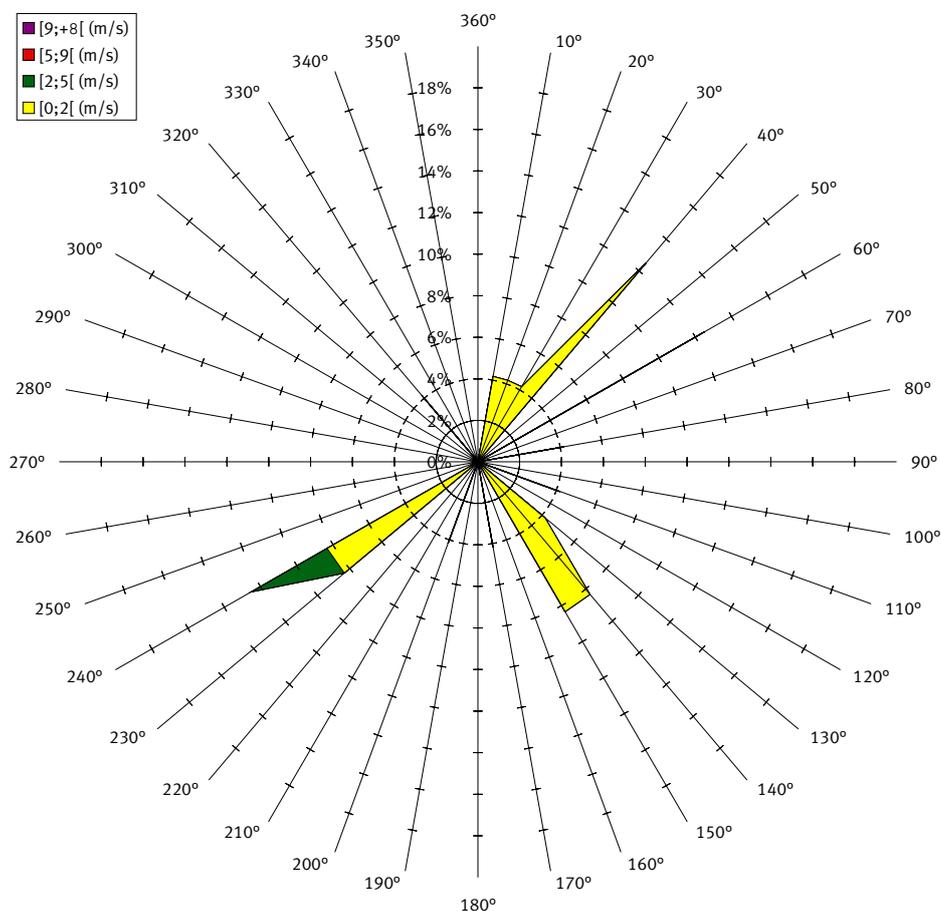


Figure 11 : rose de vents du 7 juillet 2007 (source des données : Météo France).
 Le 7 juillet est dominé par des vents non établis (92 % de la journée). Des vents de secteur sud-ouest s'établissent à 18h mais ne se maintiennent pas au dessus des 2 m.s^{-1} .

les zones de retombées

Les zones de retombées ont été évaluées pour les trois scénarii d'émission sur l'année 2007 sur la base des cartes de moyennes annuelles et de percentiles 98. Il apparaît que les retombées les plus fréquentes sont limitées à quelques centaines de mètres autour de l'installation YARA France à Montoir de Bretagne mais ponctuellement, les zones impactées sont plus distantes, notamment par vent établi.

retombées de poussières submicroniques de la tour de prilling

Les poussières submicroniques (PM₁) sont émises par la tour de prilling dont le débit est le plus élevé. La température du rejet est proche de la température ambiante.

Les trois simulations réalisées correspondent à des taux d'émission différents :

- émissions respectant l'arrêté préfectoral : 35 mg/Nm₃ ;
- émissions actuelles : 62 mg/Nm₃ ;
- émissions doublées par rapport à la situation actuelle : 124 mg/Nm₃ ;

indicateurs pour l'année 2007

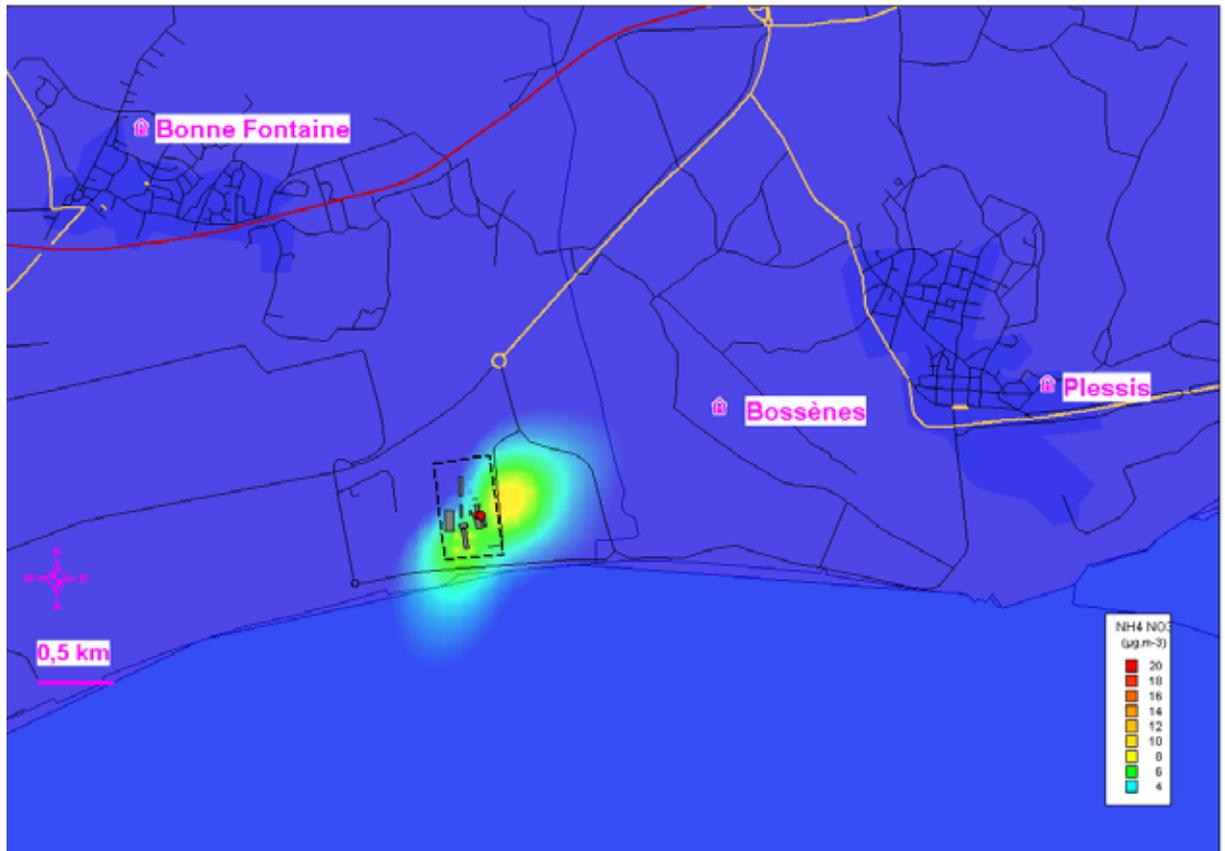
Les trois scénarii d'émission sont comparés sur la base des cartes de moyennes annuelles et de percentiles 98 annuels représentatifs des niveaux de pointes.

moyennes



Carte 5 : concentrations moyennes annuelles 2007 de PM₁ en provenance de la tour de prilling avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral.

La zone d'impact de l'installation YARA dans le cas du respect des taux d'émission fixé par l'arrêté préfectoral est limitée à 500 m à l'est de la tour de prilling. La moyenne annuelle des concentrations horaires ne dépasse pas les 10 µg.m⁻³ dans ce secteur.



Carte 6 : concentrations moyennes annuelles 2007 de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles.

La situation d'émission actuelle présente une zone de retombées plus étendue (de 300 m à 700 m) selon un axe sud-ouest - nord-est autour de la source. L'impact le plus fort a lieu entre 100 m et 400 m à l'est de la source avec une moyenne annuelle pouvant atteindre $17 \mu\text{g.m}^{-3}$ soit près de la moitié de la valeur limite pour les poussières PM10 fixée à $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle.



Carte 7 : concentrations moyennes annuelles 2007 de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de doublement des émissions actuelles.

Dans l'hypothèse où le taux d'émission serait doublé par rapport à la situation actuelle, la surface de retombée s'étendrait de 400 m à 1200 m de la source avec une moyenne annuelle s'élevant jusqu'à $34 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ à l'est de la tour de prilling. L'objectif de qualité fixé à $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les poussières PM10 serait alors dépassé uniquement avec les rejets de l'établissement.

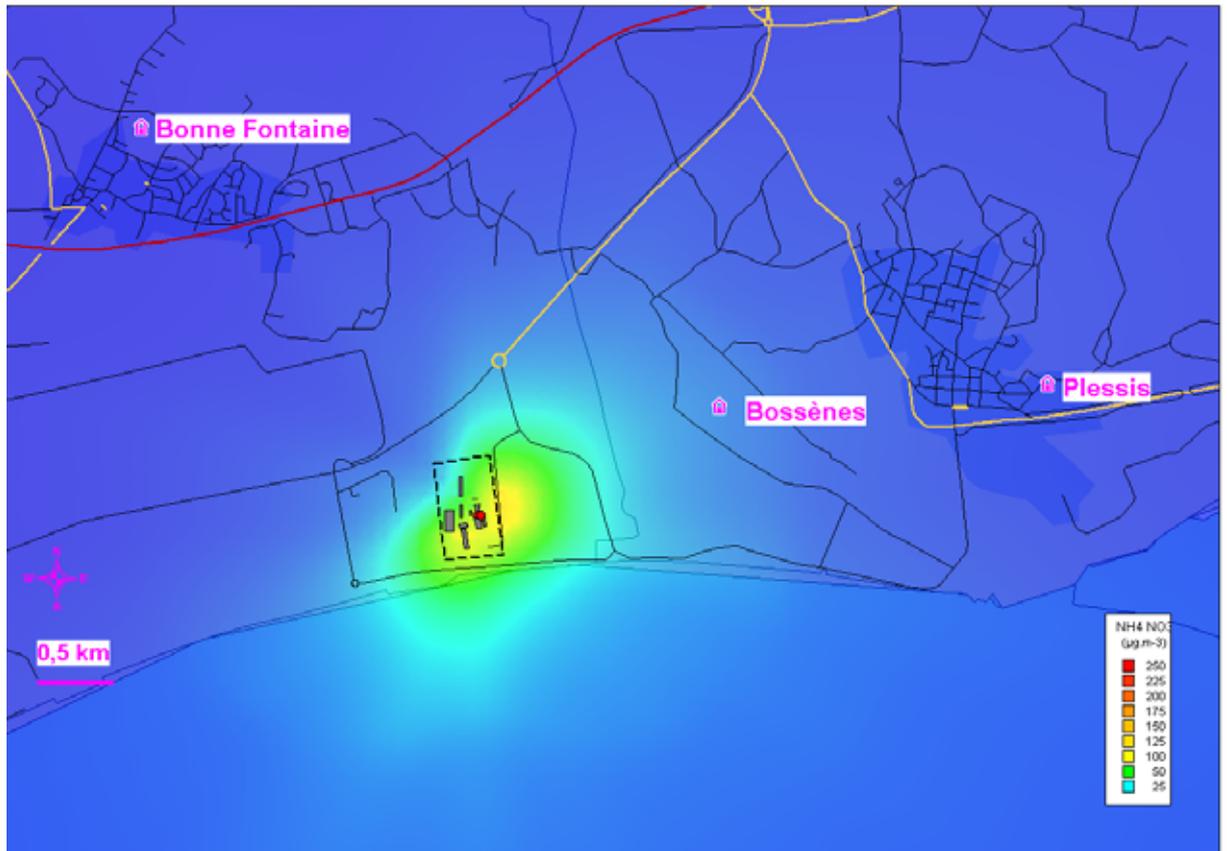
pointes (percentile 98)

En fonction du taux d'émission, les retombées moyennes s'observent à quelques centaines de mètres autour de l'installation YARA France. Cependant, des retombées peuvent être observées ponctuellement dans des zones plus éloignées comme le montrent les niveaux de pointes décrits dans les cartes ci-après



Carte 8 : concentrations de pointes 2007 de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral.

Des niveaux de pointes de plus de $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ en concentration horaire sont modélisés entre 200 m et 700 m autour de la source prilling en cas de respect de l'arrêté préfectoral. Le maximum du percentile 98 atteint est de $104 \mu\text{g.m}^{-3}$.



Carte 9 : concentrations de pointes 2007 de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles.

Actuellement, des niveaux de pointes de plus de $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sont estimés dans une aire allant de 300 m à 1000 m autour de l'usine YARA France. Les concentrations maximales modélisées se trouvent dans un rayon de 300 m à l'est et au sud de la tour de prilling avec des valeurs de percentile 98 allant jusqu'à $184 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Carte 10 : concentrations de pointes 2007 de PM₁ en provenance de la tour de prilling avec le scénario de doublement des émissions actuelles.

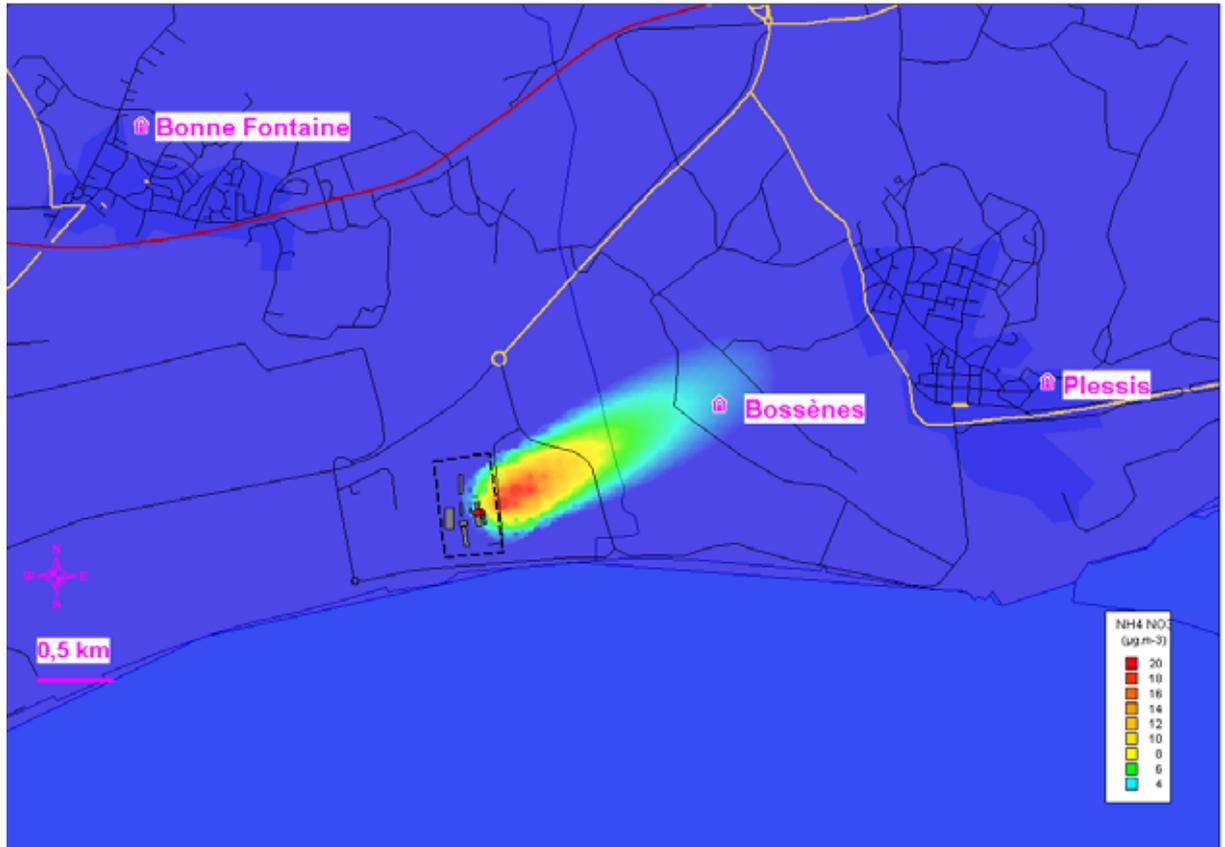
En cas de doublement du taux d'émission actuel, des pics de plus de 25 µg.m⁻³ seraient observés jusqu'à 2200 m autour du site YARA France. Des niveaux de pointes de plus de 100 µg.m⁻³ sont estimés dans un périmètre de 600 m à l'est et au sud de la source. Le maximum des percentiles 98 atteint 369 µg.m⁻³.

épisodes

En complément des cartes d'indicateurs annuels qui laisse apparaître des zones d'impact qui peuvent s'étendre ponctuellement (cartes de pointes), des cartes de moyennes journalières représentatives d'épisodes météorologiques marqués ont été réalisées.

