



Qualité de l'air

Etudes

Novembre 2004



Bilan opérationnel du dispositif S.T.E.R.N.E.S



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)



RESUME

L'évaluation du dispositif préfectoral de réduction temporaire des émissions soufrées (STERNES) a été engagée grâce à la création d'une base de données permettant de croiser les données météorologiques, les concentrations et les émissions de dioxyde de soufre à un pas de temps suffisamment fin.

Ce rapport présente les premiers traitements de cette base en dressant un bilan des presque quatre années de fonctionnement de ce dispositif.

Le dispositif fonctionne globalement correctement. Certains dysfonctionnements techniques ont été constatés lors du déclenchement des procédures et des actions correctives sont mises en œuvre par AIRFOBEP pour en améliorer la fiabilité.

Les durées et les typologies des STERNES Directionnels définies à partir des données antérieures à 1996, sont cohérentes avec les observations de pollution et de météorologie effectuées depuis 2001.

Le dispositif STERNES Directionnel couvre la grande majorité des épisodes de pointe par le dioxyde de soufre mesurés par AIRFOBEP. Cependant il existe des zones connaissant des épisodes de pollution qui ne sont pas concernées par le dispositif.

Les STERNES Directionnels ou Généraux de 2001 à 2002 ont conduit globalement durant leur mise en oeuvre à une réduction de 20% des rejets de dioxyde de soufre. Cependant, 10% des STERNES Directionnels déclenchés ne sont suivis d'aucune réduction des émissions, les industriels concernés étant alors à un niveau d'émission inférieur aux quotas imposés en cas de STERNES.

Des premiers éléments ont été rassemblés pour évaluer l'effet des STERNES Directionnels sur les concentrations en dioxyde de soufre. Le dispositif a été conçu pour prévenir le dépassement du seuil de 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ancien seuil d'alerte). Ces dépassements ont diminué depuis 2001 mais il en subsiste.

L'objectif du dispositif de réduction est à l'avenir de contribuer à limiter les dépassements des valeurs limites pour la protection de la santé humaine fixées à 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ et à 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$.

Les délais techniques nécessaires pour que les industries réduisent temporairement leurs émissions de dioxyde de soufre (dans le meilleur des cas au moins une demie-heure), rendent difficile la prévention des épisodes de pollution les plus brefs. Ainsi, les STERNES Directionnels n'ont pas d'influence directe sur environ 40% des heures de dépassement du seuil de 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$. En revanche, pour les épisodes de pollution plus longs, la persistance de la direction de vent dans les typologies STERNES semble suffisante pour que les réductions aient un effet concret.

Ce travail constitue une première étape dans l'évaluation du dispositif STERNES qui se poursuivra en 2005, dans le cadre du Secrétariat Permanent pour les Problèmes de Pollution Industrielle (SPPPI), par une étude d'optimisation de ses conditions de déclenchement et d'actualisation des quotas qui y sont associés.

CADRE DU PROJET

Dans la zone de surveillance d'AIRFOBEP, le dioxyde de soufre est à l'origine en 2003 de 32 dépassements de la valeur limite journalière pour la protection de la santé et de 320 dépassements de la valeur limite horaire, toutes stations cumulées. Un dispositif préfectoral de réduction temporaire des rejets industriels soufrés existe pour prévenir ou limiter les pollutions de pointe au dioxyde de soufre. Il s'agit du dispositif STERNES, Système d'Encadrement Réglementaire et Normatif des Emissions soufrées.

Face à ces dépassements et compte-tenu de l'abaissement en 2005 des seuils réglementaires, il a été décidé dans le cadre du SPPPI SO₂ de créer une base de données STERNES regroupant à la fois les données de concentration, de météorologie, d'émissions et les données relatives aux déclenchements des STERNES. L'objectif de cet outil est de permettre une première évaluation et un suivi des STERNES, puis à travers son utilisation avec des outils statistiques et de modélisation, d'estimer l'efficacité du dispositif en vue de son optimisation.

Le présent document traite de la phase 1 de l'évaluation des STERNES : il constitue un bilan des presque quatre années de mise en oeuvre du dispositif. Il concerne les deux types de STERNES, mais s'intéresse plus particulièrement au STERNES Directionnel, d'autres projets en cours s'attachant à l'amélioration des STERNES Généraux.

Ce rapport reste donc descriptif sur le fonctionnement et les effets des STERNES, la phase d'analyse de l'efficacité des STERNES sera disponible fin 2005.

SOMMAIRE

RESUME

CADRE DU PROJET

SOMMAIRE

PRINCIPE DU DISPOSITIF STERNES	1
I Bilan du dispositif STERNES	3
I.1 Déclenchements par AIRFOBEP	3
I.2 Déclenchements par les industriels	5
I.3 Répartition et durée des STERNES Généraux déclenchés	5
I.4 Répartition des STERNES Directionnels déclenchés	5
I.4.1 Répartition dans le temps	5
I.4.2 Répartition par type de STERNES Directionnels	7
I.4.3 Répartition par industrie	7
II Cohérence du dispositif STERNES Directionnel	9
II.1 Durée des épisodes de pollution de pointe	9
II.2 Seuil de déclenchement	9
II.3 Typologies météorologiques	10
II.3.1 Validation	10
II.3.2 Efficacité	11
III Effets des STERNES sur les rejets soufrés	13
III.1 Part des STERNES suivis d'action de réduction	13
III.2 Effet des actions de réduction des émissions	15
III.3 Niveaux d'émission à la fin des STERNES	15
III.4 Part de l'ensemble des STERNES menant à des baisses de rejets	16
III.5 Niveaux de réduction	17
III.6 Rejets évités grâce au dispositif	18
IV Effet des STERNES Directionnels sur les concentrations en SO₂	19
IV.1 Pollutions de pointe et dépassements des valeurs réglementaires mesurés depuis 2001	19
IV.2 Episodes de pointe non concernés par les baisses de rejets	22
IV.2.1 Episodes STERNES Directionnels sans réduction des rejets	22
IV.2.2 Episodes de pollution non associés à un STERNES Directionnel	23
IV.3 Effet des baisses de rejet	25
IV.3.1 Des pollutions de pointe malgré des rejets inférieurs aux quotas	25
IV.3.2 Difficultés d'agir sur les concentrations élevées	26
IV.3.3 Difficultés pour anticiper les épisodes	27
IV.4 Evaluation de la part de la météorologie	29
IV.5 Profil d'évolution des concentrations en situation de pointe	30
CONCLUSION	33
LISTE DES ILLUSTRATIONS	35
ANNEXES	37

Principe du dispositif STERNES

Le STERNES est un dispositif spécifique à la région de Fos - étang de Berre – Gardanne qui évolue depuis 1980 au travers d'arrêtés préfectoraux successifs. Il limite les rejets soufrés émis dans l'atmosphère par les industries et les centrales thermiques lorsque des pics de pollution au dioxyde de soufre (SO₂) sont prévus ou constatés. L'objectif de ce dispositif défini par l'arrêté préfectoral du 29 mars 2002, était de prévenir les dépassements de l'ancien seuil d'alerte de la population à 600 µg/m³/h.

AIRFOBEP assure par délégation de la DRIRE, le déclenchement de deux types de procédures :

▪ **Le STERNES Général**

Un STERNES Général est déclenché manuellement lorsque les prévisions météorologiques disponibles en fin d'après midi annoncent pour la nuit et le lendemain des conditions favorables à une pollution par le dioxyde de soufre sur l'ensemble de la région de l'étang de Berre (pollution dite généralisée).

AIRFOBEP avertit alors les onze principaux émetteurs de soufre de la région afin qu'ils mettent en œuvre les mesures nécessaires au respect des quotas d'émissions de ce polluant, qui leur sont imposés par arrêté préfectoral de 20h le jour du déclenchement jusqu'au lendemain 12h. Selon l'évolution des critères météorologiques, les industriels sont informés le lendemain matin de la levée ou de la poursuite du STERNES.

Le dispositif STERNES Général est en vigueur du 1^{er} octobre au 15 avril, période la plus favorable aux conditions météorologiques impliquant une mauvaise dispersion des polluants et pouvant être à l'origine d'une pollution généralisée (inversions de température et vent faible ou nul).

En Annexe 1 sont détaillés les industries concernées ainsi que les conditions météorologiques donnant lieu au déclenchement d'un STERNES Général.

▪ **Les STERNES Directionnels**

20 STERNES Directionnels sont définis sur la zone de surveillance d'AIRFOBEP afin de limiter les pollutions dites localisées (retombées de panaches industriels) sur les zones habitées.

Un STERNES Directionnel implique de une à trois industries qui doivent en cas de déclenchement, limiter leurs rejets soufrés aux quotas STERNES Directionnels définis par arrêté préfectoral, et ce pour une durée fixe de 3h à 5h30 à partir du déclenchement.

Il existe deux types de STERNES Directionnels :

- les STERNES Directionnels sur Constat, déclenchés lorsque la station témoin de la zone mesure une concentration en dioxyde de soufre atteignant 600 µg/m³/h,
- les STERNES Directionnels Préventifs, déclenchés lorsque la station témoin de la zone mesure une concentration en SO₂ atteignant 450 µg/m³/h associée à une direction de vent spécifique. Depuis l'année 2003, les industriels ont décidé collégalement de déclencher leurs actions à partir du seuil de 350 µg/m³/h.

Le détail des STERNES Directionnels est présenté dans l'Annexe 1.

AIRFOBEP déclenche les STERNES Directionnels en automatique 24 heures sur 24 toute l'année selon le principe de la Figure 1.

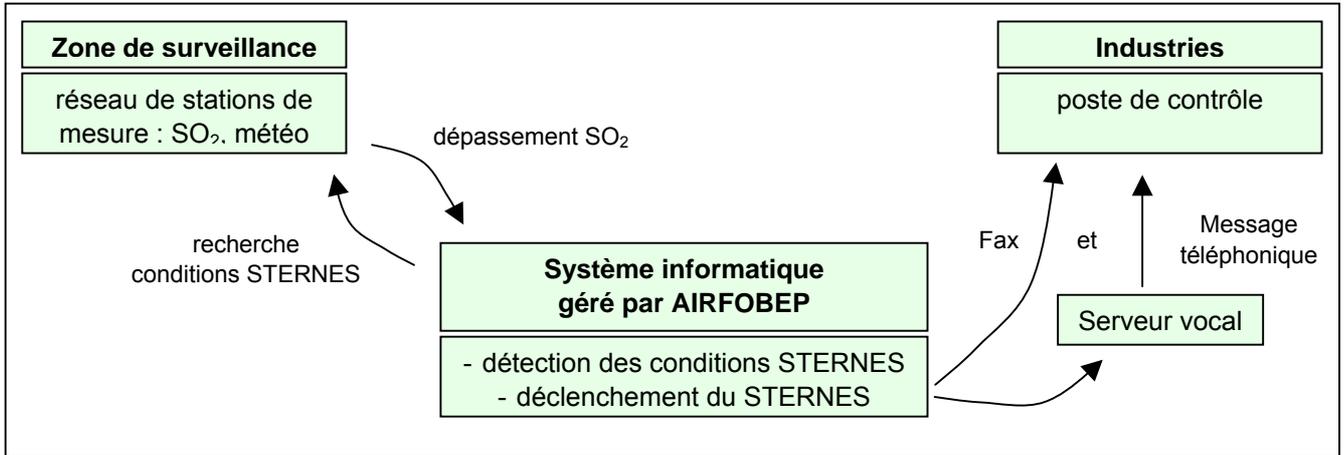


Figure 1 – Processus de déclenchement d'un STERNES.

Les déclenchements du dispositif STERNES Directionnel reposent ainsi, au niveau d'AIRFOBEP :

- sur les appareils de mesure du SO₂, les analyseurs dont le suivi continu est assuré,
- sur les stations, qui doivent assurer aux analyseurs un environnement compatible avec leur bon fonctionnement (électricité, chauffage/climatisation, liaison téléphonique),
- sur le système informatique d'AIRFOBEP (nommé XAIR), et ses différents modules : base de données, calculs, système d'alerte, ...
- sur le serveur vocal.

I Bilan du dispositif STERNES

Dans la suite de ce document, différents termes sont employés pour clarifier et simplifier le propos (termes utilisés dans la base de donnée STERNES).

On entend par épisode STERNES, une situation de pollution soufrée qui, selon la définition du dispositif, devrait donner lieu au déclenchement d'un STERNES.

Pour les STERNES Directionnels, on parle de détection si le système informatique géré par AIRFOBEP (XAIR) a enregistré un épisode STERNES. Cette détection peut être "bonne" ou "fausse" si elle concorde avec un épisode STERNES réel : par exemple, un analyseur peut présenter un défaut et indiquer des valeurs de concentration fausse (on verra par la suite que ces cas sont exceptionnels).

Le déclenchement d'un STERNES correspond à la dernière étape de communication de l'événement aux industriels. Pour les STERNES Directionnels, cela implique le bon déroulement du processus entre la détection d'XAIR, et l'envoi des messages par le serveur vocal.

Enfin, le déclenchement d'un STERNES doit être relayé au sein même de chaque industrie.

I.1 Déclenchements par AIRFOBEP

STERNES Généraux	Nombre	2001	2002	2003	2004
déclenchés	10	6	3	0	1
non déclenchés	1	0	0	1	0

Tableau 1 – Nombre de déclenchements de STERNES Généraux par AIRFOBEP.

Sur les 11 STERNES Généraux qui auraient du être déclenchés sur les 3 années de 2001 à 2003, il y a eu un seul non déclenchement qui ne correspondait pas à un épisode de pollution généralisé.

STERNES Directionnels sur Constat	Nombre	2001	2002	2003	2004
bonnes détections déclenchées	3	0	3	0	0
pas de détection	1	1	0	0	0

Tableau 2 – Nombre de déclenchement de STERNES Directionnels sur Constat par AIRFOBEP.

Les épisodes de STERNES Directionnels sur Constat sont rares. Ils sont déclenchés sur le seuil de 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ (précédent seuil d'alerte). Un épisode DC104 du 22/07/2001 n'a pas été détecté par XAIR.

%	STERNES Directionnels Préventifs	Nombre	2001	2002	2003	2004
81,7%	bonnes détections déclenchées	375	58	86	118	113
1,5%	bonnes détections déclenchées trop tard	7	2	1	3	1
7%	bonnes détections non déclenchées	32	4	8	11	9
9,8%	pas de détection	45	4	4	8	29
-	fausses détections déclenchées	1	0	0	0	1

Tableau 3 – Nombre de déclenchement de STERNES Directionnels Préventifs par AIRFOBEP.

Le nombre de STERNES Directionnels déclenchés est plus important depuis 2003, année d'abaissement du seuil préventif de 450 à 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Remarque : les directionnelles DP1a, DP9, DP4, et DP12 ont été "passées" à 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 13 janvier 2003, les autres préventives le 3 juin 2003.

On voit donc que contrairement aux STERNES Généraux, les STERNES Directionnels connaissent quelques dysfonctionnements dans leur déclenchement.

10% des épisodes STERNES Directionnels n'ont pas été détectés par le dispositif.

Au total 18% n'ont pas été déclenchés, soit **82% de déclenchements corrects**.

Il faut noter que cette année 2004 a vu une augmentation du nombre d'épisodes STERNES non détectés par XAIR, qui ne représentaient jusqu'en 2003 que 5% seulement des STERNES Directionnels.

La nature des difficultés de mise en œuvre du dispositif est détaillée ci-après.

Déclenchements injustifiés :

Seule une DP8 du 30/01/04 a été déclenchée à tort suite à un défaut du capteur météo de la Gatasse : il y a bien eu un dépassement (très ponctuel) du $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Martigues les Ventrons, mais la direction de vent n'était pas "déclenchante".

STERNES Directionnel non détectés :

→ 4 sont dus à des dysfonctionnements informatiques ponctuels : mise en place du système en 2001, rénovation du système informatique (passage à la version 5 d'XAIR), perturbation (corrigée) du système suite à l'ajout de seuils d'information internes à AIRFOBEP, panne ponctuelle.

→ 13 sont liés à des non re-déclenchements de STERNES à la suite d'un premier épisode : l'origine de ce problème est identifiée (pas de ré-initialisation du mode de vigilance à la fin des STERNES), son traitement est en cours.

→ 5 proviennent d'un dysfonctionnement du capteur météo de la Gatasse.

→ l'origine des 23 restants n'est pas encore clairement établie, il semble que le module d'alerte ne prenne pas en compte les épisodes qui suivent le schéma suivant : dépassement du seuil sur plusieurs quarts d'heure mais avec une direction de vent qui n'est pas déclenchante au début et qui le devient par la suite. Le traitement de ces dysfonctionnements est en court.

STERNES Directionnels détectés mais non déclenchés :

→ passage à la version 5 d'XAIR (9 cas)

→ dysfonctionnement de l'onduleur, appareil préservant le système informatique des coupures électriques (6 cas)

→ dysfonctionnement du serveur vocal (4 cas)

→ déclenchement simultané de deux STERNES Directionnels (4 cas), seule le premier a été déclenché. Le problème a été réglé depuis.

→ autres : XAIR hors service, pas de calcul sur XAIR, restructuration informatique, erreur de programmation sur l'analyseur, analyseur défectueux.

STERNES Directionnels déclenchés "trop tard"

Ces 7 cas concernent des déclenchements qui ne se sont pas effectués correctement : problème avec le serveur vocal, avec le fax, dépassement non signalé par la station, donnée manquante sur XAIR.

Il y a eu en outre 9 déclenchements retardataires de 15 minutes à 2h15 (la moyenne étant à 1h), soit 2% des déclenchements.

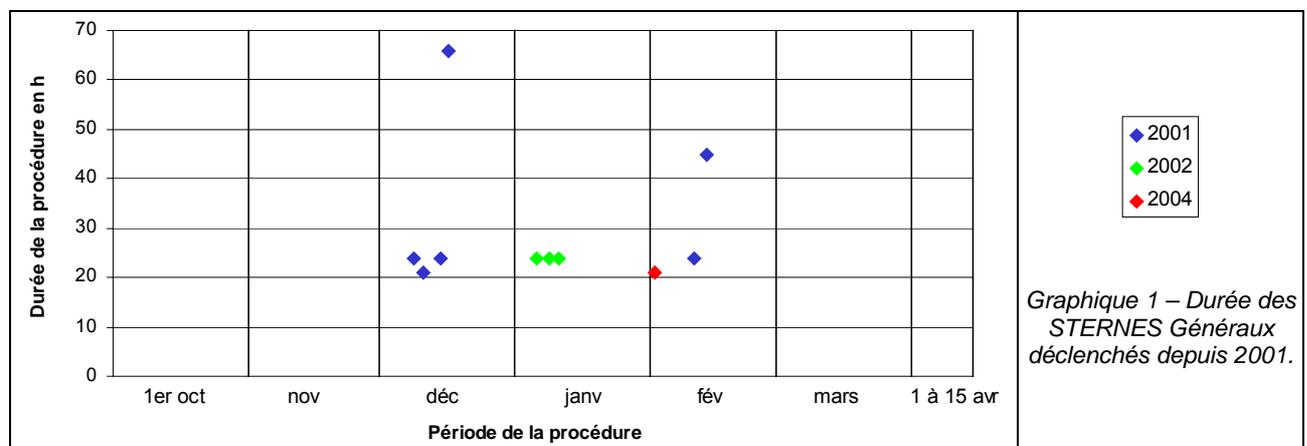
En résumé, sur 459 STERNES Directionnels à mettre en œuvre depuis avril 2001, 10% n'ont pas été déclenchés suite à des incidents ou pannes ponctuels, et 8% pour des causes en cours d'analyse et de correction.

