Qualité de l'air

Etudes

AIRFOBEP

FÉVRIER 2003

PREVISION STATISTIQUE DES EPISODES DE POLLUTION PAR L'OZONE

Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air de la Région de l'Etang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône
Route de la Vierge - 13 500 Martigues - Tel. 04 42 13 01 20 - Fax. 04 42 13 01 29
Site internet: www.airfobep.org - e-mail : airfobep@airfobep.org
Serveur vocal 04 42 49 35 35 (selon tarification téléphonique en vigueur)

TABLE DES MATIERES

1 INTRODUCTION ---- 4
1.1 Période considérée par l'étude ---- 4
1.2 Evènements ---- 4
1.3 ETUDE DES PARAMETRES ---- 4
1.3.1 Paramètres testés ---- 5
1.3.2 Paramètres retenus ---- 5
2 MISE EN PLACE DES MODELES DE PREVISION ---- 6
2.1 Méthodologie ---- 6
2.2 MODELE DE PREVISION J+1 EN DEBUT D'APRES-MIDI ---- 6
2.2.1 Modèle de prevision pour le seuil 180 µg/m_3 ---- 6
2.2.1.1 GRAPHIQUES OBTENUS ---- 7
2.2.1.2 SEUILS TESTES ---- 9
2.2.1.3 SEUILS RETENUS ---- 9
2.2.1.3.1 CALCUL D'ALPHA ET BETA ---- 9
2.2.1.3.2 RESULTATS ---- 10
2.2.1.3.3 TYPOLOGIE DES DIRECTIONS DE VENT ---- 10
2.2.2 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL DE 240µg/m3 ---- 11
2.2.2.1 GRAPHIQUES OBTENUS ---- 11
2.2.2.2 SEUILS TESTES ---- 14
2.2.2.3 SEUILS RETENUS ---- 14
2.2.3 CONSTITUTION D'UNE GRILLE DE DECISION ---- 15
2.2.3.1 PRINCIPE ---- 15
2.2.3.2 ANALYSE DU TAUX DE BONNES PREVISIONS ---- 15
2.2.3.3 FONCTIONNEMENT DU MODELE ---- 18
2.3 MODELE DE PREVISION POUR J+1 EN FIN D'APRES-MIDI ---- 20
2.3.1 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL 180µg/m_3 ---- 20
2.3.1.1 Graphiques obtenus ---- 21
2.3.1.2 Seuils testés ---- 22
2.3.1.3 SEUILS RETENUS ---- 22
2.3.2 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL >= 240µg/m_3 ---- 23
2.3.2.1 Graphiques obtenus ---- 23
2.3.2.2 Seuils testés ---- 24
2.3.2.3 Seuils RETENUS ---- 24
2.3.3 GRILLE DE DECISION ---- 24
2.3.3.1 Analyse du taux de bonnes prévisions ---- 25
2.3.3.2 FONCTIONNEMENT DU MODELE ---- 26
2.4 MODELE DE PREVISION POUR J+2 ---- 28
2.4.1 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL 180 µg/m_3 ---- 28
2.4.1.1 SEUILS TESTES ---- 29
2.4.1.2 SEUILS RETENUS ---- 29
2.4.2 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL 240µg/m_3 ---- 30
2.4.2.1 SEUILS TESTES ---- 30
2.4.2.2 SEUILS RETENUS ---- 30
2.4.3 GRILLE DE DECISION ---- 31
2.4.3.1 ANALYSE DU TAUX DE BONNES PREVISIONS ---- 31
2.4.3.2 FONCTIONNEMENT DU MODELE ---- 32
3 MODELES DE PREVISION DEFINITIFS POUR LA PREVISION DE L'ETE 2003 ---- 34
3.1 Prévisions de MétéoFrance ---- 34
3.1.1 Heures de prévisions établies par Météo France ---- 34
3.1.2 Fichiers envoyés par Météofrance ---- 35
3.2 Modèle de prévision J+1 en début d'après-midi ---- 35
3.2.1 Seuils testés ---- 35
3.2.1.1 Prévision supérieure à 180 µg/m_3 ---- 35
3.2.1.2 Prévision supérieure à 240 µg/m_3 ---- 36
3.2.2 Seuils retenus ---- 36
3.2.2.1 Prévision supérieure à 180 µg/m_3 ---- 36
3.2.2.2 Prévision supérieure à 240 µg/m_3 ---- 36

3.3 Modèles de prévisions J+1 en fin d'après-midi ---- 36
3.3.1 Seuils testés ---- 36
3.3.1.1 Prévision supérieure à 180 µg/m_3 ---- 37
3.3.1.2 Prévision supérieure à 240 µg/m_3 ---- 37
3.3.2 Seuils retenus ---- 37
3.3.2.1 Prévision supérieure à 180 µg/m_3 ---- 37
3.3.2.2 Prévision superieure à 240 µg/m_3 ---- 38
3.4 Modèles de prévisions J+2 ---- 38
3.4.1 Seuils testés ---- 38
3.4.1.1 Prevision supérieure à 180 µg/m_3 ---- 38
3.4.1.2 Prevision superieure à 240 µg/m_3 ---- 38
3.4.2 Seuils retenus ---- 39
3.4.2.1 Prevision supérieure à 180 µg/m_3 ---- 39
3.4.2.2 Prevision superieure à 240 µg/m_3 ---- 39
4 CONCLUSION ---- 39

DEVELOPPEMENT DE MODELES DE PREVISION DES EPISODES DE POLLUTION PAR L'OZONE (O_3)

1 INTRODUCTION

Dans le cadre des nouvelles procédures réglementaires d'alertes pour l'ozone (O_3), le département des Bouches-du-Rhône n'est plus divisé en trois zones mais étudié dans son ensemble. Aujourd'hui, ces procédures sont déclenchées quand au moins deux stations atteignent le seuil de 180 µg/m_3 mais on tend de plus en plus à ne considérer qu'une seule station.

1.1 PERIODE CONSIDEREE PAR L'ETUDE

Dans le but de prévoir la pollution par l'ozone pour le lendemain (J+1) pour le département des Bouches-du-Rhône, la démarche de l'étude consiste à analyser les données passées de quatre années pour la période estivale: du 01/05/2000 au 30/09/2003 inclus.

1.2 EVENEMENTS

Sur ces quatre années, on relève 1297 dépassements du seuil d'information- recommandation, fixé à 180 µg/m_3, répartis sur 159 jours.

Nombre de dépassements relevés
dans le département des Bouches-du-Rhône
entre le 01/05/2000 et le 30/09/2003

	Au moins 1 station	**Nombre de jours**	**Au moins 2 stations**	**Nombre de jours**
>=180 µg/m_3 Seuil d'information- recommandation	1297	159	1275	137
>= 240 µg/m_3 Seuil d'information renforcée	155	55	134	34
>=300 µg/m_3 Seuil d'alerte	17	11	10	4
>=360 µg/m_3 Seuil d'alerte	3	3	0	0

Que se passe-t-il les jours de dépassement ? quelles conditions sont réunies ? quels paramètres et comment influencent-ils ce phénomène ?

1.3 ETUDE DES PARAMETRES

Nous choisissons d'étudier des paramètres météorologiques et de pollution pour déterminer un modèle de prévision. Ces paramètres ne sont pas analysés au hasard. En effet, on sait déjà qu'une journée type de pollution par l'ozone en été rassemble les conditions suivantes :
- nuit avec vent faible
- belle journée chaude et ensoleillée
- brise de mer dans l'après-midi

Concernant les paramètres de pollution, on cherche à savoir si les taux d'O3 de la veille ont une influence sur le jour pollué ?

1.3.1 PARAMETRES TESTES

De nombreux paramètres sont testés pour identifier leur influence sur les jours de pollution. Ils sont listés ci-dessous en temps universel (H-2 par rapport à l'heure locale d'été):

- Température à 8h et 11h sur des stations locales
- Direction de vent à 10h, 11h, 12h, 15h, 20h sur des stations locales
- Vitesse du vent à 5h, 10h, 11h, 12h, 15h et 23h (la veille) sur des stations locales
- Stabilité atmosphérique : Température de la station La GATASSE à 8h – Température de la station de PORT DE BOUC à 8h
- Maximum d'O3 la veille sur des stations locales
- Maximum d'O3 la veille sur la station d'altitude Auribeau
- Maximum d'O3 la veille à 10h sur station locale
- Moyenne d'O3 la veille sur des stations locales
- Moyenne d'O3 la veille sur la station d'altitude Auribeau
- Taux d'O3 la veille à 8h, 10h et 11h sur des stations locales
- Taux d'O3 la veille à 8h, 10h et 11h sur le station d'altitude Auribeau

1.3.2 PARAMETRES RETENUS

Après analyse de chaque paramètre et en fonction des heures de prévisions météorologiques fournies par MétéoFrance, on décide d'établir trois modèles de prévision :

- Modèle de prévision pour J+1 en début d'après-midi
- Modèle de prévision pour J+1 en fin d'après-midi
- Modèle de prévision pour J+2

Chaque modèle repose sur les mêmes paramètres météorologiques. En revanche, deux d'entre eux prennent aussi en compte des paramètres de pollution. Les tableaux suivants présentent les paramètres retenus en fonction des modèles.

Modèle de prévision J+1 en début d'après-midi

Paramètres étudiés
Température à Marignane à 11h TU
Direction de vent à 11h TU
Vitesse du vent à 11h TU
Vitesse du vent à 23h TU la veille
Taux de concentration d'O3 à 11h TU à Auribeau
Taux de concentration d'O3 à 11h TU à Vitrolles

Pour ce modèle, on utilise les prévisions météorologiques et on relève les taux d'O3.

Modèle de prévision J+1 en fin d'après-midi

Paramètres étudiés
Température à Marignane à 11h TU
Direction du vent à Marignane à 11h TU
Vitesse du vent à Marignane à 11h TU
Vitesse du vent à Marignane à 23h TU la veille
Maximum d'O3 sur la journée à Auribeau
Maximum d'O3 à Vitrolles sur la journée

Pour ce modèle, on utilise toujours les données de MétéoFrance et on note le maximum observé jusqu'à l'heure de la prévision, le maximum apparaissant souvent dans l'après-midi.

Modèle de prévision pour J+2

Paramètres étudiés
Température à Marignane à 11h TU
Direction du vent à Marignane 11h TU
Vitesse du vent à Marignane à 11h TU
Vitesse du vent à Marignane à 23h TU la veille

Pour J+2, on utilise seulement les prévisions météorologiques puisqu'on ne connaît pas encore les taux d'O3 de la veille (J+1).

2 MISE EN PLACE DES MODELES DE PREVISION

2.1 METHODOLOGIE

Par une représentation graphique de chaque paramètre, des seuils sont déterminés. Par exemple, pour le paramètre de température, le graphique permet de déterminer à partir de quelle température il existe un risque de pollution.

Pour obtenir ces résultats, trois types de représentations sont proposés :
- L'histogramme des **distributions des évènements** : conditions réunies les jours de dépassement ;
- L'histogramme des **distributions des fausses alertes** : conditions réunies les jours de non dépassement ;
- La courbe des **fonctions de transfert pour les évènements** : conditions réunies cumulées les jours de dépassements. Pour le paramètre Direction du Vent, cette courbe n'est pas prise en compte car on ne recherche plus un seuil simple mais un seuil composé d'une borne de départ et d'une borne d'arrivée.

Les axes des ordonnées représentent pour chaque graphique le nombre de jours : pour les évènements, il s'agit du nombre de jour où au moins une station sur le département a enregistré un taux de pollution supérieur aux seuils de déclenchements de procédures ; pour les fausses alertes, ce sont les jours non pollués.

Pour faciliter la lecture du graphique et la comparaison entre les jours pollués et les jours non pollués, le nombre de jours est rapporté en pourcentage.

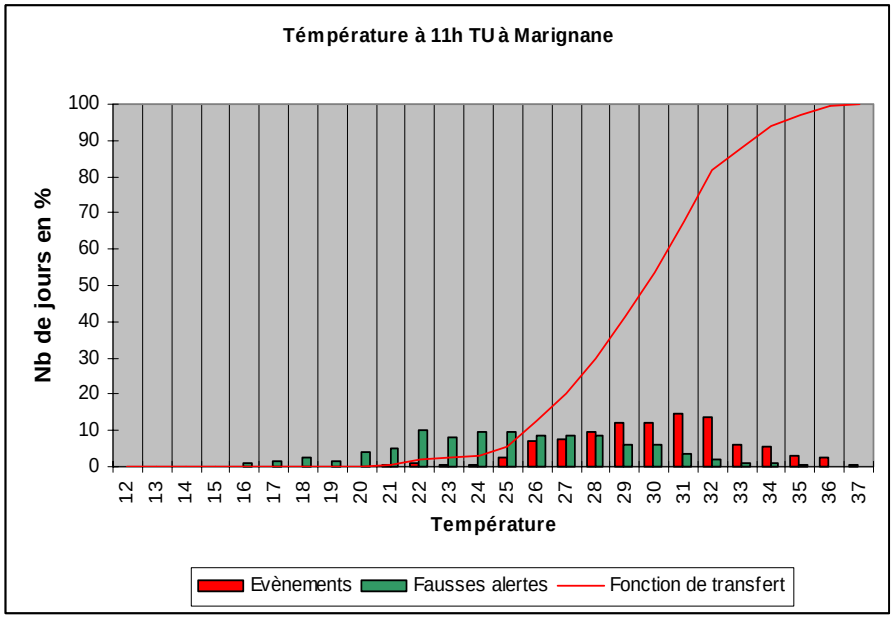
2.2 MODELE DE PREVISION J+1 EN DEBUT D'APRES-MIDI

Il va s'agir dans un premier temps d'étudier en détails les paramètres du modèle de prévision établi en début d'après-midi, vers 13h locale.