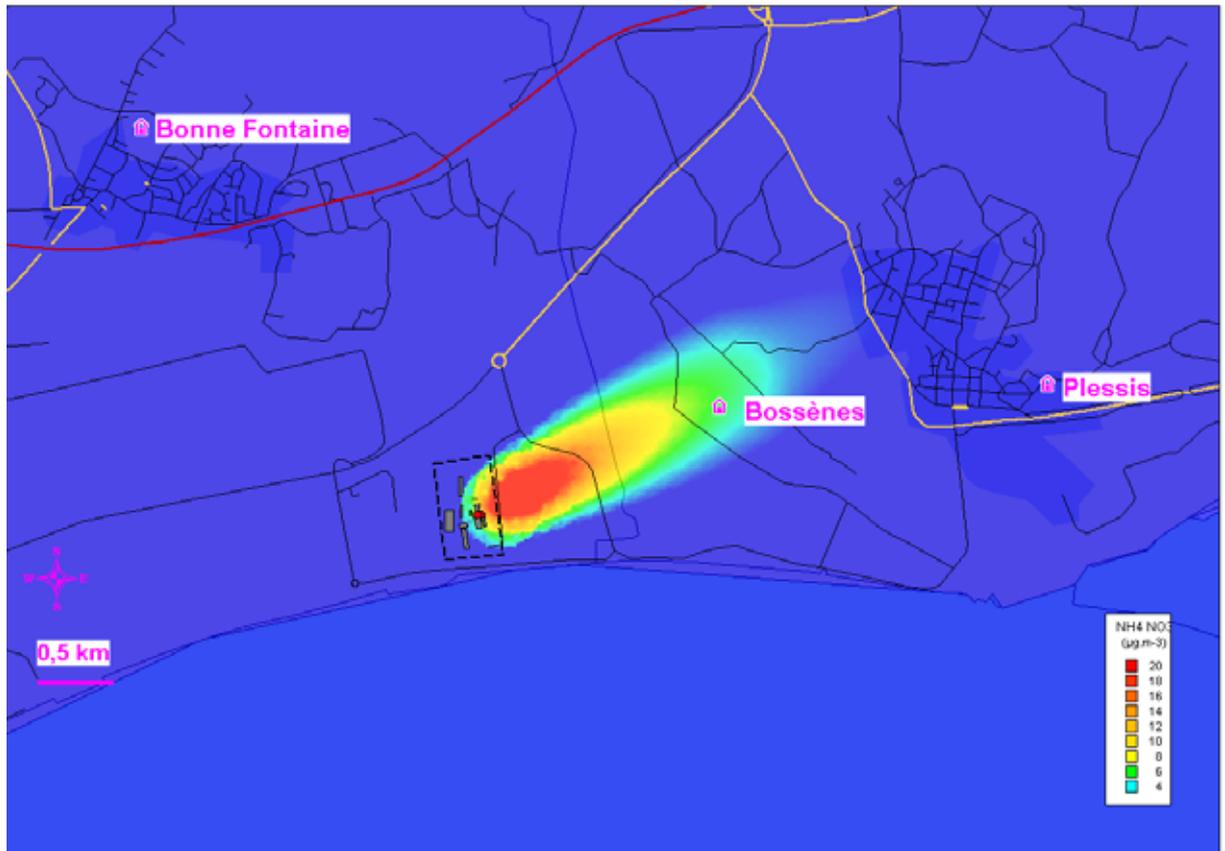
flux modérés de sud-ouest : 8 mai 2007

Le 8 mai 2007 présente des vents modérés de sud-ouest sur la quasi-totalité (87 %) de la journée.



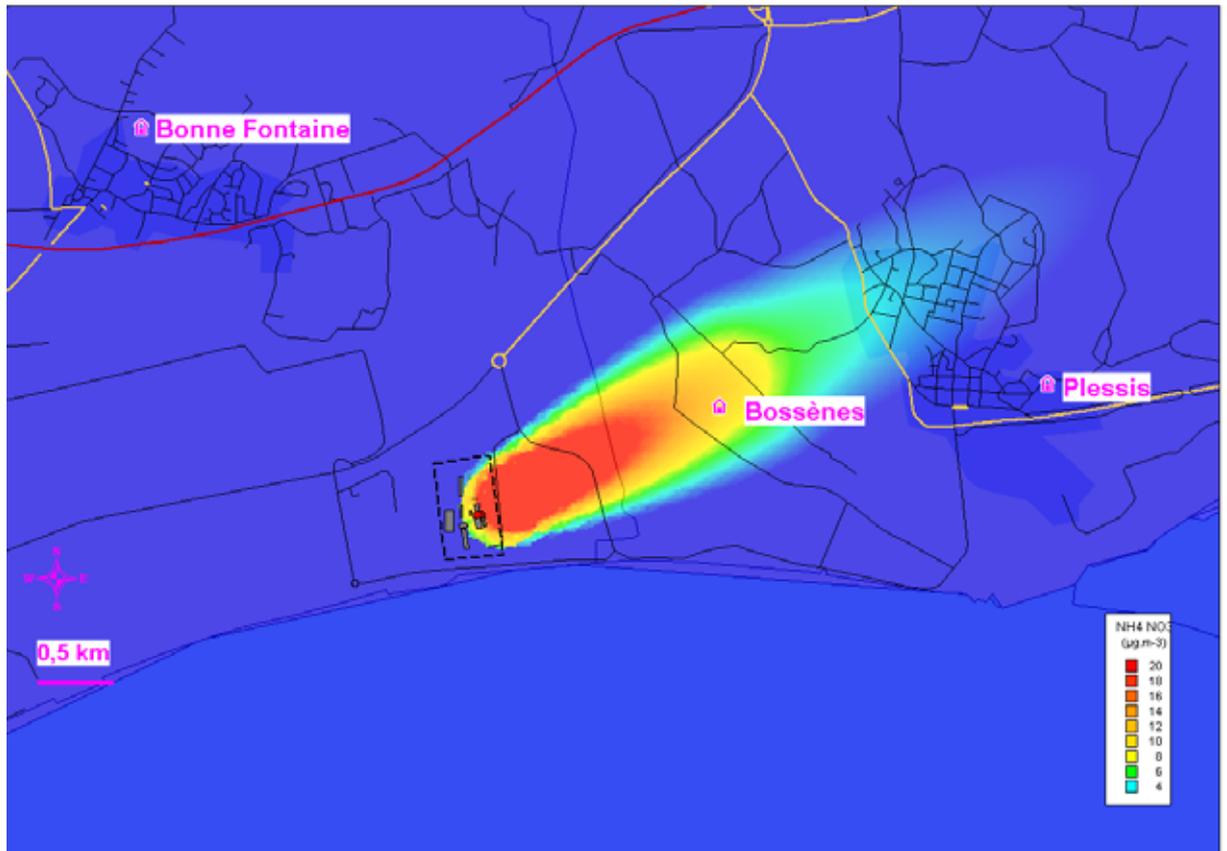
Carte 11 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 8 mai 2007.

La zone d'impact de la tour de prilling se trouve alors positionnée sur une bande de 600 m de large et 2300 m de long en direction du nord-est par rapport à la source. Les concentrations journalières maximales se situent entre 150 m et 600 m et s'élèvent jusqu'à $74 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. La valeur limite pour les poussières PM10 fixée à $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an est donc atteinte le 8 mai uniquement avec les retombées en poussières PM1 issue de la tour de prilling. Le site de Bossènes est en limite de la zone d'impact.



Carte 12 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles le 8 mai 2007.

Avec un scénario d'émission correspondant à l'activité réelle de l'usine YARA France, la station Bossènes est impactée. La bande de retombées est sensiblement identique, elle s'étend en largeur de 700 m et en longueur de 2300 m. Mais la zone où sont estimées les teneurs journalières maximales est plus étendue puisqu'elle va de 100 m au sud-ouest de la tour de prilling à 1500 m au nord-est de celle-ci et peuvent s'élever jusqu'à 131 µg.m⁻³.



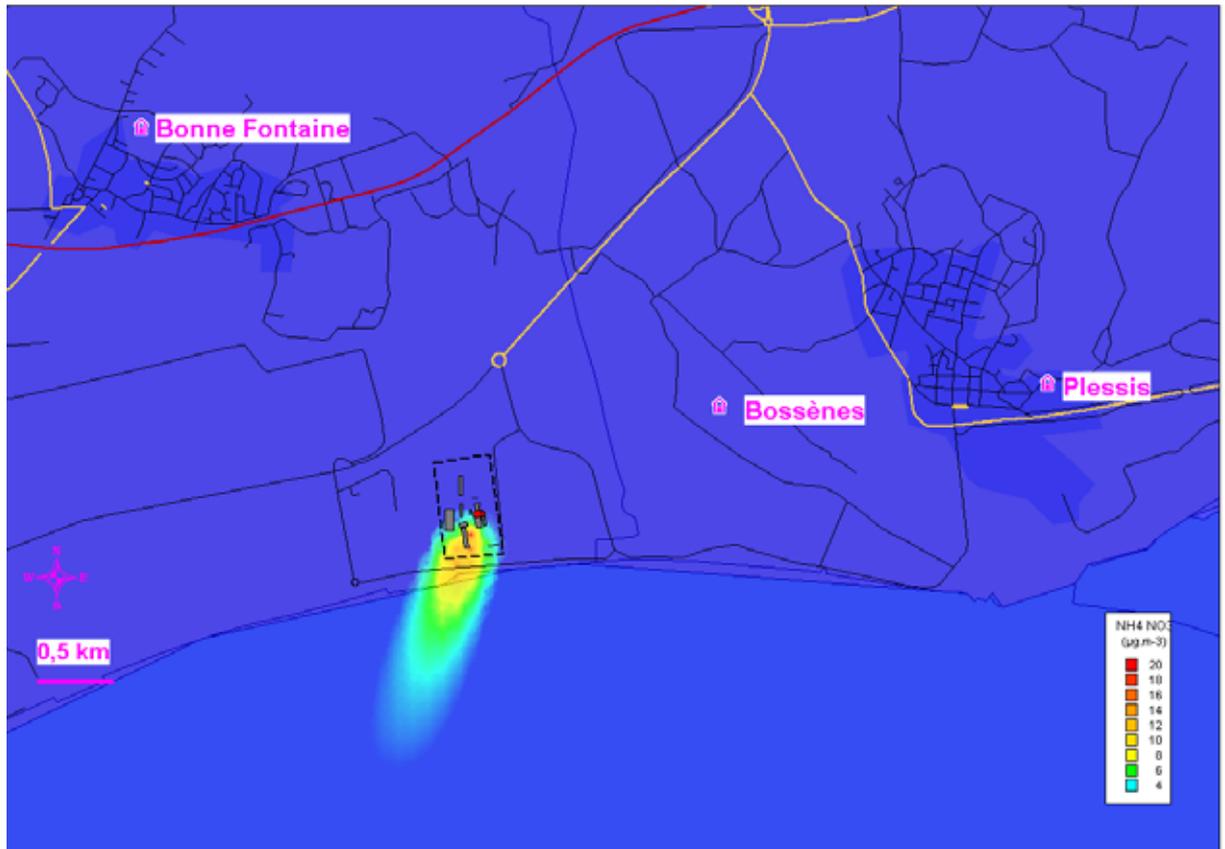
Carte 13 : concentrations journalières de PM₁ en provenance de la tour de prilling avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 8 mai 2007.

Le doublement du taux d'émission de la tour de prilling aurait pour conséquence un accroissement de la zone d'impact de 1000 m en largeur et de 3300 m en longueur. Le site de Bossènes serait alors fortement impacté puisqu'il se situe dans la zone des concentrations maximales estimées s'étendant de 100 m au sud-ouest de la source à 2300 m à l'est de celle-ci et pouvant alors atteindre jusqu'à 262 µg.m⁻³.

Les cartes des trois scénarii d'émission de la tour de prilling simulés pour la journée du 6 décembre 2007 sont présentées en annexe 7.

flux établis de nord-nord-est : 20 mai 2007

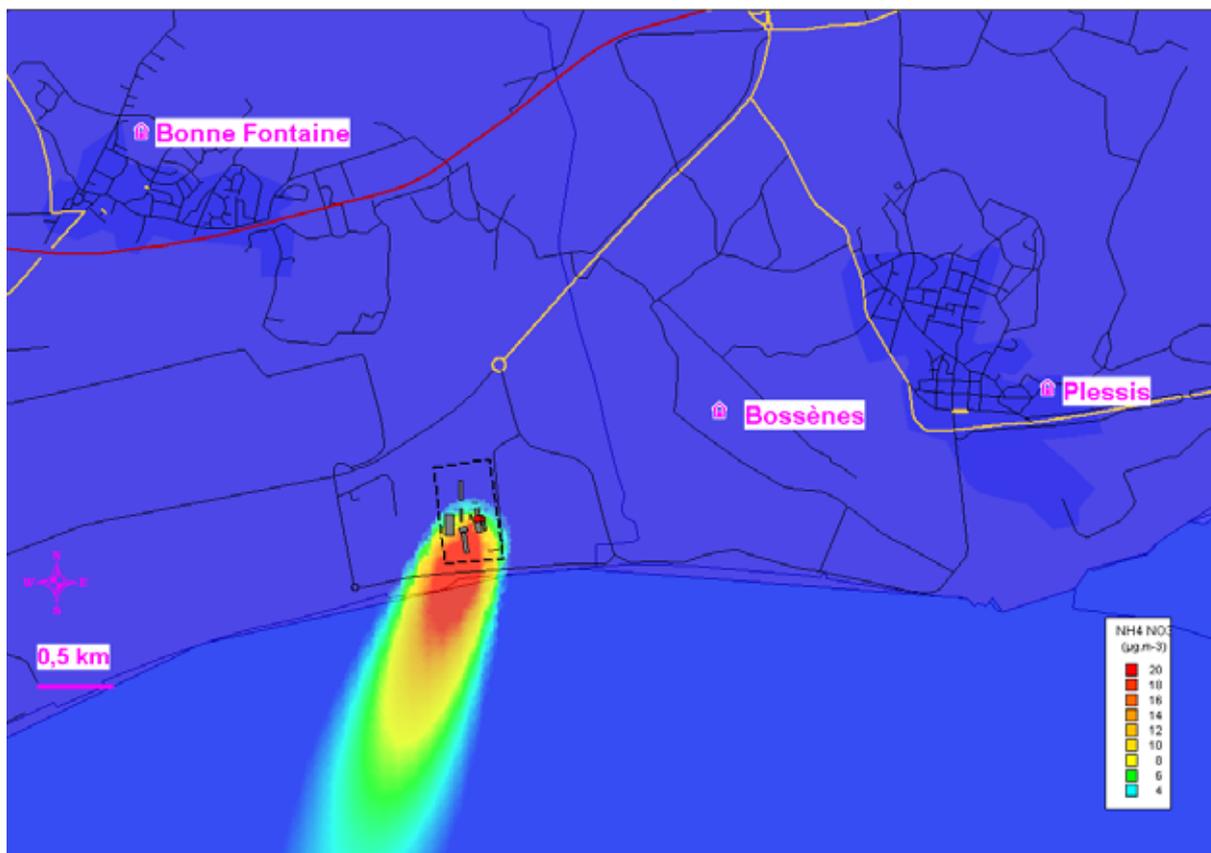
Le 20 mai 2007 est marqué par des vents établis de secteur nord-nord-est sur la moitié de la journée.



Carte 14 : concentrations journalières de PM10 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 20 mai 2007.

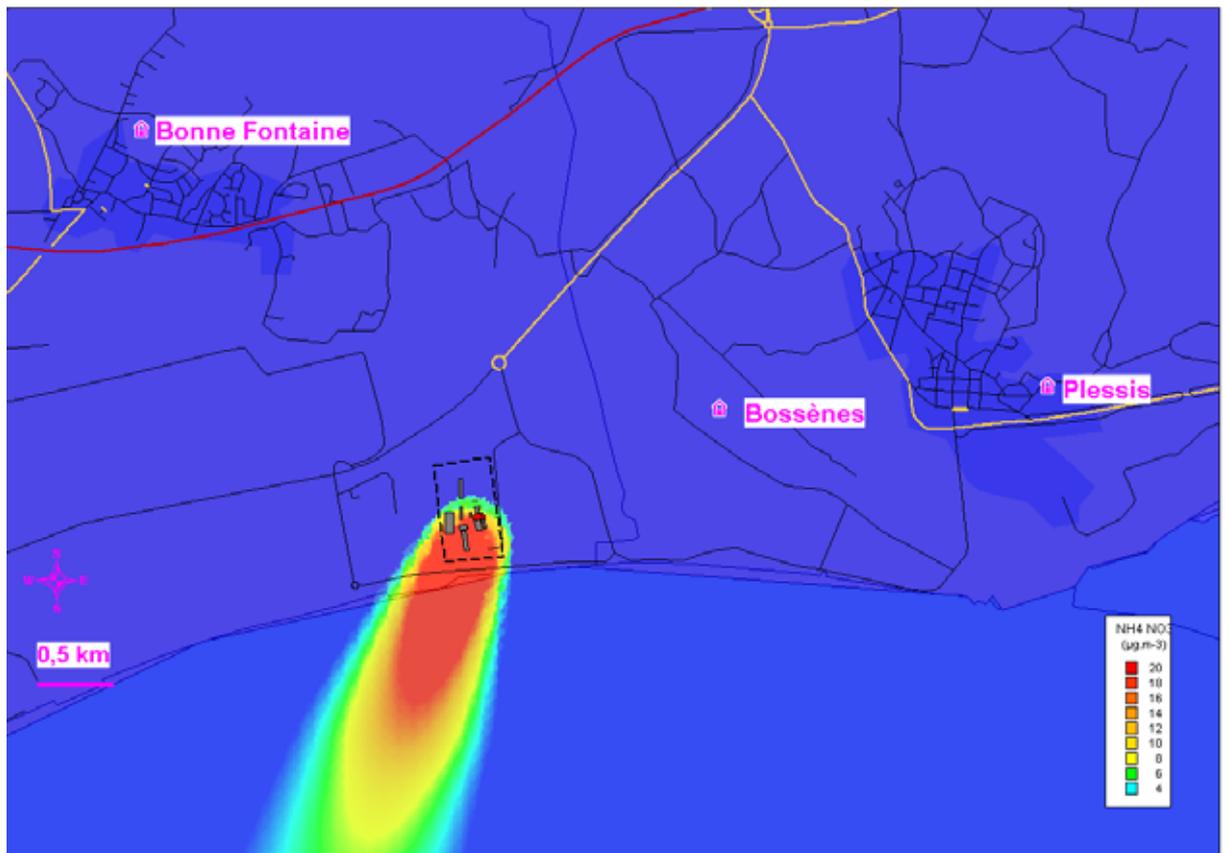
La zone de retombées s'étend sur une bande de 500 m de large en direction du sud-ouest par rapport à l'usine YARA France. Les concentrations journalières maximales estimées en cas de respect des taux d'émission fournis par l'arrêté préfectoral atteignent la valeur limite pour les poussières PM10 de 50 µg.m⁻³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.

Aucune station de mesure n'est impactée dans ces conditions.



Carte 15 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles le 20 mai 2007.

Le scénario de fonctionnement réel de l'usine YARA France conduit à une zone de retombées de 700 m de large s'étendant en grande partie sur la Loire. Les niveaux maximaux sont localisés entre la source et le fleuve et atteignent $80 \mu\text{g.m}^{-3}$. La valeur limite journalière pour les poussières PM10 est donc dépassée le 20 mai uniquement avec les particules de nitrate d'ammonium PM1 de la tour de prilling.