I.2 Déclenchements par les industriels

On note plus ou moins régulièrement depuis 2003, des problèmes de fax industriels : fax hors service, changement de numéro, coupure de courant... Cependant l'information étant doublée par l'appel du serveur vocal, les cas où l'information se perd sont rares. Pour donner un ordre d'idée, il y a eu 2 cas en 2001 (3 en 2002) de STERNES Directionnels non relayés par une des industries impliquées.

Enfin, comme la partie III le montrera, les STERNES sont déclenchés correctement et les quotas sont respectés par les industriels.

I.3 Répartition et durée des STERNES Généraux déclenchés



Graphique 1 – Durée des STERNES Généraux déclenchés depuis 2001.

10 STERNES Généraux ont été déclenchés depuis 2001, dont 6 en 2001. Tous se sont produits entre décembre et février. Le nombre d'heures passées sous STERNES Général est de 153 h en 2000, 204 h en 2001, 72 h en 2002, aucune en 2003 et pour l'instant 21 h en 2004.

I.4 Répartition des STERNES Directionnels déclenchés

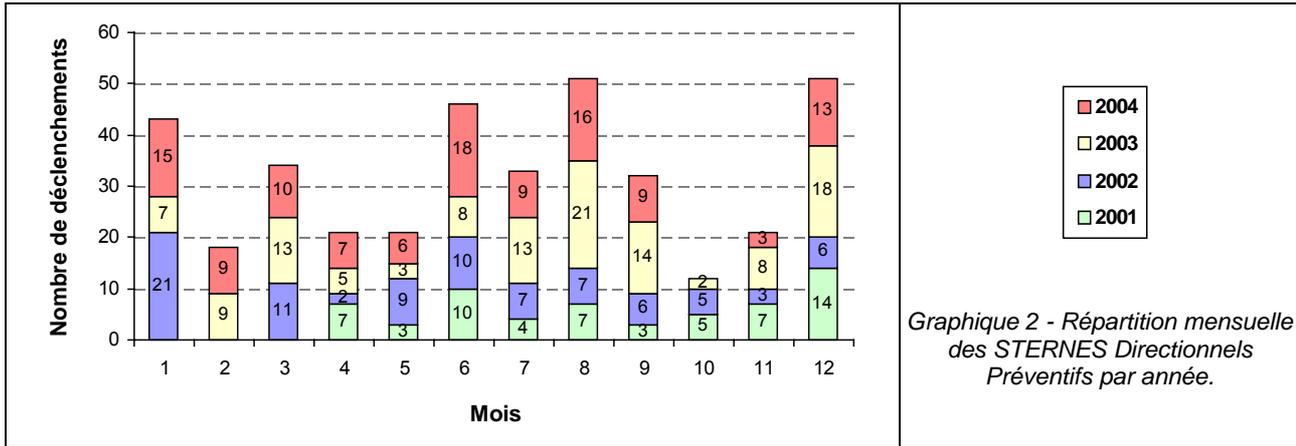
I.4.1 Répartition dans le temps

Du 15/04/01 au 15/04/04, 306 STERNES Directionnels préventifs et 3 sur constat ont été déclenchés.

Globalement, les STERNES Directionnels interviennent 1 jour sur 5 (192 jours avec déclenchement de Sternes Directionnel du 15 avril 2001 au 15 octobre 2003).

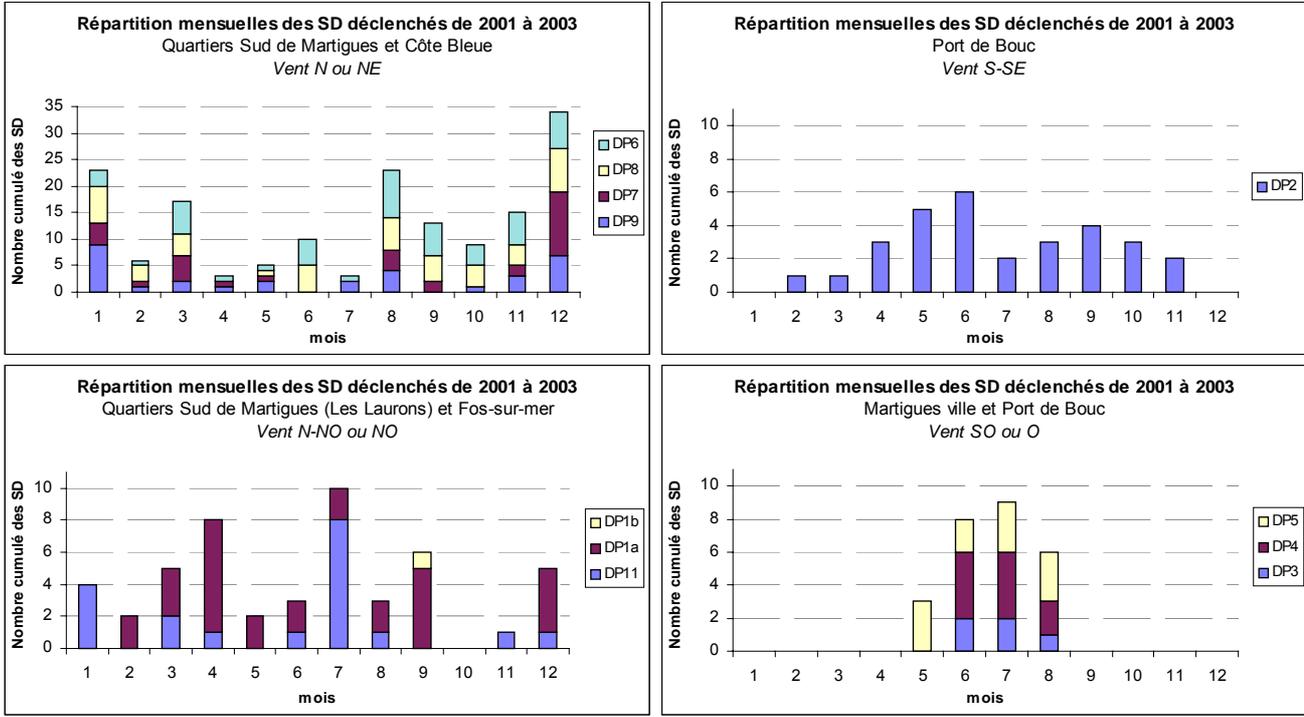
La procédure STERNES est rarement activée plus de deux fois sur une même journée. Cependant, le 4 mars 2002, 5 STERNES Directionnels se sont produits : la DP7 a déclenché à 23h45, et les DP8 et DP6 ont déclenché une fois le matin à 3h60 et 4h30, et une fois le soir à 19h et 22h.

Le graphique ci-dessous donne la répartition mensuelle par année de ces déclenchements, il faut prendre en compte dans sa lecture, le fait que les déclenchements ne commencent qu'en avril 2001, et qu'ils ne sont considérés que jusqu'en juin 2004.



Graphique 2 - Répartition mensuelle des STERNES Directionnels Préventifs par année.

On peut regrouper les différents STERNES Directionnels en 4 groupes, correspondant à 4 typologies de direction de vent. Le même décompte que ci-dessus par STERNES Directionnel donne alors le résultat suivant :



Graphique 3 - Répartition mensuelle par STERNES Directionnels Préventifs.

Bien que les années 2001 et 2004 soient incomplètes, on voit se dégager des particularités dans l'occurrence annuelle des Directionnelles qui suivent, sans y correspondre exactement, le profil annuel d'apparition de ces 4 typologies de vent :

- les épisodes DP2 se produisent toute l'année de façon assez régulière, excepté en début d'hiver.
- les STERNES Directionnels liés aux flux de SO ou O ne se produisent qu'en été.
- les STERNES Directionnels liés aux flux de N ou NE sont plus fréquents en hivers.
- les STERNES Directionnels liés aux flux de NO se produisent irrégulièrement toute l'année.

I.4.2 Répartition par type de STERNES Directionnels

Zone protégée	Industries concernées	Type Stermes	Répartition	Nombre de déclenchements			
				2001 à partir d'avril	2002	2003	2004
Rognac Barjacquets	CABOT;SHELL	DC106	(0.5)%	0	2	0	0
Berre l'Etang	CABOT;SHELL;SNET	DP10	1%	1	3	0	0
Fos sur Mer	ESSO	DP11	15%	2	7	10	37
Martigues Ville	BP;NAPHTACHIMIE	DC104	7%	(0.3)%	0	1	0
	BP;NAPHTACHIMIE	DP3		2%	3	2	0
	BP;NAPHTACHIMIE	DP4		4%	4	3	3
Côte Bleue	SHELL;TOTAL	DP9	9%	7	11	14	3
Port de Bouc	BP;NAPHTACHIMIE	DP2	14%	8%	8	10	12
	BP;NAPHTACHIMIE	DP5		6%	6	5	0
Quartiers Sud de Martigues	BP;EDF;NAPHTACHIMIE	DP1a	54%	10%	10	7	12
	ESSO	DP1b		1%	0	1	0
	SHELL;TOTAL	DP6		18%	5	13	30
	CABOT;SHELL;TOTAL	DP7		10%	6	7	19
	TOTAL	DP8		15%	8	18	21
			100%	60	90	121	115

La plupart des 7 STERNES Directionnels sur Constat ne sont jamais déclenchés ; deux le sont exceptionnellement (Martigues Ville et Rognac).

Parmi les Directionnelles Préventives, seule la DP12 (La Fare les Oliviers) n'a jamais été déclenchée. La DP10 et la DP1b l'ont été rarement. Et enfin, la Directionnelle la plus déclenchée est la DP6 sur la Gatasse (18% des déclenchements).

I.4.3 Répartition par industrie

Nom industrie	Répartition	Nombre de déclenchements			
		2001 à partir d'avril	2002	2003	2004
TOTAL	27%	26	49	84	45
SPM	20%	19	36	63	33
BP	16%	31	28	27	29
NAPHACHIMIE	16%	31	28	27	29
ESSO	8%	2	8	10	41
CABOT	6%	7	12	19	7
EDF	5%	10	7	12	10
SNET	1%	1	3	0	0

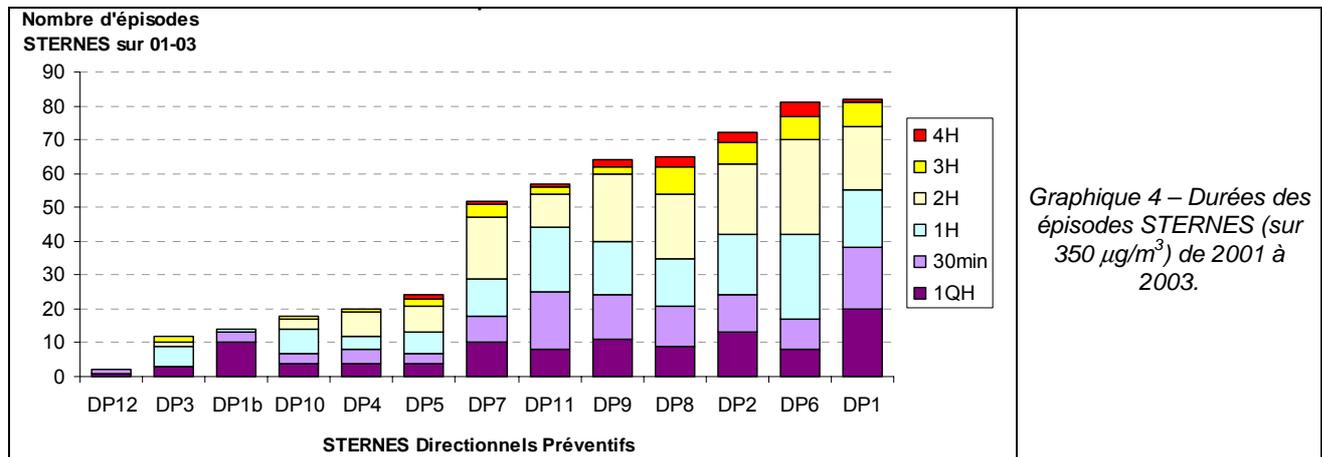
Les industries les plus concernées par les déclenchements de STERNES Directionnels sont : TOTAL, SHELL et BP/ NAPHTACHIMIE. On observe que 2003 a été une année exceptionnelle pour TOTAL et SHELL, de même que 2004 pour ESSO.

Ces chiffres n'ont qu'une valeur informative, ils ne donnent pas d'indication directe sur la pollution car le nombre de STERNES par industrie est différent, ainsi que les zones et les typologies concernées.

II Cohérence du dispositif STERNES Directionnel

II.1 Durée des épisodes de pollution de pointe

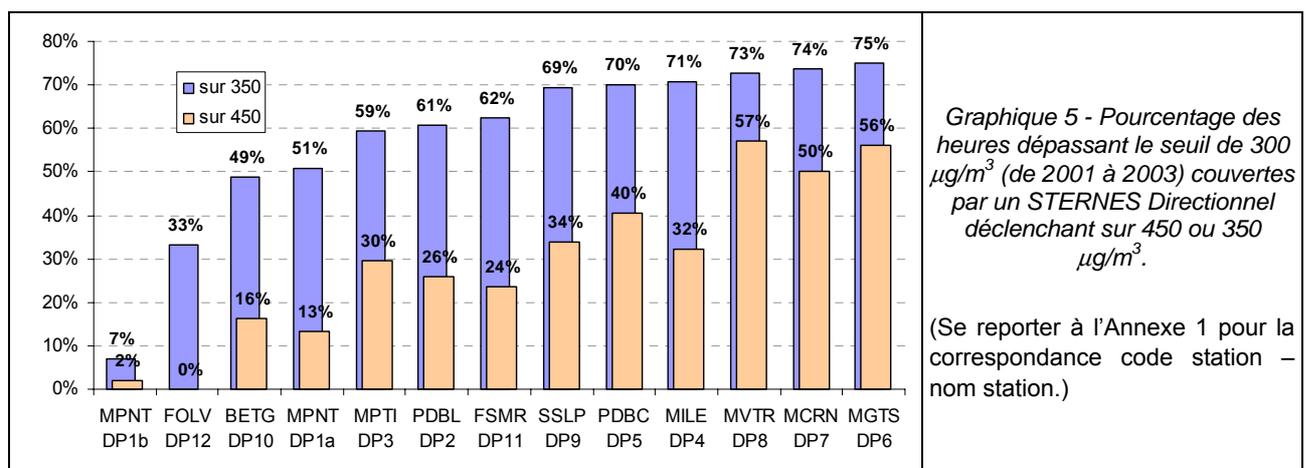
Le Graphique 4 indique la durée des épisodes de pollution STERNES entre 2001 et 2003 déclenchant à $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, qu'ils aient été suivis ou non d'une réduction des émissions.



Les durées maximales sont de 4 heures (elles seraient de 5 h et plus si l'on considérait un seuil de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cf Annexe 2). Les durées définies pour les différents STERNES Directionnels sont donc cohérentes avec le type d'épisodes de pollution que l'on observe depuis 2001.

II.2 Seuil de déclenchement

Jusqu'en 2003, les STERNES Directionnels étaient déclenchés à partir de $450 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$, depuis ils le sont à partir de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$. Le Graphique 5 indique par station témoin, le pourcentage du nombre de dépassement du seuil de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ associé à un STERNES selon ces deux seuils de déclenchement.



Globalement de 2001 à 2003, il y a eu 1511 heures de dépassement du $300 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$, heures cumulées sur l'ensemble des stations liées à un STERNES Directionnels. 57% de ces heures auraient été couvertes par un STERNES si tous étaient déclenchés sur $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Par contre, 31% des heures auraient été couvertes en déclenchant sur $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'abaissement du seuil a renforcé la cohérence du dispositif.

II.3 Typologies météorologiques

II.3.1 Validation

Lors de la création des STERNES, les pollutions directionnelles ont été associées à des typologies météorologiques caractérisées par : direction et vitesse de vent, répartition journalière et annuelle ... Il s'agit de confronter ces typologies aux observations depuis 2001.

L'Annexe 3 et l'Annexe 4 s'intéressent aux épisodes STERNES Directionnels qui ont eu lieu depuis janvier 2001 en considérant un seuil de déclenchement à $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'Annexe 3 donne, par STERNES Directionnel Préventif et par année, la répartition mensuelle du nombre de STERNES qui auraient été déclenchés.

L'Annexe 4 caractérise chaque STERNES Directionnel Préventif en pointant pour chaque épisode à déclencher sur $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, les heures, mois, vitesse et direction du vent du quart d'heure déclenchant.

Ces deux analyses montrent, en premier lieu, que les caractéristiques des STERNES Directionnels Préventifs depuis 2001 suivent dans les grandes lignes les typologies de définition du dispositif, construites avec les données des années 1990 à 1994 (c.f. Annexe 5).

Ensuite, les caractéristiques dégagées s'accordent parfaitement avec les typologies météorologiques analysées dans l'étude "Zonage météorologique - Etang de Berre" de 2003 (cf. Annexe 6).

Ainsi, malgré les modifications notamment du niveau des émissions soufrées depuis l'étude, les typologies STERNES Directionnels sont toujours valables.

Ces caractéristiques des STERNES Directionnels, ainsi que leurs correspondances avec les typologies de 2003 sont données dans le Tableau 4 ci-après.

Sternes	typologie de définition	% des déclenchements de 2001 à 2003	Valeur au premier quart d'heure des déclenchements de 2001 à 2003				Typologie 2003 correspondante (cf. Annexe 6)	Fréquence annuelle typologie 2003
			Direction du vent	Vitesse du vent	Répartition horaire	Répartition annuelle		
DP1a	MPNT MGTS 330-10	11%	330-10	8-20	hors 10-18h	pas 10,11 + 4,9	C7 (C8) mais quasiment rien la journée	10%
DP1b	MPNT MGTS 310-340	1%	330-340	5-20	nuit	janvier	C8 surtout nuit, pas de mai à juillet	10%
DP6	MGTS MGTS 0-100	19%	0-100	0-7	nuit	moins au printemps – début d'été	C3	33%
DP7	MCRN MGTS 0- 80	12%	0-100	2-7	nuit et 13h	automne, hiver et + 1,12	C3	33%
DP8	MVTR MGTS 0-100	18%	20-100	0-8	hors 10-18h	moins au printemps	C3-C6	33%
DP9	SSLP MGTS 330-50	10%	350-50	2-10	tout + 0-9h	hiver, surtout 1,12	C3-C8	33%

(suite du tableau page suivante.)