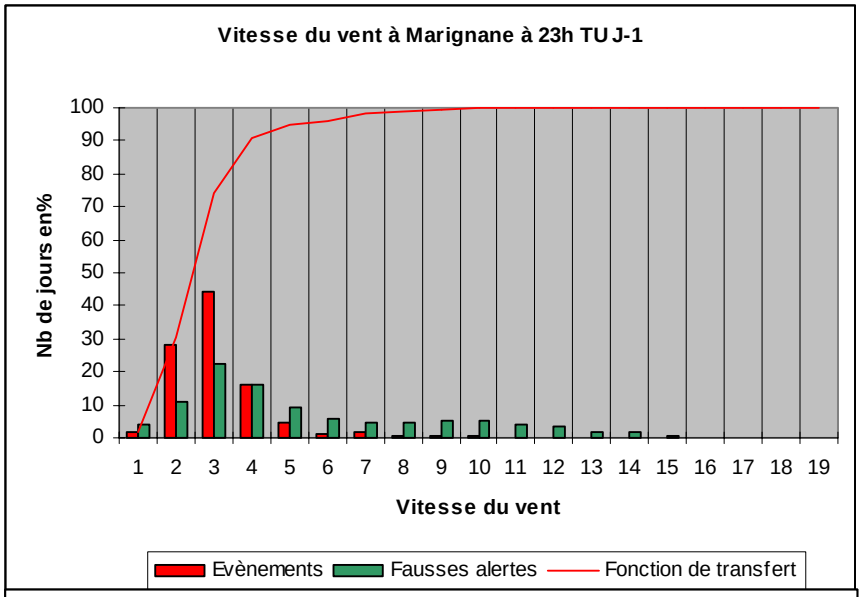
2.2.1 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL 180 µG/M_3

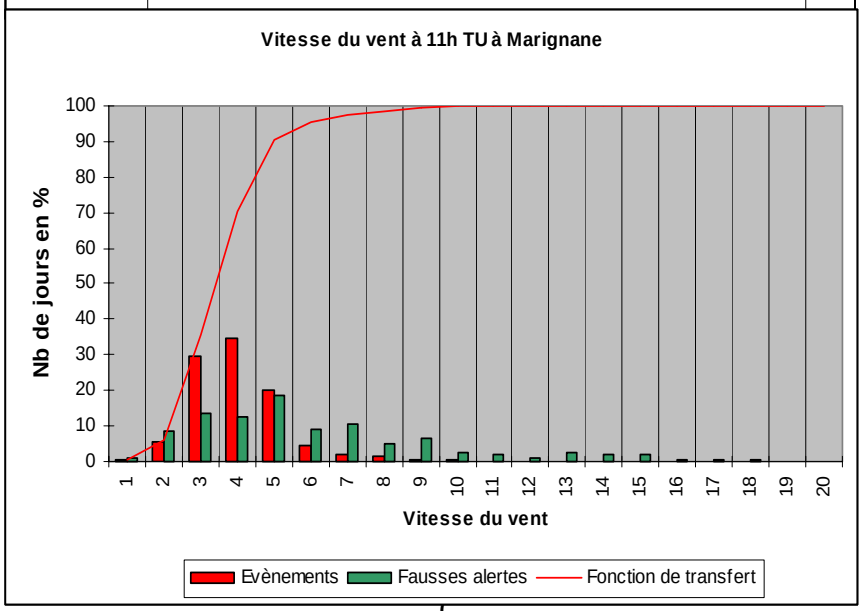
On s'intéresse tout d'abord au seuil d'information-recommandation, soit les jours où au moins une station a atteint 180 µg/m_3.

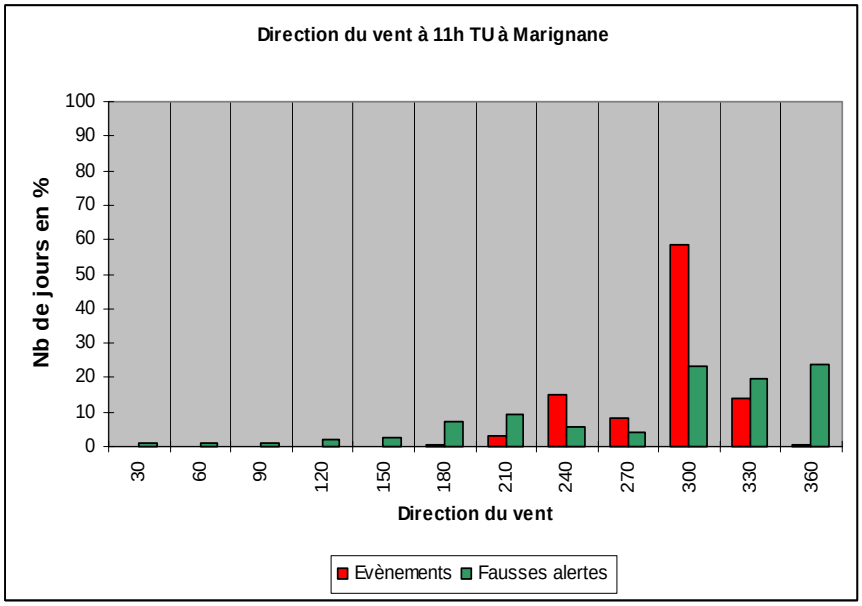
2.2.1.1 GRAPHIQUES OBTENUS

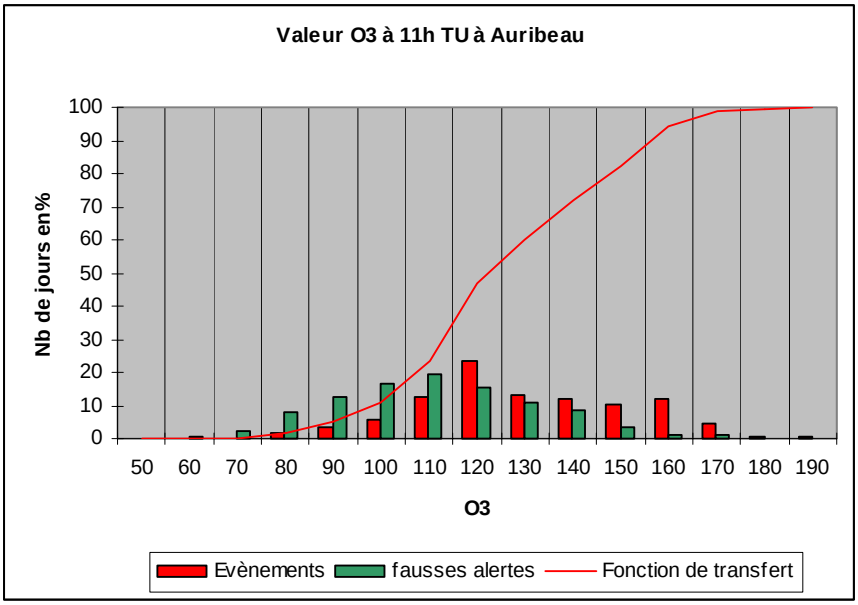


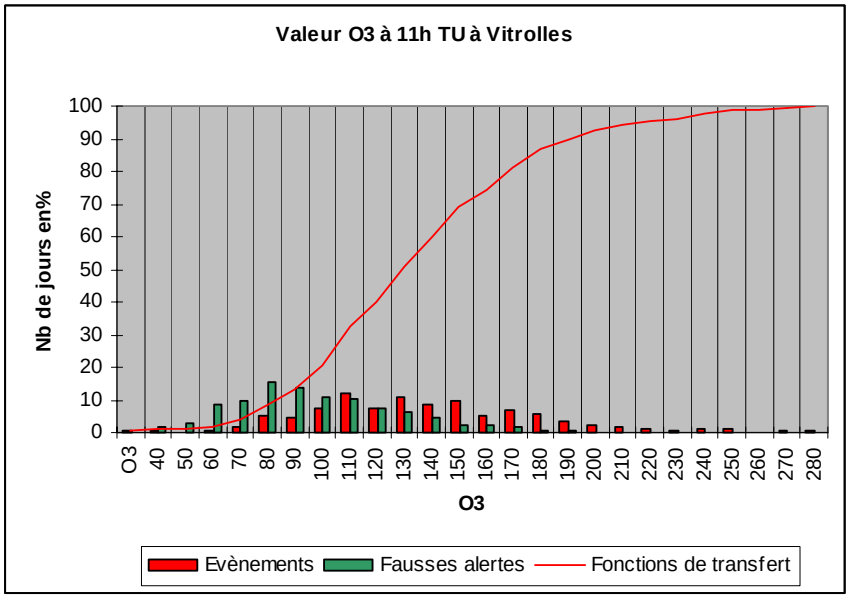
Lecture du graphique :
La courbe des évènements permet de dire que la température des jours pollués est supérieure à 20°. Les fausses alertes montrent que ce n'est pas non plus parce que la température est supérieure à 20° que le jour est forcément pollué.






Direction du vent à 11h TU à Marignane
Nb de jours en %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
Direction du vent
Evènements
Fausses alertes


Valeur O3 à 11h TU à Auribeau
Nb de jours en%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
O3
Evènements
fausses alertes
Fonction de transfert


Valeur O3 à 11h TU à Vitrolles
Nb de jours en%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
O3
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
O3
Evènements
Fausses alertes
Fonctions de transfert

2.2.1.2 SEUILS TESTES

Au regard des graphiques, les seuils suivants sont testés :

	T à 11h	DV à 11h	VV à 11h	VV à 23h J-1	O3 à 11h J- 1 AURB	O3 à 11h J-1 VITR
Seuils	>=23	>=210 et <=330	<=6	<=6	>=40	>=40
	>=24	>=210 et <=320	<=5	<=5	>=60	>=60
	>=25		<=4	<=4	>=80	>=80
	>=26		<=3	<=3	>=100	>=100
	>=27				>=120	>=120

2.2.1.3 SEUILS RETENUS

2.2.1.3.1 CALCUL D'ALPHA ET BETA

Une macro, construite sous EXCEL, sélectionne les jours répondant aux conditions de **chaque combinaison de seuils** et calcule un alpha et un bêta pour déterminer laquelle retenir pour le modèle. Que représentent alpha et bêta ?

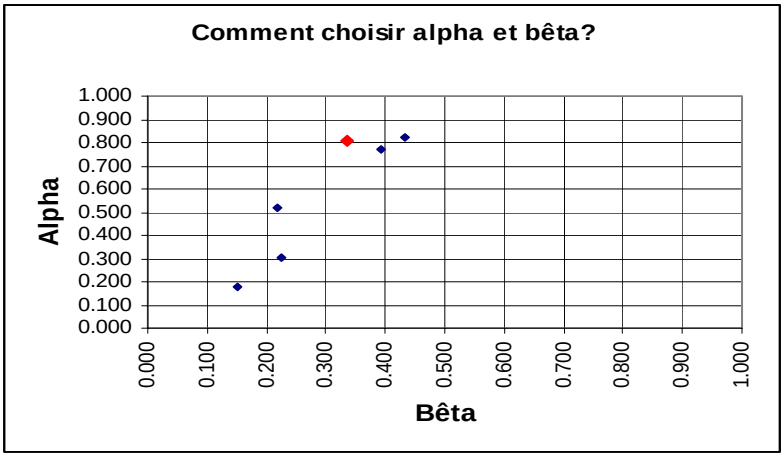
$$\textbf{Alpha} = \frac{\text{Nbre de jours pollués, prévus pollués}}{\text{Nbre de jours pollués en réalité}}$$

$$\textbf{Bêta} = \frac{\text{Nbre de jours prévus pollués, non pollués en réalité}}{\text{Nbre de jours prévus pollués}}$$

La meilleure combinaison de seuils est composé d'un alpha élevé tout en conservant un bêta assez faible. Le graphique ci-dessous présente un échantillon des résultats alpha et bêta.

	Seuils	**Seuils**	**Seuils**	**Seuils**	**Seuils**	**Seuils**
T MRGN 11h TU	>=23	>=24	>=25	>=23	**>=25**	>=23
DV 11h MRGN	>=210;<=330	>=210;<=320	>=210;<=320	>=210;<=330	**>=210;<=320**	>=210;<=330
VV 23h MRGNJ-1	<=3	<=3	<=3	<=5	**<=6**	<=6
VV MRGN 11h TU	<=3	<=3	<=4	<=5	**<=6**	<=6
O3 AURB J-1 11h TU	>=120	>=100	>=100	>=40	**>=80**	>=60
O3 VTRL J-1 11h TU	>=120	>=100	>=100	>=40	**>=60**	>=40
ALPHA	0.176	0.302	0.516	0.774	**0.805**	0.824
BETA	0.152	0.226	0.219	0.391	**0.337**	0.433

Le tableau ci-dessous présentent les différentes combinaisons de seuils correspondant aux alpha et bêta du graphique. Le point rouge correspond à l'optimum : alpha est élevé et bêta reste assez faible.



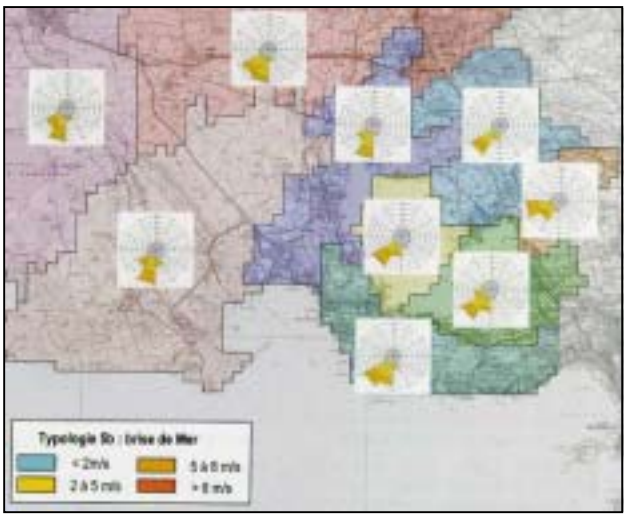
2.2.1.3.2 RESULTATS

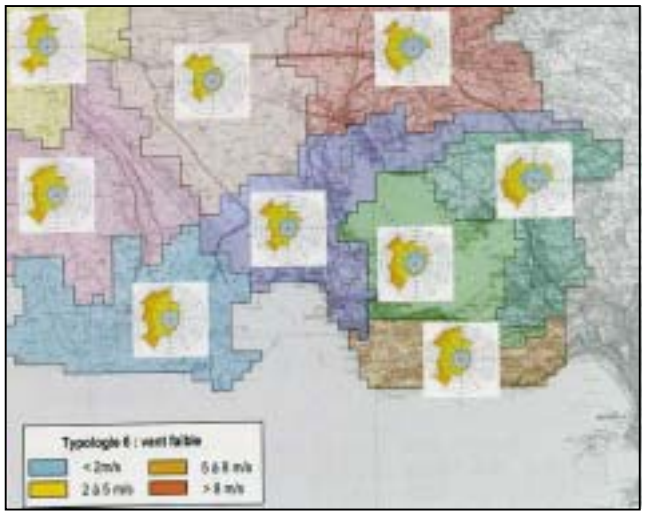
Nous retiendrons pour le modèle la combinaison de seuils de l'optimum d'alpha (**0.805**) et bêta (**0.337**) soit :

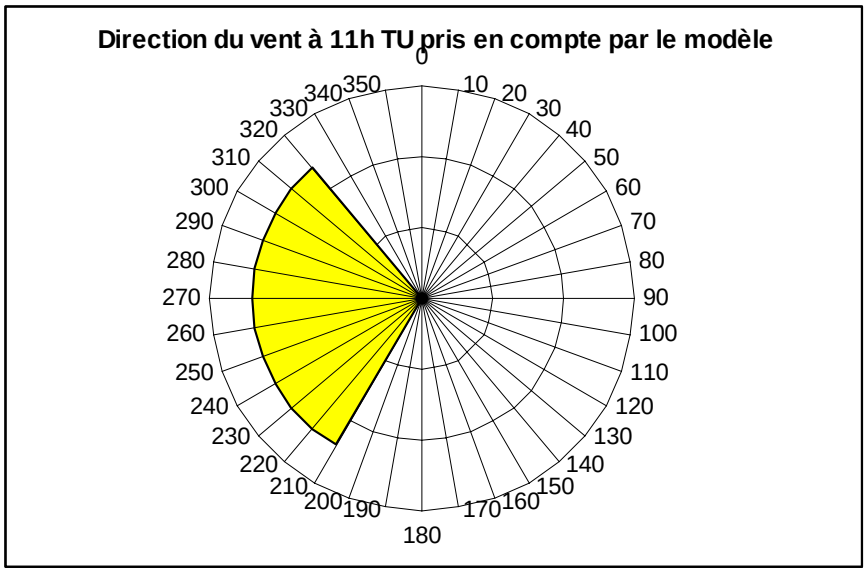
Température à 11h >=25°
Direction du vent à 11h >=210° et <=320°
Vitesse du vent à 11h <=6m/s
Vitesse du vent à 23h J-1 <=6m/s
Taux d'O3 à 11h J-1 à Auribeau >=80µg/m_3
Taux d'O3 à 11h J-1 à Vitrolles >=60µg/m_3