Carte 16 : concentrations journalières de PM10 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 20 mai 2007.

Le doublement du taux d'émission de la tour de prilling a pour conséquence l'élargissement de la zone d'impact à 800 m et une élévation des concentrations journalières jusqu'à 168 $\mu\text{g.m}^{-3}$ entre la tour de prilling et les bords de la Loire.

Les cartes des trois scénarii d'émission de la tour de prilling simulés pour la journée du 29 août 2007 sont présentées en annexe 7.

épisode de vents non établis : 7 juillet 2007

Le 7 juillet 2007 est marqué par des vents non établis sur 92 % de la journée.

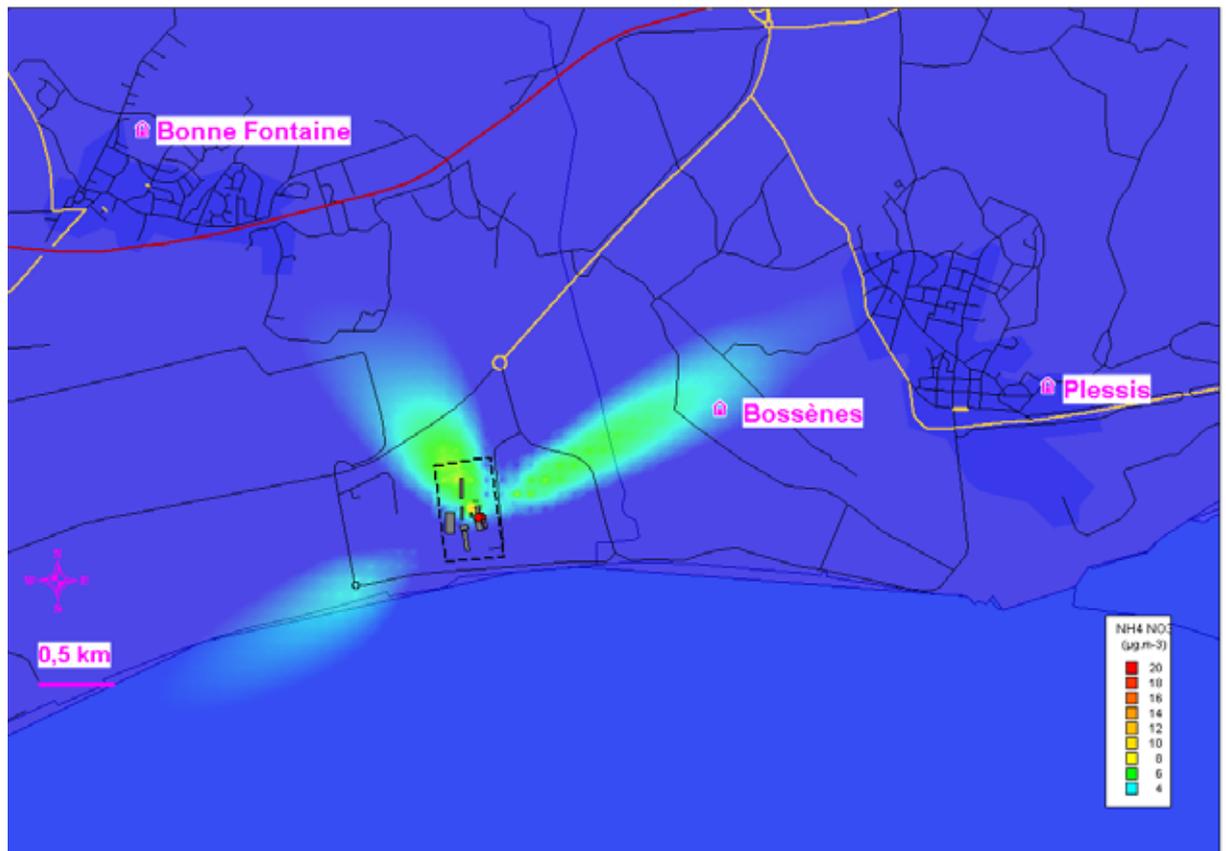


Carte 17 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 7 juillet 2007.

La zone de retombées s'étend sur 2 bandes de 400 m de large en direction du nord-est sur 2000 m et du nord-nord-ouest sur 1000 m. Les concentrations maximales sont estimées à 100 m au nord-ouest de la source à $14 \mu\text{g.m}^{-3}$ c'est-à-dire nettement moins que lors d'épisodes de vents établis :

- 5 fois moins que le 8 mai (flux modérés de sud-ouest) ;
- 3 fois moins que le 20 mai (flux établis de nord-nord-est).

La valeur limite journalière pour les poussières PM10 n'est pas dépassée.

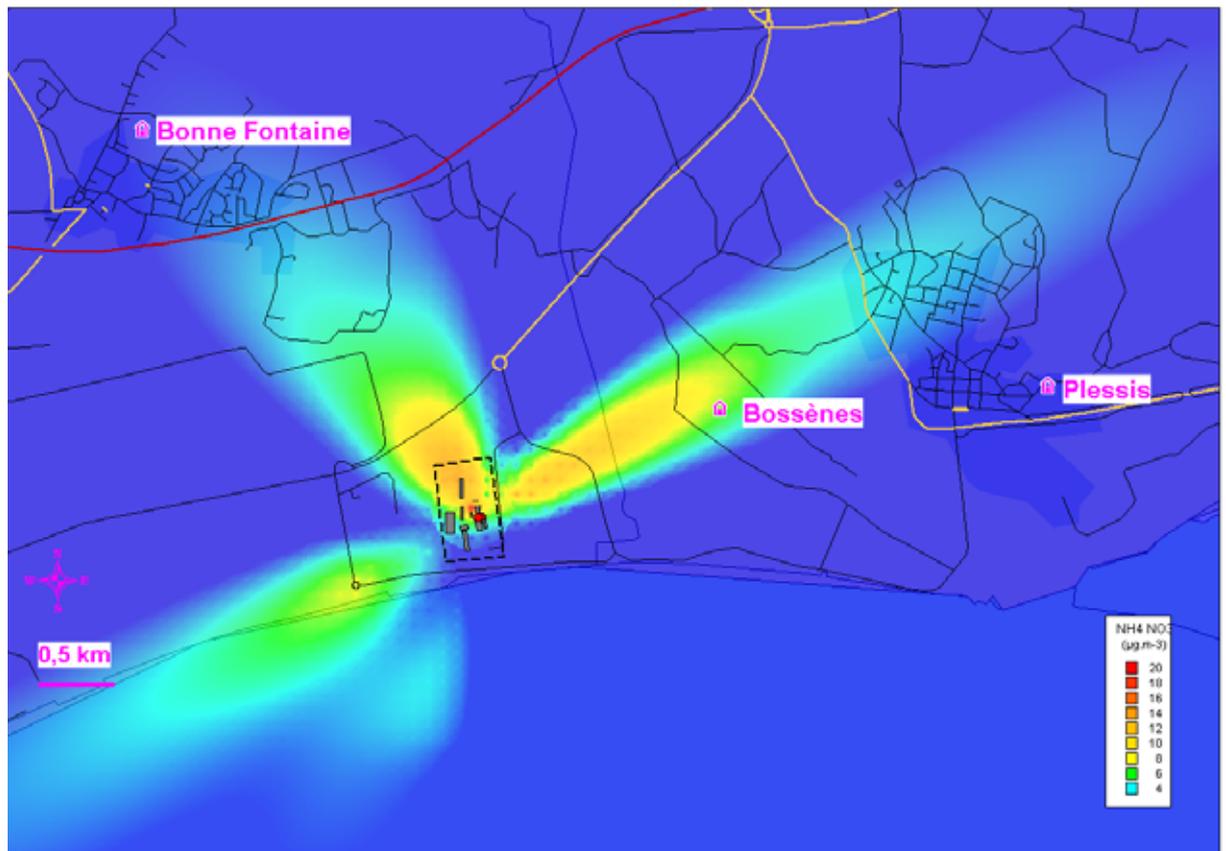


Carte 18 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles le 7 juillet 2007.

Trois zones de retombées apparaissent avec le scénario de fonctionnement réel de l'usine YARA France :

- une bande en direction du nord-est de 700 m de large et 2900 m de long dans laquelle se trouve le site de Bossènes ;
- une bande en direction du nord-nord-ouest de 900 m de large et 2000 m de long ;
- une bande en direction du sud-ouest s'étendant de 500 m à 2500 m de la source et de largeur 500 m où les niveaux de concentrations estimés sont plus faibles.

Les niveaux maximaux sont localisés à 100 m au nord-ouest de la tour de prilling et atteignent $26 \mu\text{g.m}^{-3}$. Ils sont également largement inférieurs à ceux des deux épisodes de vents modérés et établis et en dessous de la valeur limite pour les poussières PM10.



Carte 19 : concentrations journalières de PM₁₀ en provenance de la tour de prilling avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 7 juillet 2007.

Le doublement du taux d'émission de la tour de prilling conduit à une élévation des niveaux de concentration sur les trois zones décrites pour le scénario précédent avec un maximum de 51 µg.m³ toujours sensiblement en dessous de ceux estimés les 8 et 20 mai mais au dessus de la valeur limite pour les poussières PM₁₀ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.

Les cartes des trois scénarii d'émission de la tour de prilling simulés pour la journée du 28 janvier 2007 sont présentées en annexe 7.

synthèse des retombées en provenance de la tour de prilling

Les cartes de moyennes annuelles font apparaître des zones de retombées les plus fréquentes limitées aux abords de l'usine YARA France (700 m avec le scénario d'émission actuel). En moyenne, au-delà de cette distance, les concentrations en nitrate d'ammonium rejoignent le bruit de fond.

Les cartes de niveaux de pointes montrent que ponctuellement des concentrations élevées peuvent être observées au-delà de ce périmètre (plus de 25 µg.m³ à 1 km de la source ce qui correspond à des niveaux relevés lors des épisodes régionaux de pollution particulaire).

Les cartes de concentrations journalières correspondant à des flux modérés de sud-ouest et établis de nord-nord-est viennent confirmer ce constat. En effet, le 8 mai 2007, le site de Bossènes est dans la zone d'impact alors que le 20 mai 2007, les retombées de poussières s'étendent largement sur la Loire. Les concentrations journalières maximales dépassent dans les 3 scénarii d'émission la valeur limite fixée à 50 µg.m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an. Enfin, les cartes produites lors d'épisode de vents non établis font apparaître une zone de retombées multidirectionnelle avec des niveaux de concentrations bien plus faibles que lors d'épisode de vents plus forts.

retombées de poussières totales en provenance du grossisseur

Les poussières dites totales (TSP) sont émises à la sortie du grossissement. Les trois situations simulées sont :

- Emissions respectant l'arrêté préfectoral : 50 mg/Nm³ ;
- Emissions actuelles : 144 mg/Nm³ ;
- Emissions doublées par rapport à la situation actuelle : 288 mg/Nm³.

indicateurs pour l'année 2007

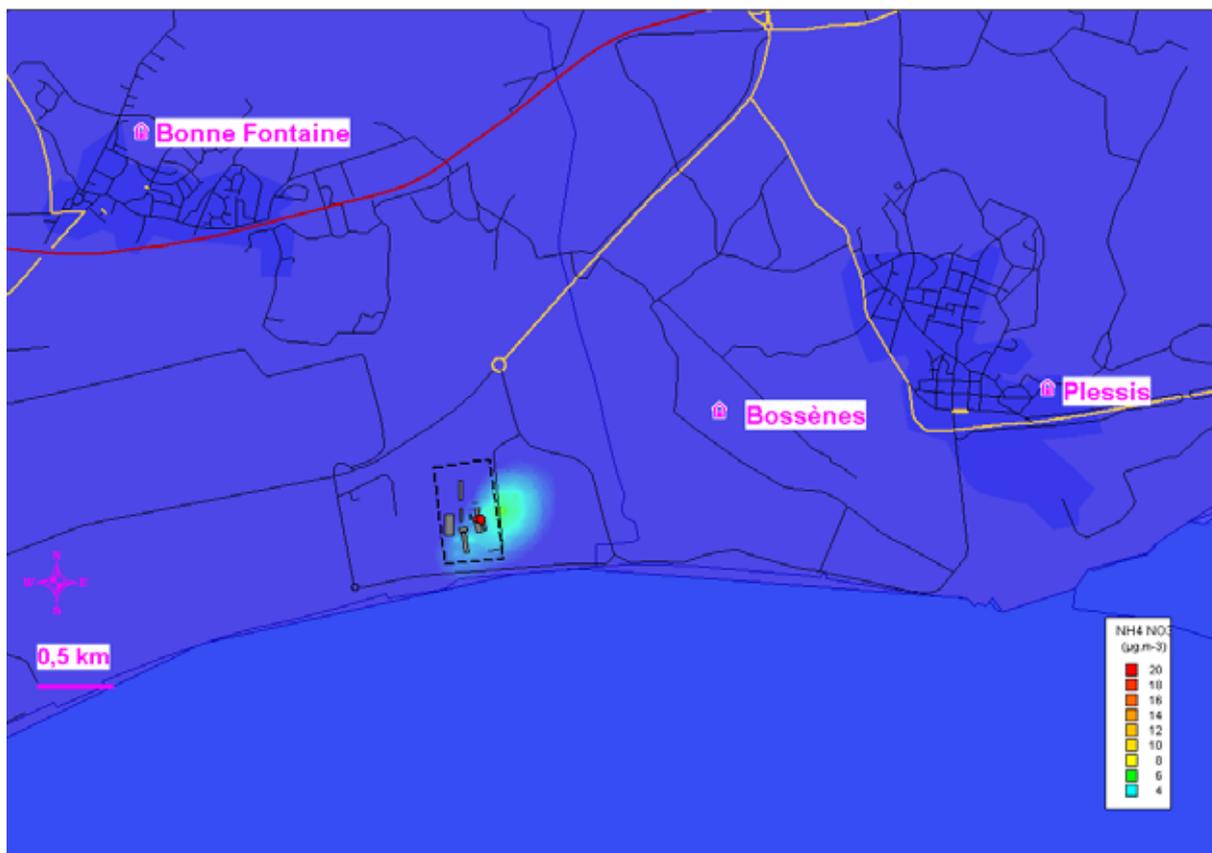
Les trois scénarii d'émission ont été simulés sur l'ensemble de l'année 2007 et leur comparaison est réalisée sur la base des cartes de moyennes annuelles et de percentiles 98 annuels représentatifs des niveaux de pointes.

moyennes



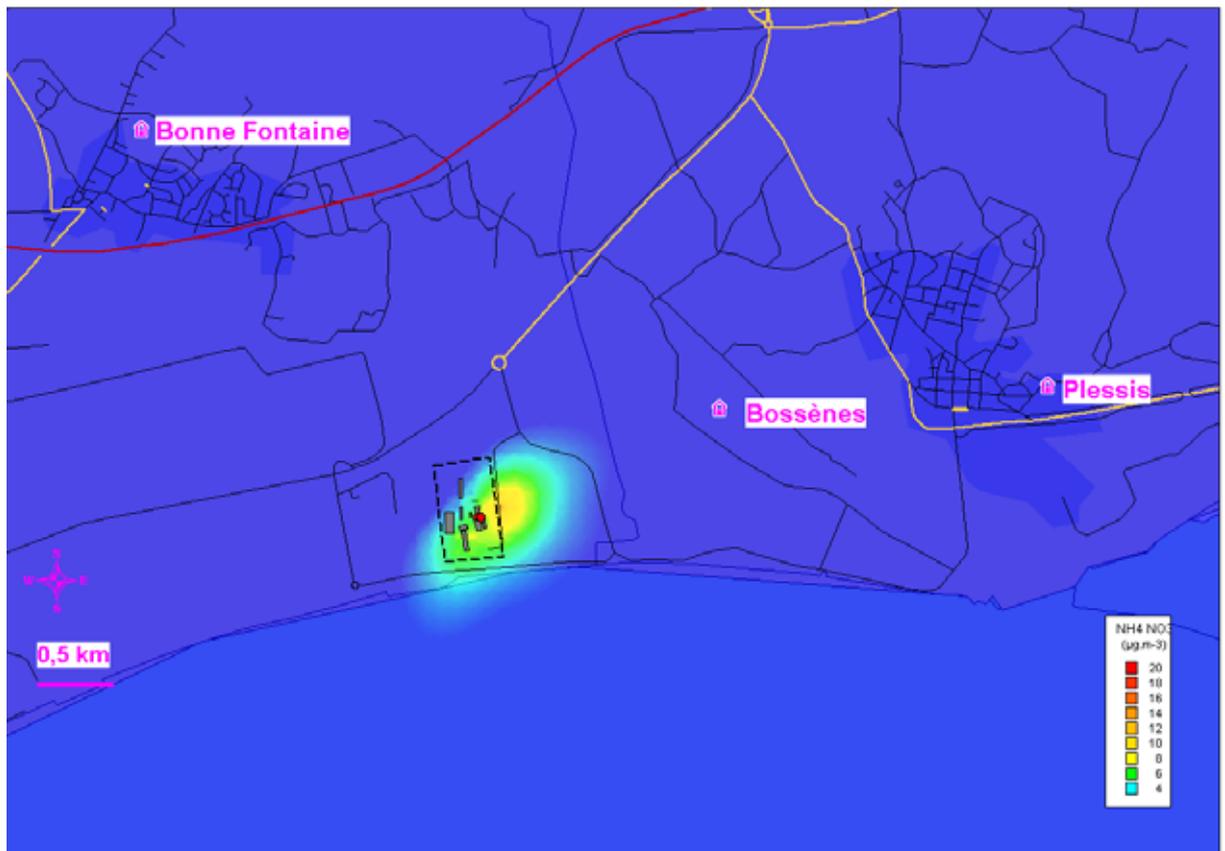
Carte 20 : concentrations moyennes annuelles 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral.

L'impact en poussières totales issues de la sortie du grossisseur dans le cas du respect des taux d'émission fixé par l'arrêté préfectoral est imperceptible. La moyenne annuelle des concentrations horaires ne dépasse pas les 4 µg.m⁻³ c'est-à-dire le niveau de fond urbain.



Carte 21 : concentrations moyennes annuelles 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario d'émissions actuelles.