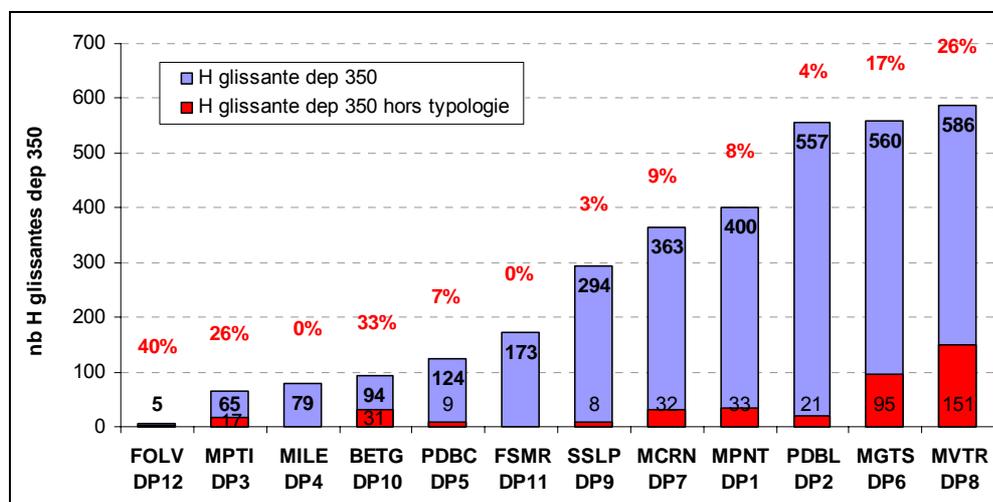
Sternes	typologie de définition	% des décl. 2001-2003	Direction du vent	Vitesse du vent	Répartition horaire	Répartition annuelle	Typologie 2003	Fréquence annuelle typologie 2003
DP2	PDBL MGTS 120-190	10%	120-170	5-20	tout +18-20h +7h	tout	C1 mais cas de printemps plus nombreux	6%
DP3	MPTI MGTS 250-310	2%	260-280	5-15	13-17h	mai juin juillet août	C4	8%
DP4	MILE MNDM 210-270	3%	220-250	4-10	9-16h	juin, juillet, août	C4	8%
DP5	PDBC PDBC 170-250	4%	200-240	2-6	8-18h	de mai à août	C5a/b	4%
DP10	BETG MNDM 50-130	2%	50-100	3-6	0-9h	tout	C2	6%
DP11	FSMR MNDM 290-350	10%	290-330	5-11	hors 6-18h	-9,10,11, +6,7,8	C4-C8	10%
DP12	FOLV MGTS 150-200	0%	150-200	>2	9h	mai, juillet	C5	4%

Tableau 4 - STERNES Directionnels : caractéristiques et correspondances avec les typologies météo de 2003.

II.3.2 Efficacité

C'est à partir des typologies météorologiques précédentes que chaque STERNES Directionnel a finalement été défini par : une station témoin de mesure du SO₂, une station météo et un secteur de direction de vent (que l'on nomme typologie). Le STERNES est déclenché quand la station témoin dépasse le seuil fixé et que la station météo mesure une direction de vent incluse dans la typologie. Remarque : les moyennes horaires glissantes sur quatre quarts d'heure sont considérées pour les dépassements.

On cherche à voir s'il existe des cas de pollution de pointe sur les stations témoins, qui ne seraient pas inclus dans la typologie. Le Graphique 6 s'intéresse aux heures glissantes dépassant 350 µg/m³/h sur les stations témoins, mais associées à une direction de vent hors typologie.

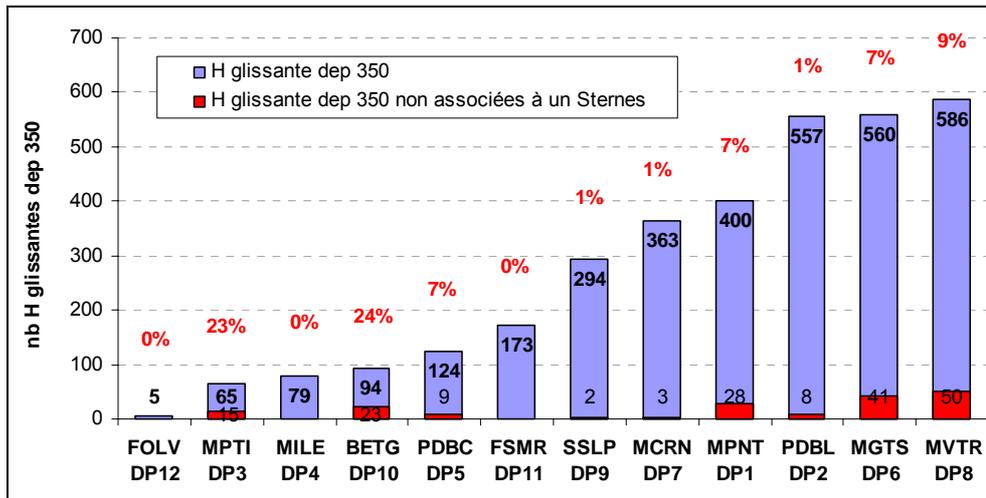

 Graphique 6 - Heures de dépassement du seuil de 350 µg/m³/h glissant : total de 2001 à 2003 et nombre se déroulant hors typologie STERNES Directionnel.

Il apparaît que les typologies de vent définies couvrent la grande majorité (88%) des cas de pollution de pointe que l'on peut mesurer sur les stations témoins des STERNES Directionnels.

Pour cinq stations témoins plus de 10% des dépassements du seuil de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se font hors typologie STERNES Directionnel : La Fare les Oliviers, Berre, Martigues Pati, la Gatasse, les Ventrons.

Cependant, il n'a pas été tenu compte de la durée des STERNES Directionnels. Certaines de ces heures de pollution hors typologie sont tout de même couvertes par un STERNES qui dure entre 3 et 5H30.

Le Graphique 7 comptabilise le nombre d'heures glissantes dépassant $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ qui n'ont pas été associées à un STERNES entre 2001 et 2003 (considérant un déclenchement sur $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Graphique 7 – Nombre d'heures de dépassement du seuil de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ glissant, non associées à un STERNES Directionnel parmi le nombre total de 2001 à 2003.

Ainsi, 95% des pollutions de pointe sur les stations témoins sont associées à un STERNES selon la définition actuelle du dispositif.

- Il n'y a que deux stations témoins pour lesquelles une part importante (20%) des épisodes de pointe se déroulent hors dispositif STERNES : Berre (BETG) et Martigues Pati (MPTI).

Pour Berre, les 23 quarts d'heure où la moyenne horaire glissante dépasse $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se répartissent en 9 épisodes de pollution durant jusqu'à 5 quarts d'heure. Deux cas se présentent :

- 5 épisodes de pointe mesurés avec une direction de vent en limite de la typologie définie : 40° - 50° et 140° - 150° ,
- 4 épisodes mesurés avec une direction de vent 230° - 250° (O-SO). Ces épisodes sont simultanés avec des dépassements du $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le capteur de Rognac.

Pour Martigues Pati, il s'agit de 6 épisodes éparés avec des directions de vent associées de : 100° , 120° , 150 - 170° (3 épisodes), 340° .

- Autres sites remarquables :

Les épisodes de Martigues Ponteau dissociés des STERNES Directionnels sont mesurés par une direction de vent entre 10 et 90° . En fait ces épisodes sont simultanés avec soit une DP8 soit une DP6 : ils sont donc "couverts" par un STERNES puisque des réductions des industries a priori impliquées sont demandées.

Enfin les épisodes sur la Gatasse et les Ventrons hors STERNES se produisent par des directions de vent entre 100° et 160° et entre 200° et 350° . Ces cas seront à étudier : vent faible d'orientation aléatoire, changement de flux, relief ...

III Effets des STERNES sur les rejets soufrés

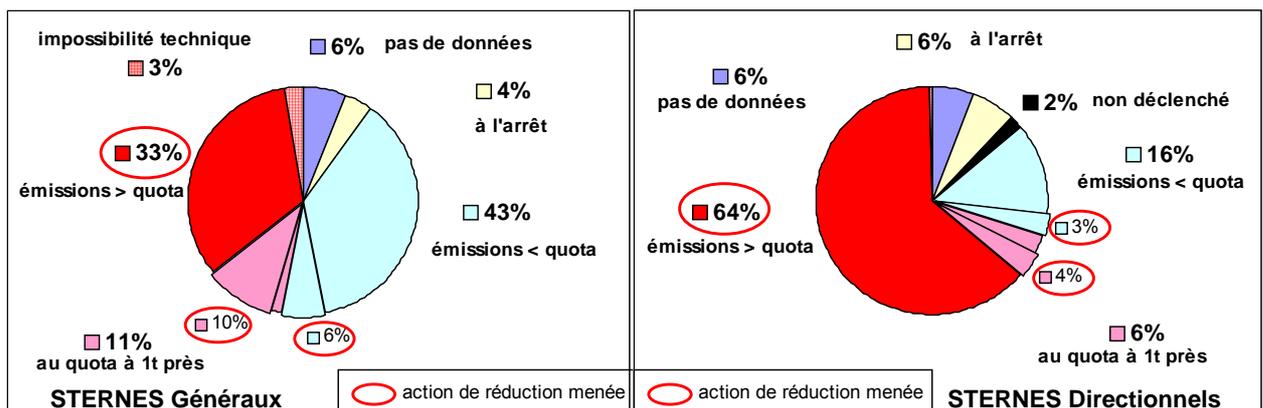
III.1 Part des STERNES suivis d'action de réduction

Les données des compte-rendus d'action que doivent remettre les industriels à la DRIRE après chaque déclenchements du dispositif – déterminent la part des STERNES mis en œuvre par les industriels se concrétisant par une diminution des émissions soufrées. En effet, selon l'arrêté préfectoral, l'obligation de réduction ne porte que sur les rejets supérieurs au quota STERNES autorisé.

Les données de ces compte-rendus donnent accès aux niveaux d'émission avant, pendant et après les déclenchements. Leurs dépouillement sur les années 2001 et 2002 fournit les informations suivantes (Graphique 8).

Les 9 STERNES Généraux déclenchés ont donné lieu à 82 demandes de réductions des rejets soufrés auprès des industries (*). Lors de ces 82 déclenchements industriels des STERNES Généraux, les émissions en début de STERNES étaient dans 2 cas sur 5 supérieures au quota STERNES. Pour les STERNES Directionnelles (296 Sternes (*)), le ratio est de plus de 3 sur 5.

(*) Multiplication du nombre de déclenchements par le nombre d'industries concernées dans chaque cas.



Graphique 8 - Emissions des industries par rapport à leur quota au moment des demandes de réduction STERNES - part de ces demandes donnant lieu à des actions de réduction effectives (2001 et 2002).

Les industriels procèdent en réalité à des réductions bien qu'étant sous leur quota. Ainsi **les demandes STERNES de limitation des rejets auprès des industries, sont suivies d'une action de réduction dans 50% des cas pour les Généraux et dans 70% des cas pour les Directionnels.**

Pour 2% des STERNES Généraux, il n'a pas été possible d'agir sur les rejets pourtant supérieurs au quota : redémarrage d'unité, déficit de gaz, alerte déclenchée en phase de passage sur brut soufré, ...

Le détail de ces répartitions est donné dans les deux tableaux suivants, sachant que ces informations ne concernent que les deux premières années de mise en œuvre du dispositif (2001 et 2002), et qu'elles datent de deux ans.

Dans les tableaux suivants, l'intitulé "Pas d'information" correspond aux déclenchements industriels de STERNES pour lesquels nous n'avons pas de compte-rendu (dysfonctionnement de l'envoi de fax par AIRFOBEP, dysfonctionnement du fax de l'industrie, ...).

- STERNES Directionnels

Niveau des émissions au moment des déclenchements STERNES Directionnels de 2001-2002									
(à partir des compte-rendus)	Tous	BP	CABOT	EDF	ESSO	Naphachimie	SPM	SNET	TOTAL
Pas d'information	7%	3%	0%	12%	0%	8%	11%	50%	7%
A l'arrêt	6%	0%	5%	88%	0%	0%	0%	50%	0%
Problème (*)	2%	3%	5%	0%	10%	0%	0%	0%	1%
Sous le quotas	21%	15%	89%	0%	40%	0%	34%	0%	17%
Au-dessus du quotas	64%	78%	0%	0%	50%	92%	55%	0%	75%
<i>somme par colonne</i>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<i>nombre de SD</i>	300	59	19	17	10	59	56	4	76

(*) Problème interne à l'industrie, l'empêchant de donner une suite au déclenchement du STERNES.

Plusieurs points sont à noter :

- EDF est le plus souvent à l'arrêt lors des déclenchements.
- CABOT est sous son quotas STERNES, excepté dans 2 cas (un problème et un arrêt).
- NAPHTACHIMIE est toujours au-dessus de son quota quand un STERNES Directionnel est déclenché.

On remarque que certaines industries agissent même si elles sont sous leur quota au déclenchement d'un STERNES Directionnel : c'est le cas de BP en général, parfois de SPM, de TOTAL et une fois pour CABOT.

- STERNES Généraux

Niveau des émissions au moment des déclenchements STERNES Généraux de 2001-2002											
(à partir des compte-rendus)	Tous	BP	CABOT	EDF	ESSO	Lafarge	Naphachimie	SPM	SNET	SOLLAC	TOTAL
Pas d'info	6%	0%	0%	11%	0%	11%	22%	11%	0%	0%	0%
A l'arrêt	4%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
< au quotas	45%	78%	89%	0%	78%	89%	44%	11%	0%	11%	11%
> au quotas	45%	22%	11%	56%	22%	0%	33%	78%	100%	89%	89%
<i>somme par colonne</i>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<i>nombre de SD</i>	82	9	9	9	9	9	9	9	1	9	9

On note que :

- EDF est dans un tiers des cas à l'arrêt et est la seule industrie en arrêt complet (émission nulle) lors de certains STERNES Généraux.
- Seuls SNET, SOLLAC, TOTAL, SPM, et EDF sont dans la majorité des cas au-dessus de leur quota au déclenchement d'un STERNES Général.

Les autres sont dans la majorité des cas sous leur quota quand un STERNES Général est déclenché :

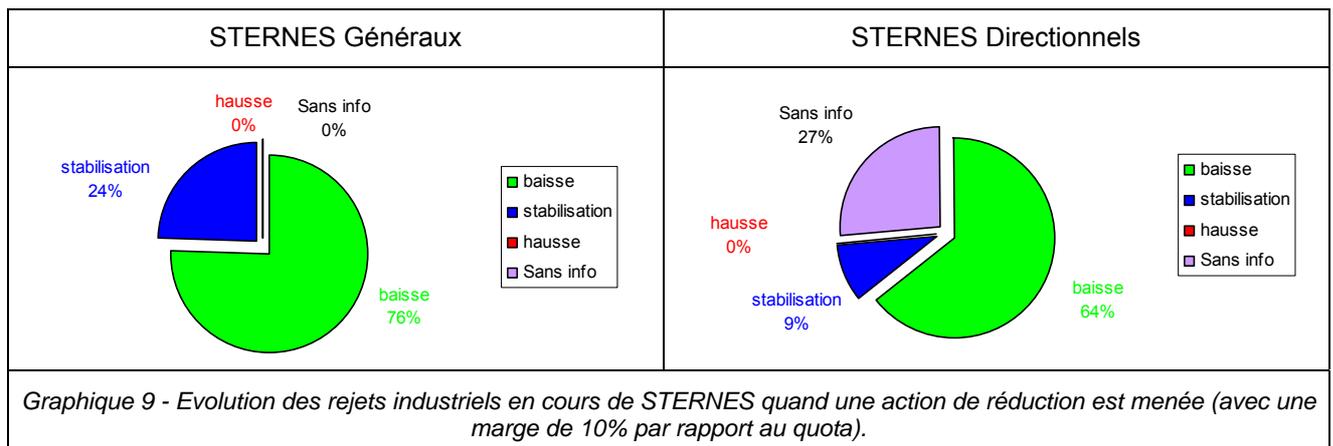
- LAFARGE est quasiment toujours sous le quota.
- CABOT est quasiment toujours sous le quota, excepté une fois au-dessus.
- BP et ESSO sont dans 7 cas sur 9 en-dessous.
- NAPHTACHIMIE est dans 4 cas sur 9 en-dessous.

Pour les STERNES Généraux, CABOT (à 5 reprises) et SPM (à 1 reprise) ont mené des actions bien qu'étant sous leur quota.

III.2 Effet des actions de réduction des émissions

Pour déterminer la part des actions de réduction suivies d'une baisse effective des émissions, on compare les niveaux d'émission fournis dans les compte-rendus avant et pendant le STERNES.

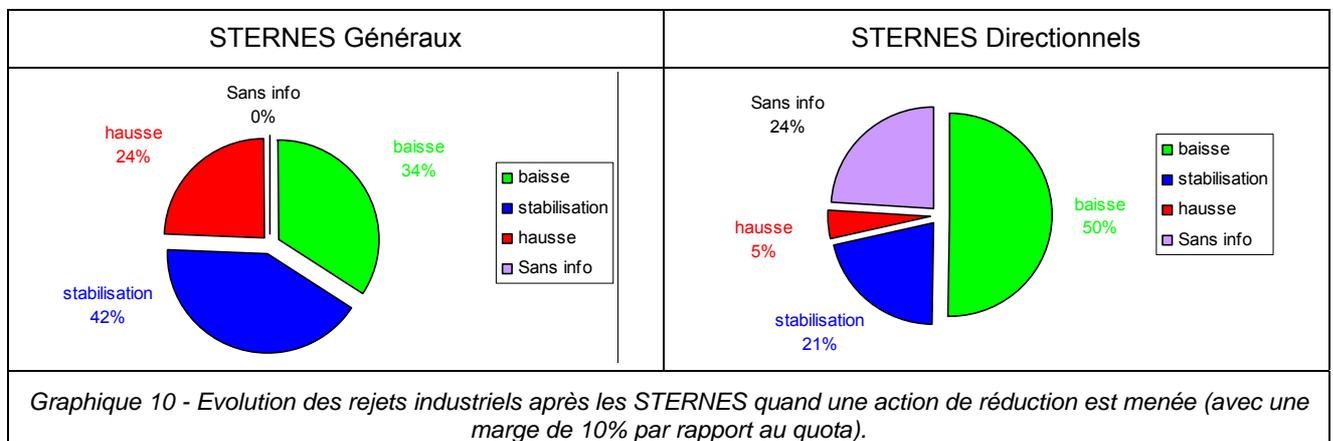
On ne considère une variation des rejets (positive ou négative) que si elle est supérieure à 10% du quota applicable : c'est ce qu'on nomme "marge de 10%" dans les graphiques. Par exemple si le quota de l'industriel est de 25 tonnes, un écart de 2,5 tonnes est considéré non comme une baisse mais comme une stabilisation des rejets.



Pour les deux types de STERNES, les actions menées se traduisent dans leur grande majorité par une réduction effective des émissions durant le STERNES (aux alentours de 75% en considérant la part sans information pour les STERNES Directionnels), et en une part de stabilisation des rejets (environ 25%).

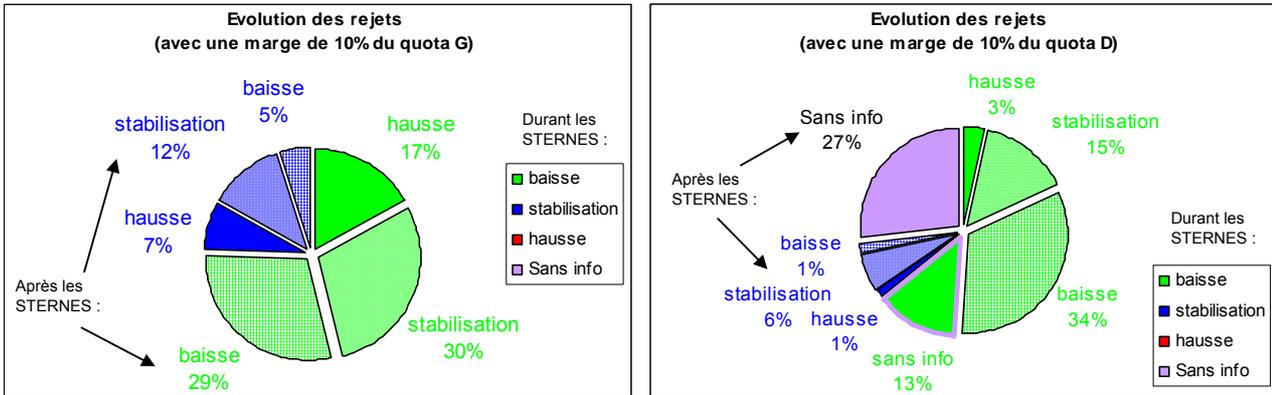
III.3 Niveaux d'émission à la fin des STERNES

On recherche ici des éléments d'information sur l'évolution des rejets après la fin d'un STERNES quand une action de réduction a été menée. Sont comparés cette fois les niveaux d'émission avant et après le STERNES.