2.2.1.3.3 TYPOLOGIE DES DIRECTIONS DE VENT

La direction du vent pris en compte par le modèle est représentée ci-dessous : elle correspond à la brise de mer ou vents faibles (d'après la typologie établie par Numtech)



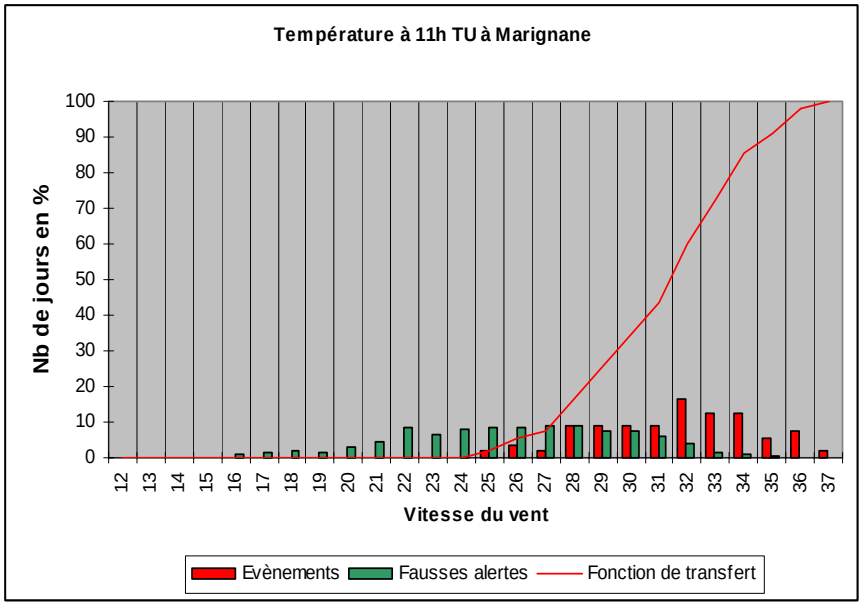


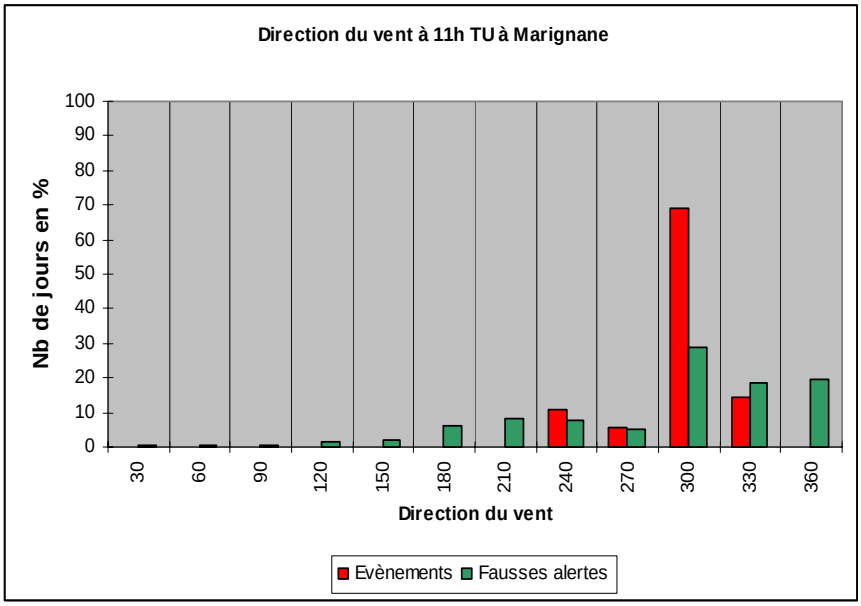


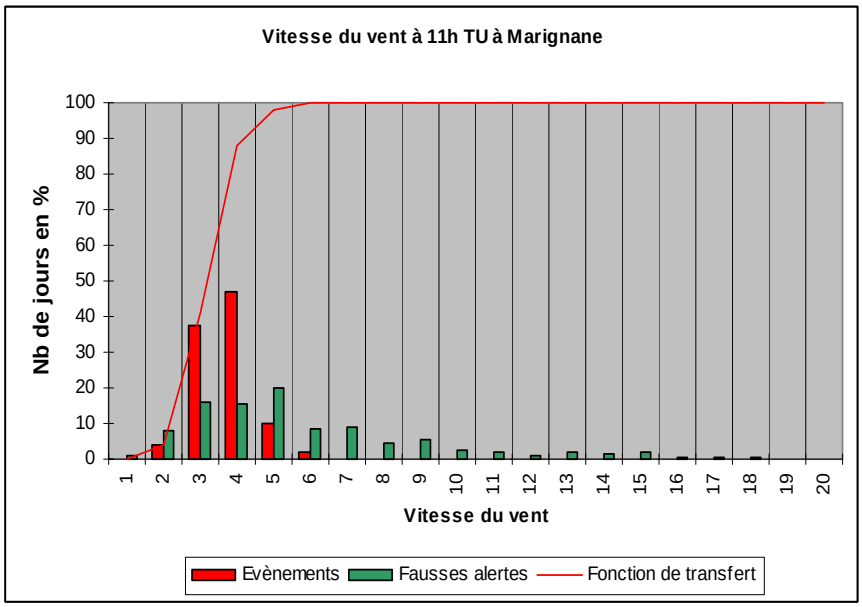
2.2.2 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL DE 240µG/M3

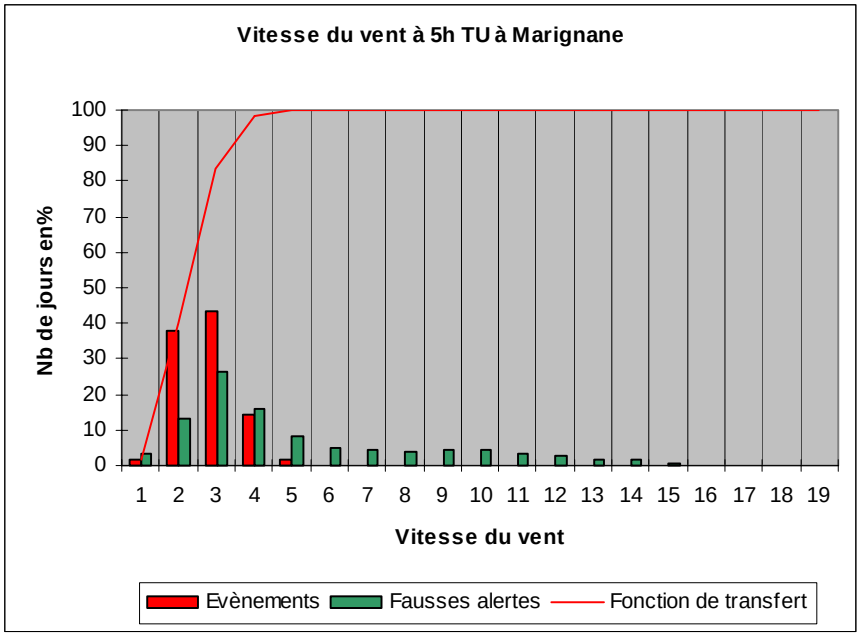
En suivant la même démarche, les jours de dépassement du seuil d'alerte 240µg/m_3 sont étudiés et un modèle est construit.

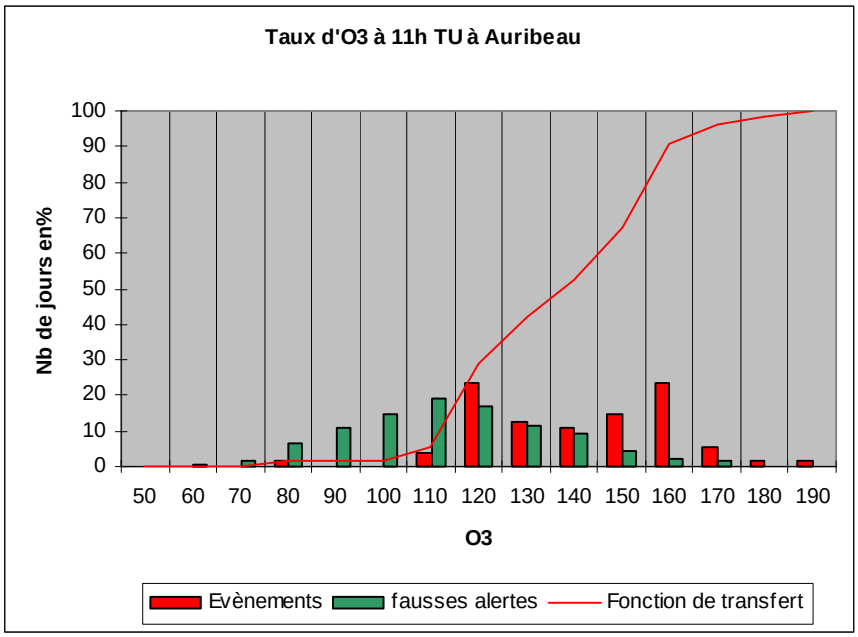
2.2.2.1 GRAPHIQUES OBTENUS

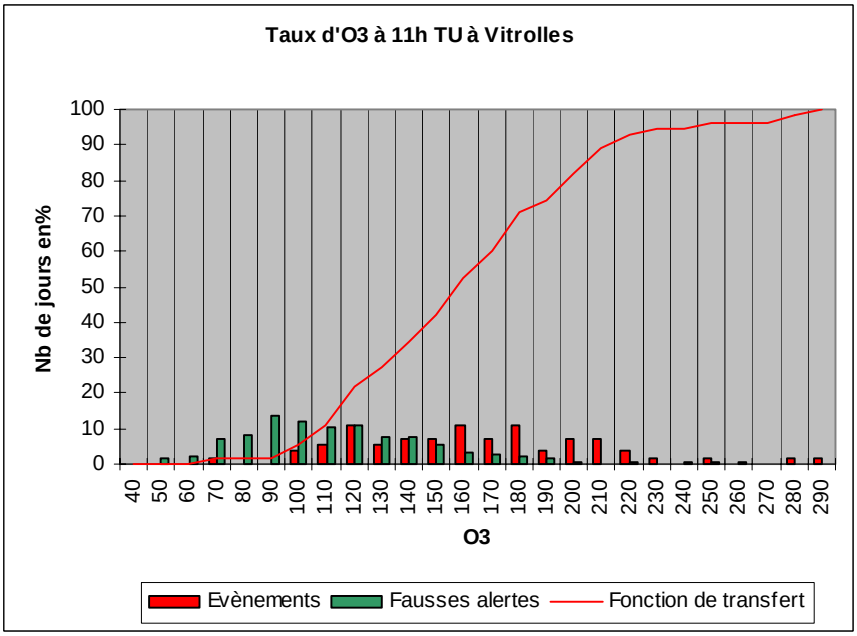



Direction du vent à 11h TU à Marignane
Nb de jours en %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
Direction du vent
Evènements
Fausses alertes


Vitesse du vent à 11h TU à Marignane
Nb de jours en %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
Vitesse du vent
Evènements
Fausses alertes
Fonction de transfert


Vitesse du vent à 5h TU à Marignane
Nb de jours en%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
Vitesse du vent
Evènements
Fausses alertes
Fonction de transfert


Taux d'O3 à 11h TU à Auribeau
Nb de jours en%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190
O3
Evènements
fausses alertes
Fonction de transfert


Taux d'O3 à 11h TU à Vitrolles
Nb de jours en%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290
O3
Evènements
Fausses alertes
Fonction de transfert

2.2.2.2 SEUILS TESTES

Plusieurs combinaisons sont testées afin d'identifier la meilleure.

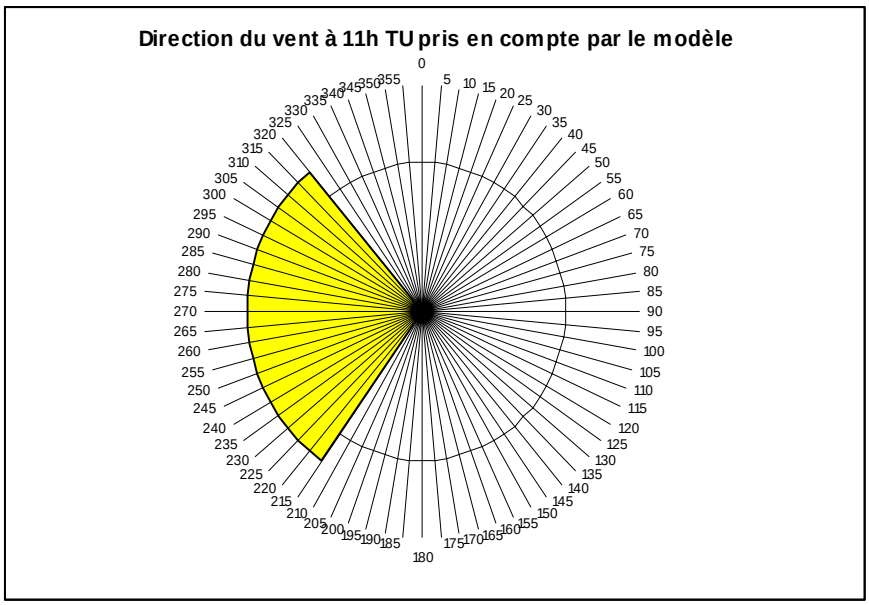
	T à 11h	DV à 11h	VV à 11h	VV à 23h J-1	O3 à 11h J-1 AURB	O3 à 11h J-1 VITR
Seuils	>=25	>=210 et <=320	<=6	<=6	>=40	>=40
	>=26	>=215 et <=320	<=5	<=5	>=60	>=60
	>=27		<=4	<=4	>=80	>=70
	>=28		<=3	<=3	>=90	>=80
	>=29				>=100	>=90
	>=30					>=100

2.2.2.3 SEUILS RETENUS

Nous retiendrons pour le modèle la combinaison de seuils correspondant **alpha = 0.745** et **bêta = 0.494** (optimum) soit :

Température à 11h >=27°
Direction du vent à 11h >= 215° et <= 320°
Vitesse du vent à 11h <= 4 m/s
Vitesse du vent à 23h la veille <= 3 m/s
O3 à 11h à Auribeau >=100 µg/m_3
O3 à 11h à Vitrolles >=100 µg/m_3

La direction des vents retenue par le modèle est présentée ci-dessous par une rose des vents. Là encore, on est toujours dans un régime de brise de mer ou de vents faibles.



2.2.3 CONSTITUTION D'UNE GRILLE DE DECISION

2.2.3.1 PRINCIPE

Grâce à une macro réalisée sous EXCEL prenant en compte les combinaisons de seuils retenues pour nos modèles, on pourra prévoir pour chaque nouveau jour son niveau de pollution :
- jour non pollué
- jour pollué >=180µg/m_3
- jour pollué >= 240µg/m_3

Imaginons à présent qu'un jour A, les paramètres soient très proches du modèle mais comme légèrement différents, l'alerte ne sera pas déclenchée. Or, il est probable que les seuils de pollution soient tout de même atteints. Ainsi, on cherche à préciser le modèle, autrement dit à constituer une grille de décision. Comment ?