La zone d'impact de la sortie du grossisseur dans le scénario actuel d'émission est limitée à 400 m à l'est de la tour de prilling. La moyenne annuelle maximale des concentrations horaires atteint $11 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dans ce secteur.



Carte 22 : concentrations moyennes annuelles 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de doublement des émissions actuelles.

L'hypothèse du doublement du taux d'émission de la sortie du grossisseur conduit à une zone d'impact s'étendant à 600 m à l'est et à 300 m au sud de la source. Cependant les moyennes annuelles les plus élevées sont localisées dans un rayon de 300 m de l'émetteur. La moyenne annuelle pourrait s'élever à 22 µg.m⁻³ dans ce périmètre avec un tel scénario.

pointes (percentile 98)



Carte 23 : concentrations de pointes 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral.

Malgré l'absence d'impact constaté en moyenne sur l'année 2007 dans le cas de respect de l'arrêté préfectoral, la carte des percentiles 98 révèle une zone dans l'environnement proche de la source (150 m) pouvant faire l'objet occasionnellement de retombées non négligeables (jusqu'à 36 µg.m⁻³).



Carte 24 : concentrations de pointes 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario d'émissions actuelles.

La situation actuelle d'émission du grossisseur conduit à une aire de retombées maximales de poussières totales située à l'est et au sud de la source dans un rayon de 500 m. Le percentile 98 atteint $104 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Carte 25 : concentrations de pointes 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de doublement des émissions actuelles.

La zone d'impact de la sortie du grossissement dans le cas d'un doublement du taux d'émission de celle-ci s'étend dans un périmètre de 1 km autour de la source. Des percentiles 98 dépassant les $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sont estimés jusqu'à 300 m à l'est et au sud du grossisseur. La valeur maximale de ceux-ci est de $208 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

épisodes

En complément des cartes d'indicateurs annuels, des cartes horaires représentatives d'épisodes météorologiques marqués ont été réalisées.

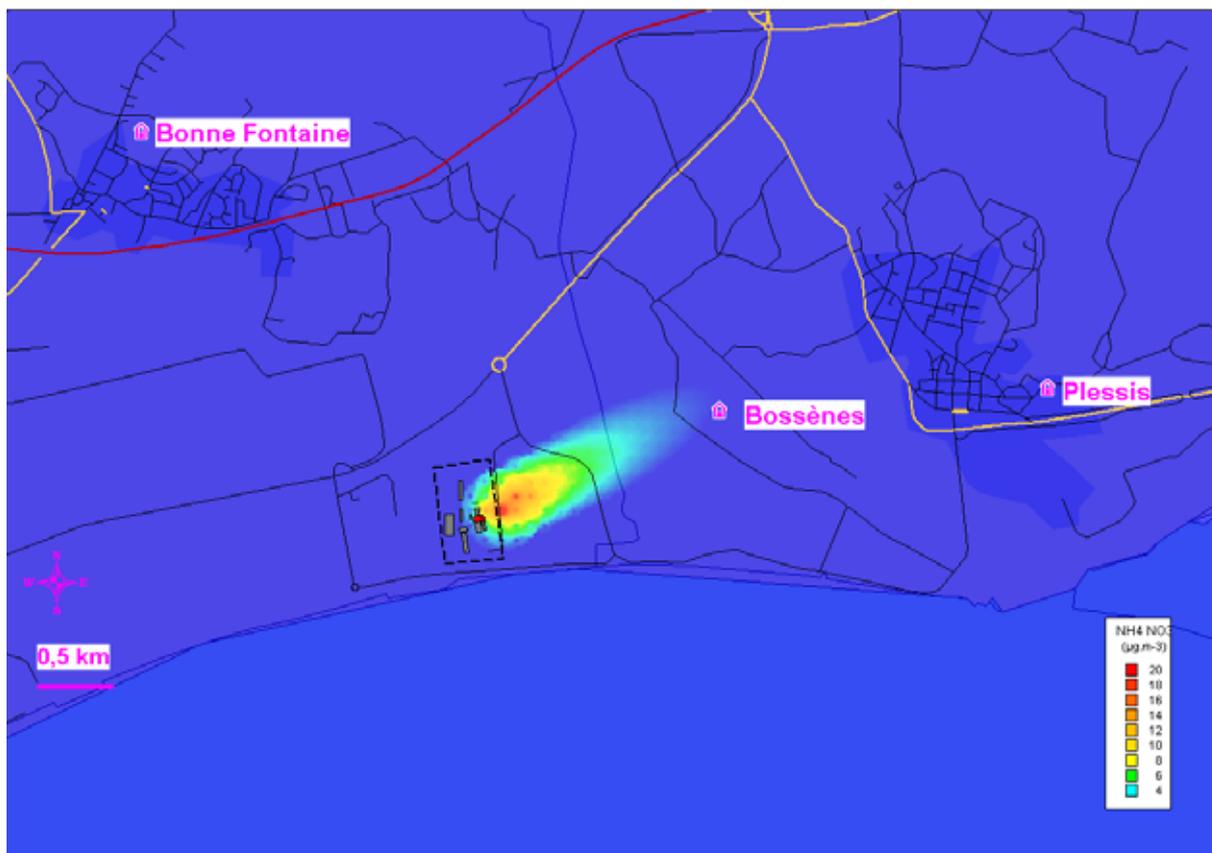
flux de sud-ouest : 8 mai 2007

Le 8 mai 2007 présente des vents modérés de sud-ouest sur la quasi-totalité (87 %) de la journée.



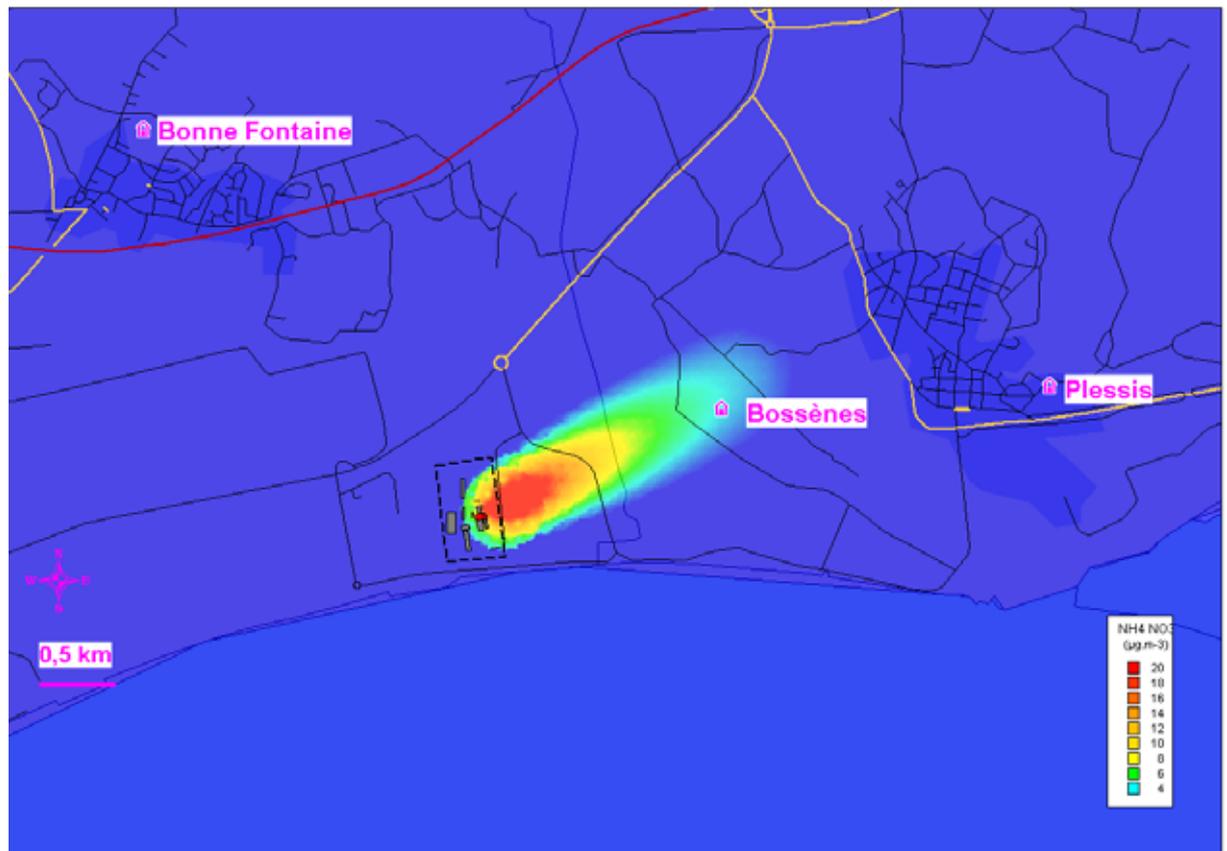
Carte 26 : concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 8 mai 2007.

En cas de respect de l'arrêté préfectoral, la zone d'impact du grossisseur s'étend sur 200 m de large et jusqu'à 450 m au nord-est de la source avec une concentration journalière maximale de 25 µg.m⁻³ estimée au niveau de la limite de propriété de YARA France.



Carte 27 : concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario d'émissions actuelles le 8 mai 2007.

Dans la situation actuelle d'émission du grossisseur, les retombées sont estimées sur une bande de 500 m de large et de 1200 m de long en direction du site de Bossènes sans l'atteindre. Les concentrations journalières les plus élevées (supérieures à $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) sont localisées à 700 m de la source à l'intérieure de cette bande et atteignent jusqu'à $74 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Carte 28 : concentrations journalières de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 8 mai 2007.

Un doublement du taux d'émission du grossisseur conduit à l'extension de la zone d'impact jusqu'au site de mesure de Bossènes. Les concentrations journalières qui dépassent les $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ s'étendent alors jusqu'à 1200 m au nord-est de la source avec un maximum de $147 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Les cartes des trois scénarii d'émission du grossisseur simulés pour la journée du 6 décembre 2007 sont présentées en annexe 7.

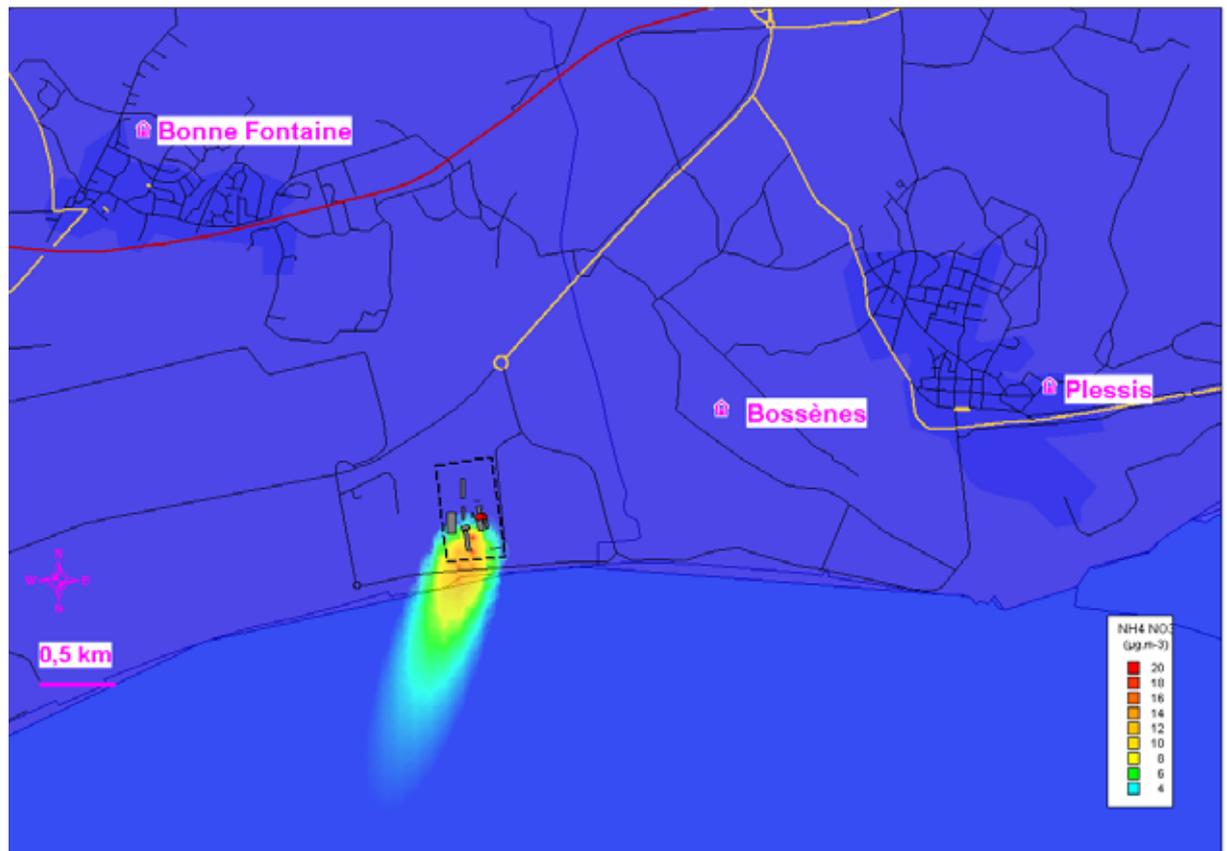
flux de nord-nord-est : 20 mai 2007

Le 20 mai 2007 est marqué par des vents établis de secteur nord-nord-est sur la moitié de la journée.



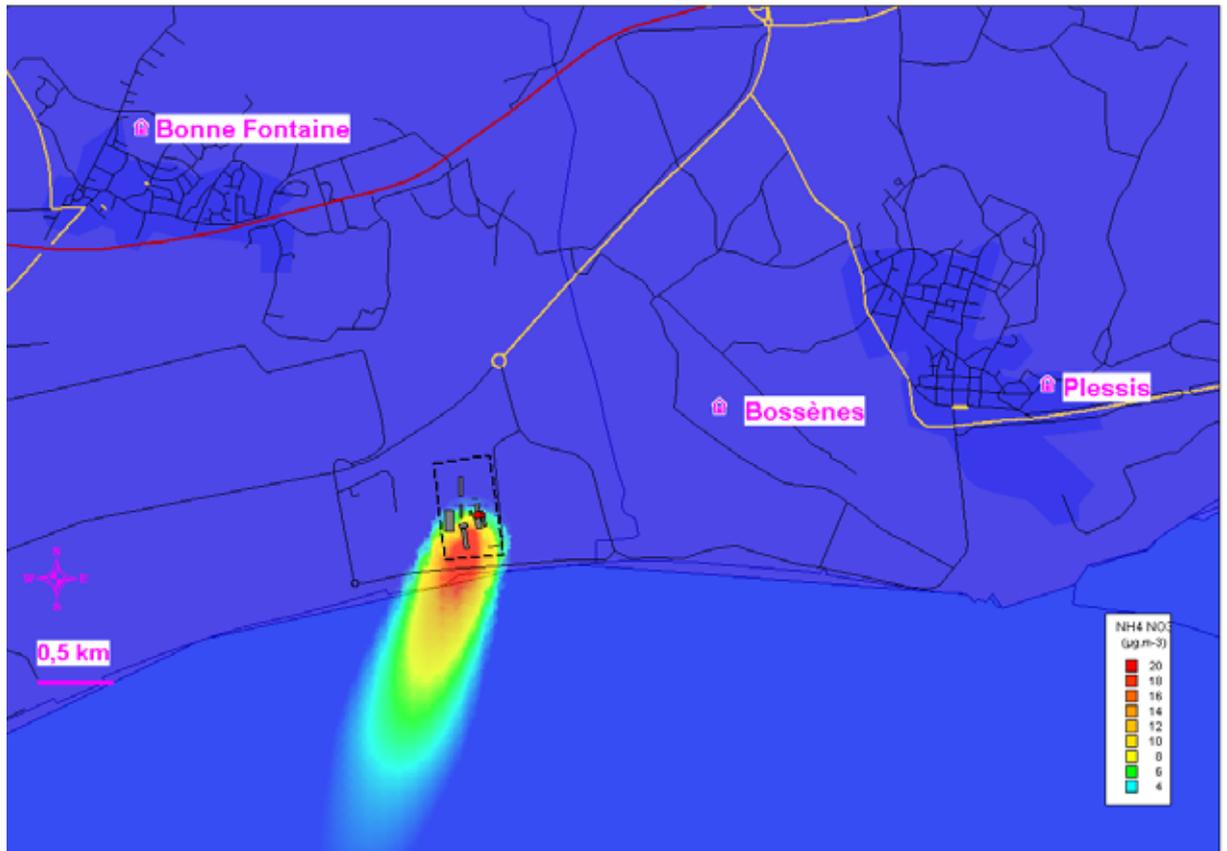
Carte 29 : concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 20 mai 2007.

Le respect du taux d'émission préconisé par l'arrêté préfectoral pour le grossisseur conduit à une zone de retombées de faible portée. En effet, elle s'étend à 600 m vers le sud-ouest depuis l'émetteur. De plus, les concentrations journalières atteignent $14 \mu\text{g.m}^{-3}$.



Carte 30 : concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario d'émissions actuelles le 20 mai 2007.

Le scénario d'émission actuel du grossisseur se traduit le 20 mai 2007 par une zone de retombées s'étendant sur la Loire sur 500 m de large et 1300 m de long. Les concentrations journalières maximales sont de l'ordre de $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Carte 31 : concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 20 mai 2007.

Le doublement du taux d'émission actuel du grossisseur aurait eu pour conséquence le 20 mai 2007 l'extension de la zone d'impact de la source sur 700 m de largeur et 1800 m de longueur en grande partie sur le fleuve. Les niveaux les plus élevés se seraient étendus entre la source et les bords de Loire avec un maximum de $82 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Les cartes des trois scénarii d'émission du grossisseur simulés pour la journée du 29 août 2007 sont présentées en annexe 7.

épisode de vents non établis : 7 juillet 2007

Le 7 juillet 2007 est marqué par des vents non établis sur 92 % de la journée.



Carte 32 : concentrations journalières de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 7 juillet 2007.