Les graphiques ci-dessous complètent les précédents en croisant les deux données précédentes.

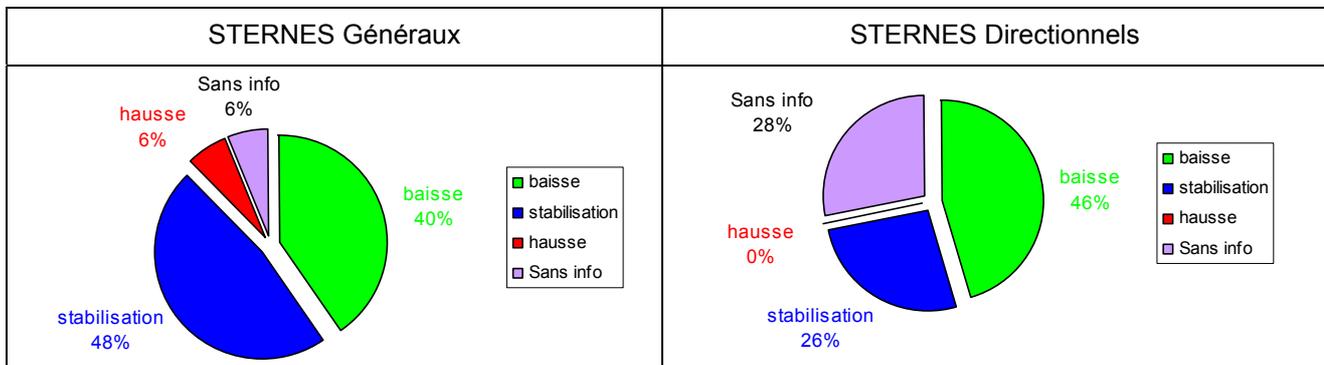


La part des diminutions de rejet poursuivies au-delà de la durée des STERNES semble être à peu près identique dans les deux cas : environ 30%.

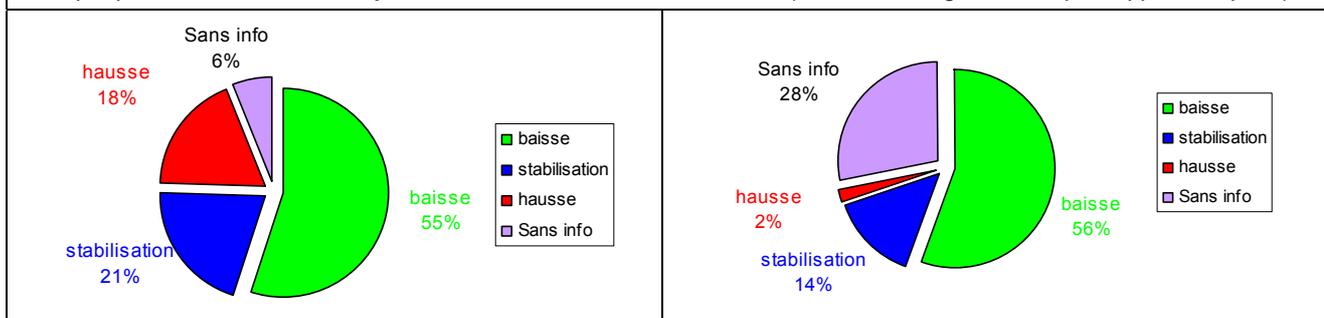
III.4 Part de l'ensemble des STERNES menant à des baisses de rejets

Il s'agit de voir ici dans combien de cas l'ensemble des STERNES déclenchés - sans discerner le niveau des émissions industrielles par rapport aux quotas - ont donné lieu à : une réduction des rejets pendant la durée du STERNES, une stabilisation des rejets, ou une augmentation des rejets.

Dans ce paragraphe, les variations des émissions exactes (sans la marge précédente) sont aussi présentés à titre de comparaison.



Graphique 11 - Evolution des rejets industriels en cours de STERNES (avec une marge de 10% par rapport au quota).



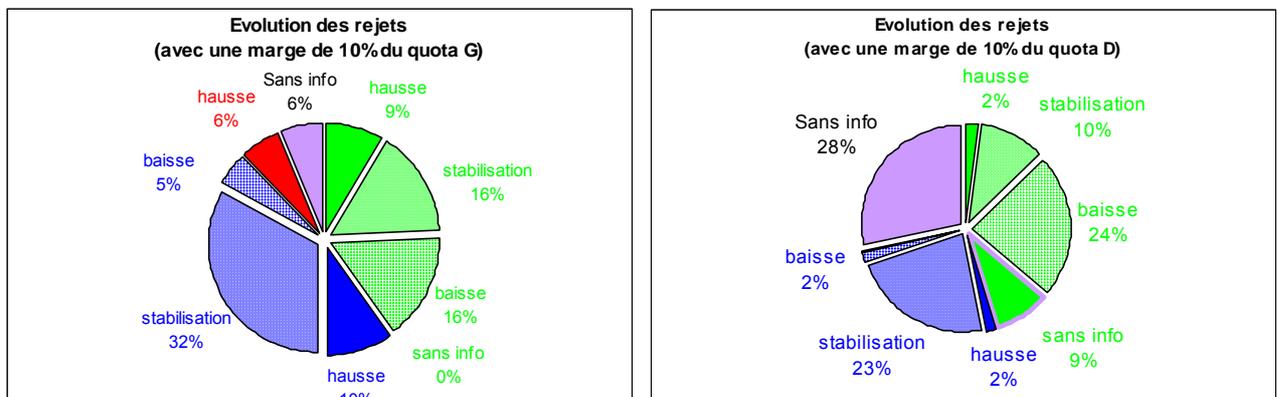
Graphique 12 - Evolution des rejets industriels en cours de STERNES (sans marge).

Les rejets soufrés pendant la durée des STERNES Directionnel n'augmentent jamais. Par contre cela arrive lors des STERNES Généraux, notamment suite à des difficultés techniques comme celles citées dans le paragraphe III.1.

Globalement, on peut estimer que 65% des demandes de limitation des rejets soufrés, dans le cadre des STERNES Directionnels entre 2001 et 2002, ont donné lieu à une baisse effective des émissions soufrées, les autres à une stabilisation.

De même pour les STERNES Généraux déclenchés entre 2001 et 2002, 44% des demandes de limitation des rejets ont été suivies d'une diminution de ces rejets, 50% d'une stabilisation, et les 6% restants d'une augmentation.

De la même façon que précédemment, les deux graphiques ci-dessous complètent l'information précédente par l'évolution des rejets après la fin des STERNES.



Les STERNES Directionnels sont rarement suivis, au delà de leur durée, par une hausse des rejets soufrés au-dessus du niveau précédent le STERNES.

Cette situation est plus courante lors des STERNES Généraux : dans 25% des cas, les industries augmentent leur rejets à la fin du STERNES Général. On retrouve ici l'incidence de la durée des STERNES Généraux supérieure à 20 h, contre 5,5 h maximum pour un Directionnel.

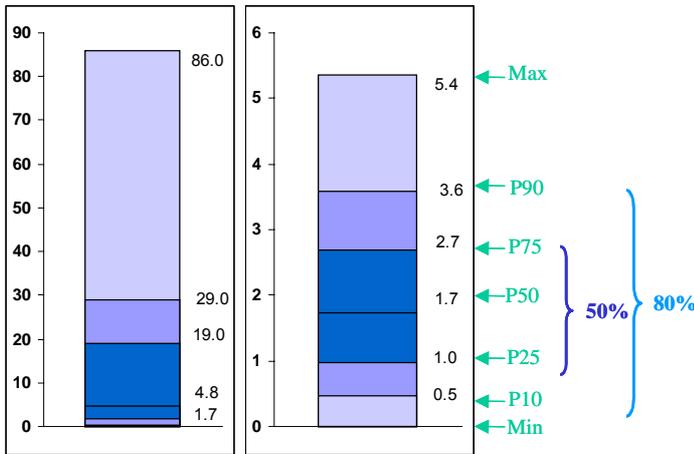
III.5 Niveaux de réduction

Le Graphique 13 donne la répartition des réductions d'émissions soufrées réalisées par STERNES de 2001 à 2002. Ces réductions sont exprimées en tonne de SO₂ par jour.

L'information porte sur les STERNES suivis d'actions de réduction et pour lesquels la données existe, soit :

- 100% des Sternes Généraux avec action (41 Sternes),
- 73% des Sternes Directionnels avec action (153 Sternes).

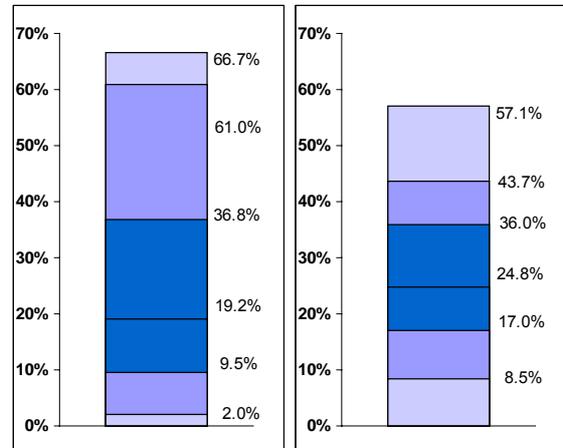
Réductions en t de SO₂



STERNES Généraux STERNES Directionnels

% de réduction

par rapport à ce qui aurait été émis sans STERNES



STERNES Généraux STERNES Directionnels

Graphique 13 - Réductions en t/j des quantités de SO₂ réalisées de 2001 à 2002 durant les STERNES.

Ainsi, pour donner un ordre de grandeur du niveau des diminutions réalisées durant les STERNES, on peut dire que globalement, toutes industries confondues, la diminution est de 2 t/j pour les Directionnels, et de 2 à 20 t/j pour les Généraux.

III.6 Rejets évités grâce au dispositif

L'estimation des émissions de SO₂ évitées sur l'ensemble des Stermes déclenchés en 2001 et 2002, à partir des données des compte-rendus Stermes, est donnée dans le tableau ci-dessous.

		Stermes Généraux		Stermes Directionnels	
		2001	2002	2001	2002
Durée cumulée	Stermes déclenchés par AIRFOBEP	204 h	72 h	245 h	380 h
	Stermes mis en œuvre par tous les industriels	1 854 h	648 h	512 h	706 h
Tonnes de SO ₂	rejetées sur ces périodes sans Stermes	1 660 t	600 t	570 t	880 t
	rejetées sur ces périodes avec Stermes	1 300 t	470 t	470 t	730 t
	évitées sur ces périodes	360 t	130 t	100 t	150 t
% de réduction		22%	22%	18%	17%

Tableau 5 – Evaluation des émissions de SO₂ évitées suite aux STERNES.

IV Effet des STERNES Directionnels sur les concentrations en SO₂

Il s'agit de donner des premiers éléments d'appréciation de l'effet qu'ont pu avoir les STERNES Directionnels sur les concentrations en SO₂ dans l'air ambiant lors des pics de pollution depuis 2001.

IV.1 Pollutions de pointe et dépassements des valeurs réglementaires mesurés depuis 2001

Situation globale

Dans le territoire surveillé par AIRFOBEP, les valeurs réglementaires relatives à la pollution de fond sont respectées. Par contre concernant la pollution de pointe, on totalise :

- nombre de dépassements des valeurs limites de 2001 à 2004 sur les 28 stations cumulées :

	2001	2002	2003	2004
journées de dépassement du seuil de 125 µg/m ³ /j	49	49	32	28
heures de dépassement du seuil de 350 µg/m ³ /h	377	362	320	222

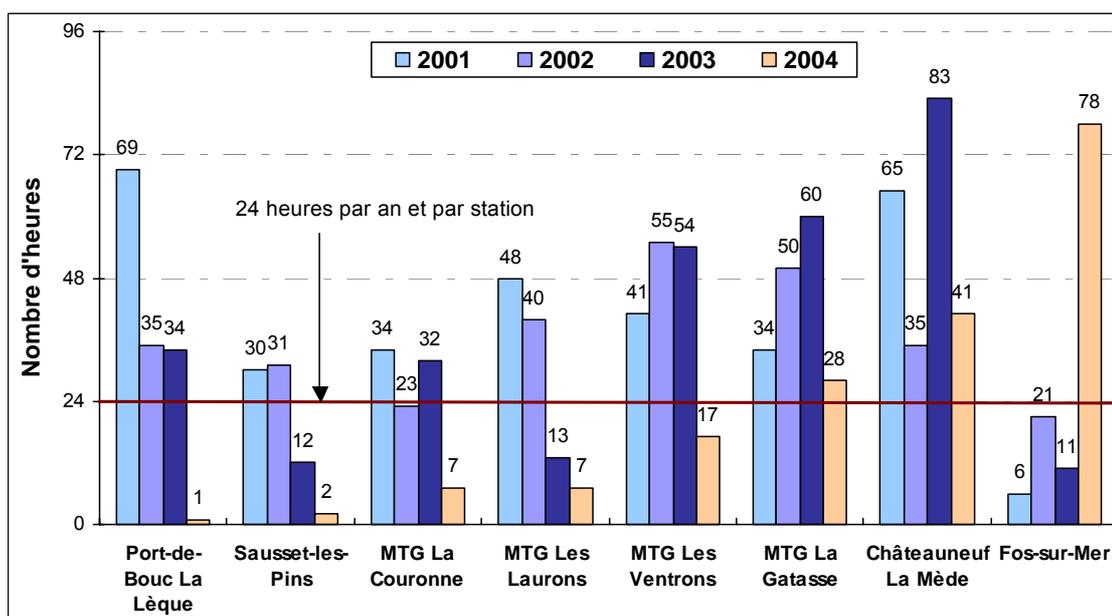
- 6 stations dépassant le seuil d'alerte de 500 µg/m³/h durant 3 heures consécutives, au moins une fois dans l'année en 2002 ou 2003 : Martigues Notre Dame, Sausset-les-Pins, Martigues la Couronne, Châteauneuf la Mède, Martigues les Ventrons, Martigues la Gatasse.

En Annexe 2 sont analysés les épisodes de pollution de pointe - assimilés aux groupes d'heures consécutives dépassant 300 µg/m³/h - que l'on observe depuis 2001.

Il y a jusqu'à 50 épisodes annuels de pollution de pointe sur certaines stations. Dans 17 à 85% des cas selon les stations, le seuil de 350 µg/m³ est atteint. Pour les stations de Martigues Couronne, les Ventrons et la Gatasse, plus de 20% des épisodes de pointes dépassent le seuil de 600 µg/m³.

La majorité des épisodes sont brefs : entre 2001 et 2003, 63% des épisodes de dépassement du seuil de 300 µg/m³ ont duré une heure seulement. Cependant, 15% d'entre eux ont duré 3h et plus, soit 146 épisodes en 3 ans.

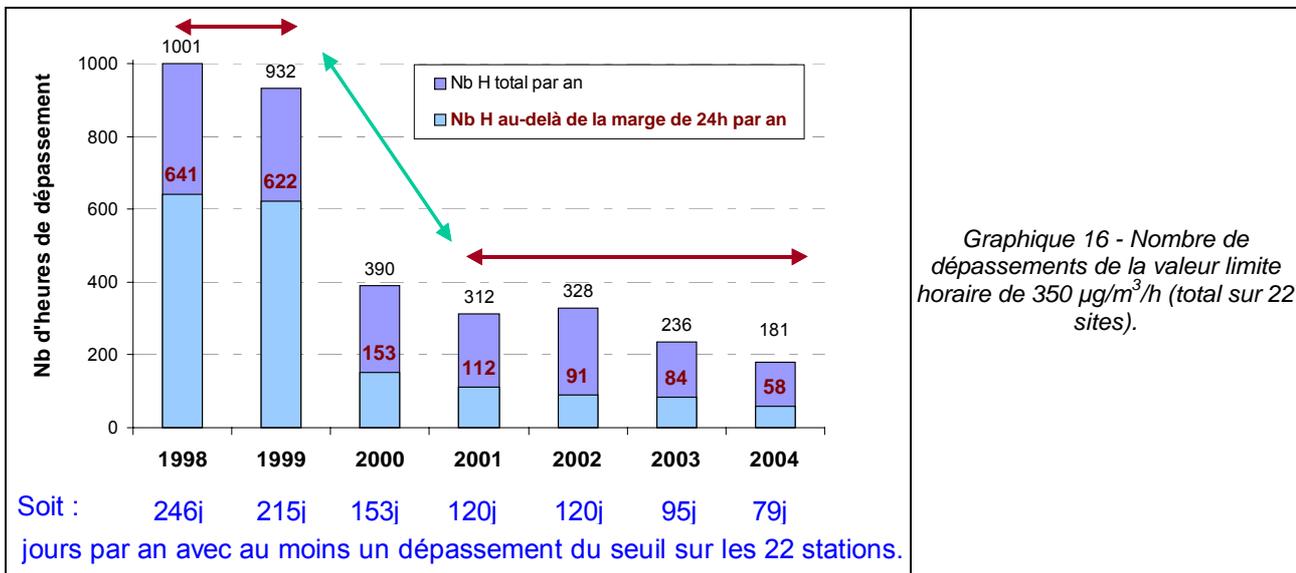
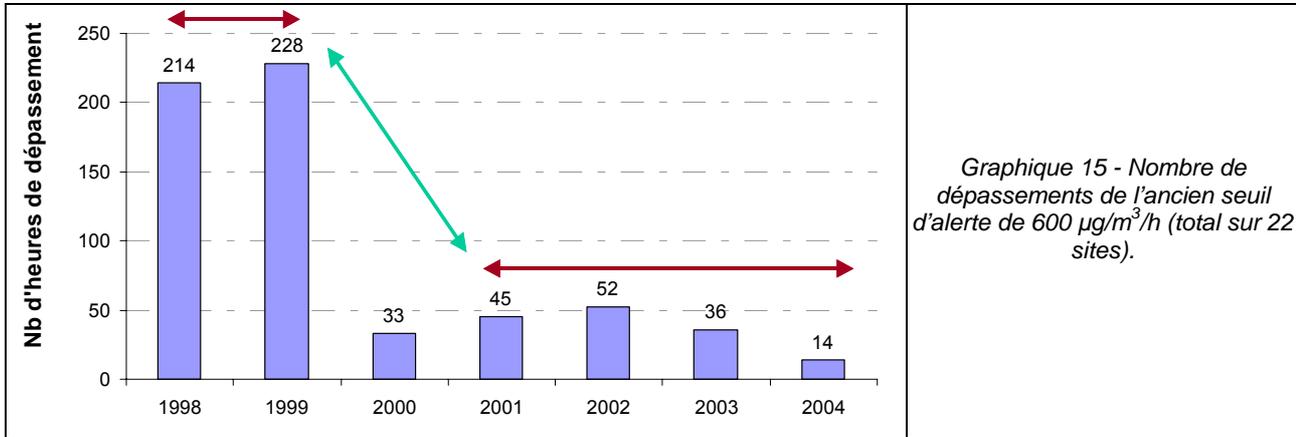
Le Graphique 14 localise les dépassements du seuil de 350 µg/m³/h que l'on mesure depuis 2001.