On décide de considérer les données du jour A comme les seuils à prendre en compte par le modèle de prévision. Par exemple, si la température à 8h à Marignane est de 22°, le modèle de prévision ne prend plus en compte 20° (Température du modèle de prévision pour un dépassement du seuil 180 µg/m_3) mais 22°. Il fait de même pour les autres paramètres. Ensuite, une nouvelle macro calcule avec ces nouveaux seuils un taux de « bonnes prévisions » qui est égal au nombre de jours pollués prévus pollués divisé par le nombre de jours prévus pollués.

$$\text{Taux de bonnes prévisions} = \frac{\text{Nb de jours Pollués Prévus Pollués}}{\text{Nb de jours prévus pollués}}$$

Soit

$$\text{Tx BP} = \text{PPP/PP}$$

Dans notre base de données des quatre années, certains jours ont enregistré un taux supérieur à 300 µg/m_3 et 360 µg/$m_{3...}$ Trop peu de jours ont connu ces taux donc il n'est pas statistiquement correct de chercher à déterminer des seuils pour constituer un modèle de prévision. En revanche, l'étude du taux de bonnes prévisions permet de savoir si on a des chances de dépasser ces niveaux d'alertes.

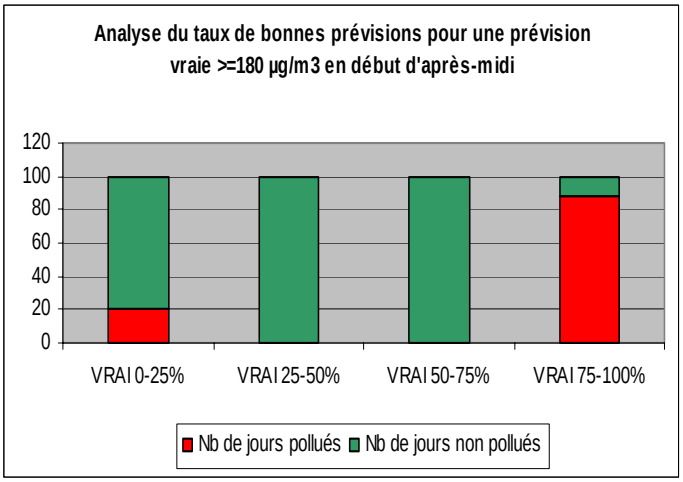
2.2.3.2 ANALYSE DU TAUX DE BONNES PREVISIONS

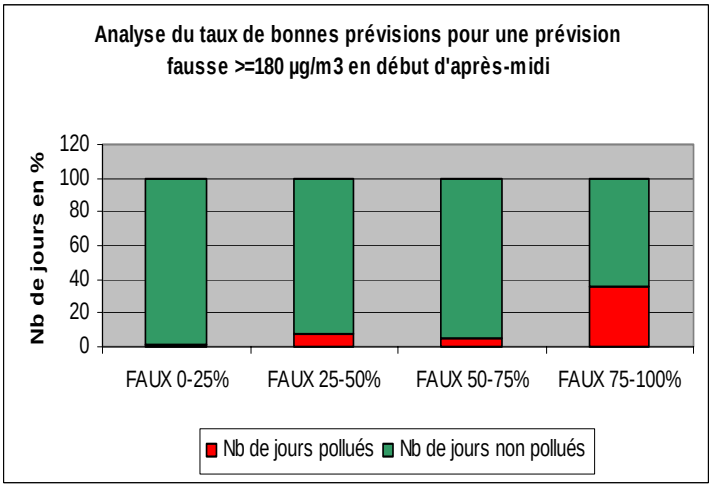
On cherche à savoir ce qu'il se passe en réalité quand le jour est prévu pollué (seuil 180µg/m_3 et seuil 240 µg/m_3) ou prévu non pollué (seuil 180 µg/m_3 et seuil 240 µg/m_3), combinés avec les différents taux de bonnes prévisions.

Exemple : catégorie de prévisions étudiée
J+1 prévu pollué >=240µg/m_3 + taux de bonnes prévisions >=0% et <=25%

Sur tous ces jours prévus pollués, combien en réalité ont été pollués et combien ne l'ont pas été ? On choisit d'étudier les taux de bonnes prévisions de 25% en 25% soit 4 classes de taux au total. Les graphiques détaillent les résultats de l'analyse.

ANALYSE DU TBP POUR LE SEUIL DE 180 µg/m_3



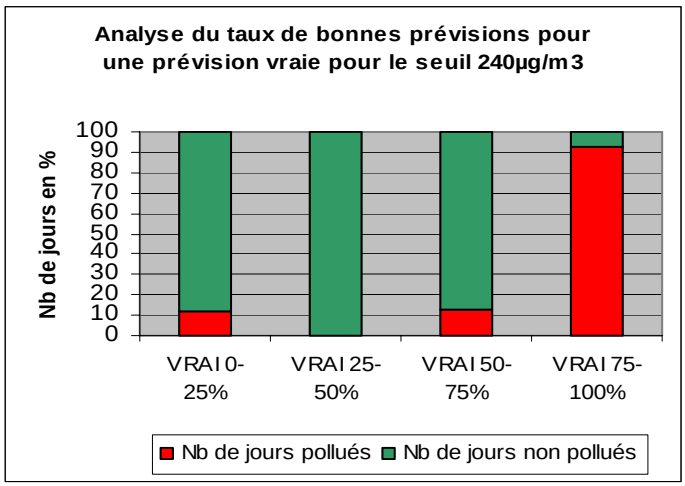


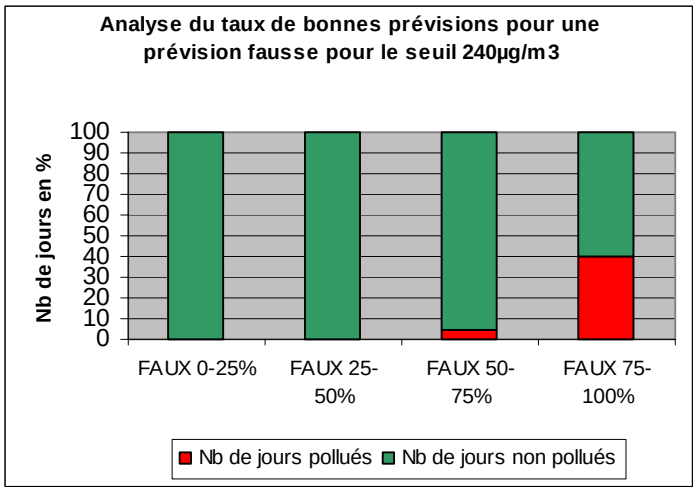
Lecture des deux histogrammes ci-dessus:

Le premier graphique représente l'ensemble des jours prévus pollués par le modèle de début d'après-midi pour le seuil 180 µg/m_3. En rouge, il s'agit des jours pollués en réalité ; en vert, les jours non pollués en réalité. Le nombre total de jours prévus pollués est représenté sur les quatre colonne car chaque colonne correspond à une classe de taux de bonnes prévisions.

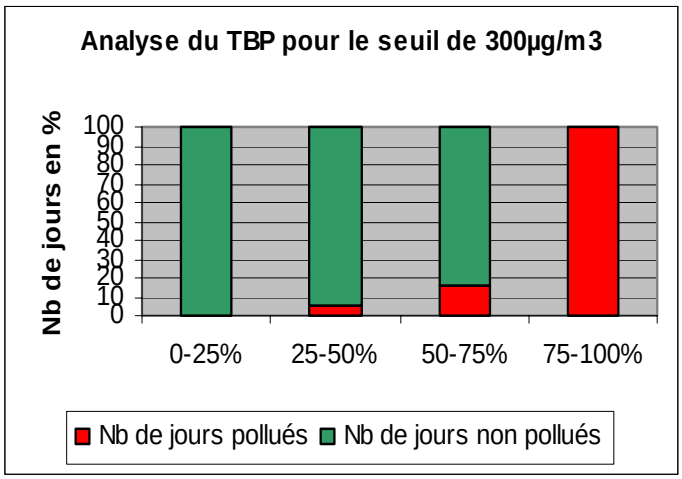
Pour le deuxième graphique, c'est le même principe sauf que l'ensemble représente les jours prévus non pollués par le modèle.