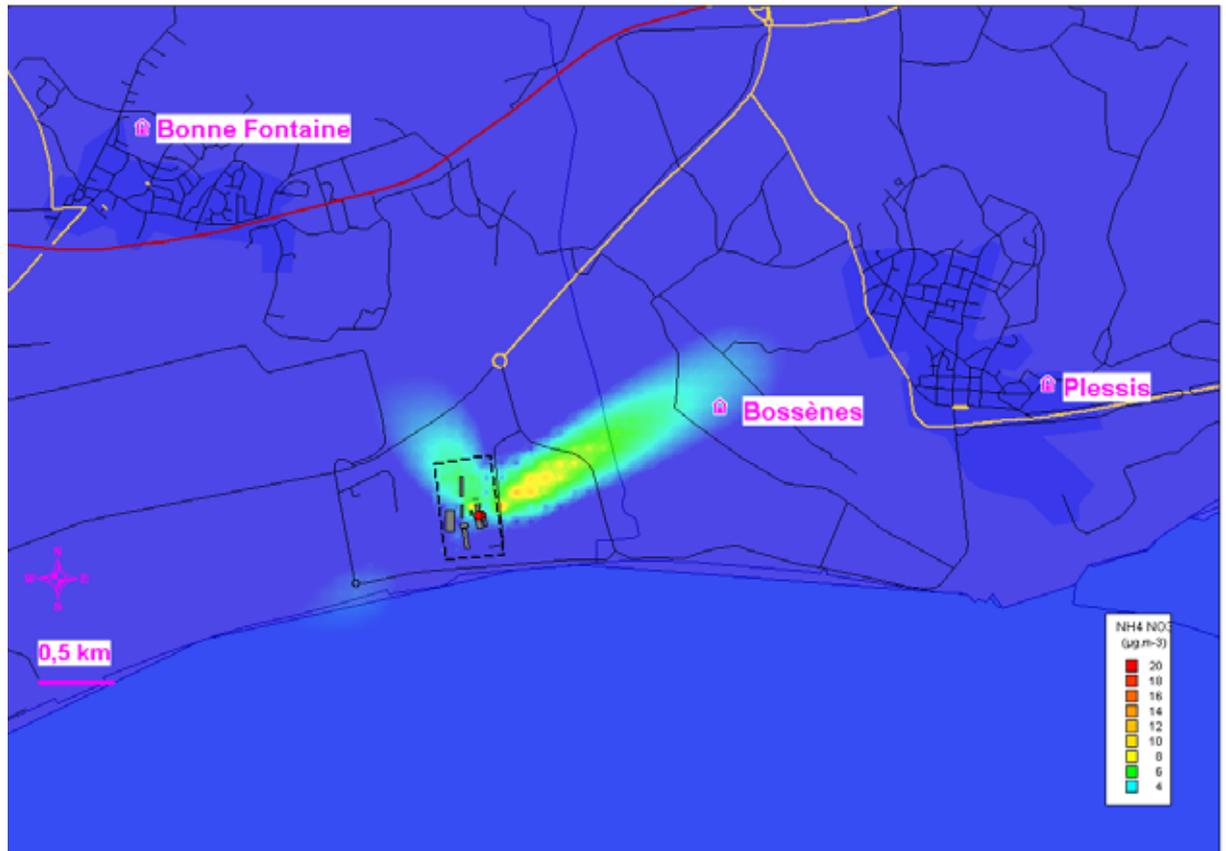
Dans le scénario de respect de l'arrêté préfectoral par vent non établi, les retombées sont très faibles et aucune zone n'apparaît sur la carte puisque le maximum des concentrations estimées est inférieur à $4 \mu\text{g.m}^{-3}$ soit respectivement 6 fois moins que le 8 mai (flux modérés de sud-ouest) et 3 fois moins que le 20 mai (flux établis de nord-nord-est).



Carte 33 : concentrations journalières de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario d'émissions actuelles le 7 juillet 2007.

Avec le scénario de fonctionnement réel de l'usine YARA France, une bande en direction du nord-est de 300 m de large et 1500 m de long apparaît comme zone de retombées principale.

Dans ce périmètre, les niveaux maximaux atteignent $11 \mu\text{g.m}^{-3}$. Ils sont également largement inférieurs à ceux des deux épisodes précédents.



Carte 34 : concentrations journalières de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 7 juillet 2007.

Le fait de doubler le taux d'émission du grossisseur conduit à une élévation des concentrations sur la zone en direction du nord-est avec un maximum de $23 \mu\text{g.m}^{-3}$ toujours bien en dessous de ceux estimés les 8 et 20 mai. Cette bande s'étend sur 500 m de large et 2300 m de long. Le site de Bossènes est inclus dans cette aire de retombées.

Une deuxième bande de 600 m de large et de 1100 m de long en direction du nord-nord-ouest apparaît avec des concentrations plus faibles.

Les cartes des trois scénarii d'émission du grossisseur simulés pour la journée du 28 janvier 2007 sont présentées en annexe 7.

synthèse des retombées en provenance du grossisseur

Les cartes de moyennes annuelles de poussières totales montrent que l'impact de la sortie du grossisseur est faible (400 m dans la situation d'émission actuelle avec une concentration annuelle maximale de $11 \mu\text{g.m}^{-3}$) voire imperceptible dans l'hypothèse de respect de l'arrêté préfectoral.

Les cartes de niveaux de pointes font apparaître une zone d'impact par vent modéré de sud ouest (plus de $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ jusqu'à une distance de 500 m de la source dans le scénario actuel).

Les simulations des épisodes de flux de sud-ouest et de nord-nord-est viennent le confirmer.

Les cartes produites par épisode de vents non établis font apparaître des retombées bien plus faibles que lors d'épisode de vents établis ou modérés. Les zones influencées sont alors multidirectionnelles.

synthèse des résultats

Les cartes produites selon les trois scénarii d'émission ont permis de dégager les conclusions suivantes :

La zone de retombée de poussières submicroniques émises par la tour de prilling (de 500 à 1200 mètres en moyenne annuelle) est plus étendue que celle des poussières totales du grossisseur (de 400 à 600 mètres en moyenne annuelle). Cela peut s'expliquer par la différence de débit des sources et par la différence de diamètre des poussières émises. En effet, la tour de prilling présente un débit plus important et les poussières émises sont submicroniques donc plus dispersives.

Les trois scénarii d'émission mis en œuvre conduisent à des zones de retombées significativement différentes tant du point de vue des distances que des niveaux de concentrations atteints. Ainsi, on observe des concentrations au sol sensiblement proportionnelles aux taux d'émission des différents scénarii comme le montre le tableau ci-dessous :

| scénario n° | source | taux d'émission (g/s) | percentile 98 maximal ($\mu\text{g.m}^{-3}$) | distance maximale de retombées (m) |
|-------------|---------------|-----------------------|--|------------------------------------|
| 1 | Prilling | 3,564 | 104 | 500 |
| | Grossissement | 0,669 | 36 | 0 |
| 2 | Prilling | 6,313 | 184 | 700 |
| | Grossissement | 1,927 | 104 | 400 |
| 3 | Prilling | 12,625 | 369 | 1200 |
| | Grossissement | 3,854 | 208 | 600 |

Tableau 6 : Caractéristiques des zones de retombées suivant les 3 scénarii.

implantation des sites de mesure

Selon l'étude de modélisation, les retombées de nitrate d'ammonium les plus fréquentes n'impactent pas sensiblement les populations de Montoir de Bretagne et de Donges. Dans ces secteurs, les concentrations moyennes en nitrate d'ammonium en provenance de YARA France sont du même ordre de grandeur que le bruit de fond atmosphérique.

La station de Bossènes, la plus proche des sources, semble également à l'écart des zones de retombées les plus fréquentes. Toutefois, dans certaines conditions météorologiques (flux de sud-ouest modéré), la station est soumise aux rejets de l'établissement.

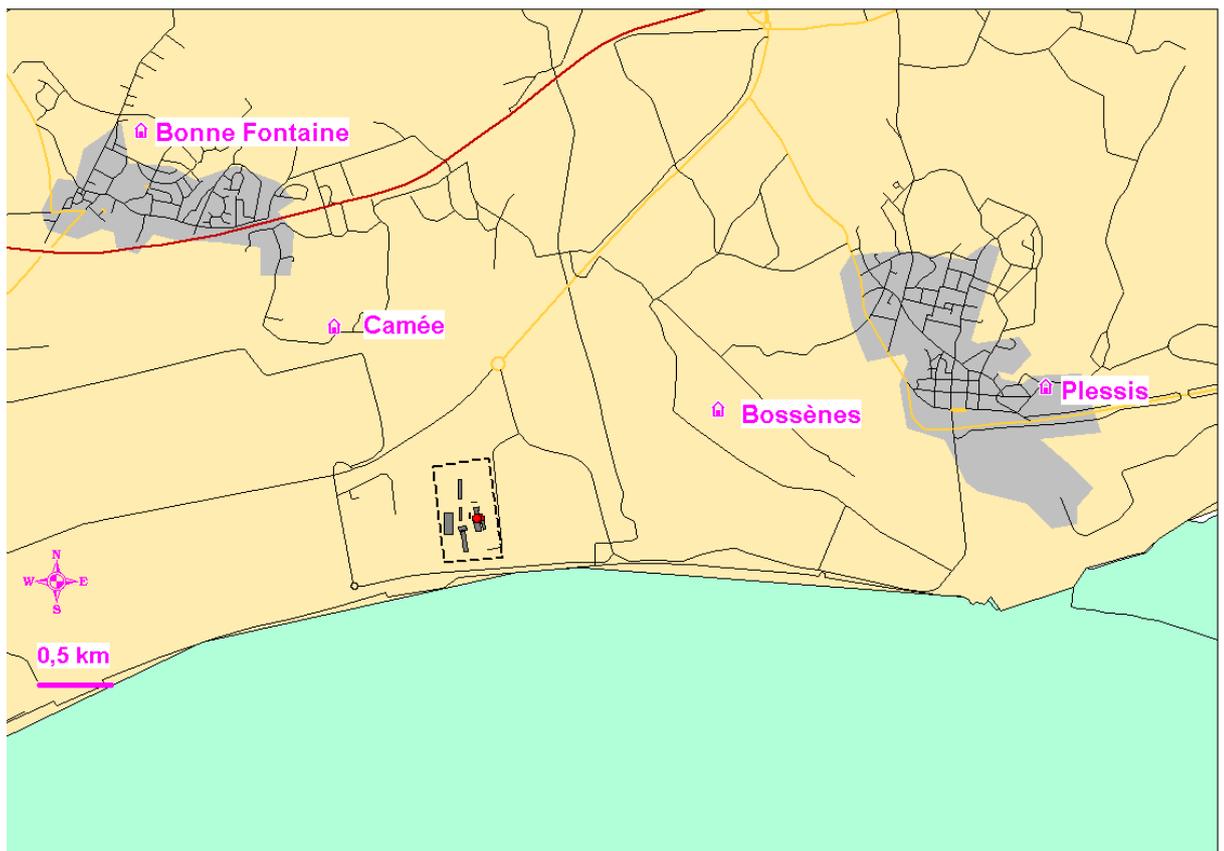
concentrations sur différents sites

En complément des cartes d'iso-concentration produites, le modèle ADMS permet d'estimer les concentrations horaires des polluants sur des récepteurs placés dans le domaine.

Les 4 sites suivants ont ainsi été définis afin d'évaluer l'impact des sources :

- Bossènes ;
- Plessis ;
- Bonne Fontaine ;
- Camée

Le dernier site localisé dans la zone résidentielle « Camée » dans la commune de Montoir de Bretagne nous paraît intéressant car il est entouré des habitations les plus proches de l'établissement.



Carte 35 : implantations possibles des sites de mesure.

concentrations de poussières submicroniques issues de la tour de prilling

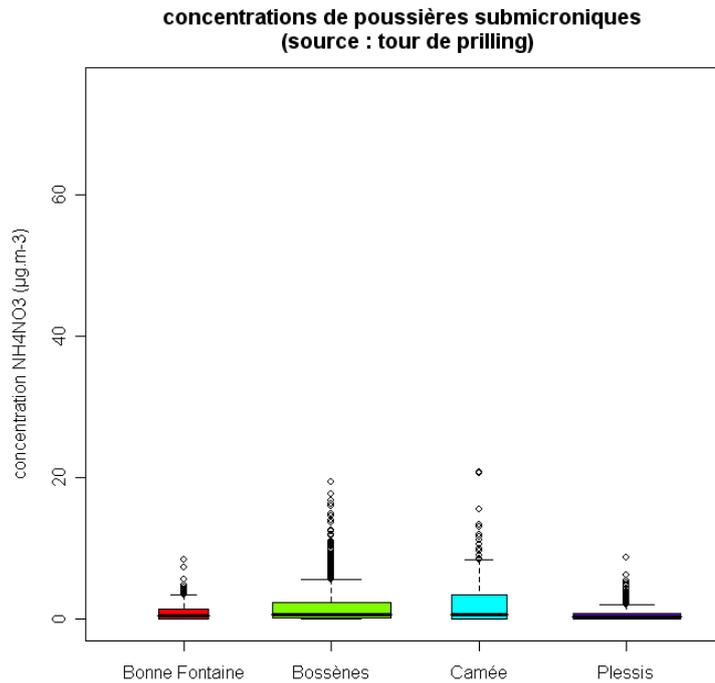


Figure 12 : répartition des concentrations horaires sur l'année 2007 avec l'hypothèse de respect de l'arrêté préfectoral.

Dans l'hypothèse de respect de l'arrêté préfectoral, les concentrations horaires sur les quatre sites sont majoritairement faibles (75% des données sont inférieures à $4 \mu\text{g.m}^{-3}$) mais des pointes peuvent atteindre $20 \mu\text{g.m}^{-3}$ sur les sites de Bossènes et Camée. Les deux autres sites apparaissent moins impactés du fait de leurs plus grandes distances aux sources.

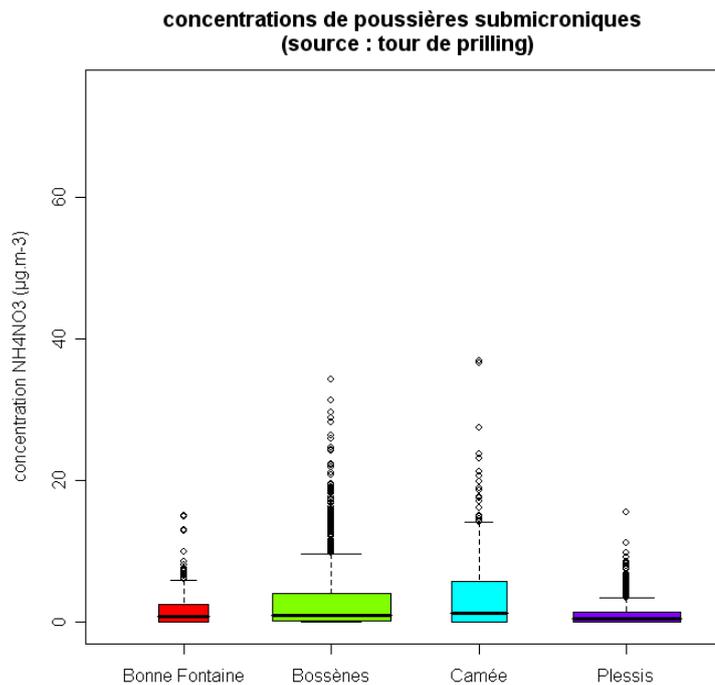


Figure 13 : répartition des concentrations horaires sur l'année 2007 avec l'hypothèse d'émission actuelle.

Le taux d'émission réel de la tour de prilling se traduit par des concentrations généralement inférieures à $6 \mu\text{g.m}^{-3}$ sur les sites de Bossènes et Camée et inférieures à $3 \mu\text{g.m}^{-3}$ sur les deux autres stations. Les concentrations les plus élevées sont estimées sur Bossènes et Camée et atteignent parfois $40 \mu\text{g.m}^{-3}$.

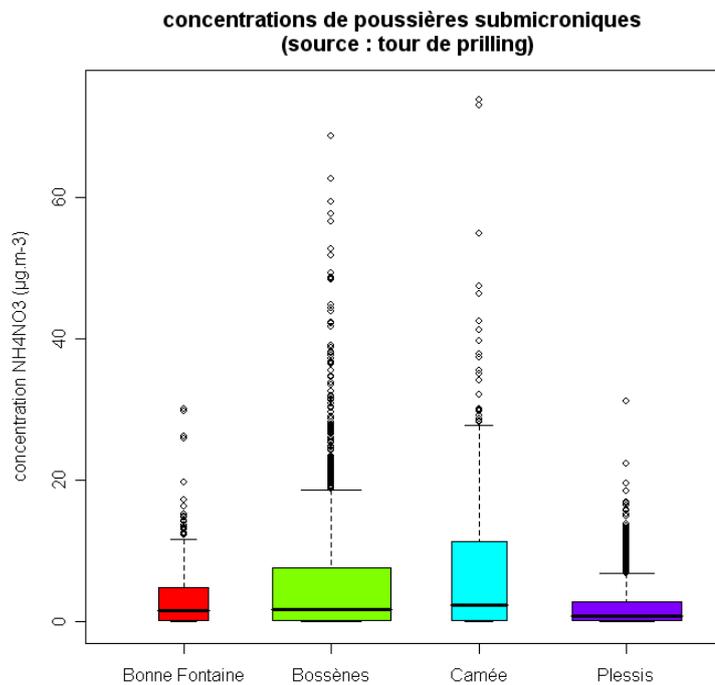


Figure 14 : répartition des concentrations horaires sur l'année 2007 avec l'hypothèse de doublement des émissions actuelles.