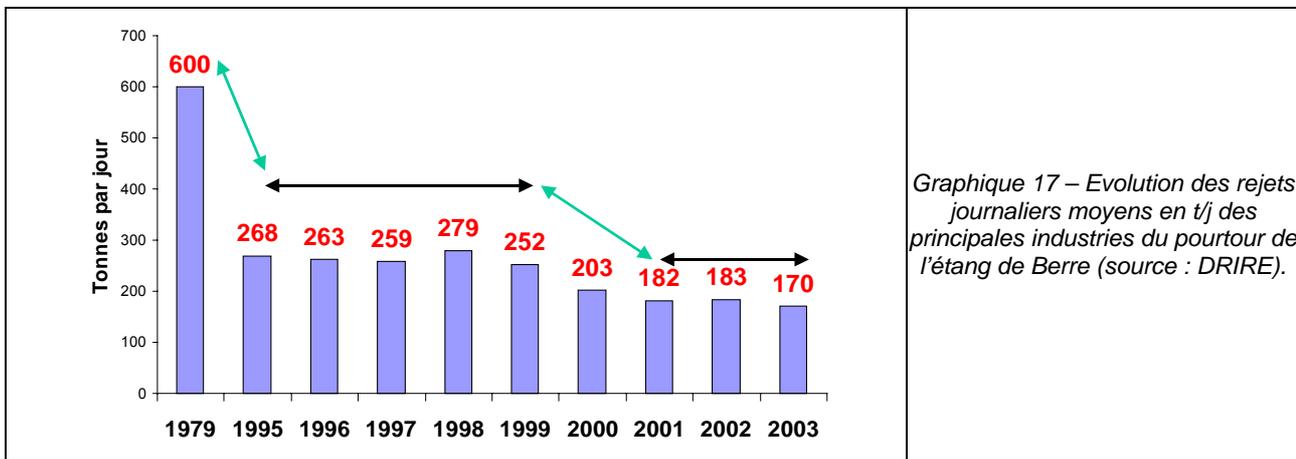
Graphique 14 – Localisation des dépassements du seuil de 350 µg/m³/h.

Evolution depuis 1998

Les Graphique 15 et Graphique 16 retrace l'évolution du nombre d'heures de dépassement des seuils de $600 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ et de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ depuis 1998 sur les 22 stations qui permettent cet historique.



La baisse des dépassements entre 1999 et 2001 est liée à une diminution des rejets soufrés industriels durant cette période (Graphique 17).



Depuis 2001, les émissions soufrées industrielles sont stables. Le nouveau dispositif STERNES fonctionnant également depuis 2001, l'effet de ses réductions temporaires ne peut donc être évalué par comparaison avec les années précédentes.

L'abaissement du seuil de déclenchement des STERNES Directionnel est intervenu en 2003. Depuis il semble apparaître une légère diminution des heures de dépassement mais qui peut-être liée aux particularités météorologiques annuelles dont on a un exemple entre 2000 et 2001 sur le Graphique 15 : les rejets soufrés globaux ont diminué entre ces deux années, mais le nombre de dépassements du seuil de $600 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ a lui augmenté.

Le dispositif STERNES Directionnel, dans son état actuel, a été conçu pour prévenir les dépassements du seuil de $600 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$. Ces dépassements subsistent même s'ils ont diminués à partir de 2001.

D'autre part, les nouvelles valeurs limites pour la protection de la santé humaine sont atteintes sur certains sites.

Ainsi le dispositif STERNES mérite d'être optimisé pour augmenter l'efficacité des réductions temporaires des rejets soufrés lors des pointes de pollution, et pour prévenir les dépassements du seuil de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ (en vigueur à partir de 2005).

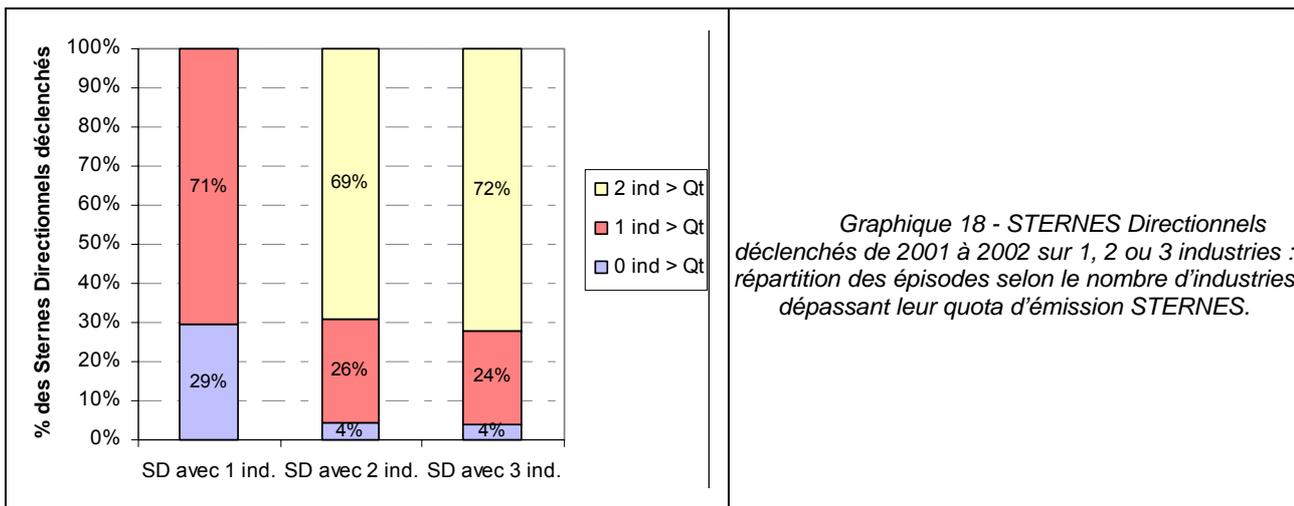
IV.2 Episodes de pointe non concernés par les baisses de rejets

IV.2.1 Episodes STERNES Directionnels sans réduction des rejets

On a estimé (c.f. le paragraphe III.4) que 35% des demandes de limitation de rejet lors des STERNES Directionnels ne sont pas suivies d'une réduction effective des émissions soufrées - ce chiffre étant donné pour toutes industries et tous STERNES confondus. On observe maintenant ces éléments par épisodes STERNES Directionnel.

Beaucoup de STERNES Directionnels sont déclenchés alors même que peu d'industries impliquées dépassent leur quota.

Entre 2001 et 2002, 147 STERNES Directionnels ont été déclenchés. L'analyse qui suit ne retient que ceux déclenchés par toutes les industries concernées (de 1 à 3) et pour lesquels on dispose des informations nécessaires. Le graphique suivant sépare ces 127 STERNES restants en trois classes selon le nombre d'industrie qu'ils impliquent. A l'intérieur de chacune de ces classes, les épisodes sont répartis en fonction du nombre d'industrie qui dépassaient leur quota au déclenchement du STERNES Directionnel.



- 29% des STERNES Directionnels impliquant une seule industrie, ont été déclenchés alors que cette industrie émettait moins que son quota STERNES.

- Globalement, 11% des STERNES Directionnels ont été déclenchés alors qu'aucune des industries concernées ne dépassait son quota STERNES.

Les industries réduisent dans certains cas leurs émissions bien qu'étant en deçà de leur quota et bien qu'elles ne soient pas réglementairement tenu de le faire. Cependant, de l'ordre de 10% des pollutions directionnelles qui donnent lieu à un déclenchement de STERNES ne sont suivies par aucune diminution de rejet.

IV.2.2 Episodes de pollution non associés à un STERNES Directionnel

Episodes de pollution de pointe mesurés :

- Comme nous l'avons vu dans le paragraphe II.3, les typologies définies dans le dispositif STERNES couvrent quasiment la totalité des cas de pollution de pointe mesurés sur l'ensemble des 12 stations associées à un STERNES Directionnel Préventif. Seuls quelques épisodes particuliers constatés à Berre, à Martigues Ventrons et la Gatasse ne sont pas associés à des STERNES Directionnels Préventifs.

- Parmi les 7 stations témoins des STERNES Directionnels sur Constat, seule deux connaissent des épisodes de pointe réguliers : Martigues Notre Dame et Rognac Barjaquets. A titre indicatif, le Tableau 6 comptabilise sur ces 7 stations, les heures glissantes sur 4 quarts d'heure dépassants le seuil de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ depuis 2001 qui n'ont pas été associées à un STERNES.

Nb dépassements $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$	DC101	DC102	DC103	DC104	DC105	DC106	DC107
	Berre Magasin	Carry le Rouet	Châteauneuf les Martigues	Martigues Notre Dame	Port de Bouc EDF	Rognac Barjaquets	Vitrolles
2001	4	22	4	24	0	5	2
2002	6	3	12	13	6	25	13
2003	0	0	3	13	0	13	0
2004	0	0	0	18	0	19	0

Tableau 6 – Nombre d'heures glissantes dépassant $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non associées à un STERNES Directionnel sur Constat.

Le dispositif ne déclenchant qu'à partir du seuil de $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il pourrait être envisagé de le modifier pour les stations de Martigues Notre Dame et Rognac Barjaquets, afin de mieux couvrir les pointes à partir de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cependant, ces deux stations dépassent au maximum 8 fois par an depuis 2001 la valeur limite horaire de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De plus ces dépassements sont mesurés alors que le niveau moyen de concentration sur tout le domaine est élevé.

- Sur le reste du réseau de mesure du SO_2 (c'est à dire 9 stations), on n'observe pas d'épisodes de pollution de pointe excepté sur la station de Châteauneuf la Mède. Installée depuis avril 2000, cette station n'a pas été prise en compte lors de la mise en place des STERNES Directionnels. Elle connaît un des plus grand nombre de dépassements du seuil de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$, et est située à proximité d'une zone habitée. La possibilité d'y associer un STERNES Directionnel mérite d'être étudiée.

IV.3 Effet des baisses de rejet

Si l'effet direct des diminutions des rejets sur les concentrations lors des STERNES n'est pas quantifiable à ce stade, on note des limites au dispositif actuel.

IV.3.1 Des pollutions de pointe malgré des rejets inférieurs aux quotas

Le Graphique 18 montre que le dispositif STERNES Directionnel actuel ne garantit pas le non dépassement du seuil de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$. En effet, dans 10% des cas, des situations de pollution directionnelle sont constatées au moment même où toutes les industries concernées émettent déjà moins que leur quota.

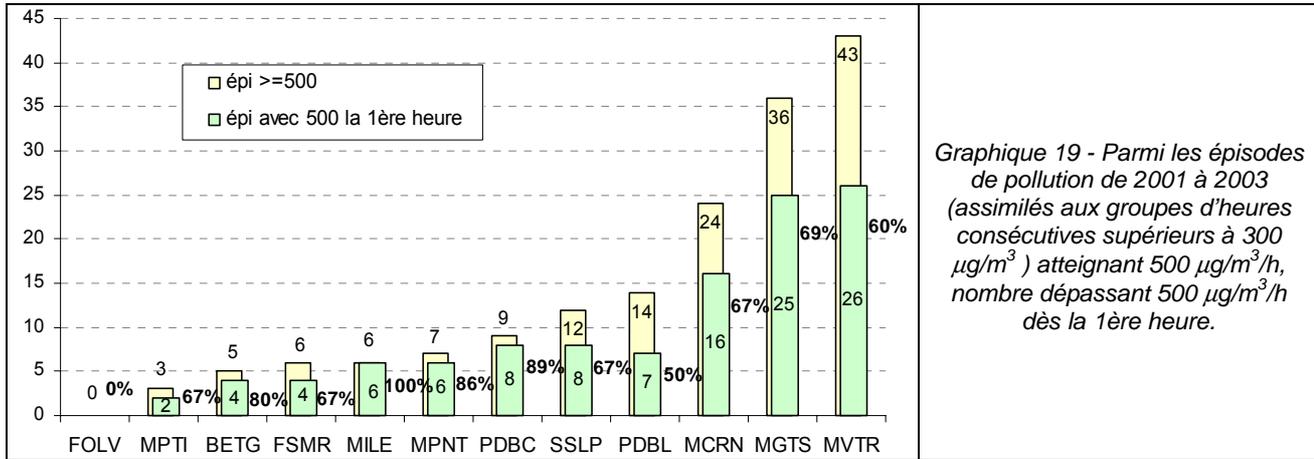
Remarque : de même, malgré l'application des quotas STERNES Généraux, on observe des dépassements des valeurs réglementaires. 4 des 10 STERNES Généraux déclenchés depuis 2001, ont été suivi, le lendemain de leur mise en œuvre, d'une journée de dépassement du seuil de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$ sur une ou plusieurs stations du réseau.

Par ailleurs, 6% des épisodes de pollution liés à un STERNES Directionnel donnent lieu à un re-déclenchement du STERNES à la suite du premier (cf. Tableau 6). C'est à dire que dans 6% des cas la pollution directionnelle persiste malgré le déclenchement du STERNES. Il faudrait également savoir, et cela n'est pas possible pour l'instant, si ce chiffre de 6% serait plus élevé sans STERNES ou bien s'il serait identique. Dans tous les cas, ce point est à améliorer.

re-déclenchements de STERNES Directionnels	du 15/01/01 au 31/05/04	% du nombre total de déclenchements au 31/05/04	(% cumulé)
continu	21	6,2%	6,2%
après 1h	7	2,1%	8,3%
après 2h	4	1,2%	9,4%
après 3h	4	1,2%	10,6%
après 4h	3	0,9%	11,5%

Tableau 7 – Décompte des STERNES Directionnels déclenchés successivement du 15/01/01 au 31/05/04.

IV.3.2 Difficultés d'agir sur les concentrations élevées



Graphique 19 - Parmi les épisodes de pollution de 2001 à 2003 (assimilés aux groupes d'heures consécutives supérieures à 300 µg/m³) atteignant 500 µg/m³/h, nombre dépassant 500 µg/m³/h dès la 1ère heure.

De 2001 à 2003, 68% des épisodes de pollution de pointe ayant dépassé le seuil de 500 µg/m³/h, l'ont dépassé dès la première heure. Cela confirme ce que l'on a déjà vu auparavant : dans la majorité des cas de pollution de pointe au SO₂, si les valeurs au delà de 500 µg/m³ sont atteintes, elles le sont soudainement sans augmentation progressive des concentrations. (Globalement, 15% de l'ensemble des épisodes de pollution de 2001 à 2003 dépassent 500 µg/m³ dès la première heure.)

D'une part, les épisodes de pollution soufrée de pointe sont très brefs dans la majorité des cas et les concentrations maximales sont atteintes dès la première heure. Selon le tableau des durées des épisodes présenté en Annexe 2, de l'ordre de 40% des heures dépassant 300 µg/m³ sont associées à des pointes de pollution qui ne durent qu'une heure.

D'autre part, on sait que à partir du déclenchement des STERNES Directionnels, il faut compter au minimum 1 heure pour que les baisses de rejet soient effectives en sortie des cheminées.

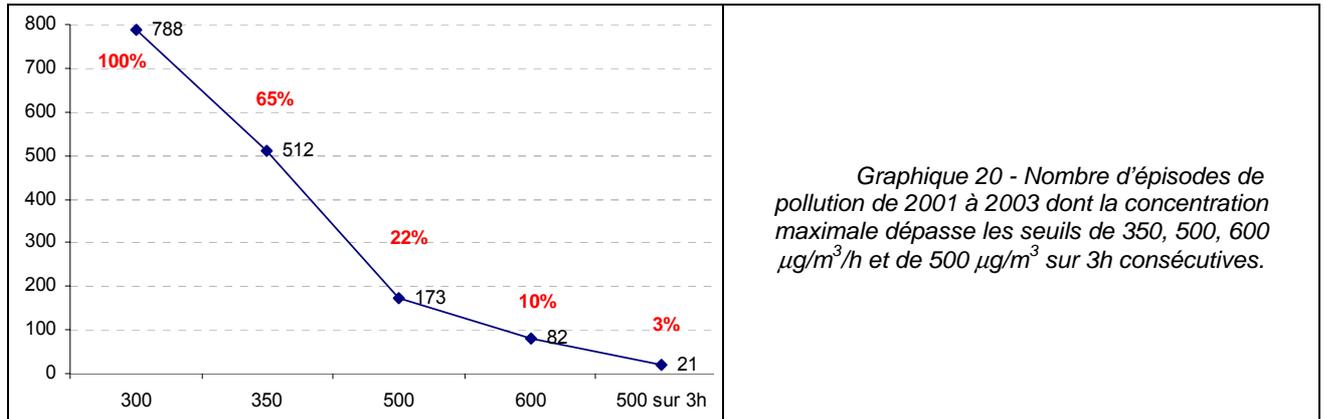
En conséquence, les STERNES Directionnels dans leurs conditions actuelles de déclenchement, ne peuvent avoir d'influence directe sur environ 40% des heures de dépassement du 350 µg/m³.

Il semble qu'ils puissent (comme nous le verrons par la suite) avoir un effet sur les épisodes plus longs, mais dans beaucoup de cas, pas sur les concentrations maximales de ces épisodes.

D'où l'intérêt d'améliorer au mieux l'anticipation des actions de réductions des émissions.

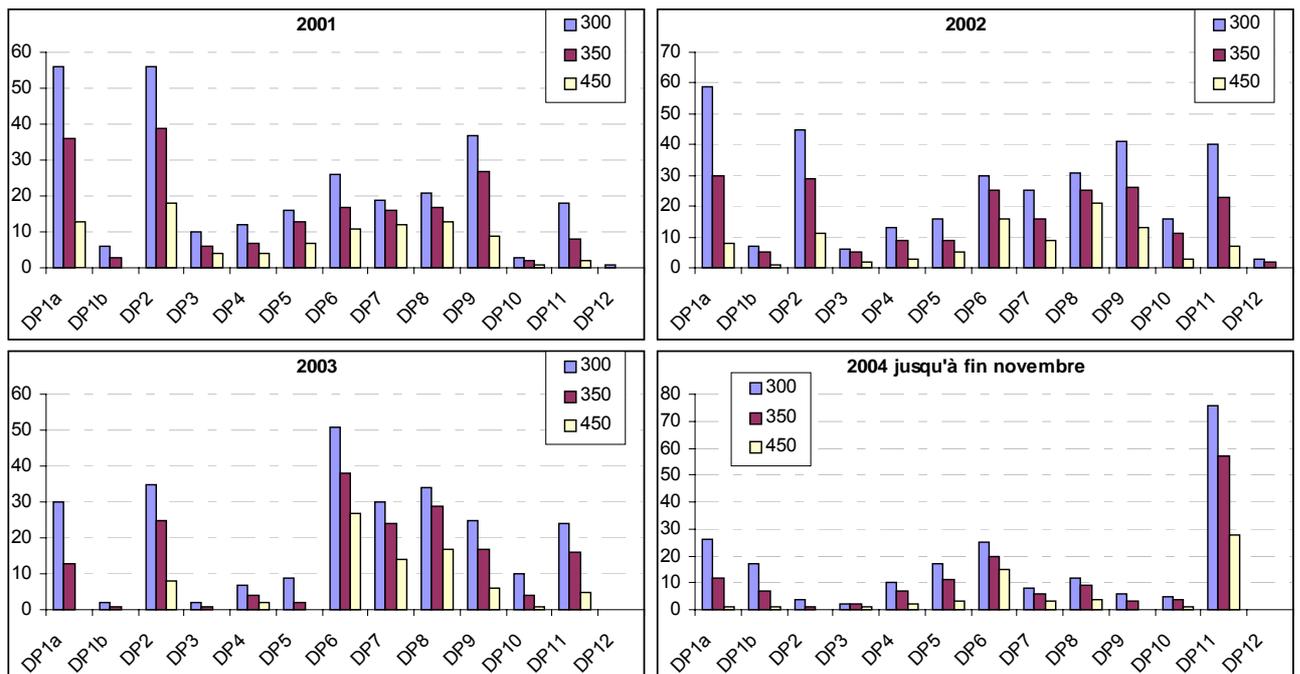
IV.3.3 Difficultés pour anticiper les épisodes

Le Graphique 5 du paragraphe II.2 a démontré l'intérêt du passage du seuil de déclenchement de 450 à 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2003 qui a augmenté le nombre d'épisodes de pointe couverts par les STERNES Directionnels. Outre le fait que l'on n'ait pas encore d'élément quantifié quant à l'effet concret sur les concentrations dans l'air ambiant, ce paragraphe donne des informations sur les limites qui existent quant à l'abaissement du seuil de déclenchement.