ANALYSE DU TBP POUR LE SEUIL DE 240 µg/m$_3$

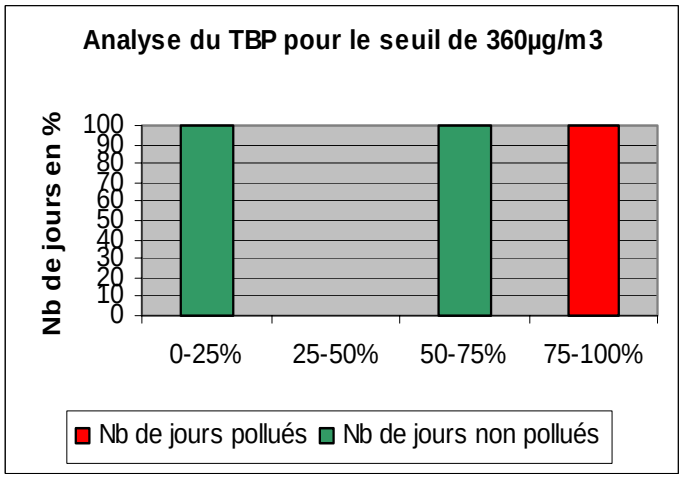




ANALYSE DU TBP POUR LE SEUIL DE 300 µg/m$_3$

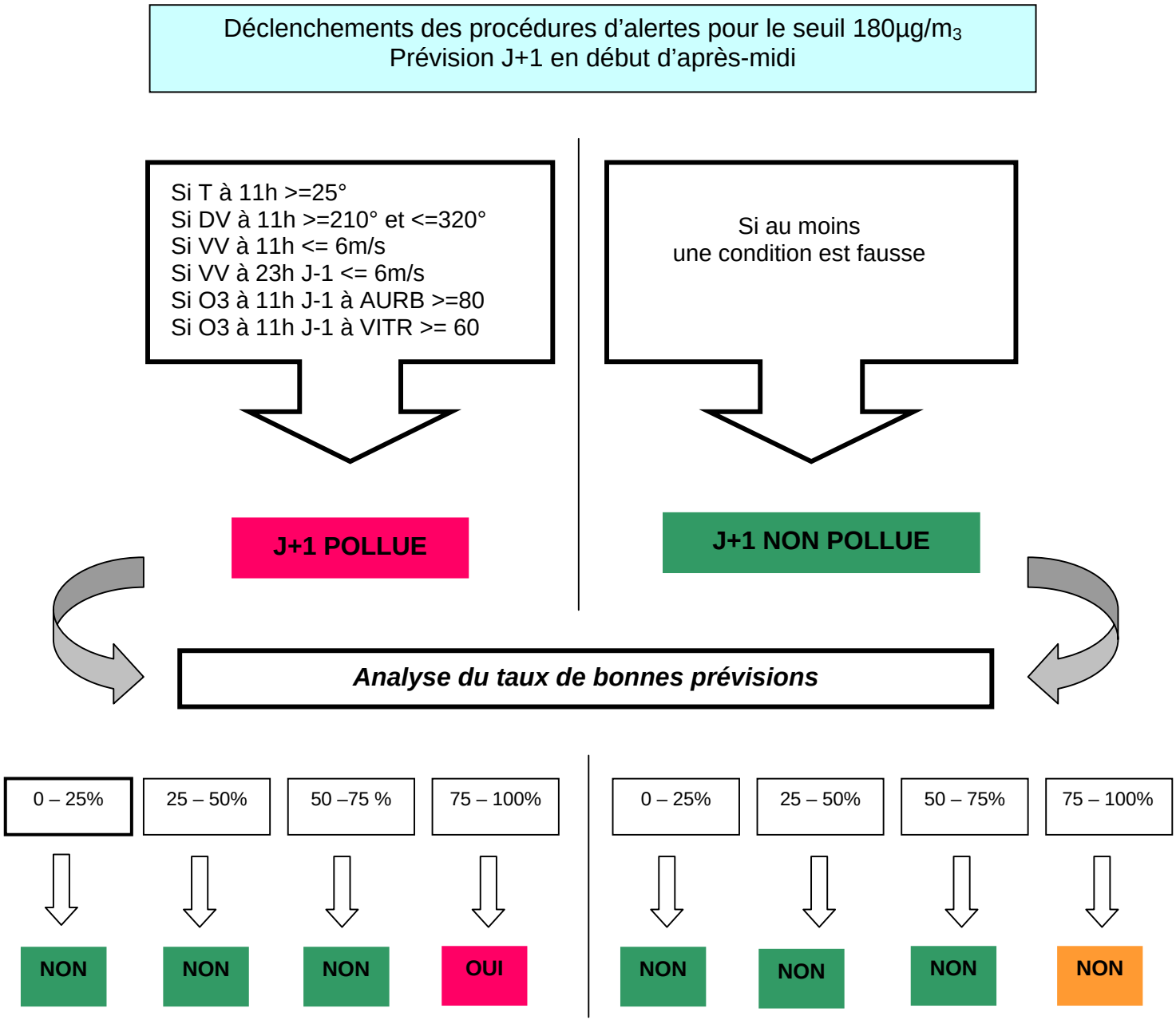


ANALYSE DU TBP POUR LE SEUIL DE 360 µg/m$_3$

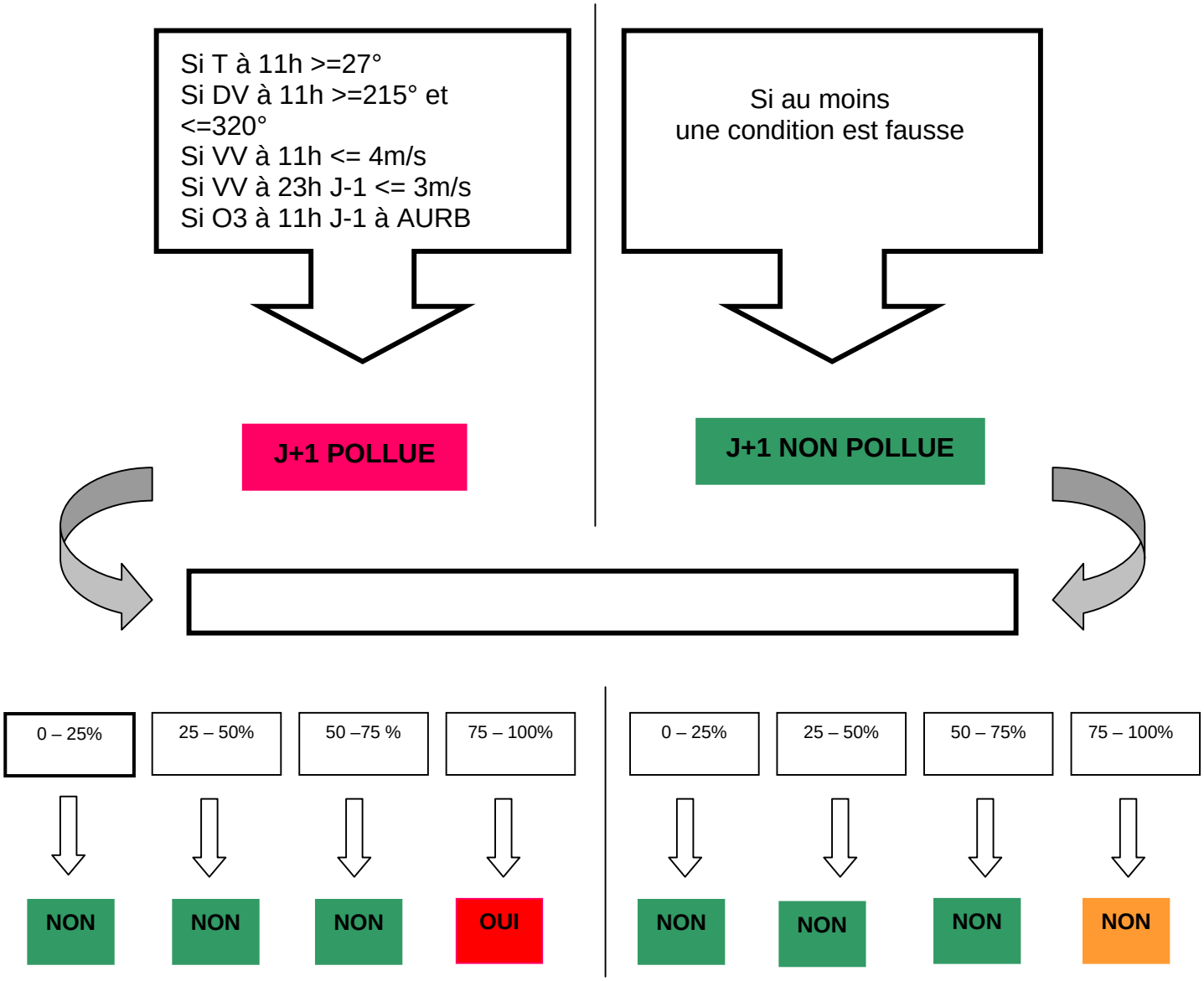


2.2.3.3 FONCTIONNEMENT DU MODELE

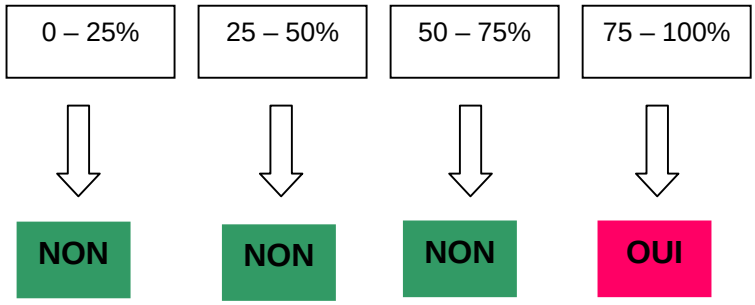
L'analyse du Taux de Bonnes Prévisions (TBP) permet de prendre une décision finale. On ne prend plus seulement en compte les seuils des paramètres définis par le modèle pour prévoir que J+1 sera pollué ou non. On met en place une grille de décision définie ci-dessous.



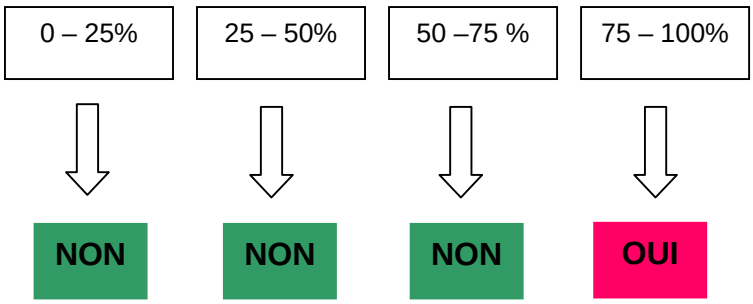
Déclenchements des procédures d'alertes pour le seuil 240µg/m_3
Prévision J+1 en début d'après-midi



Déclenchements des procédures d'alertes pour le seuil 300 µg/m_3
Prévision J+1 en début d'après-midi



Déclenchements des procédures d'alertes pour le seuil 360 µg/m_3
Prévision J+1 en début d'après-midi



2.3 MODELE DE PREVISION POUR J+1 EN FIN D'APRES-MIDI

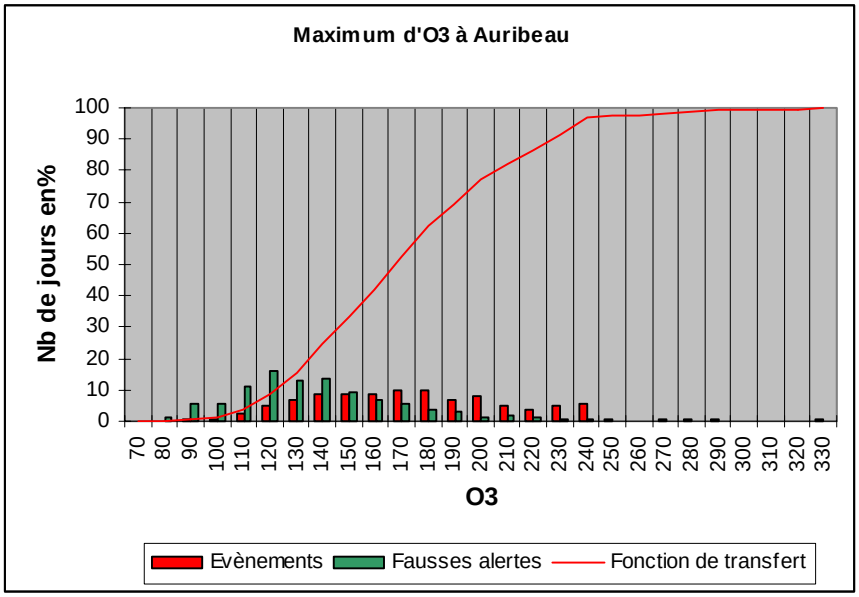
Construire un modèle de fin d'après-midi permet de confirmer ou non la tendance prévue en début d'après-midi.

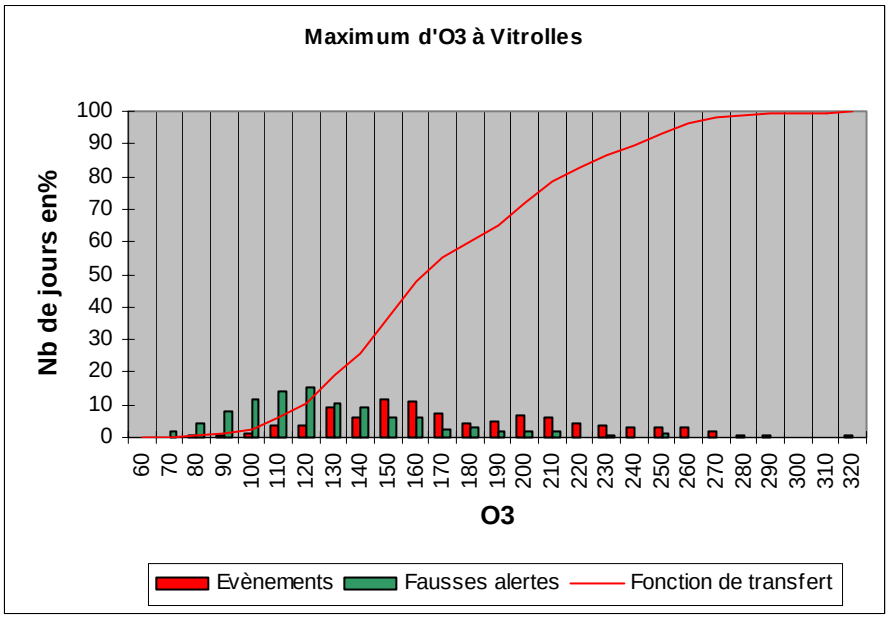
2.3.1 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL 180µG/M_3

Dans un premier temps, seuls les jours où le seuil d'information-recommandation est atteint sont étudiés c'est-à-dire chaque jour où au moins une station a enregistré un taux d'O_3 >= 180µg/m_3.

2.3.1.1 GRAPHIQUES OBTENUS

Ne sont représentés que les graphiques des paramètres de pollution puisque les paramètres météorologiques sont déjà représentés auparavant.





2.3.1.2 SEUILS TESTES

Au regard des graphiques, les seuils suivants sont testés :

	T à 11h	VV 11h	DV 11h	VV 23h J-1	Max O3 Auribeau J-1	Max O3 à Vitrolles à J-1
Seuils	>= 21	<= 6	>= 210 ; <= 320	<= 6	>= 90	>=90
	>= 22	<= 5	>= 210 ; <= 330	<= 5	>= 100	>=100
	>= 23	<= 4		<= 4	>= 110	>=110
	>= 24	<= 3		<= 3	>=120	>=120
	>= 25				>=130	>=130
	>=26				>=150	>=150
	>=27				>=180	>=180
	>=28					

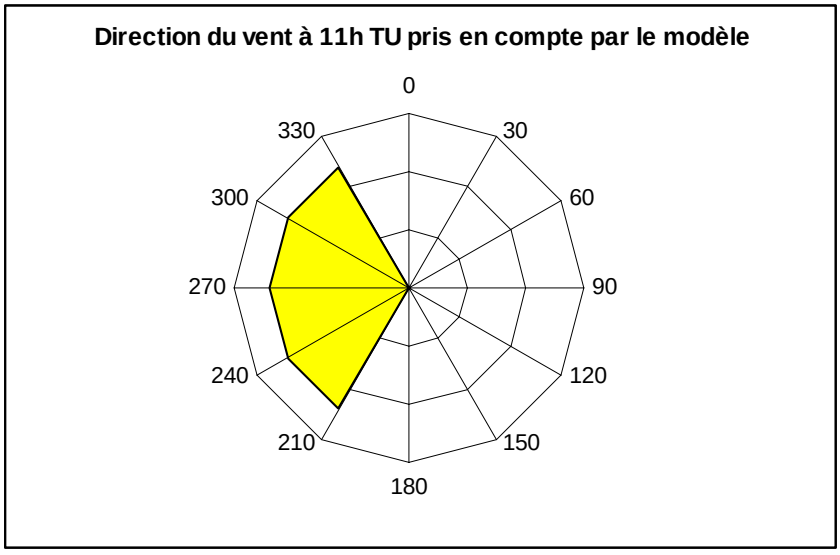
2.3.1.3 SEUILS RETENUS

Le modèle prévoit que J+1 sera pollué si les conditions suivantes sont réunies :

- Température à 11h >=25°
- Direction de vent à 11h >=210° et <=330°
- Vitesse du vent à 11h <= 6 m/s
- Vitesse du vent à 23h la veille <=6m/s
- Maximum d'O3 à Auribeau >=100 µg/m_3
- Maximum d'O3 à Vitrolles >=100 µg/m_3

Ces seuils correspondent à un alpha de **0.811** et un bêta de **0.345**.

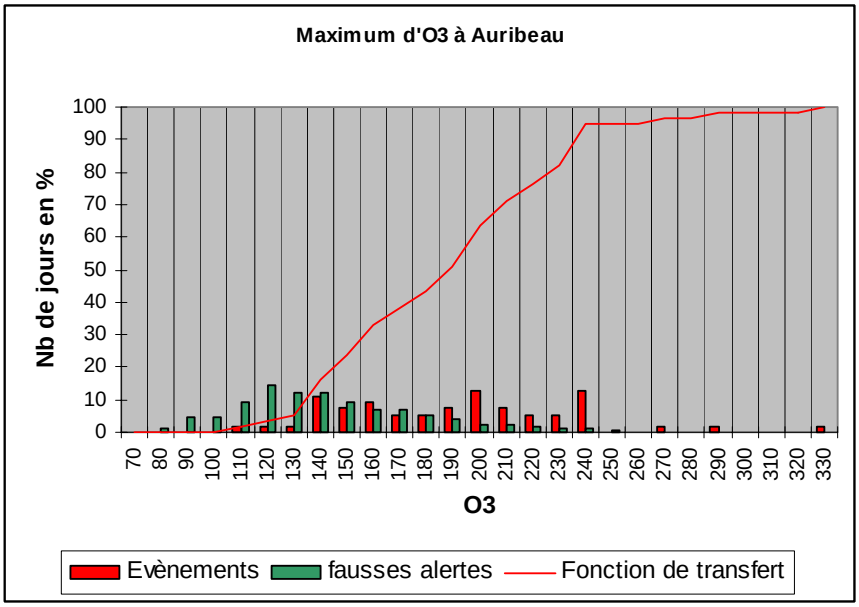
Les jours de dépassement du seuil de 180µg/m_3 ont une direction de vent qui correspond à la brise de mer ou aux vents faibles.

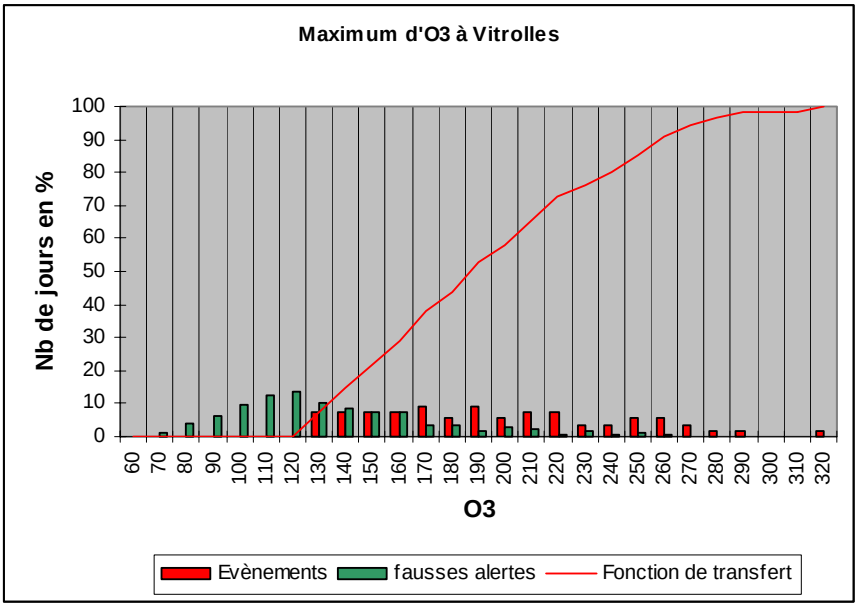


2.3.2 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL >= 240µG/M_3

Intéressons nous à présent aux jours où au moins un dépassement du seuil 240 µg/m_3 a été observé. La démarche est identique à celle présentée jusque là. Il s'agit d'étudier chaque paramètre et de déterminer des seuils.