Le doublement du taux d'émission de la tour de prilling aurait pour conséquence une élévation sensible des concentrations sur les 4 points. Les sites les plus influencés (Bossènes et Camée) présenteraient des concentrations majoritairement en dessous des $12 \mu\text{g.m}^{-3}$ mais des pointes pourraient dépasser les $70 \mu\text{g.m}^{-3}$. Les stations de Bonne Fontaine et Plessis resteraient moins impactées avec des concentrations généralement inférieures à $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ et des pics à $32 \mu\text{g.m}^{-3}$.

concentrations de poussières totales issues du grossisseur

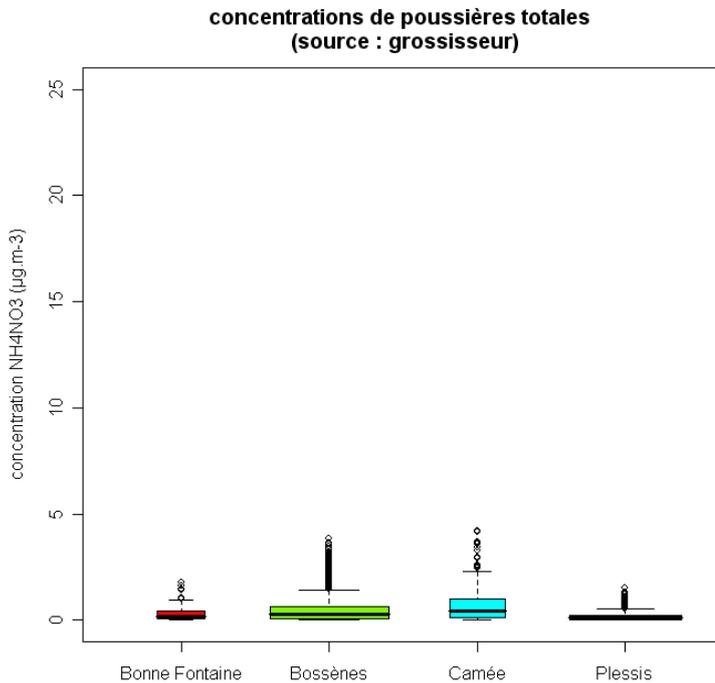


Figure 15 : répartition des concentrations horaires sur l'année 2007 avec l'hypothèse de respect de l'arrêté préfectoral.

Comme le montrait les cartes, les concentrations de poussières totales émises par le grossisseur sont plus faibles que celles des poussières submicroniques de la tour de prilling.

Dans le cas du respect de l'arrêté préfectoral, 75% des concentrations restent inférieures à $1 \mu\text{g.m}^{-3}$. Les deux sites les plus proches de la source présentent des niveaux plus élevés pouvant atteindre $5 \mu\text{g.m}^{-3}$.

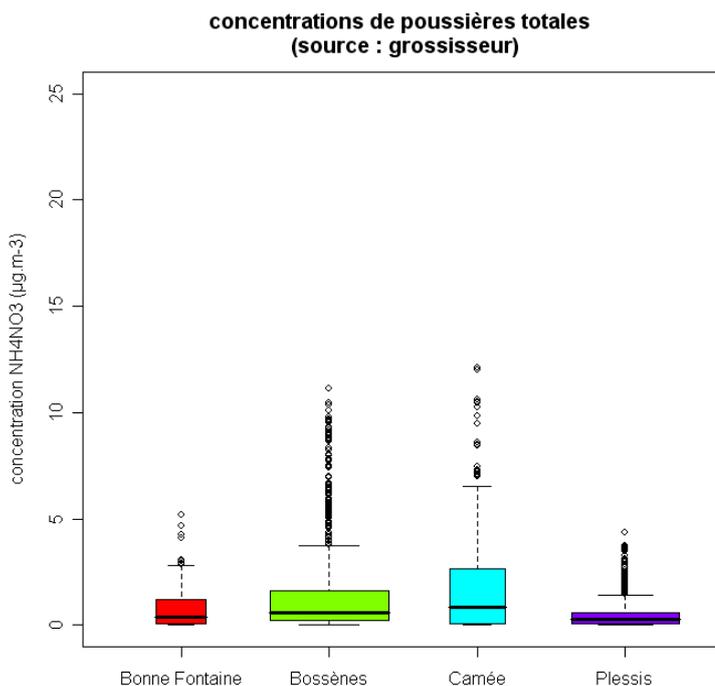


Figure 16 : répartition des concentrations horaires avec l'hypothèse d'émission actuelle.

Dans l'hypothèse d'émission réelle du grossisseur, les concentrations du site Camée restent majoritairement sous les $3 \mu\text{g.m}^{-3}$, celles de Bossènes sous les $2 \mu\text{g.m}^{-3}$ alors que les deux autres stations ne dépassent pas $1 \mu\text{g.m}^{-3}$. Des pointes ponctuelles sont estimées au-delà de $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ sur les deux stations les plus proches des sources.

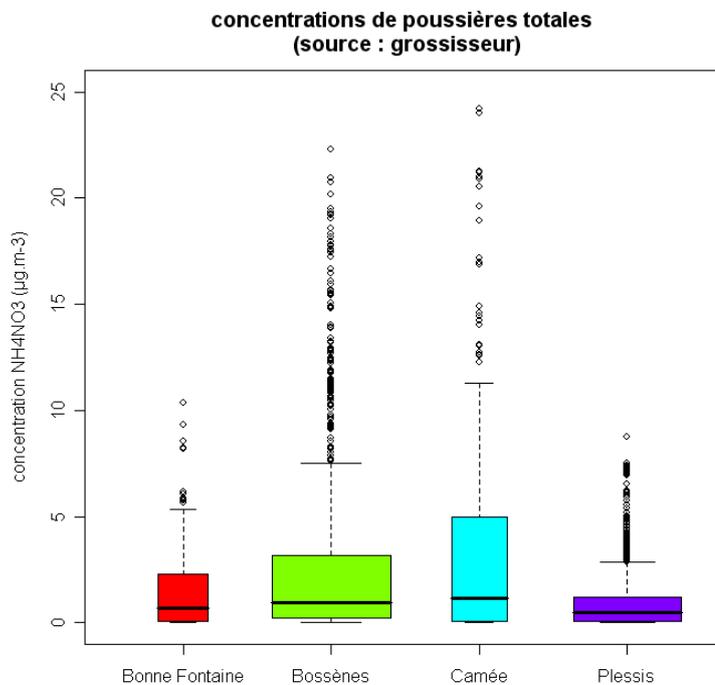


Figure 17: répartition des concentrations horaires sur l'année 2007 avec l'hypothèse de doublement des émissions actuelles.

En cas de doublement de l'émission du grossisseur, des concentrations horaires pourraient dépasser occasionnellement les $20 \mu\text{g.m}^{-3}$ mais la majeure partie des estimations se situe en dessous de $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour le site de Camée, de $3 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour Bossènes de $2 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour Bonne Fontaine et de $1 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour Plessis.

conclusions de l'analyse des séries chronologiques

Ces représentations graphiques montrent l'influence directe du taux d'émission des sources sur les niveaux de concentration horaires des sites.

L'analyse des distributions des concentrations horaires de poussières submicroniques émises par la tour de prilling et de poussières totales issues du grossisseur montre que le site de la zone résidentielle Camée est plus influencé que le site permanent Bonne Fontaine.

proposition finale de dispositif de campagne

Par rapport à la proposition initiale, nous proposons de :

- Conserver le site de Bossènes, localisé sous les vents dominants de sud-ouest à la limite des zones de retombées les plus fréquentes mais ponctuellement directement impacté. Il est de plus localisé entre l'établissement YARA (à 1800 mètres) et les premières habitations de Donges (à 700 mètres).
- Conserver le site de Plessis, localisé sous les vents dominants de sud-ouest, à l'écart des zones de retombées majoritaires mais situé dans un secteur à forte densité de population;
- Remplacer le site permanent de Bonne Fontaine par un site temporaire dans la zone résidentielle « Camée », la plus proche de l'établissement et exposée plus directement aux rejets de YARA France, comme le montre l'étude de modélisation.

conclusions et perspectives

L'étude de modélisation des retombées de nitrate d'ammonium émises par l'usine YARA France de Montoir de Bretagne a permis d'évaluer les zones impactées. Celles-ci se limitent à quelques centaines de mètres autour de l'installation dans le scénario d'émission actuel. En effet, la distance maximale de retombées chroniques est de 700 m pour les poussières submicroniques de la tour de prilling et 400 m pour les poussières totales du grossisseur. Les niveaux atteints dans ces zones varient entre 10 et 35 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne sur l'année 2007. Dès que l'on s'en éloigne, les concentrations décroissent rapidement pour atteindre le bruit de fond ambiant.

Cependant, par vent modéré de sud-ouest représentant 40 % des vitesses de ce secteur, des retombées peuvent être estimées entre 1000 m et 2300 m pour les poussières submicroniques et entre 500 m et 1300 m pour les poussières totales. Dans ces conditions, les niveaux journaliers peuvent atteindre plusieurs dizaines de $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ voire plus. A titre d'exemple, des concentrations similaires sont ponctuellement observées lors d'épisodes régionaux de pollution particulaire.

La comparaison des trois scénarii d'émission met en évidence des différences significatives de retombées tant sur le plan de la surface impactée que des niveaux de concentrations atteints. Ainsi, on observe des concentrations au sol sensiblement proportionnelles aux taux d'émission des différents scénarii.

Les trois sites proposés pour la campagne de mesure programmée à l'automne 2008 sont :

- Camée (Montoir de Bretagne) ;
- Parscau du plessis (Donges) ;
- Bossènes (Donges).

L'analyse des distributions de concentrations horaires estimées par le modèle a permis de confirmer l'intérêt que présente le déplacement du site de Bonne Fontaine vers celui de Camée.

annexes

- annexe 1 : Air Pays de la Loire
- annexe 2 : techniques d'évaluation
- annexe 3 : types des sites de mesure
- annexe 4 : polluants
- annexe 5 : seuils de qualité de l'air 2007
- annexe 6 : influence du bâti
- annexe 7 : épisodes complémentaires

annexe 1 : Air Pays de la Loire

Dotée d'une solide expertise riche de vingt-cinq ans d'expérience, Air Pays de la Loire est agréée par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire pour surveiller la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire. Air Pays de la Loire regroupe de manière équilibrée l'ensemble des acteurs de la qualité de l'air : services de l'État et établissements publics, collectivités territoriales, industriels et associations et personnalités qualifiées.

Air Pays de la Loire mène deux missions d'intérêt général : surveiller et informer.

surveiller pour savoir et comprendre



l'air de la région sous haute surveillance

Fonctionnant 24 heures sur 24, le dispositif permanent de surveillance est constitué d'une quarantaine de sites de mesure, déployés sur l'ensemble de la région : principales agglomérations, zones industrielles et zones rurales.

mesurer où et quand c'est nécessaire

Air Pays de la Loire s'est doté de systèmes mobiles de mesure (laboratoires mobiles, préleveurs...). Ces appareils permettent d'établir un diagnostic complet de la qualité de l'air dans des secteurs non couverts par le réseau permanent. Des campagnes de mesure temporaires et ciblées sont ainsi menées régulièrement sur l'ensemble de la région.

la fiabilité des mesures garantie

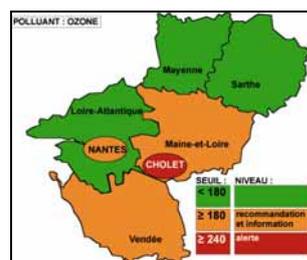
Les mesures de qualité de l'air consistent le plus souvent à détecter de très faibles traces de polluants. Elles nécessitent donc le respect de protocoles très précis. Pour assurer la qualité de ces mesures, Air Pays de la Loire dispose d'un laboratoire d'étalonnage, airpl.lab accrédité par le Cofrac et raccordé au Laboratoire National d'Essais.

simuler et cartographier la pollution

Pour évaluer la pollution dans les secteurs non mesurés, Air Pays de la Loire utilise des logiciels de modélisation. Ces logiciels simulent la répartition de la pollution dans le temps et l'espace et permettent d'obtenir une cartographie de la qualité de l'air. La modélisation permet par ailleurs d'estimer l'impact de la réduction, permanente ou ponctuelle, des rejets polluants. Elle constitue un outil d'aide à la décision pour les autorités publiques compétentes et les acteurs privés.

prévoir la qualité de l'air

Si le public souhaite connaître la pollution prévue pour le lendemain afin de pouvoir adapter ses activités, les autorités ont, elles, besoin d'anticiper les pics de pollution pour pouvoir prendre les mesures adaptées. En réponse à cette attente, Air Pays de la Loire réalise des prévisions de la pollution atmosphérique grâce à sa plateforme IRIS.



informer pour prévenir



pics de pollution : une vigilance permanente

En cas d'épisodes de pollution, une information spécifique est adressée aux autorités et aux médias. Suivant les concentrations de pollution atteintes, le préfet de département prend, si nécessaire, des mesures visant à réduire les émissions de polluants (limitations de vitesse, diminution d'activités industrielles...)

sur Internet : tous les résultats, tous les dossiers

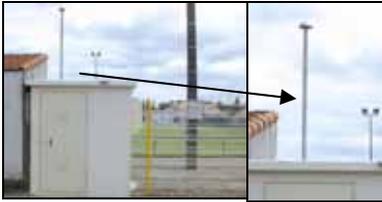
Le site Internet www.airpl.org donne accès à de très nombreuses informations sur la qualité de l'air des Pays de la Loire. Elles sont actualisées plusieurs fois par jour. On y trouve les cartes de pollution et de vigilance, les communiqués d'alerte, les indices de qualité de l'air, les mesures de pollution heure par heure, les actualités, toutes les publications d'Air Pays de la Loire...

des publications largement diffusées

Tous les deux mois, Air Pays de la Loire publie des informations sur la qualité de l'air de la région, grâce à son bulletin *Au fil de l'air*. Un rapport annuel dresse par ailleurs un état très complet de la qualité de l'air.

annexe 2 : techniques d'évaluation

mesures



les sites fixes

C'est le principal moyen de surveillance : il existe une cinquantaine de sites fixes dans les Pays de la Loire. Ils surveillent en continu la qualité de l'air des principales agglomérations de la région, des zones industrielles de Basse-Loire, et également dans un secteur rural dans l'est de la Vendée. Fonctionnant 24 heures sur 24, ils sont équipés d'analyseurs spécifiques des principaux indicateurs de pollution atmosphérique : dioxyde de soufre, oxydes d'azote, ozone, particules PM₁₀ ou PM_{2,5}, monoxyde de carbone, BTX. Ces stations sont reliées au poste central d'Air Pays de la Loire où les données sont traitées et servent le cas échéant à activer les procédures d'information et d'alerte.



les laboratoires mobiles

La région des Pays de la Loire est dotée de deux laboratoires mobiles de surveillance de la qualité de l'air. Ces systèmes, équipés d'analyseurs spécifiques (NO_x, SO₂, O₃, PM₁₀, CO) comme les sites fixes, permettent d'établir un diagnostic de la qualité de l'air dans des secteurs non couverts par le réseau permanent. Les applications sont diverses : impact industriel ou urbain, validation de futurs sites fixes, communication...



les préleveurs de particules

Ces systèmes sont le plus souvent utilisés pour la mesure des "nouveaux polluants" (métaux lourds, pesticides et HAP) avec un prélèvement à la journée ou à la semaine. À la différence des analyseurs spécifiques, l'analyse est réalisée en différé en laboratoire.

modélisation



modélisation de la pollution de fond et industrielle : ADMS

ADMS est un système de modélisation qui permet de simuler la pollution provenant de sources urbaines (trafic automobile, chauffage,...) et des sources fixes (établissements industriels). Ce système nécessite la connaissance de paramètres géophysiques (relief, occupation des sols,...), de la météorologie et des émissions. ADMS est utilisé pour la production de cartographies ou bien pour évaluer des scénarii.

annexe 3 : types des sites de mesure

Les sites de mesure sont localisés selon des objectifs précis de surveillance de la qualité de l'air, définis au plan national.



sites industriels

Les sites industriels sont localisés de façon à être soumis aux rejets atmosphériques des établissements industriels ; ils caractérisent la pollution maximale due à ces sources fixes.

annexe 4 : polluants

les particules (ou poussières)

Les particules ou poussières constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique (fumées). Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverses et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux lourds ou des hydrocarbures. De diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀), elles restent plutôt en suspension dans l'air. Supérieures à 10 µm, elles se déposent, plus ou moins vite, au voisinage de leurs sources d'émission. Les particules plus fines, appelées PM_{2,5} (diamètre inférieur à 2,5 µm) pénètrent plus profondément dans les poumons. Celles-ci peuvent rester en suspension pendant des jours, voire pendant plusieurs semaines et parcourir de longues distances.

l'ammoniac (NH₃)

Résultant de la dégradation de l'urée animale, l'ammoniac est un gaz produit essentiellement par les activités d'élevage. Très soluble dans l'eau, il se transforme rapidement en ammonium et forme différents sels (sulfate d'ammonium, nitrate d'ammonium,...). Ce gaz a une action irritante sur les muqueuses de l'organisme. Il participe également à la dégradation de la qualité des eaux, en provoquant l'appauvrissement de leur teneur en oxygène (lacs et étangs en particulier) et en favorisant la prolifération des algues.

annexe 5 : seuils de qualité de l'air 2007

| TYPE DE SEUIL (µg/m ³) | DONNÉE DE BASE | POLLUANT | | | | | | | |
|---|---|---|--|---|---|---|---|--|--|
| | | Ozone décrets 2002-213 du 15/02/02, 2003-1085 du 12/11/03 et 2007-1479 du 12/10/07 | Dioxyde d'azote décret 2002-213 du 15/02/02 | Oxydes d'azote décret 2002-213 du 15/02/02 | Poussières (PM10) décret 2002-213 du 15/02/02 et circulaire du 12/10/07 | Plomb décret 2002-213 du 15/02/02 et 2007-1479 du 12/10/07 | Benzène décret 2002-213 du 15/02/02 | Monoxyde de carbone décret 2002-213 du 15/02/02 | Dioxyde de soufre décret 2002-213 du 15/02/02 |
| valeurs limites | moyenne annuelle | - | 40 ⁽¹⁾ | 30 ⁽²⁾ | 40 | 0,5 | 5 ⁽³⁾ | - | 20 ⁽⁴⁾ |
| | moyenne hivernale | - | - | - | - | - | - | - | 20 ⁽⁴⁾ |
| | moyenne journalière | - | - | - | 50 ⁽⁵⁾ | - | - | - | 125 ⁽⁶⁾ |
| | moyenne 8-horaire maximale du jour | - | - | - | - | - | - | 10 000 | - |
| | moyenne horaire | - | 200 ⁽⁷⁾ 200 ⁽⁸⁾ | - | - | - | - | - | 350 ⁽⁹⁾ |
| seuils d'alerte | moyenne horaire | 1 ^{er} seuil : 240 ⁽¹⁰⁾ 2 ^e seuil : 300 ⁽¹⁰⁾ 3 ^e seuil : 360 | 400 200 ⁽¹¹⁾ | - | - | - | - | - | 500 ⁽¹⁰⁾ |
| | moyenne 24-horaire | - | - | - | 125 | - | - | - | - |
| seuils de recommandation et d'information | moyenne horaire | 180 | 200 | - | - | - | - | - | 300 |
| | moyenne 24-horaire | - | - | - | 80 | - | - | - | - |
| objectifs de qualité | moyenne annuelle | - | 40 | - | 30 | 0,25 | 2 | - | 50 |
| | moyenne journalière | 65 ⁽¹²⁾ | - | - | - | - | - | - | - |
| | moyenne 8-horaire maximale du jour | 120 | - | - | - | - | - | - | - |
| | moyenne horaire | 200 ⁽¹²⁾ | - | - | - | - | - | - | - |
| | AOT 40 | 6000 ⁽¹²⁾ | - | - | - | - | - | - | - |