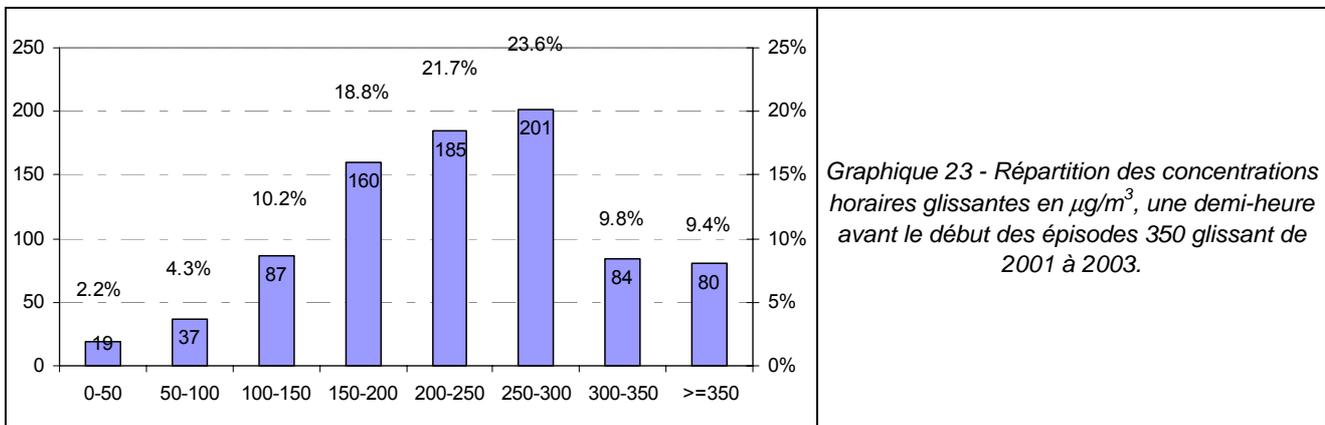
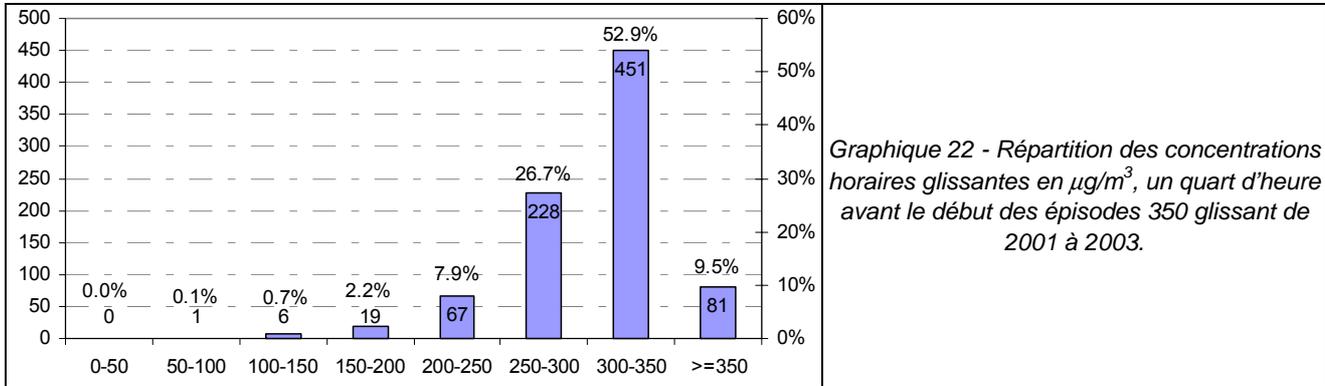
Sur l'ensemble des épisodes de pollution de 2001 à 2003 supérieurs au seuil de 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 35% n'ont pas atteint le seuil de 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Graphique 20). Donc, en abaissant le seuil de déclenchement à 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, on peut estimer qu'un tiers des STERNES seraient déclenchés alors que le seuil de 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ne serait de toute façon pas atteint au cours de l'épisode de pollution.

A titre indicatif, les graphiques ci-dessous comparent par année, le nombre de déclenchements STERNES Directionnels qui auraient eu lieu avec un seuil de déclenchement à 300, 350 et 450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Graphique 21 - Nombre de déclenchements STERNES Directionnels Préventifs par année selon le seuil de déclenchement.

Les graphiques suivants (Graphique 22 et Graphique 23) s'intéressent aux valeurs des concentrations un quart d'heure et une demi-heure avant le déclenchement des différents STERNES Directionnels qui ont eu lieu de 2001 à 2003. En ordonnée, sont comptabilisés le nombre d'épisodes de pollution qui se répartissent dans les différentes classes de concentration en abscisse, parmi l'ensemble des 853 épisodes mesurés de 2001 à 2003.



Ainsi, un quart d'heure avant le déclenchement des STERNES, les concentrations sont globalement suffisamment élevées pour distinguer ces épisodes de pointe de la pollution SO_2 de fond. Cela n'est plus vrai pour les concentrations une demi-heure avant.

Il semble finalement, que cet abaissement du seuil global permettra difficilement d'anticiper de plus d'un quart d'heure les épisodes de pointe. Peut-être pourrait-il permettre une anticipation plus intéressante s'il était adapté à chaque STERNES Directionnel, voire aux différents types de pollution que l'on peut mesurer sur chaque station témoin ?

En effet, on peut envisager qu'une étude plus détaillée des cas particuliers de pollution par zone à protéger, puisse permettre d'associer à ces différents types de pollution, des paramètres suffisamment discriminants (mais restant également suffisamment simples pour être utilisés). On parviendrait ainsi à anticiper au mieux les épisodes, en déclenchant par exemple **selon les cas** :

- à partir d'un seuil plus bas associé à une direction de vent plus fine, ou à un intervalle de valeurs de vitesse du vent, ou à la période de la journée (ce dernier paramètre est apparu dans la précédente étude STERNES, comme le plus discriminant dans les typologies de pollution avec la direction du vent),
- à partir d'un seuil portant sur des valeurs au quart d'heure,
- uniquement à partir d'une direction et vitesse de vent.

Tout ceci reste des hypothèses qui seront à vérifier par la suite.

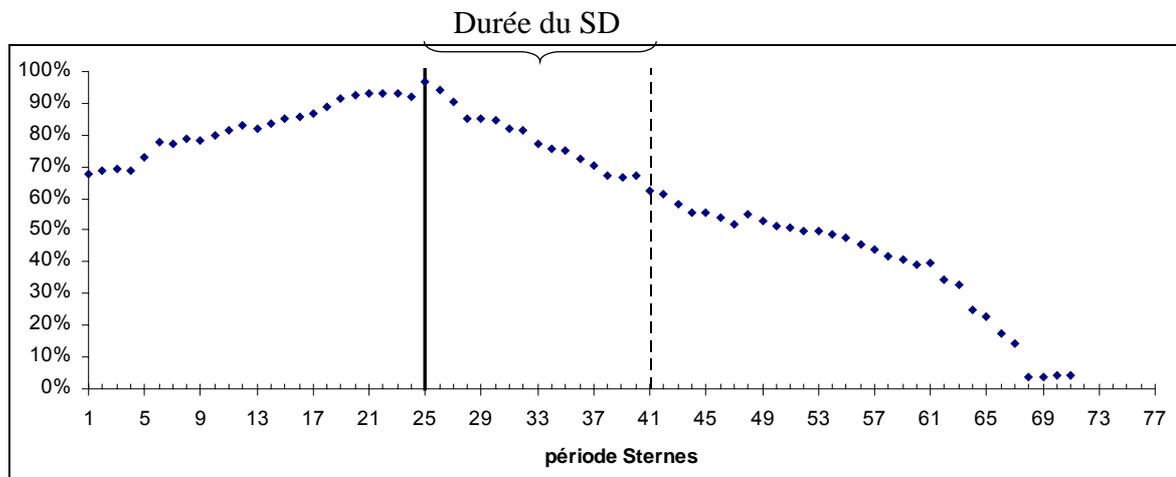
IV.4 Evaluation de la part de la météorologie

Dans certains cas, les facteurs météorologiques pourraient être les plus déterminants dans la baisse des niveaux de concentration dans une zone. Il s'agit ici d'évaluer la persistance des directions de vent par rapport aux typologies, à l'échelle des STERNES.

Le Graphique 24 donne des éléments d'information sur cet aspect. Il porte sur les 246 STERNES Directionnels du 15/04/01 au 15/10/03 :

- L'axe des abscisses marque les quarts d'heure d'une période encadrant de plusieurs heures la durée des STERNES indiquée par les deux barres verticales (déclenchement en trait plein et fin approximative en pointillé).

- L'axe des ordonnées donne pour chaque quart d'heure de la période, le pourcentage de valeurs de direction de vent conformes, à ce moment des 246 STERNES, à la typologie météo.



Graphique 24 – % de valeurs de direction de vent conformes à la typologie à chaque quart d'heure des périodes STERNES Directionnels du 15/04/01 au 15/10/03.

Ainsi pour 55% des 246 STERNES Directionnels du 15/04/01 au 15/10/03, la direction de vent est restée dans le secteur de vent défini par la typologie du STERNES durant les quatre heures suivant le déclenchement. De même, la direction de vent est restée dans la direction de la typologie pendant 3 heures dans 71% des cas. Dans 20% des cas, la direction de vent est restée dans la typologie moins de 2h sur les 4h. Enfin dans 3% des cas, la typologie de vent n'a été établie que le premier quart d'heure.

L'examen de ces données par station indique 5 STERNES Directionnels durant lesquels la typologie de vent dure au moins 3 heures : Fos-sur-mer, Martigues île, Martigues Pati, Port-de-Bouc Castillon, Berre l'Etang. Pour ces stations la direction de vent semble suffisamment stable pour que les niveaux de rejets jouent un rôle prépondérant.

Mis à part les STERNES des stations de Martigues Ventrons et la Gatasse où la persistance de la typologie est aléatoire, pour les autres stations, elle est supérieure à 3 heures dans la majorité des cas.

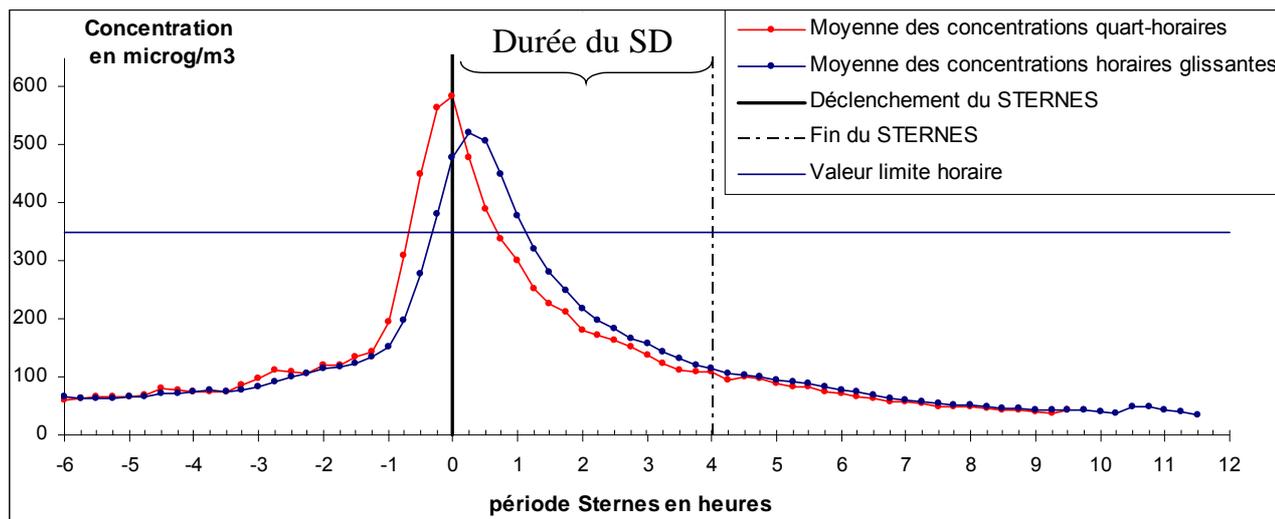
En conclusion, on peut estimer que de l'ordre de 70% des STERNES Directionnels se déroulent avec une direction de vent qui reste dans la typologie déclenchante au moins 3 heures mais guère plus.

Le fait que la direction de vent reste dans la typologie - qui couvre souvent un secteur de plus de 90° - ne nous dit pas si cette direction est très fluctuante ou plus stable. Mais par définition, si le vent est dans la typologie, des zones habitées sont impactées par la pollution de pointe (même si le capteur témoin peut ne plus l'être) et les réductions des rejets sont donc toujours utiles.

Enfin, cette analyse ne donne qu'un élément d'information car on ne considère pas la vitesse du vent, ou d'autre paramètres météorologiques qui peuvent modifier la zone impactée ou les niveaux atteints.

IV.5 Profil d'évolution des concentrations en situation de pointe

Le profil moyen de l'évolution des concentrations au cours d'un STERNES Directionnel est illustré par le graphique ci-dessous. L'axe des abscisses marque les quarts d'heure d'une période encadrant de plusieurs heures l'heure "0" de déclenchement des STERNES. L'axe des ordonnées fait correspondre à chaque quart d'heure, la valeur moyenne des concentrations atteintes sur 246 STERNES Directionnels du 15/04/01 au 15/10/03 à ce moment de la période STERNES.

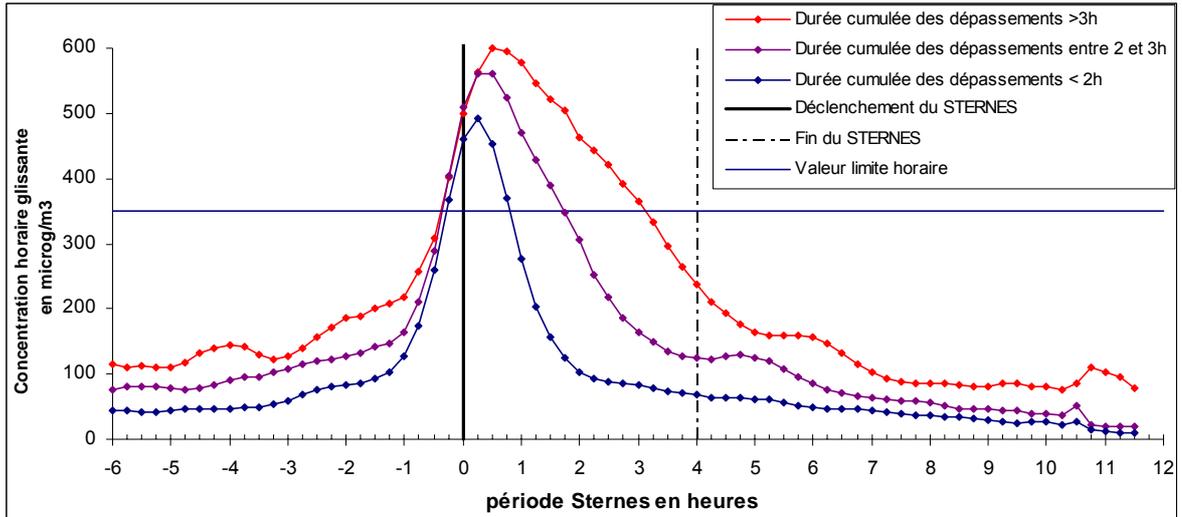


Graphique 25 – Profil moyen d'évolution des concentrations lors des STERNES Directionnels du 15/04/01 au 15/10/03.

On peut observer, pour certains STERNES, des profils de concentration bien différents de celui du Graphique 25. Mais en moyenne, lors d'un épisode de pollution STERNES, les concentrations en SO_2 augmentent rapidement, en 1 ou 2 heures, et décroissent tout aussi rapidement. On obtient des profils moyens par station témoin STERNES, très similaires.

L'ensemble des STERNES est considéré, qu'il y ait eu réduction des émissions ou non. La distinction des cas avec et sans baisse des rejets sur ce type de graphique ne donne pas d'information. Aucun effet net sur les concentrations ne se dégage de ces comparaisons car de nombreux paramètres entrent en jeu entre chaque épisode STERNES : paramètres météorologiques, niveau des concentrations de fond, niveau des émissions, niveau de la réduction, ...

Dans le Graphique 26, on calcule les profils moyens des concentrations de la même façon que précédemment, pour trois sous groupes des 246 STERNES. Ces STERNES sont regroupés selon la durée cumulée des dépassements du seuil de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ sur la période du STERNES : inférieure à 2 heures (143 STERNES), entre 2 et 3 heures (55 STERNES), ou supérieure à 3 heures (48 STERNES).



Graphique 26 – Profil moyen d'évolution des concentrations lors des STERNES Directionnels du 15/04/01 au 15/10/03 selon la durée cumulée des dépassements du seuil de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$.

Le graphique montre des niveaux de concentration avant les déclenchements plus élevés pour les épisodes les plus longs. Mais il faut prendre cet élément avec circonspection car ce pourrait n'être qu'un effet des re-déclenchements.

Il semble se dégager les points suivants :

- Le profil moyen est globalement similaire pour les trois groupes.
- Les épisodes de pollution de pointe les plus longs, ne semblent pas correspondre à des élévations de concentrations plus progressives.
- Les concentrations les plus élevées sont atteintes lors des épisodes les plus longs.

Les épisodes de pollution les plus longs sont les plus préjudiciables pour la santé (durée d'exposition). Il faut donc s'assurer que pour ces épisodes de pointe, le dispositif mène à des réductions effectives des rejets soufrés, et que l'effet de ces réductions sur les concentrations soient suffisant.

Les deux derniers paragraphes montrent que la quantification des effets des STERNES Directionnels sur les concentrations en SO_2 doit être menée au cas par cas. Cet effet sera plus important dans les zones soumises à des conditions météorologiques stables et persistantes. Cette remarque va dans le sens de celles du paragraphe IV.3.3 "Difficultés pour anticiper les épisodes" : il semble nécessaire d'adapter le dispositif selon les cas de pollution spécifiques à chaque zone.

CONCLUSION

Cette étude dresse un bilan des presque quatre années de mise en oeuvre du dispositif STERNES.

▪ **Fonctionnement et cohérence du dispositif**

Le dispositif STERNES est cohérent et fonctionne relativement bien.

Les durées ainsi que les typologies définies sont adaptées au type d'épisode de pollution que l'on observe depuis 2001. L'abaissement du seuil à $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a renforcé la cohérence du dispositif en améliorant la couverture des pointes. Le dispositif tel qu'il est défini aujourd'hui, couvre 95% des dépassements du seuil de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurés sur les 12 stations témoins des STERNES Directionnels.

Cependant le dispositif doit être amélioré par une diminution des dysfonctionnements techniques (déclenchements par AIRFOBEP) qui ont empêché le déclenchement de 18% des STERNES Directionnels.