2.3.2.1 GRAPHIQUES OBTENUS





2.3.2.2 SEUILS TESTES

Au regard des courbes, nous choisissons de tester les seuils suivants :

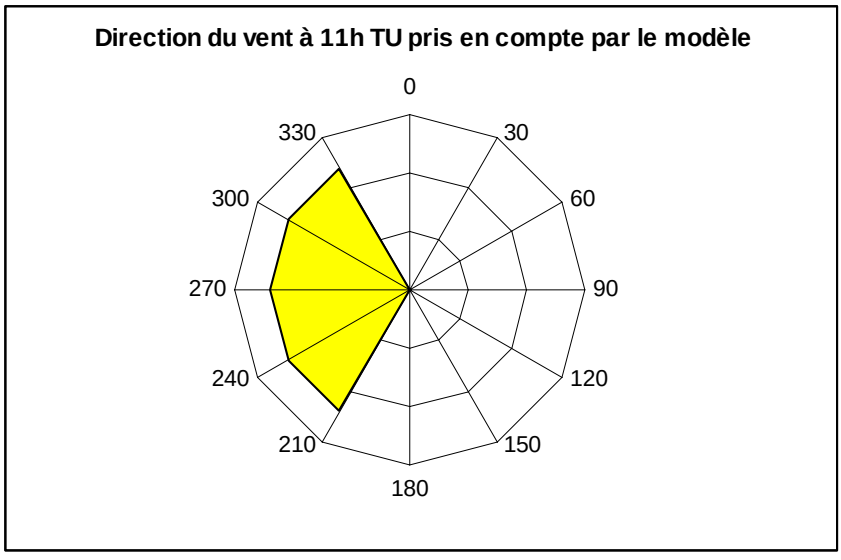
	T à 11h	DV à 11h	VV à 11h	VV à 23h J-1	Max O3 AURB J-1	Max O3 VITR J-1
Seuils	>=25	>=210 et <=320	<=5	<=5	>=100	>=100
	>=26	>=210 et <=330	<=4	<=4	>=105	>=105
	>=27		<=3	<=3	>=110	>=110
	>=28				>=115	>=115
	>=29				>=120	>=120
	>=30					

2.3.2.3 SEUILS RETENUS

En suivant la même démarche que précédemment, on obtient différents taux pour alpha et bêta. L'optimum est retenu pour le modèle. Il s'agit de la combinaison correspondant à **alpha = 0.745** et **bêta= 0.518**, soit :

- Température à Marignane à 11H >=27°
- Direction du vent à 11h à Marignane >=210° et <= 330°
- Vitesse du vent à Marignane à 11h <= 4 m/s
- Vitesse du vent à Marignane à 23h la veille <=3 m/s
- Maximum d'O3 à Auribeau la veille >=100 µg/m_3
- Maximum d'O3 à Vitrolles la veille >=120 µg/m_3

La rose des vents indique qu'il s'agit toujours de la brise de mer ou des vents faibles.

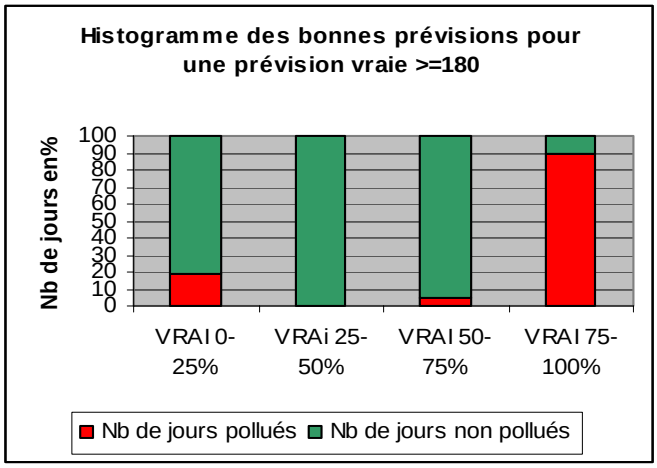


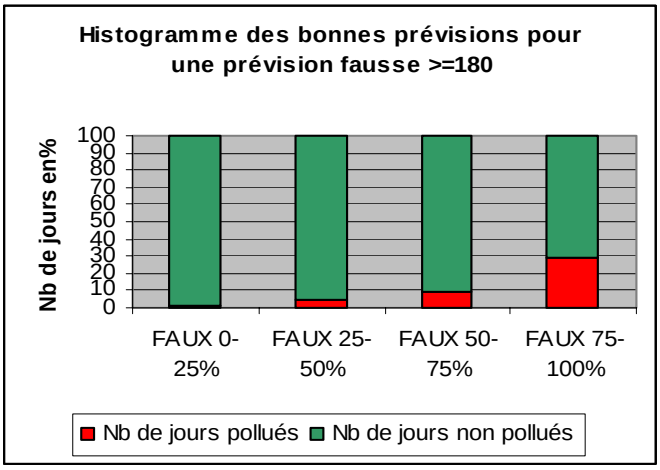
2.3.3 GRILLE DE DECISION

Comme précédemment, les taux de bonnes prévisions sont analysés.

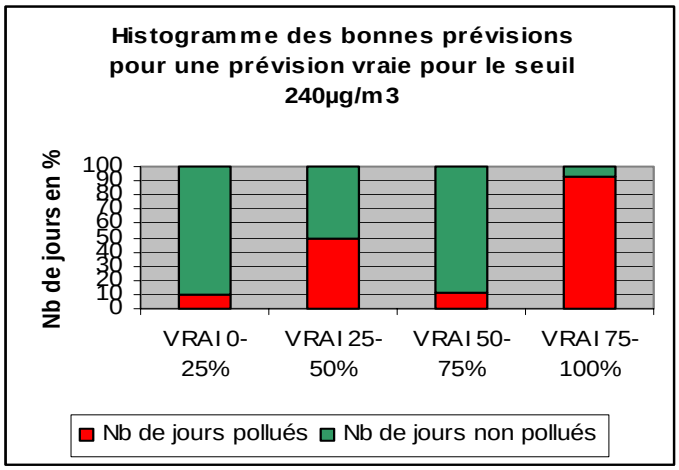
2.3.3.1 ANALYSE DU TAUX DE BONNES PREVISIONS

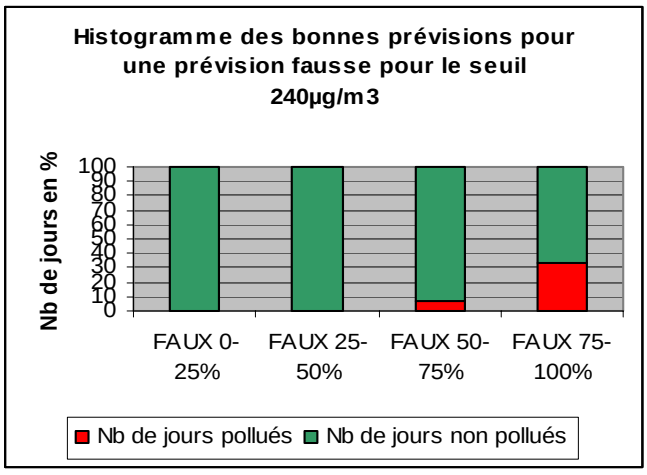
Seuil d'information-recommandation 180µg/m$_3$



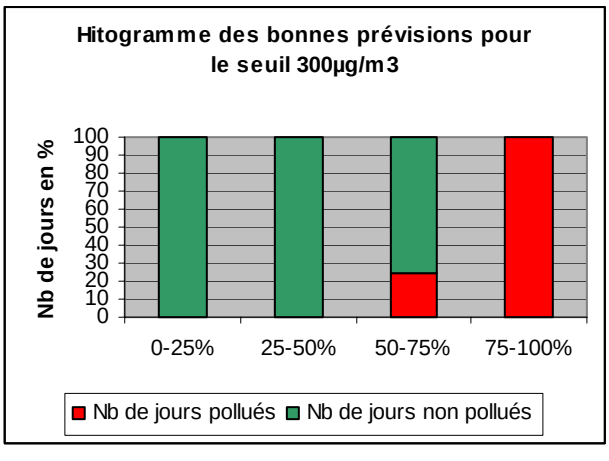


Seuil >= 240µg/m$_3$

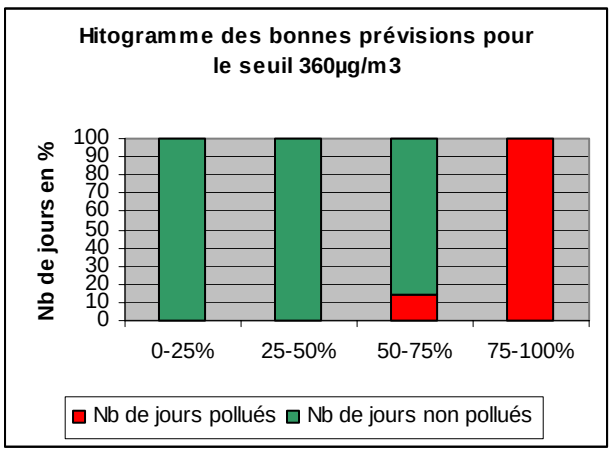




Seuil >= 300µg/m$_3$

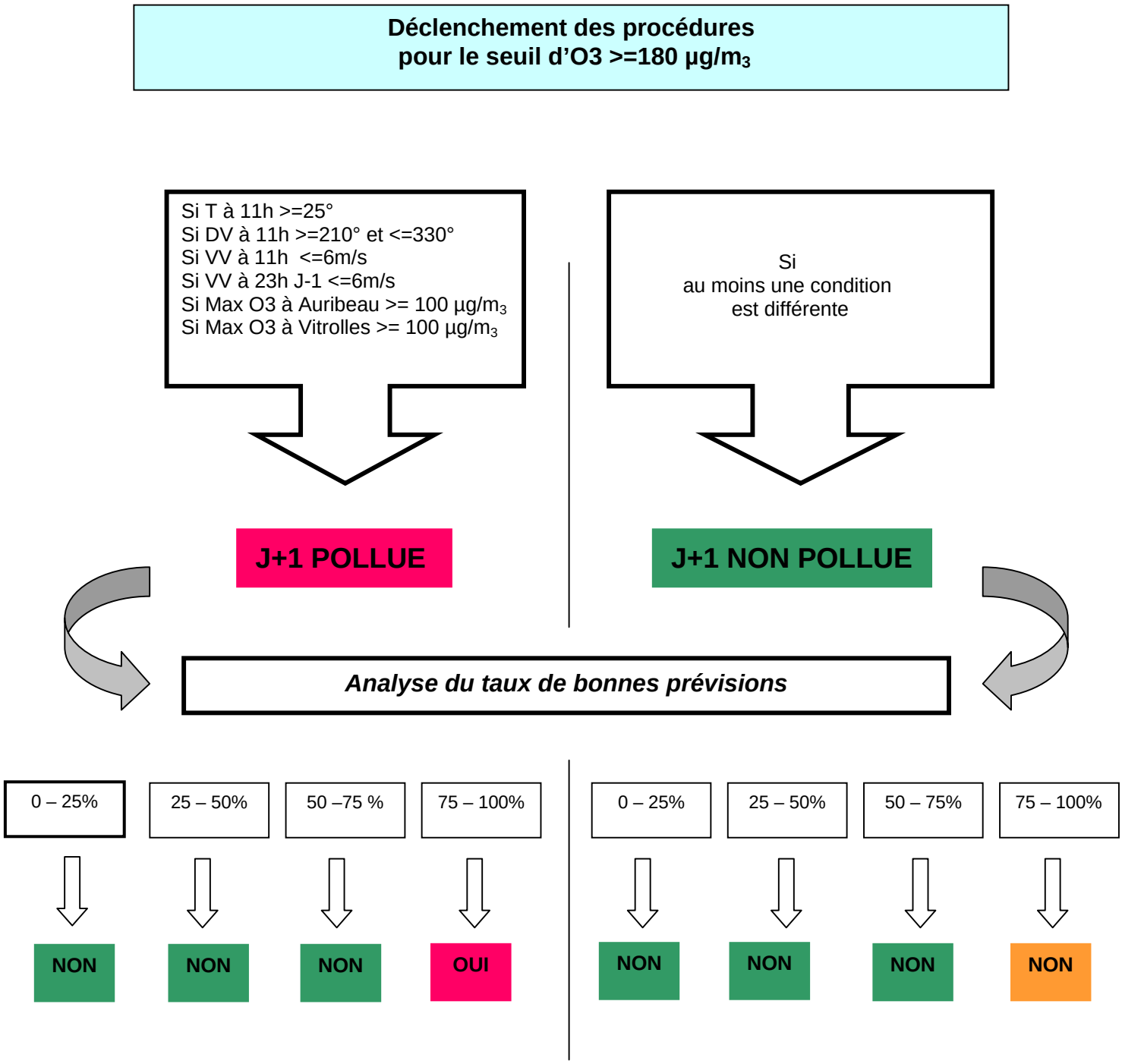


Seuil >= 360µg/m$_3$



2.3.3.2 FONCTIONNEMENT DU MODELE

Avec l'aide des histogrammes présentés ci-dessus, on va construire une grille de décision en fonction des taux de bonnes prévisions.



Déclenchement des procédures pour le seuil d'O3 >=240 µg/m$_3$

Si T à 11h >=27°
Si DV à 11h >=210° et <=300°
Si VV à 11h <=4m/s
Si VV à 23h J-1 <=3m/s
Si Max O3 à Auribeau >= 100 µg/m$_3$
Si Max O3 à Vitrolles >= 120 µg/m$_3$

J+1 POLLUE

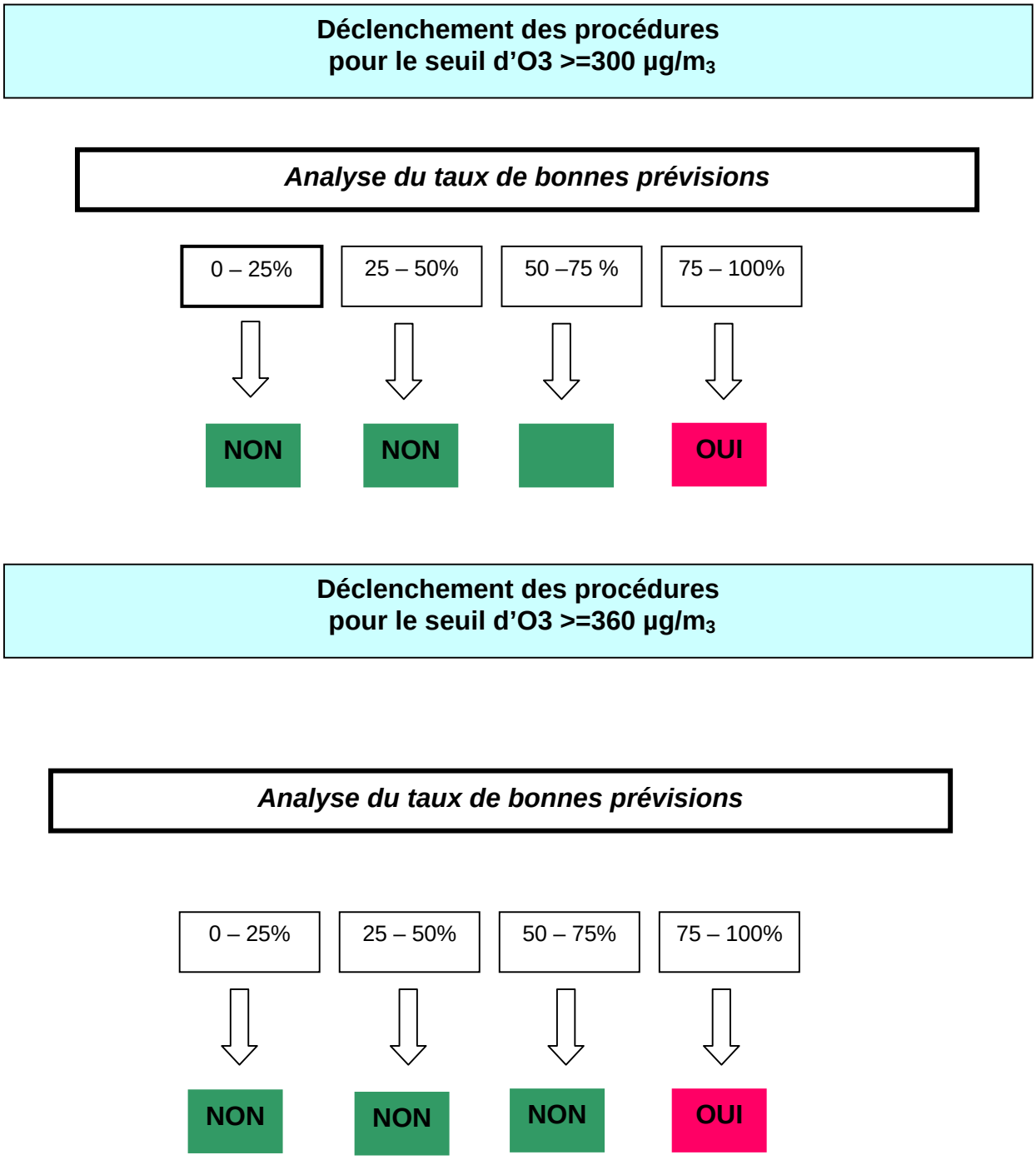
Si
au moins une condition
est différente

J+1 NON POLLUE

Analyse du taux de bonnes prévisions

0 – 25%	25 – 50%	50 –75 %	75 – 100%
NON	NON	NON	OUI

0 – 25%	25 – 50%	50 – 75%	75 – 100%
NON	NON	NON	NON



2.4 MODELE DE PREVISION POUR J+2

Le modèle de prévision pour J+2 est basé sur les données météorologiques uniquement.