(1) valeur applicable à compter du 01/01/2010 (marge de tolérance applicable en 2007 : 6)

(2) pour la protection de la végétation

(3) valeur applicable à compter du 01/01/2010 (marge de tolérance applicable en 2007 : 3)

(4) pour la protection des écosystèmes

(5) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90,4 annuel)

(6) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)

(7) à ne pas dépasser plus de 175h par an (percentile 98 annuel) – valeur applicable jusqu'au 31/12/2009

(8) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,8 annuel) – valeur applicable à compter du 01/01/2010 (marge de tolérance applicable en 2007 : 30)

(9) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,7 annuel)

(10) à ne pas dépasser plus de 3h consécutives

(11) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain

(12) pour la protection de la végétation : calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

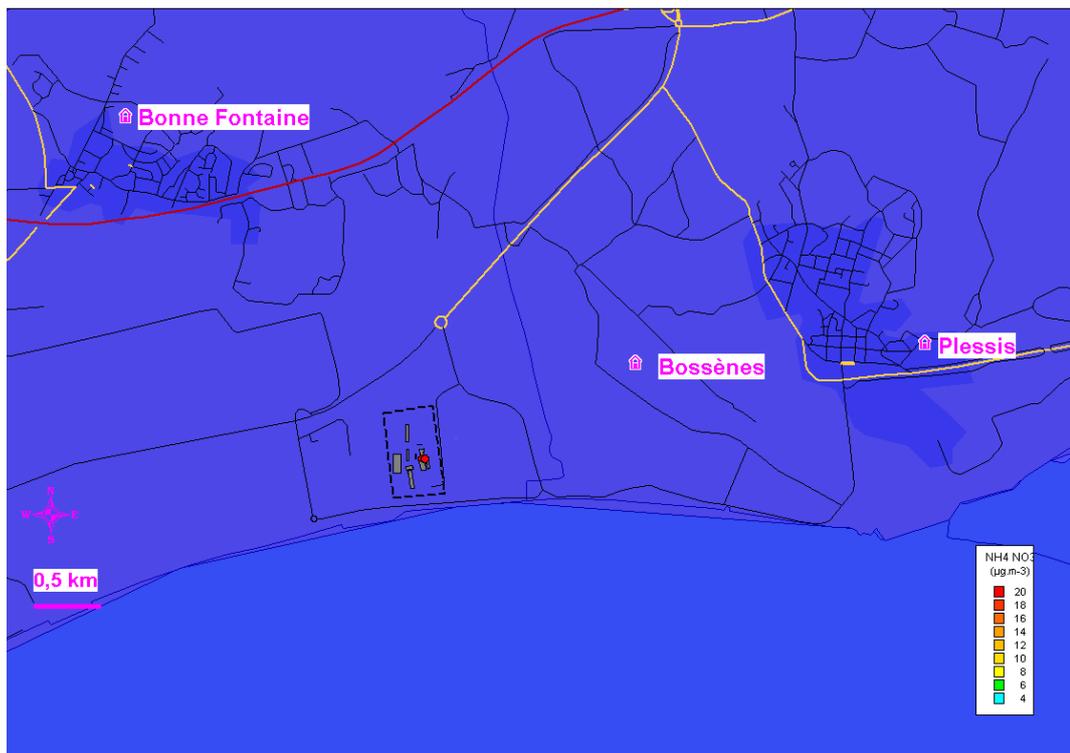
annexe 6 : influence du bâti

Afin de mesurer l'influence de la prise en compte des bâtiments à proximité des sources, des simulations ont été réalisées sans modélisation du bâti.

Les trois scénarii d'émission de la tour de prilling ont été simulés avec et sans la prise en compte des bâtiments pour les poussières submicroniques qui conduisent à une surface de retombées plus larges.

Les cartes ci-dessous correspondent aux moyennes annuelles.

Scénario n°1 : respect de l'arrêté préfectoral



Carte 36 : concentrations moyennes annuelles 2007 de PM1 avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral sans bâti.



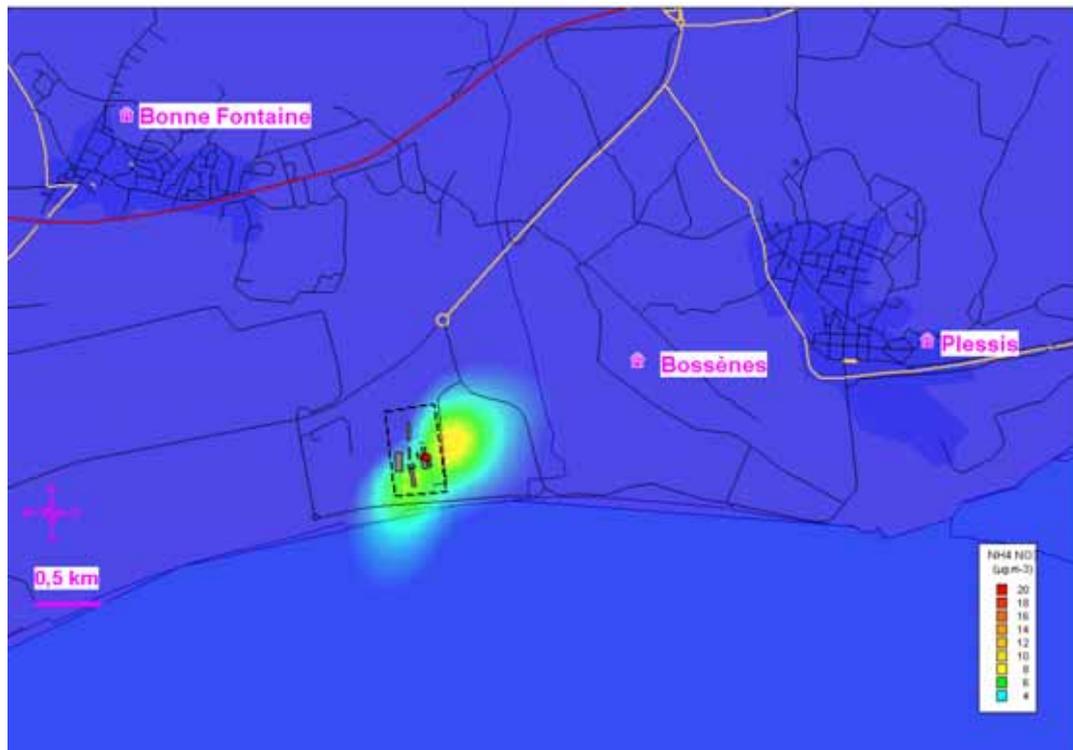
Carte 37 : concentrations moyennes annuelles 2007 de PM₁ avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral avec bâti.

Dans le cas d'un taux d'émission de la tour de prilling respectant l'arrêté préfectoral, l'impact chronique de la tour de prilling est imperceptible sans modélisation du bâti.

Scénario n°2 : émissions réelles



Carte 38 : concentrations moyennes annuelles 2007 de PM1 avec le scénario d'émissions actuelles sans bâti.



Carte 39 : concentrations moyennes annuelles 2007 de PM1 avec le scénario d'émissions actuelles avec bâti.

Dans la situation actuelle d'émission, la zone d'impact de la tour de prilling est beaucoup plus marquée avec la prise en compte des bâtiments. Les concentrations annuelles atteignent $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ alors qu'elles ne dépassent pas les $6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sans prise en compte du bâti.

Scénario n°3 : doublement du taux d'émission réel



Carte 40 : concentrations moyennes annuelles 2007 de PM1 avec le scénario de doublement des émissions actuelles sans bâti.



Carte 41 : concentrations moyennes annuelles 2007 de PM1 avec le scénario de doublement des émissions actuelles avec bâti.

L'analyse de ces résultats de simulation montre que la prise en compte des bâtiments se trouvant dans l'environnement proche des sources a pour effet une élévation du panache et une dispersion plus étendue des poussières.

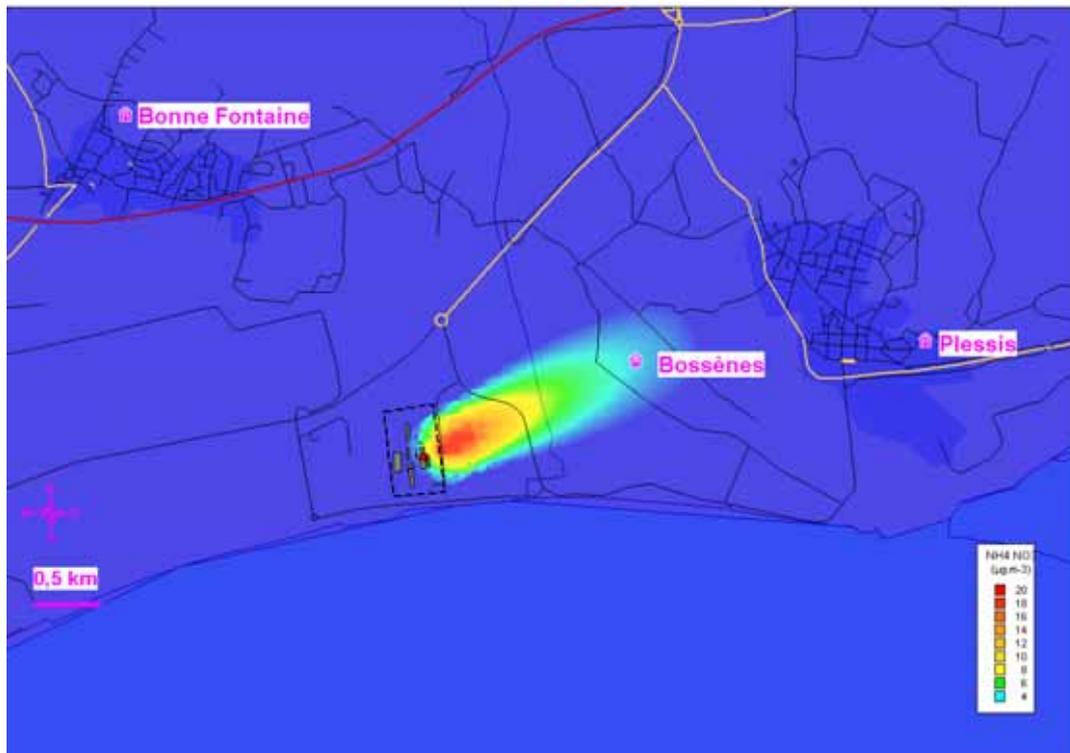
En effet, la présence d'un bâtiment, suivant sa localisation et ses dimensions par rapport aux sources, perturbe l'écoulement, notamment en générant des zones de recirculation en aval du bâtiment, dans la direction du vent. Ces zones ont pour effet de rabattre les panaches vers le sol, et donc d'augmenter les concentrations au niveau du sol.

annexe 7 : épisodes complémentaires

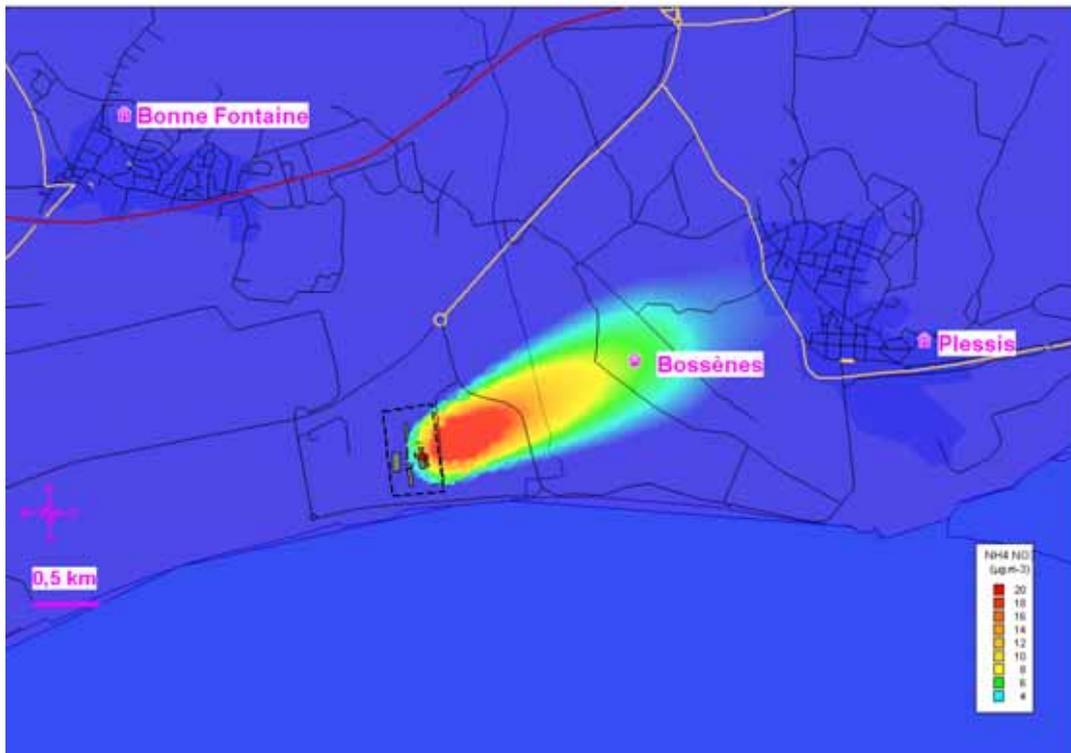
retombées submicroniques issues de la tour de prilling

flux de sud-ouest du 6 décembre 2007

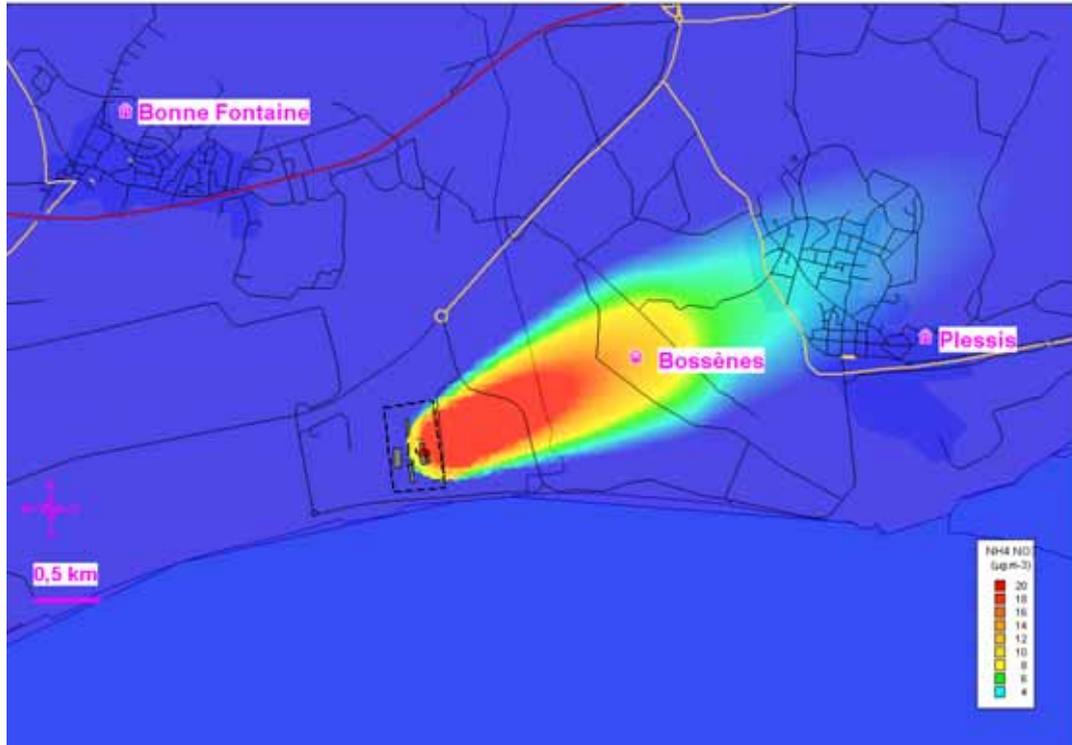
La journée du 6 décembre 2007 présente le même profil que le 8 mai avec des vents de sud-ouest dominants. La zone d'impact des retombées de poussières fines s'étend sur une bande en direction du nord-est par rapport à la tour de prilling.



Carte 42 : concentrations journalières de PM10 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 6 décembre 2007.