Il semble également que la couverture des pointes de pollution puisse être améliorée : il pourrait exister des zones habitées non couvertes par des STERNES Directionnels, notamment dans les communes du Rove et de Chateauneuf.

▪ **Réductions des émissions soufrées durant les STERNES**

A partir des données des années 2001 et 2002, il est possible d'estimer que :

- 44% des demandes auprès des industries de limitation des rejets dans le cadre des STERNES Généraux sont suivies d'une baisse du niveau des rejets soufrés de l'industrie de 2 à 20 tonnes/jours, 50% par une stabilisation, et 6% par une augmentation.

- Environ 65% des demandes de limitation des rejets dans le cadre des STERNES Directionnels se concrétisent par une baisse effective du niveau des émissions soufrées globalement de l'ordre de 2 tonnes/jour, les autres par une stabilisation des rejets.

- En conséquence, environ 10% des STERNES Directionnels déclenchés n'aboutissent à aucune réduction d'émission car les industries impliquées ont un niveau d'émission déjà inférieur au quota STERNES Directionnel.

Cependant, globalement, le dispositif a permis de réduire de l'ordre de 20% les rejets soufrés durant les périodes susceptibles de connaître des pollutions de pointe.

▪ **Effet des STERNES Directionnels sur les concentrations en dioxyde de soufre**

Le dispositif directionnel a été conçu pour prévenir les dépassements du seuil de $600 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$. L'objectif est maintenant de limiter les dépassements de la nouvelle valeur limite horaire de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$.

Or des rejets inférieurs aux quotas STERNES actuels ne semblent pas assurer le non dépassement de ce seuil.

De plus, les délais techniques entre le déclenchement du STERNES et la réduction effective des rejets sont au minimum d'une heure. Beaucoup des épisodes de pollution soufrée de pointe étant très brefs, les STERNES Directionnels ne peuvent avoir d'influence directe sur environ 40% des heures de dépassement du $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ils ne peuvent pas non plus agir sur les concentrations les plus élevées qui sont mesurées, le plus souvent, en tout début de STERNES.

Cependant, les STERNES Directionnels peuvent a priori avoir un effet sur les épisodes les plus longs. En effet, 70% des STERNES se déroulent avec une direction de vent qui reste dans la typologie déclenchante au moins 3 heures mais guère plus.

Par conséquent, l'optimisation du dispositif doit porter sur l'anticipation des actions de réduction et l'amélioration de l'efficacité de ces diminutions sur les épisodes les plus longs - que l'on observe toujours. Une des pistes d'amélioration pourrait être l'abaissement du seuil de déclenchement associé à un affinement des typologies déclenchantes, l'ensemble devrait être adapté aux spécificités de pollution de chaque zone à protéger.

Cette première étape dans l'évaluation du dispositif STERNES se poursuivra, dans le cadre du Secrétariat Permanent pour les Problèmes de Pollution Industrielle, par une étude d'optimisation de ses conditions de déclenchement et d'actualisation des quotas qui y sont associés.

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Tableaux

Tableau 1 – Nombre de déclenchements de STERNES Généraux par AIRFOBEP.	3
Tableau 2 – Nombre de déclenchement de STERNES Directionnels sur Constat par AIRFOBEP.	3
Tableau 3 – Nombre de déclenchement de STERNES Directionnels Préventifs par AIRFOBEP.	3
Tableau 4 - STERNES Directionnels : caractéristiques et correspondances avec les typologies météo de 2003.	11
Tableau 5 – Evaluation des émissions de SO ₂ évitées suite aux STERNES.	18
Tableau 6 – Nombre d'heures glissantes dépassant 350 µg/m ³ non associées à un STERNES Directionnel sur Constat.	23
Tableau 7 – Décompte des STERNES Directionnels déclenchés successivement du 15/01/01 au 31/05/04.	25
Tableau 8 - Répartition des épisodes de pollution de pointe selon leurs durées (toutes stations confondues de 2001 à 2003).	5

Cartes

Carte 1- Fréquence de dépassement du seuil de 350 µg/m ³ /h des concentrations SO ₂ simulées sur 2001.	24
Carte 2 – Concentrations horaires maximales en SO ₂ atteintes entre 2001 et 2003.	4

Figures

Figure 1 – Processus de déclenchement d'un STERNES.	2
--	---

Graphiques

Graphique 1 – Durée des STERNES Généraux déclenchés depuis 2001.	5
Graphique 2 - Répartition mensuelle des STERNES Directionnels Préventifs par année.	6
Graphique 3 - Répartition mensuelle par STERNES Directionnels Préventifs.	6
Graphique 4 – Durées des épisodes STERNES (sur 350 µg/m ³) de 2001 à 2003.	9
Graphique 5 - Pourcentage des heures dépassant le seuil de 300 µg/m ³ (de 2001 à 2003) couvertes par un STERNES Directionnel déclenchant sur 450 ou 350 µg/m ³	9
Graphique 6 - Heures de dépassement du seuil de 350µg/m ³ /h glissant : total de 2001 à 2003 et nombre se déroulant hors typologie STERNES Directionnel.	11
Graphique 7 – Nombre d'heures de dépassement du seuil de 350 µg/m ³ /h glissant, non associées à un STERNES Directionnel parmi le nombre total de 2001 à 2003.	12
Graphique 8 - Emissions des industries par rapport à leur quota au moment des demandes de réduction STERNES - part de ces demandes donnant lieu à des actions de réduction effectives(2001 et 2002).	13

Graphique 9 - Evolution des rejets industriels en cours de STERNES quand une action de réduction est menée (avec une marge de 10% par rapport au quota).....	15
Graphique 10 - Evolution des rejets industriels après les STERNES quand une action de réduction est menée (avec une marge de 10% par rapport au quota).....	15
Graphique 11 - Evolution des rejets industriels en cours de STERNES (avec une marge de 10% par rapport au quota).	16
Graphique 12 - Evolution des rejets industriels en cours de STERNES (sans marge).....	16
Graphique 13 - Réductions en t/J des quantités de SO ₂ réalisées de 2001 à 2002 durant les STERNES.....	18
Graphique 14 – Localisation des dépassements du seuil de 350 µg/m ³ /h.....	19
Graphique 15 - Nombre de dépassements de l'ancien seuil d'alerte de 600 µg/m ³ /h (total sur 22 sites).....	20
Graphique 16 - Nombre de dépassements de la valeur limite horaire de 350 µg/m ³ /h (total sur 22 sites).....	20
Graphique 17 – Evolution des rejets journaliers moyens en t/j des principales industries du pourtour de l'étang de Berre (source : DRIRE).....	20
Graphique 18 - STERNES Directionnels déclenchés de 2001 à 2002 sur 1, 2 ou 3 industries : répartition des épisodes selon le nombre d'industries dépassant leur quota d'émission STERNES.....	22
Graphique 19 - Parmi les épisodes de pollution de 2001 à 2003 (assimilés aux groupes d'heures consécutives supérieures à 300 µg/m ³) atteignant 500 µg/m ³ /h, nombre dépassant 500 µg/m ³ /h dès la 1ère heure.....	26
Graphique 20 - Nombre d'épisodes de pollution de 2001 à 2003 dont la concentration maximale dépasse les seuils de 350, 500, 600 µg/m ³ /h et de 500 µg/m ³ sur 3h consécutives.....	27
Graphique 21 - Nombre de déclenchements STERNES Directionnels Préventifs par année selon le seuil de déclenchement.....	27
<i>Graphique 22 - Répartition des concentrations horaires glissantes en µg/m³, un quart d'heure avant le début des épisodes 350 glissant de 2001 à 2003.....</i>	<i>28</i>
<i>Graphique 23 - Répartition des concentrations horaires glissantes en µg/m³, une demi-heure avant le début des épisodes 350 glissant de 2001 à 2003.....</i>	<i>28</i>
Graphique 24 – % de valeurs de direction de vent conformes à la typologie à chaque quart d'heure des périodes STERNES Directionnels du 15/04/01 au 15/10/03.....	29
Graphique 25 – Profil moyen d'évolution des concentrations lors des STERNES Directionnels du 15/04/01 au 15/10/03.....	30
Graphique 26 – Profil moyen d'évolution des concentrations lors des STERNES Directionnels du 15/04/01 au 15/10/03 selon la durée cumulée des dépassements du seuil de 350 µg/m ³ /h.....	31
<i>Graphique 27 - Nombre d'épisodes de pollution supérieurs au seuil de 300 µg/m³/h de 2001 à 2003.....</i>	<i>3</i>
<i>Graphique 28 - Nombre d'épisodes de pollution supérieurs à 600 µg/m³/h de 2001 à 2003.....</i>	<i>3</i>
Graphique 29 - Répartition des épisodes de pollution de 2001 à 2003 en fonction des seuils atteints.....	4
Graphique 30 - Durée des épisodes de pollution (supérieur à 300 µg/m ³ /h) constatés de 2001 à 2003.....	5
Graphique 31 - Répartition sur 2001 des journées avec au moins un dépassement du seuil de 350 µg/m ³	6
Graphique 32 - Répartition sur 2002 des journées avec au moins un dépassement du seuil de 350 µg/m ³	6
Graphique 33 - Répartition sur 2003 des journées avec au moins un dépassement du seuil de 350 µg/m ³	6

ANNEXES

Annexe 1 - Détails du dispositif STERNES	1
<u>Correspondance abréviations - noms des stations témoins STERNES Directionnels Préventifs</u>	
<u>Industries concernées par les STERNES</u>	
<u>Conditions météorologiques déclenchantes des STERNES Généraux</u>	
<u>Définition des STERNES Directionnels</u>	
Annexe 2 – Analyse des épisodes de pollution de pointe.....	3
<u>Nombre d'épisodes de pollution de pointe :</u>	
<u>Seuils de concentration atteints durant les épisodes</u>	
<u>Concentrations maximales atteintes</u>	
<u>Durées des épisodes de pollution de pointe :</u>	
<u>Répartitions annuelles des jours de dépassement du seuil de 350 µg/m³</u>	
Annexe 3 – Détail par Sternes Directionnels des répartition mensuelles	7
Annexe 4 – Caractérisation des déclenchements STERNES Directionnels	9
Annexe 5 – 17 typologies de pollution définies pour les STERNES Directionnels	13
Annexe 6 – Typologies météo du zonage météorologique de la région de l'étang de Berre et de l'Ouest des Bouches du Rhône (Numtech – 2003)	15

**Annexe 1 - Détails du dispositif STERNES**Correspondance abrégations - noms des stations témoins STERNES Directionnels Préventifs

Code Station	Nom Station
S2BETG	Berre l'Étang
S2MILE	Martigues Ile
S2MPNT	Martigues Les Laurons
S2MGTS	Martigues La Gatasse
S2PDBL	Port de Bouc La Lègue
S2FSMR	Fos-sur-mer
S2ISTR	Istres

Code Station	Nom Station
S2PDBC	Port de Bouc Castillon
S2FOLV	La-Fare-les-Oliviers
S2SSLP	Sausset les Pins
S2MCRN	Martigues La Couronne
S2MVTR	Martigues Les Ventrons
S2MPTI	Martigues Pati

Industries concernées par les STERNES

STERNE général : (en vigueur du 1^{er} octobre au 15 avril)		
Conditions de déclenchement	Etablissements concernés par le STERNES	Durée du STERNES
Sur prévision météorologique favorable à un épisode de pollution sur un large secteur géographique.	<ul style="list-style-type: none"> · ESSO Raffinerie · BP Lavéra SNC · LAFARGE Aluminates · SOLLAC Méditerranée · Centrale de Gardanne (SETCM) · Total Fina Elf (Raffinerie de Provence) · EDF Ponteau · Shell Chimie · Shell Raffinerie · Naphtachimie · CABOT 	De 24 à 72 heures suivant les conditions météorologiques et les niveaux de pollution.

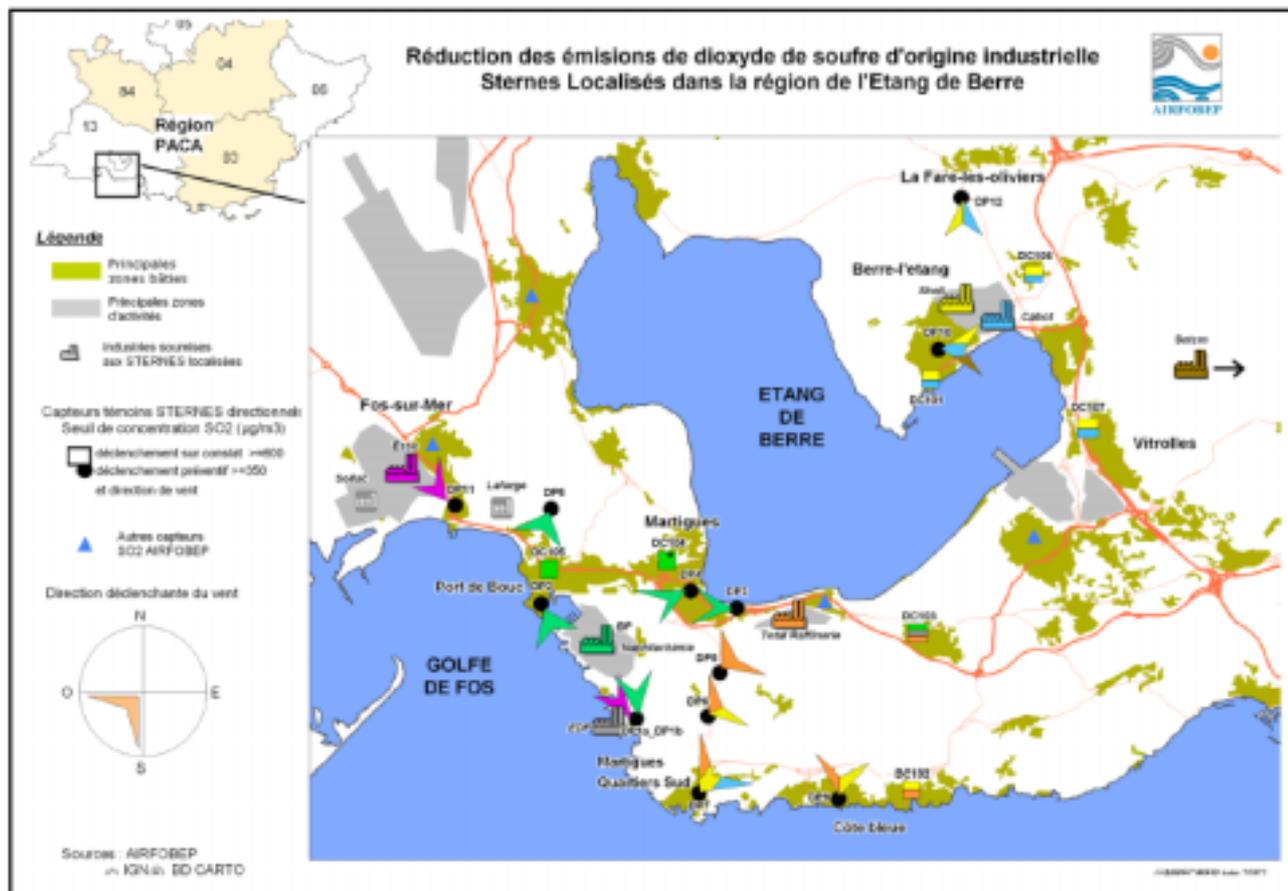
Conditions météorologiques déclenchantes des STERNES Généraux

Prévisions météorologiques nécessaires pour déclencher un STERNES Généralisé (prévision d'une situation anticyclonique marquée pour le lendemain)
<u>Conditions de pression atmosphérique et de vents :</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Faible gradient barométrique sur la région pour la période à venir. ▪ Vents inférieurs à 6 m/s pour l'après-midi et la soirée du jour J, et faibles ou nuls, soit inférieurs à 3 m/s pour la nuit et les 24 heures suivantes (nuit J à J+1, jour J+1 et nuit J+1 à J+2).
<u>Conditions d'inversion thermique pour le lendemain matin (jour J+1) :</u> Inversion de rayonnement d'une hauteur supérieure à 100 mètres (*) et d'amplitude de 4°C au minimum, avec existence d'air subsident à base inférieure à 1000 mètres d'altitude. OU Inversion de rayonnement très forte, d'une hauteur supérieure à 150 mètres (*) et d'amplitude de plus de 8°C.
<u>Conditions de nébulosité atmosphérique :</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Absence "d'entrées maritimes" (nuages bas venant de la mer, généralement par faible vent du Sud). ▪ Nébulosité en basse et moyenne altitudes nulle ou très faible.

(*) La SETCM de Gardanne ne sera concernée par la procédure que si la hauteur de l'inversion thermique prévue dépasse les 300 mètres.