2.4.1 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL 180 µG/M3

2.4.1.1 SEUILS TESTES

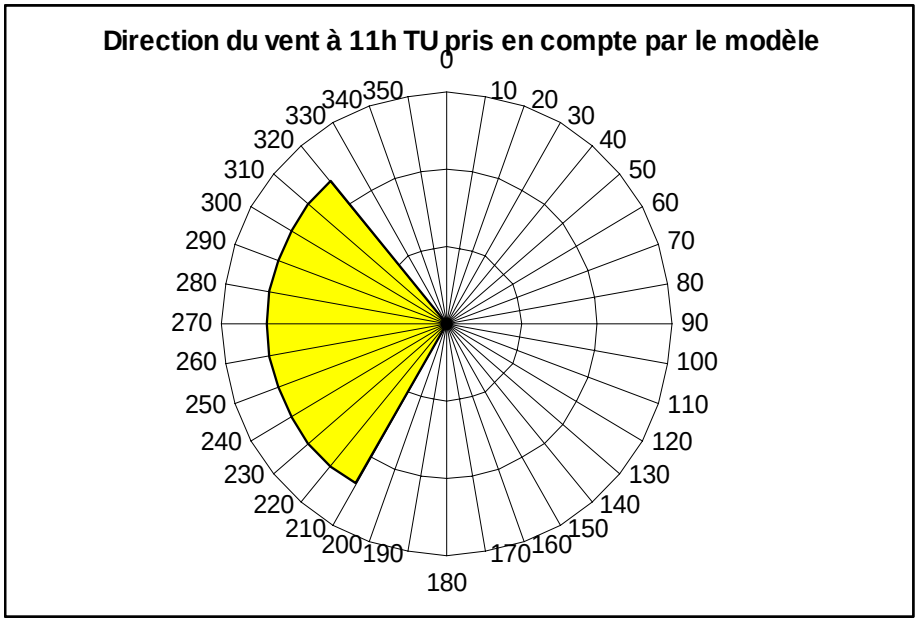
	T à 11h	DV à 11h	VV à 11h	VV à 23h J-1
Seuils	>=21	>=210 et <=320	<=6	<=6
	>=22	>=210 et <= 330	<=5	<=5
	>=23		<=4	<=4
	>=24		<=3	<=3
	>=25			
	>=26			
	>=27			
	>=28			

2.4.1.2 SEUILS RETENUS

La combinaison de seuils retenue est celle correspondant à **Alpha = 0.774** et **Bêta = 0.305**, soit :

Température à 11h >= 25°
Direction du vent à 11h TU >=210° et <=320°
Vitesse du vent à 11h TU <=5m/s
Vitesse du vent à 23h TU J-1 <=5m/s

La direction des vents reste logique : elle correspond à la brise de mer ou aux vents faibles.



2.4.2 MODELE DE PREVISION POUR LE SEUIL 240µG/M$_3$

2.4.2.1 SEUILS TESTES

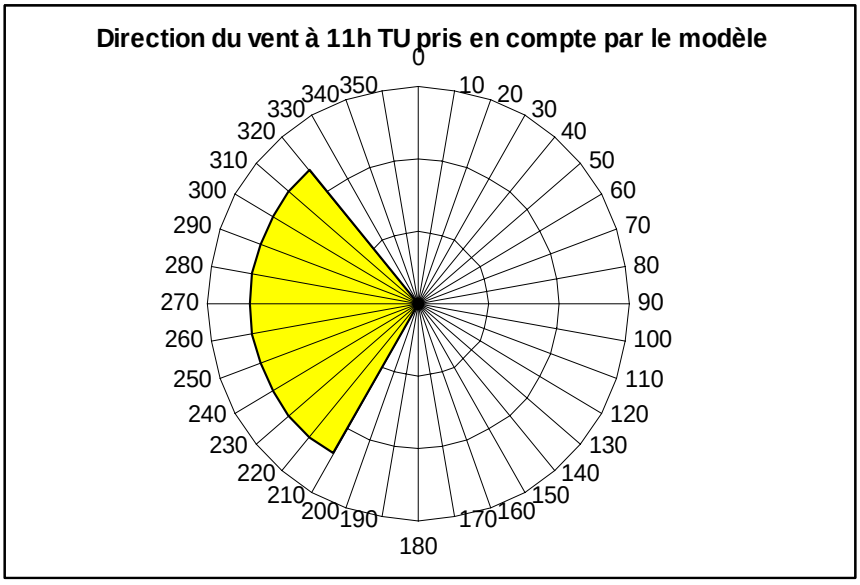
	T à 11h	DV à 11h	VV à 11h	VV à 23h J-1
Seuils	>=25	>=210 et <=320	<=6	<=6
	>=26	>=210 et <=310	<=5	<=5
	>=27	>=210 et <=300	<=4	<=4
	>=28		<=3	<=3
	>=29			
	>=30			

2.4.2.2 SEUILS RETENUS

Pour un **alpha de 0.745** et un **bêta de 0.523**, on retient les seuils suivants :

Température à 11h >=27°
DV à 11h >=210° et <= 320°
VV à 11h <= 4m/s
VV à 23h J-1 <= 3m/s

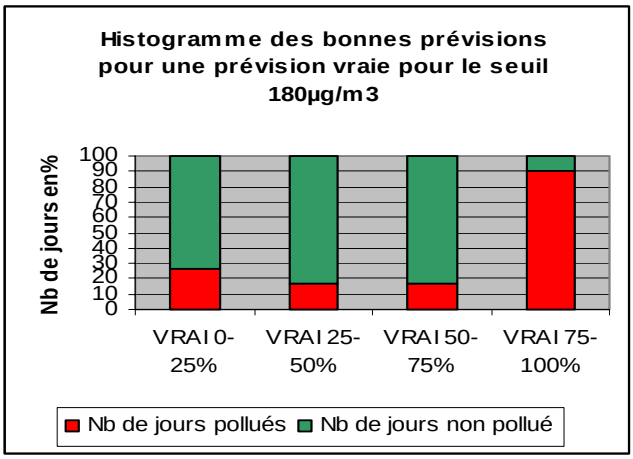
La direction des vents fait toujours partie de la brise de mer ou des vents faibles.

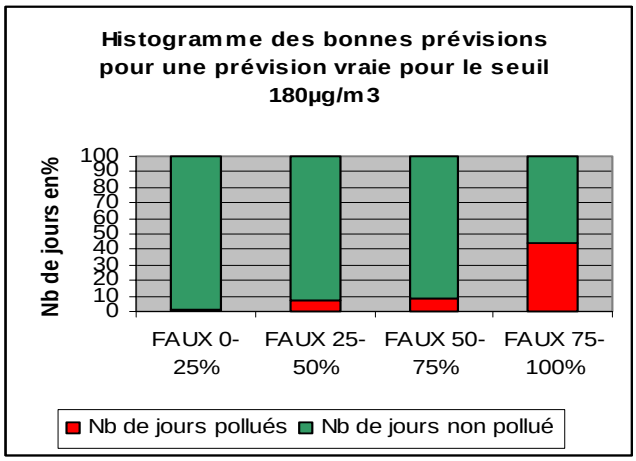


2.4.3 GRILLE DE DECISION

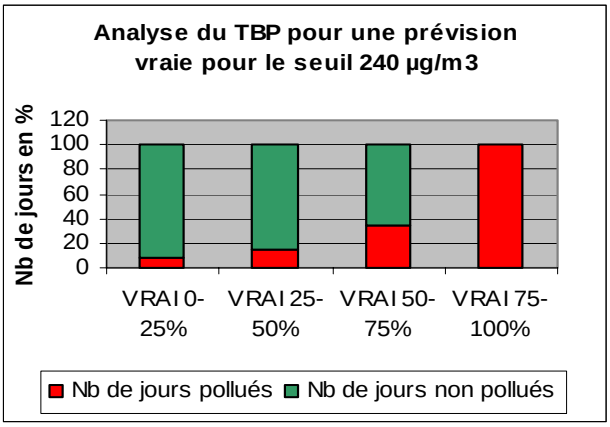
2.4.3.1 ANALYSE DU TAUX DE BONNES PREVISIONS

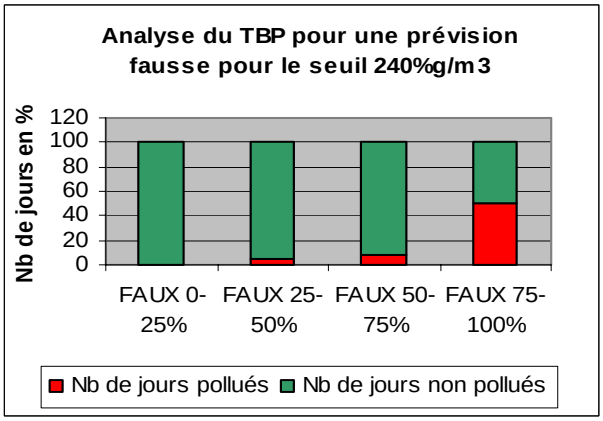
ANALYSE DE TBP POUR LE SEUIL 180µg/m3



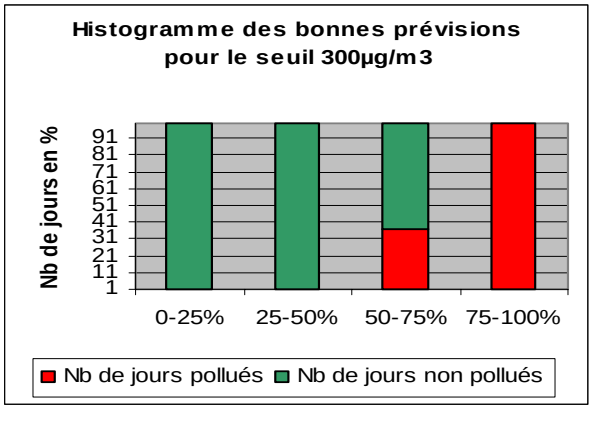


ANALYSE DE TBP POUR LE SEUIL 240µg/m3

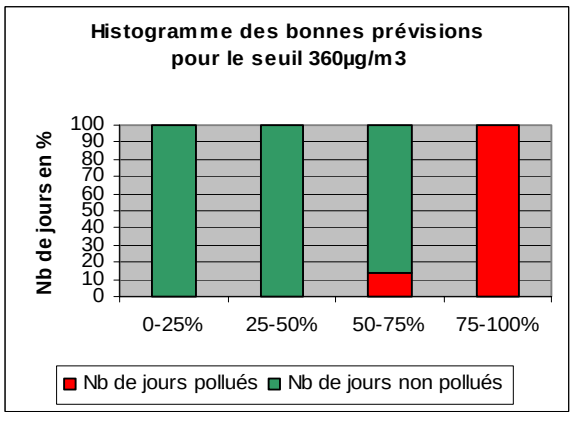




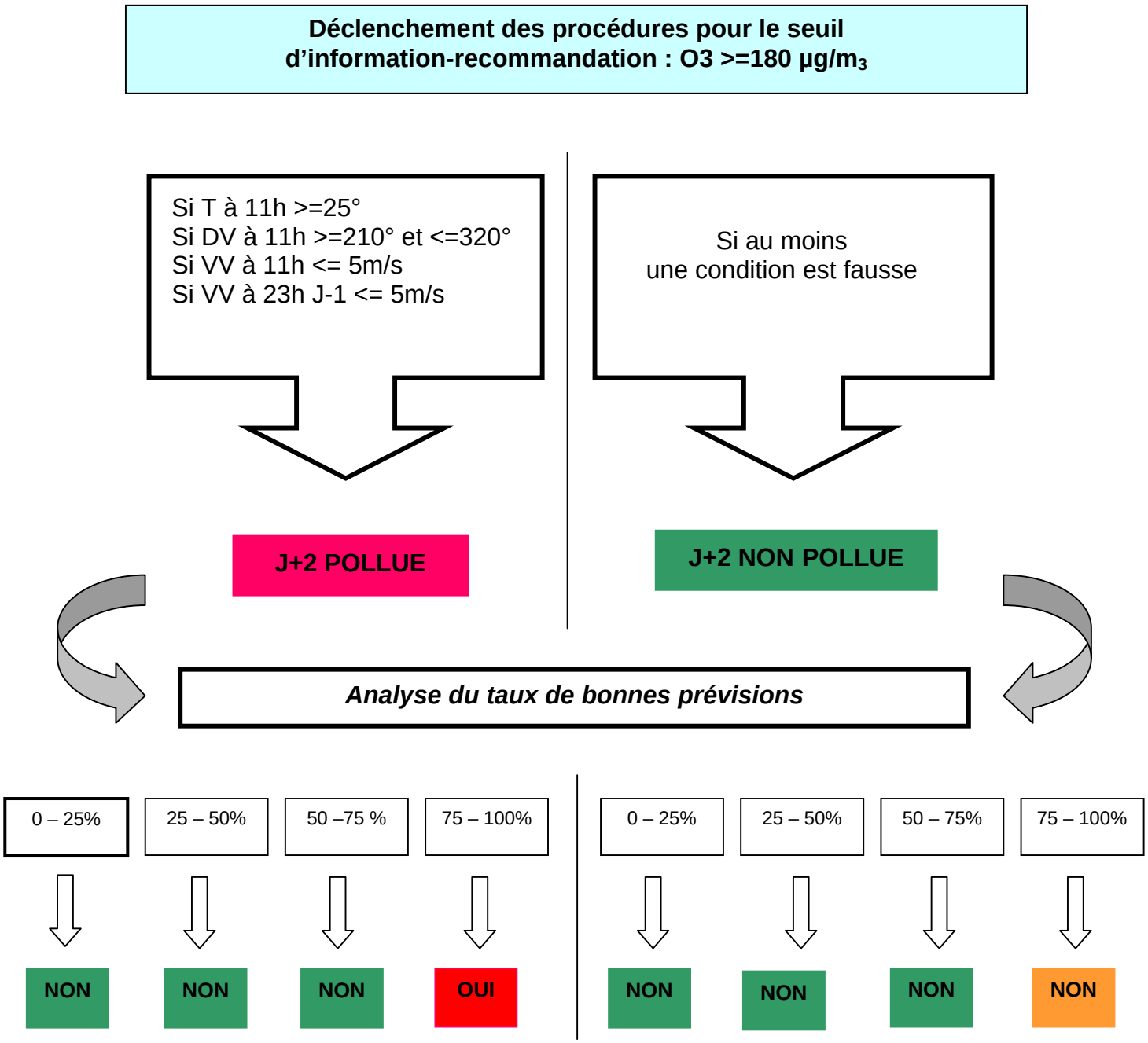
ANALYSE DE TBP POUR LE SEUIL 300µg/m3



ANALYSE DE TBP POUR LE SEUIL 300µg/m3



2.4.3.2 FONCTIONNEMENT DU MODELE



Déclenchement des procédures pour le seuil d'alerte O3 >=240 µg/m$_3$

Si T à 11h >=27°
Si DV à 11h >=210° et <=320°
Si VV à 11h <= 4m/s
Si VV à 23h J-1 <= 3m/s