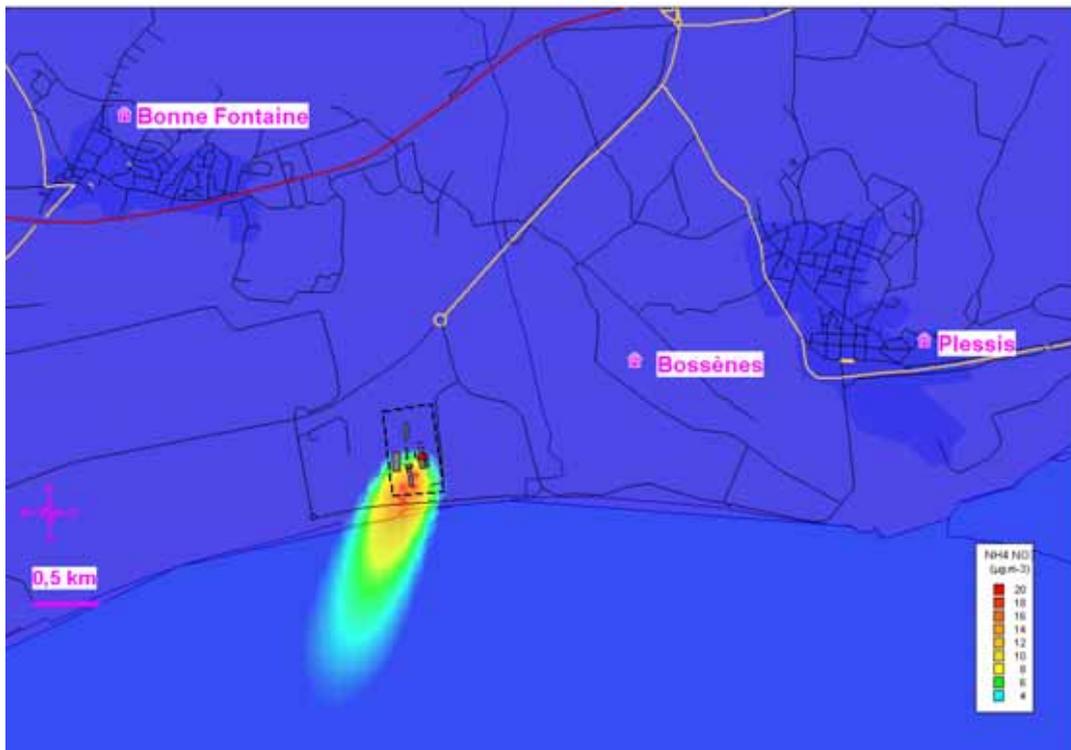
Carte 43 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles le 6 décembre 2007.



Carte 44 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 6 décembre 2007.

flux de nord-nord-est du 29 août 2007

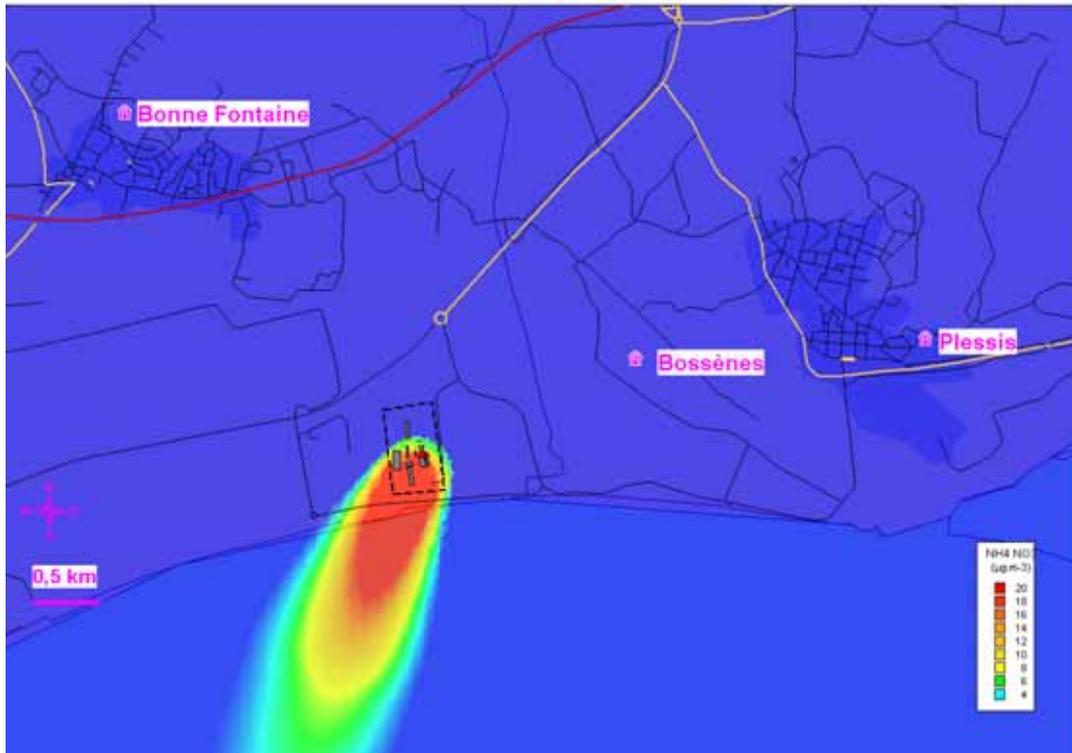
Le 29 août 2007 présente le même profil que le 20 mai avec des vents de nord-nord-est sur la moitié de la journée mais ils sont plus forts. La zone d'impact des retombées de poussières fines s'étend sur une bande en direction du sud-ouest par rapport à la tour de prilling plus étendue que le 20 mai 2007.



Carte 45 : concentrations journalières de PM10 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 29 août 2007.



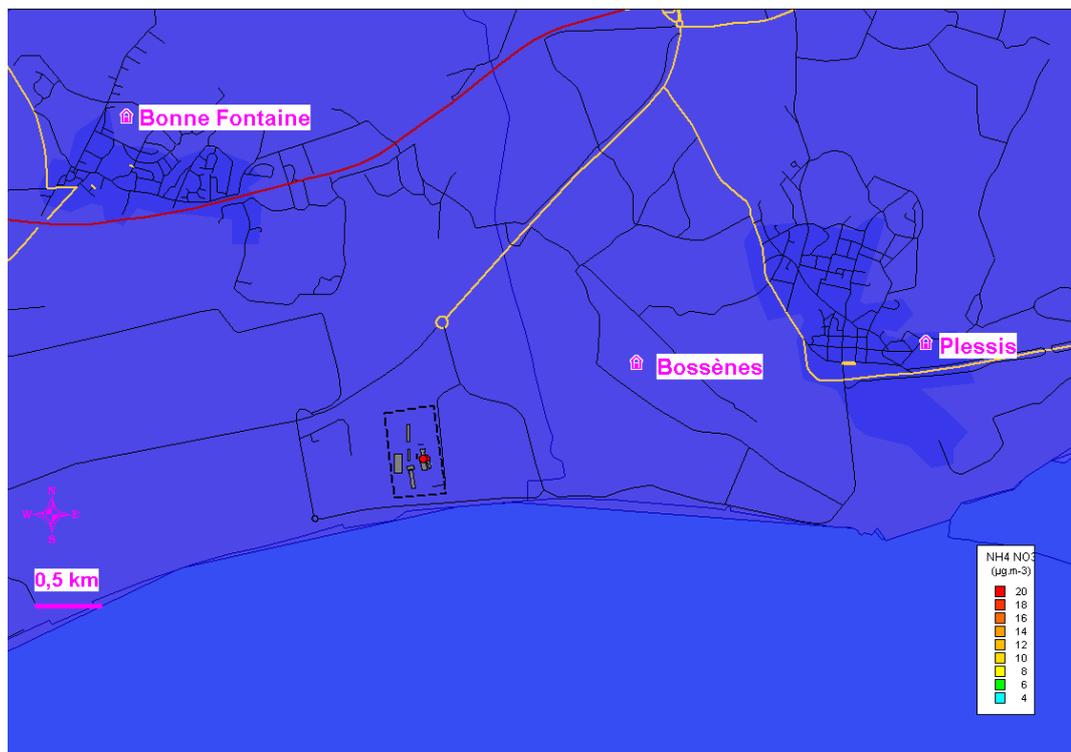
Carte 46 : concentrations journalières de PM10 en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles le 29 août 2007.



Carte 47 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 29 août 2007.

épisodes de vents non établis du 28 janvier 2007

Le 28 janvier 2007 présente le même profil que le 7 juillet 2007 avec des vents non établis mais de vitesse encore plus faible ($0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en moyenne sur la journée). Des zones de retombées de poussières issues de la tour de prilling n'apparaissent que dans le scénario d'émission doublée par rapport à la situation actuelle.



Carte 48 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 28 janvier 2007.



Carte 49 : concentrations journalières de PM_{10} en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles le 28 janvier 2007.

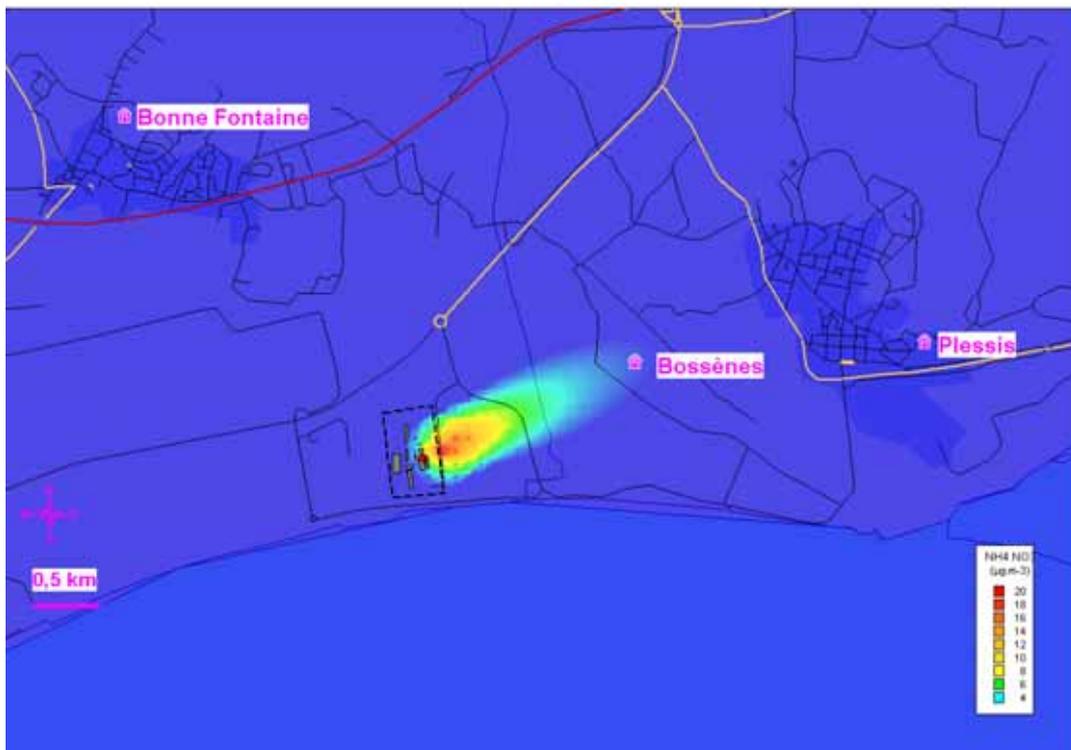


Carte 50 : concentrations journalières de PM_{10} en provenance de la tour de prilling avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 28 janvier 2007.

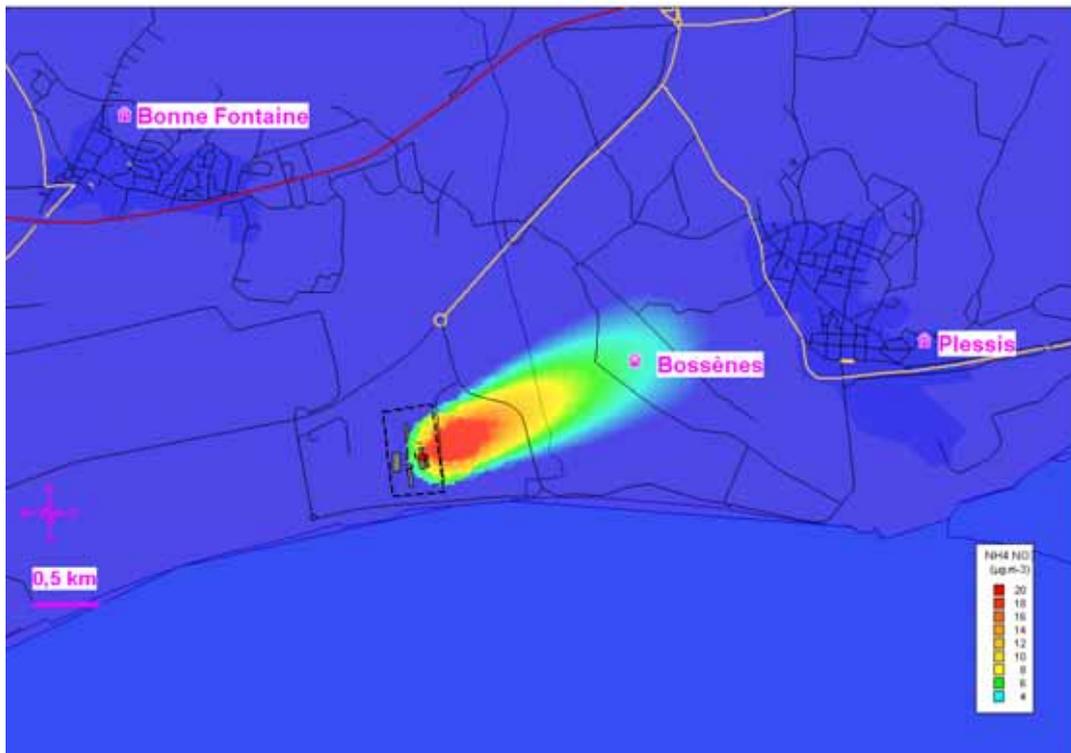
retombées de poussières totales issues de la sortie du grossisseur flux de sud-ouest du 6 décembre 2007



Carte 51 : concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 6 décembre 2007.



Carte 52 : concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario d'émissions actuelles le 6 décembre 2007.



Carte 53 : concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 6 décembre 2007.

flux de nord-nord-est : 29 août 2007



Carte 54 : concentrations horaires 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 29 août 2007.



Carte 55 : concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario d'émissions actuelles le 29 août 2007.

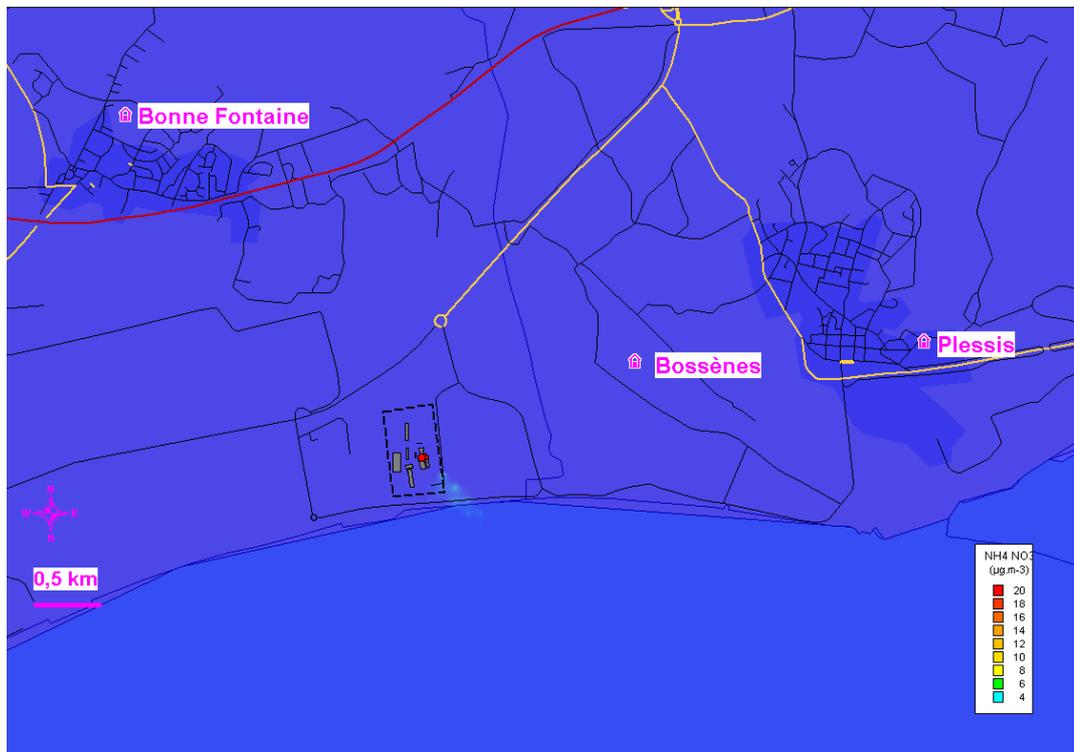


Carte 56 : concentrations journalières 2007 de TSP en provenance du grossisseur avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 29 août 2007.

épisodes de vents non établis du 28 janvier 2007



Carte 57 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de respect de l'arrêté préfectoral le 28 janvier 2007.



Carte 58 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario d'émissions actuelles le 28 janvier 2007.



Carte 59 : concentrations journalières de PM1 en provenance de la tour de prilling avec le scénario de doublement des émissions actuelles le 28 janvier 2007.

bibliographie

- [1] Aymoz G. & Bessagnet B., Les épisodes de PM₁₀ en France durant le printemps 2007, 07/2007, LCSQA
- [2] Détermination de NO_x et des poussières d'engrais dans l'environnement de Montoir-de-Bretagne, 1980, INSERM U 57 Allée Camille Soula - 31320 VIGOULET AUZIL
- [3] Winne E., *Montoir: Emission measurements Fattening Unit – Dust Particle Size Distribution, 2006*, YARA Technology Center.

glossaire

abréviations

| | |
|-------------------|---|
| Aasqa | Association agréée de surveillance de la qualité de l'air |
| EMEP | European Monitoring and Evaluation Programme |
| LCSQA | Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air |
| NGF | Niveau Général Français |
| PM ₁₀ | particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm |
| PM _{2,5} | particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm |
| PM ₁ | particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 1 µm |
| TSP | Total Suspended Particules : particules totales |
| µg | microgramme (= 1 millionième de gramme) |

définitions

percentile x niveau de pollution respecté par x % des données de la série statistique considérée

précisions sur les calculs statistiques

Sauf indication contraire, les données de base utilisées dans les calculs statistiques sont bimensuelles pour les BTX, journalières pour les fumées noires et horaires pour les autres paramètres mesurés. Les calculs statistiques annuels sont validés seulement si au moins 75% des données sont valides sur l'année et s'il n'existe aucune période sans donnée de plus de 720 heures consécutives dans l'année. Pour le calcul de l'AOT₄₀, 90% de données valides sont exigées. Les mesures indicatives sont considérées comme représentatives si l'air est prélevé pendant au moins 14 % de l'année (sauf pour l'ozone : plus de 10 % sur l'été et les dépôts totaux en HAP : 33 % de l'année).

airpays de la loire

7, allée Pierre de Fermat – CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3

Tél + 33 (0)2 28 22 02 02

Fax + 33 (0)2 40 68 95 29

contact@airpl.org