Si au moins une condition est fausse

J+2 POLLUE

J+2 NON POLLUE

Analyse du taux de bonnes prévisions

0 – 25%	25 – 50%	50 –75 %	75 – 100%
NON	NON	NON	OUI

0 – 25%	25 – 50%	50 – 75%	75 – 100%
NON	NON	NON	NON

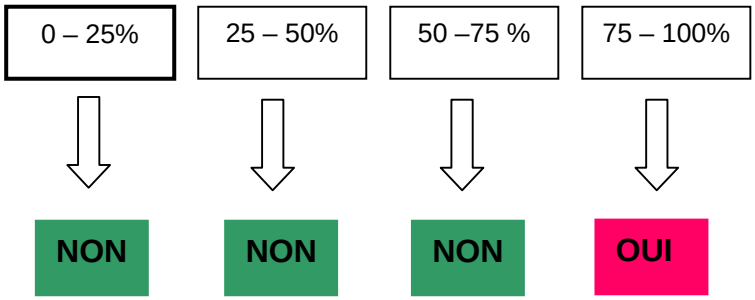
Déclenchement des procédures pour le seuil d'alerte O3 >=300 µg/m$_3$

Analyse du taux de bonnes prévisions

0 – 25%	25 – 50%	50 –75 %	75 – 100%
NON	NON	OUI	OUI

Déclenchement des procédures pour le seuil d'alerte O3 >=360 µg/m$_3$

Analyse du taux de bonnes prévisions



3 MODELES DE PREVISION DEFINITIFS POUR LA PREVISION DE L'ETE 2003

Les modèles de prévision présentés ci-dessus reposent sur les données MétéoFrance. A partir de mai 2003, pour prévoir les épisodes de pollution, les modèles vont utiliser les prévisions météorologiques. Or, il s'avère que Météo France donne les prévisions pour des heures bien définies, différant légèrement des heures prises en compte par nos modèles. Nous allons donc devoir changer les heures de nos paramètres retenus. La démarche étant identique, nous présenterons seulement les résultats.

3.1 PREVISIONS DE METEOFRANCE

Météo France établit la prévision météorologique pour 4 jours pour des stations et des heures précises.

3.1.1 HEURES DE PREVISIONS ETABLIES PAR METEO FRANCE

Le tableau ci-dessous détaille les heures de prévisions de Météo France pour la station de Marignane (utilisée par les modèles de prévisions) :

Jour de prévisions	Heures TU
J	12:00 15:00 18:00 21:00
J+1	00:00 03:00 06:00 09:00 12:00 15:00 18:00 21:00
J+2	00:00 06:00 12:00 18:00
J+3	00:00 06:00 12:00 18:00
J+4	00:00 06:00

Nos modèles actuels présentés auparavant reposent sur les données météorologiques de 11h TU et 23h TU. Ces heures ne font pas partie des possibilités présentées dans le tableau ci-dessus. Pour plus de facilité, on recherche des heures de prévisions identiques pour J+1 et pour J+2. Ainsi, on choisit de prendre en compte 12h TU au lieu de 11h TU et 00h TU au lieu de 23h TU.

3.1.2 FICHIERS ENVOYES PAR METEOFRANCE

Les prévisions vont être établies automatiquement à partir d'un fichier EXCEL envoyé par Météo France à AIRFOBEP sous le format suivant :

Zone	Date valid. previ	Tempe	Nebul	Dir.vent	Force vent	Rafale	Temps sensible
1307	03/05/04 12:00	17	8	90	7	18	Couvert,bruines ou pluies
1307	03/05/04 15:00	19	8	65	10	15	Couvert,bruines ou pluies
1307	03/05/04 18:00	17	8	45	7	18	Couvert,pluies moderees ou fortes
1307	03/05/04 21:00	15	8	20	5	18	Couvert,pluies moderees ou fortes
1307	04/05/04 00:00	13	8	20	2	-99	Couvert,bruines ou pluies
1307	04/05/04 03:00	11	8	360	2	-99	Couvert,bruines ou pluies
1307	04/05/04 06:00	12	8	335	5	-99	Couvert,bruines ou pluies
1307	04/05/04 09:00	18	8	335	5	-99	R.A.S
1307	04/05/04 12:00	21	8	335	5	-99	R.A.S
1307	04/05/04 15:00	22	8	315	7	-99	Couvert,bruines ou pluies
1307	04/05/04 18:00	18	8	335	5	-99	Couvert,bruines ou pluies
1307	04/05/04 21:00	15	8	335	5	-99	Couvert,bruines ou pluies
1307	05/05/04 00:00	14	5	290	2	-99	Ciel voile
1307	05/05/04 06:00	14	8	270	2	-99	Nuages predominants
1307	05/05/04 12:00	18	3	245	7	-99	Soleil et nuages
1307	05/05/04 18:00	17	3	270	7	-99	Soleil et nuages
1307	06/05/04 00:00	12	3	290	5	-99	Soleil et nuages
1307	06/05/04 06:00	11	3	315	5	-99	Soleil et nuages
1307	06/05/04 12:00	17	3	270	7	-99	Soleil et nuages
1307	06/05/04 18:00	15	3	270	7	-99	Soleil et nuages
1307	07/05/04 00:00	11	5	305	7	-99	Couvert,bruines ou pluies
1307	07/05/04 06:00	9	1	315	6	-99	R.A.S

Le jour J, les prévisions pour J+1 et J+2 seront entrées automatiquement dans un tableur EXCEL afin d'établir la prévision.

3.2 MODELE DE PREVISION J+1 EN DEBUT D'APRES-MIDI

Le modèle de prévision J+1 repose sur les paramètres retenus précédemment. Seules les heures changent.

3.2.1 SEUILS TESTES

La macro présentée précédemment est utilisée pour déterminer les nouveaux seuils à prendre en compte.

3.2.1.1 PREVISION SUPERIEURE A 180 µG/M$_3$

Plusieurs seuils sont testés, décrits dans le tableau ci-dessous :

	>=		<=	<=	>=	>=
	T12h	DV12h	VV 00h	VV12h	O3AURBj-1 11h tu	O3VTRLj-1 11h tu
Seuils	23	210;330	6	6	40	40
	24	210;320	5	5	60	60
	25	215;330	4	4	80	80
	26		3	3	100	100
	27				120	120

3.2.1.2 PREVISION SUPERIEURE A 240 µG/M$_3$

	>=		<=	<=	>=	>=
	T12h	DV12h	VV 00h	VV12h	O3AURBj-1 11h tu	O3VTRLj-1 11h tu
seuils	25	210;320	6	6	40	40
	26	215;320	5	5	60	60
	27	210;330	4	4	80	70
	28		3	3	90	80
	29				100	90
	30					100

3.2.2 SEUILS RETENUS

3.2.2.1 PREVISION SUPERIEURE A 180 µG/M$_3$

La meilleure combinaison de seuils correspond à un alpha de 0.77 et un bêta de 0.36 pour les seuils suivants :

- Température à Marignane à 12h TU >=25°
- Direction du vent à Marignane à 12h TU >=210° et <=320°
- Vitesse du vent à Marignane à 00h TU <=5 m/s
- Vitesse du vent à Marignane à 12h TU <= 6m/s
- Valeur O3 à Auribeau à 11h TU >=40
- Valeur à Vitrolles à 11h TU >=60

3.2.2.2 PREVISION SUPERIEURE A 240 µG/M$_3$

Pour une pollution supérieure à 240 µg/m$_3$, on retient la combinaison de seuils suivante (correspondant à alpha = 0.71 et bêta = 0.46) :

- Température à Marignane à 12h TU >=30°
- Direction du vent à Marignane à 12h TU >=210° et <=320°
- Vitesse du vent à Marignane à 00h TU <=4 m/s
- Vitesse du vent à Marignane à 12h TU <= 6m/s
- Valeur O3 à Auribeau à 11h TU >=100 µg/m$_3$
- Valeur à Vitrolles à 11h TU >=100 µg/m$_3$

3.3 MODELES DE PREVISIONS J+1 EN FIN D'APRES-MIDI

3.3.1 SEUILS TESTES

3.3.1.1 PREVISION SUPERIEURE A 180 µG/M$_3$

	>=		<=	<=	>=	>=
	T12h	DV12h	VV 00h	VV12h	maxJ-1O3AURB	maxJ-1O3VTRL
Seuils	23	210;330	6	6	90	90
	24	210;320	5	5	100	100
	25		4	4	110	110
	26		3	3	120	120
	27				150	150
	28				180	180
					200	200

3.3.1.2 PREVISION SUPERIEURE A 240 µG/M$_3$

	>=		<=	<=	>=	>=
	T12h	DV12h	VV 00h	VV12h	maxJ-1O3AURB	maxJ-1O3VTRL
Seuils	24	210;330	6	6	100	100
	25	210;320	5	5	105	105
	26		4	4	110	110
	27		3	3	115	115
	28				120	120
	29					
	30					

3.3.2 SEUILS RETENUS

3.3.2.1 PREVISION SUPERIEURE A 180 µG/M$_3$

Pour la prévision supérieure à 180 µg/m$_3$, la combinaison de seuils retenue est la suivante :

- Température à Marignane à 12h TU >=23°
- Direction du vent à Marignane à 12h TU >=210° et <=320°
- Vitesse du vent à Marignane à 00h TU <=5 m/s
- Vitesse du vent à Marignane à 12h TU <= 6m/s
- Max O3 à Auribeau >=100 µg/m$_3$
- Max à Vitrolles >=100 µg/m$_3$

Cette combinaison correspond à alpha = 0.81 et bêta = 0.41.

3.3.2.2 PREVISION SUPERIEURE A 240 µG/M$_3$

Pour la prévision 240 µg/m$_3$, on retient les seuils suivants :

- Température à Marignane à 12h TU >=30°
- Direction du vent à Marignane à 12h TU >=210° et <=320°
- Vitesse du vent à Marignane à 00h TU <=4 m/s
- Vitesse du vent à Marignane à 12h TU <= 6m/s
- Max O3 à Auribeau >=100 µg/m$_3$
- Max à Vitrolles >=120 µg/m$_3$

On note un alpha de 0.71 et un bêta de 0.46.

3.4 MODELES DE PREVISIONS J+2

3.4.1 SEUILS TESTES

3.4.1.1 PREVISION SUPERIEURE A 180 µG/M$_3$

	>=		<=	<=
	T12h	DV12h	VV 00h	VV12h
Seuils	21	210;330	6	6
	22	210;320	5	5
	23	215;320	4	4
	24		3	3
	25		2	2
	26			
	27			
	28			

3.4.1.2 PREVISION SUPERIEURE A 240 µG/M$_3$

	>=		<=	<=
	T12h	DV12h	VV 00h	VV12h
Seuils	24	210;320	6	6
	25	210;310	5	5
	26	210;300	4	4
	27	180;330	3	3
	28	215;310	2	2
	29	220;300		
	30	180;200		

3.4.2 SEUILS RETENUS

3.4.2.1 PREVISION SUPERIEURE A 180 µG/M_3

On retient comme seuils, la combinaison correspondant à alpha = 0.79 et bêta = 0.35, soit :

- Température à Marignane à 12h TU >=25°
- Direction du vent à Marignane à 12h TU >=210° et <=330°
- Vitesse du vent à Marignane à 00h TU <=5 m/s
- Vitesse du vent à Marignane à 12h TU <= 6m/s

3.4.2.2 PREVISION SUPERIEURE A 240 µG/M_3

Avec un alpha de 0.71 et un bêta de 0.49, on retient les seuils suivants :

- Température à Marignane à 12h TU >=30°
- Direction du vent à Marignane à 12h TU >=210° et <=300°
- Vitesse du vent à Marignane à 00h TU <=4 m/s
- Vitesse du vent à Marignane à 12h TU <= 6m/s

4 CONCLUSION

Trois modèles de prévision sont réalisés. Le premier a lieu en début d'après-midi, il donne une première estimation de la pollution pour le lendemain. En fin de journée, le deuxième modèle confirmera ou annulera la prévision. Un autre modèle est mis en place pour la prévision pour le surlendemain basé sur les prévisions météorologiques uniquement.

En outre, une grille de décision est mise en place grâce au taux de « bonnes prévisions ». A chaque jour, prévu pollué ou non, sera ajouté un niveau de risque à déterminer : fort, moyen, faible ou 1,2,3. Ceci évitera trop de déclenchements à tort ou pas assez. Ce niveau de décision sert de régulateur au modèle. Dans un premier temps, on confirmera la prévision pour un taux de bonnes prévisions supérieur à 75%.

Pour les seuils de 300 µg/m_3 et 360 µg/m_3, on décide de ne pas construire de modèles car statistiquement, on compte trop peu d'évènements. En revanche, en calculant le taux de bonnes prévisions pour ces seuils, on pourra dire si on a un risque ou non d'atteindre les niveaux 300 µg/m_3 ou 360 µg/m_3. Comme pour les niveaux précédents, on considérera que le risque existe pour un TBP supérieur à 75%.

Le modèle de prévision est mis en place de façon automatique. Les prévisions météorologiques sont émises par Météo France et les taux d'ozone par la base X-R. Toutes ces données sont intégrées automatiquement à notre base de donnée « Prévision ozone » et viennent compléter l'historique des données.