Définition des STERNES Directionnels

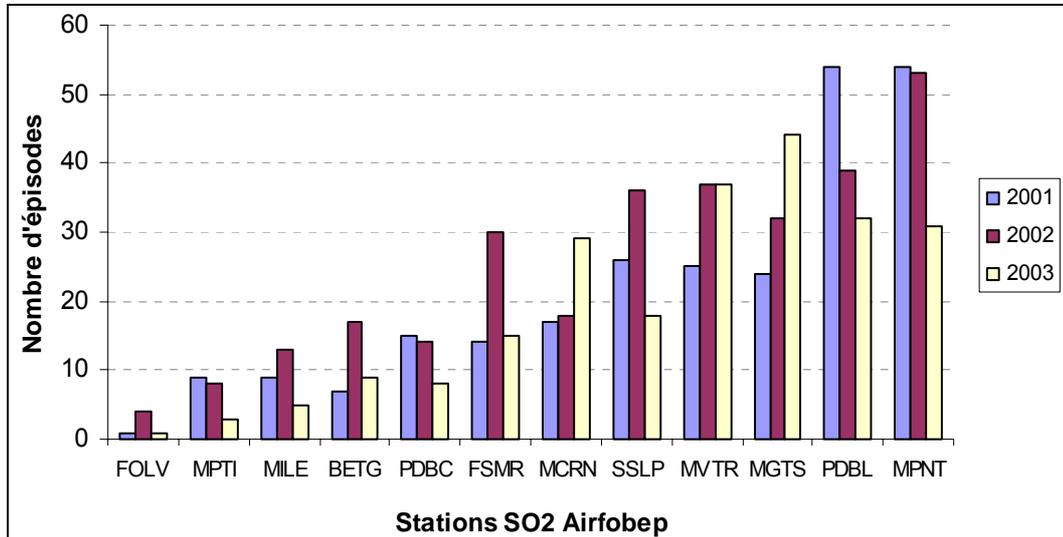
Caractéristiques des 7 STERNES directionnels sur constat (DC) et 132 STERNES directionnels préventifs (DP)						
N°	Direction du vent		Capteur témoin déclenchant le STERNES	Etablissements concernés par le STERNES	Durée	Zones concernée par les retombées de fumées
DP1a	N	330-10	Martigues les Laurons	<u>BP, EDF, Naphtachimie</u>	4 h	Quartiers Sud de Martigues
DP1b	NO	310-340	Martigues les Laurons	<u>ESSO</u>	4 h	
DP6	NE	0-100	Martigues Gatasse	<u>SHELL, TOTAL</u>	4,25 h	
DP7	NE	0-80	Martigues la Couronne	<u>SHELL, CABOT, TOTAL</u>	4,5 h	
DP8	NE	0-100	Martigues les Ventrons	<u>TOTAL</u>	5,5 h	
DP3	O	250-310	Martigues Pati	<u>BP, Naphtachimie</u>	3,5 h	Martigues Ville
DP4	SO	210-270	Martigues l'île	<u>BP, Naphtachimie</u>	3 h	
DC104	-	-	Martigues Notre Dame	<u>BP, Naphtachimie</u>	3 h	
DP5	SSO	170-250	Port de Bouc Castillon	<u>BP, Naphtachimie</u>	4 h	Port de Bouc
DP2	SE	120-190	Port de Bouc la Lègue	<u>BP, Naphtachimie</u>	4,5 h	
DC105	-	-	Port de Bouc EDF	<u>BP, Naphtachimie</u>	3 h	
DP9	N	330-50	Sausset les Pins	<u>SHELL, TOTAL</u>	3,5 h	Côte Bleue
DC102	-	-	Carry le Rouet	<u>SHELL, TOTAL</u>	3 h	
DP10	E	50-130	Berre L'Etang	<u>SHELL, CABOT, SETCM</u>	4 h	Berre l'Etang
DC101	-	-	Berre Magasin	<u>SHELL, CABOT</u>	3 h	
DP11	NO	290-350	Fos sur Mer	<u>ESSO</u>	3 h	Fos sur Mer
DP12	S	150-200	La Fare Les Oliviers	<u>SHELL, CABOT</u>	3,75 h	La Fare les Oliviers
DC103	-	-	Châteauneuf les Martigues	<u>BP, TOTAL, EDF, NAPHTACHIMIE</u>	3 h	Châteauneuf les Martigues
DC106	-	-	Rognac Barjacquets	<u>SHELL, CABOT</u>	3 h	Rognac Barjacquets
DC107	-	-	Vitrolles	<u>SHELL, CABOT</u>	3 h	Vitrolles



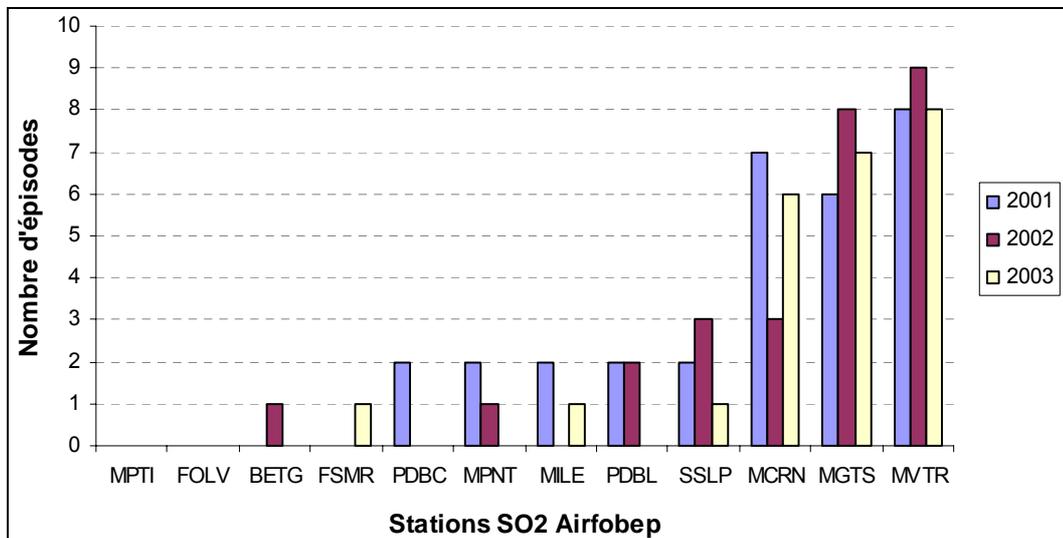
Annexe 2 – Analyse des épisodes de pollution de pointe

ICI, un épisode de pollution de pointe est un groupe d'heures consécutives dépassant $300\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$.

Nombre d'épisodes de pollution de pointe :

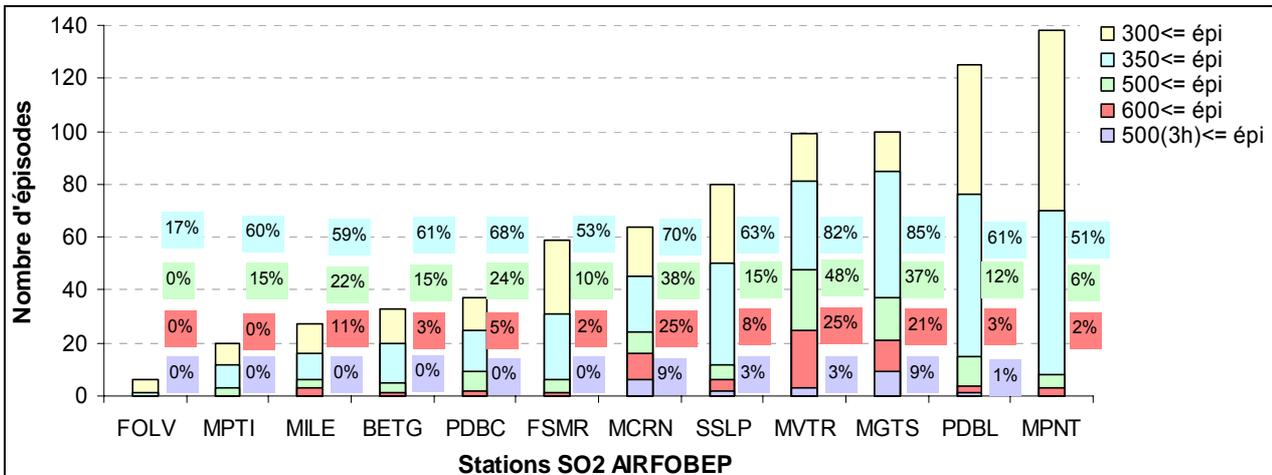


Graphique 27 - Nombre d'épisodes de pollution supérieurs au seuil de $300\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ de 2001 à 2003



Graphique 28 - Nombre d'épisodes de pollution supérieurs à $600\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ de 2001 à 2003

Seuils de concentration atteints durant les épisodes



Graphique 29 - Répartition des épisodes de pollution de 2001 à 2003 en fonction des seuils atteints

Exemple de lecture du graphique pour la station de Martigues Ponteau : il y a eu presque 140 épisodes de pollution supérieurs à 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dont 51% (environ 70 épisodes) ont atteint le seuil de 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$, 6% le 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2% le 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ et 0% le 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3/3\text{h}$.

Concentrations maximales atteintes

La valeur maximale mesurée depuis 2001 est de l'ordre de 1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ (à Martigues Ventrons). La carte suivante donne les maximum mesurés par station de 2001 à 2003.

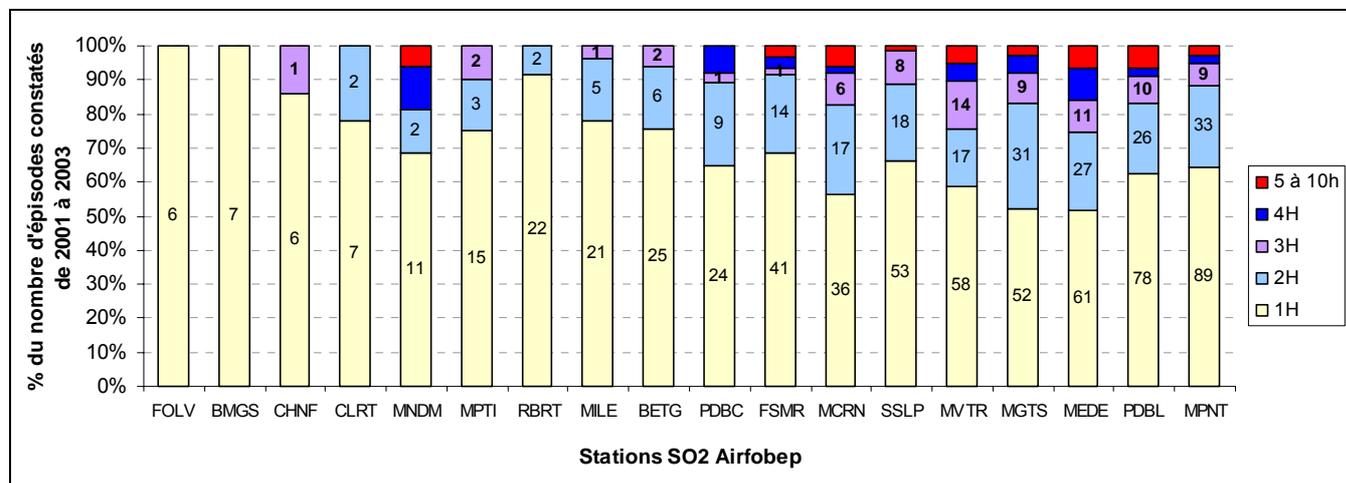


Carte 2 – Concentrations horaires maximales en SO₂ atteintes entre 2001 et 2003.

Durées des épisodes de pollution de pointe :

La majorité des épisodes sont brefs : entre 2001 et 2003, 63% des épisodes de pointe dépassant le seuil de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont duré une heure seulement. (Sont comptabilisés tous les épisodes sur toutes les stations, y compris les épisodes avec réductions STERNES)

Cependant, 15% de ces épisodes ont duré 3h et plus, soit 146 épisodes en 3 ans.



Graphique 30 - Durée des épisodes de pollution (supérieure à $300 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$) constatés de 2001 à 2003

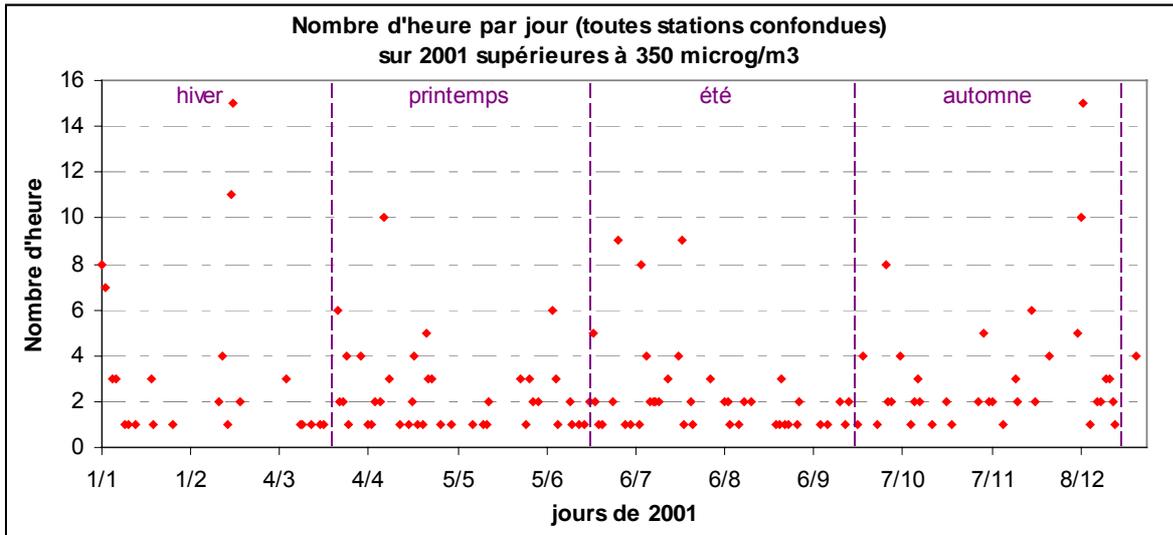
Plus en détail, voici la répartition de ces épisodes sur 2001-2003 selon leurs durées :

épisodes	supérieurs à $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$		supérieurs à $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
	en %	nombre	en %	nombre
1 heure	63%	627	65%	70
2 heures	22%	214	26%	28
3 heures	8%	75	8%	8
4 heures	3%	35	0%	0
5 h et plus	4%	36	1%	1
maximale	10 h à Martigues Ventrons	(total : 987)	6 h à Martigues Ventrons	(total : 107)

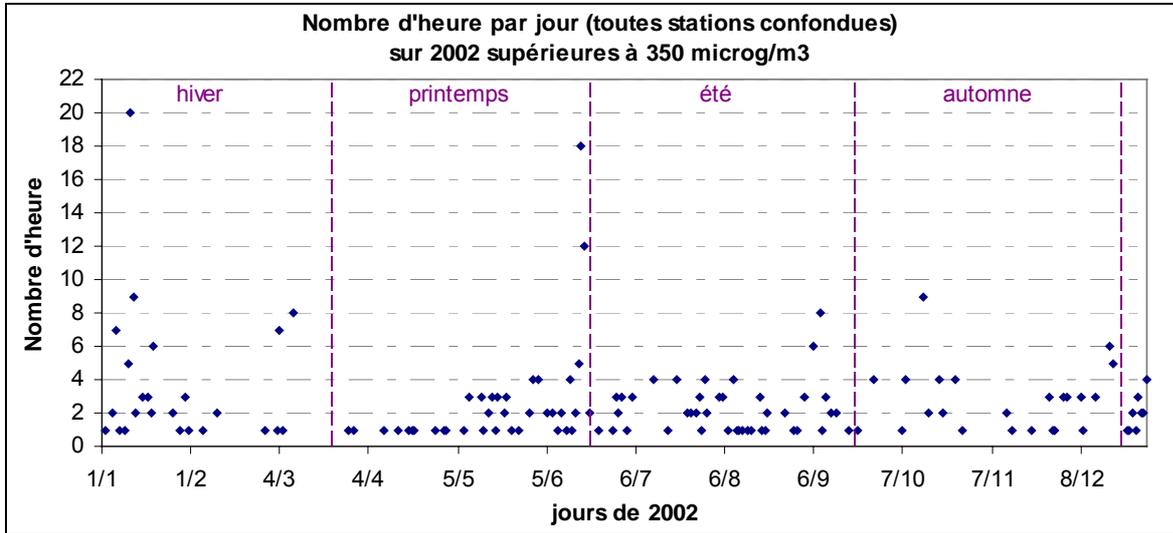
Tableau 8 - Répartition des épisodes de pollution de pointe selon leurs durées (toutes stations confondues de 2001 à 2003).

Finalement, 1638 heures de dépassement du $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesurées, toutes stations confondues, de 2001 à 2003. 36% de ces heures de dépassement ont constitué des épisodes de pollution d'une durée supérieure à 3 heures, et 38% ont été des heures de dépassement uniques.

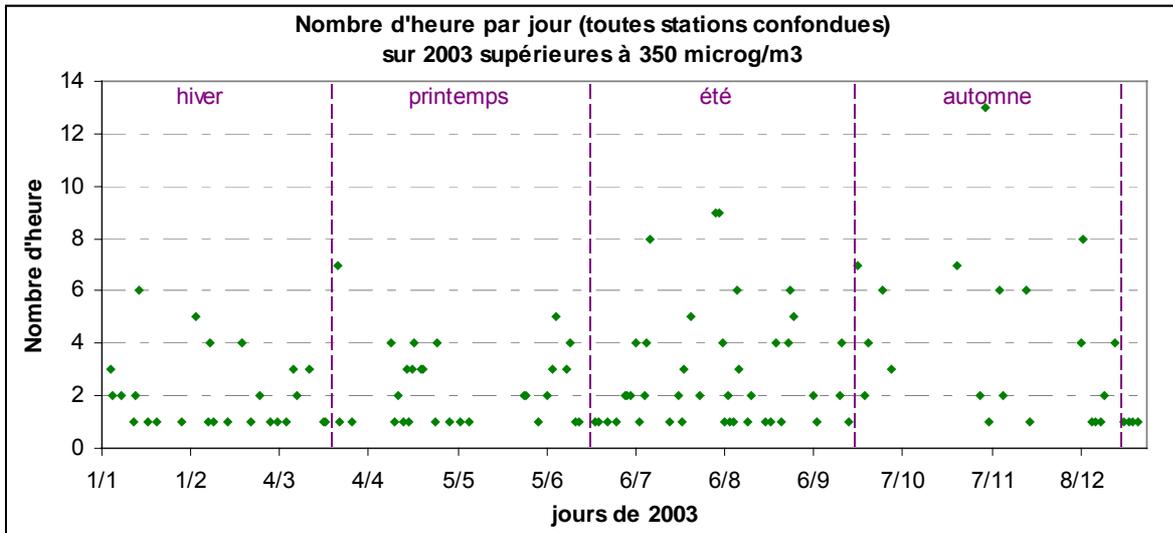
Répartitions annuelles des jours de dépassement du seuil de 350 µg/m³



Graphique 31 - Répartition sur 2001 des journées avec au moins un dépassement du seuil de 350 µg/m³.



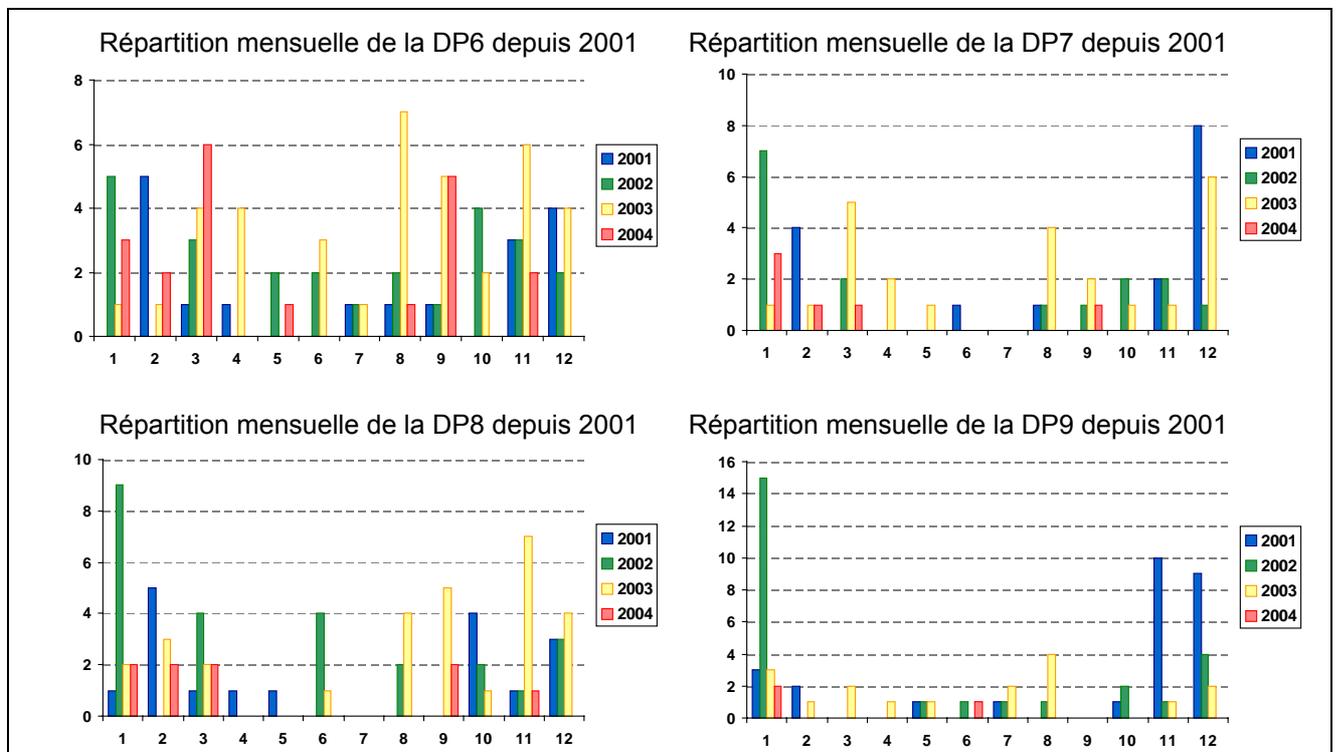
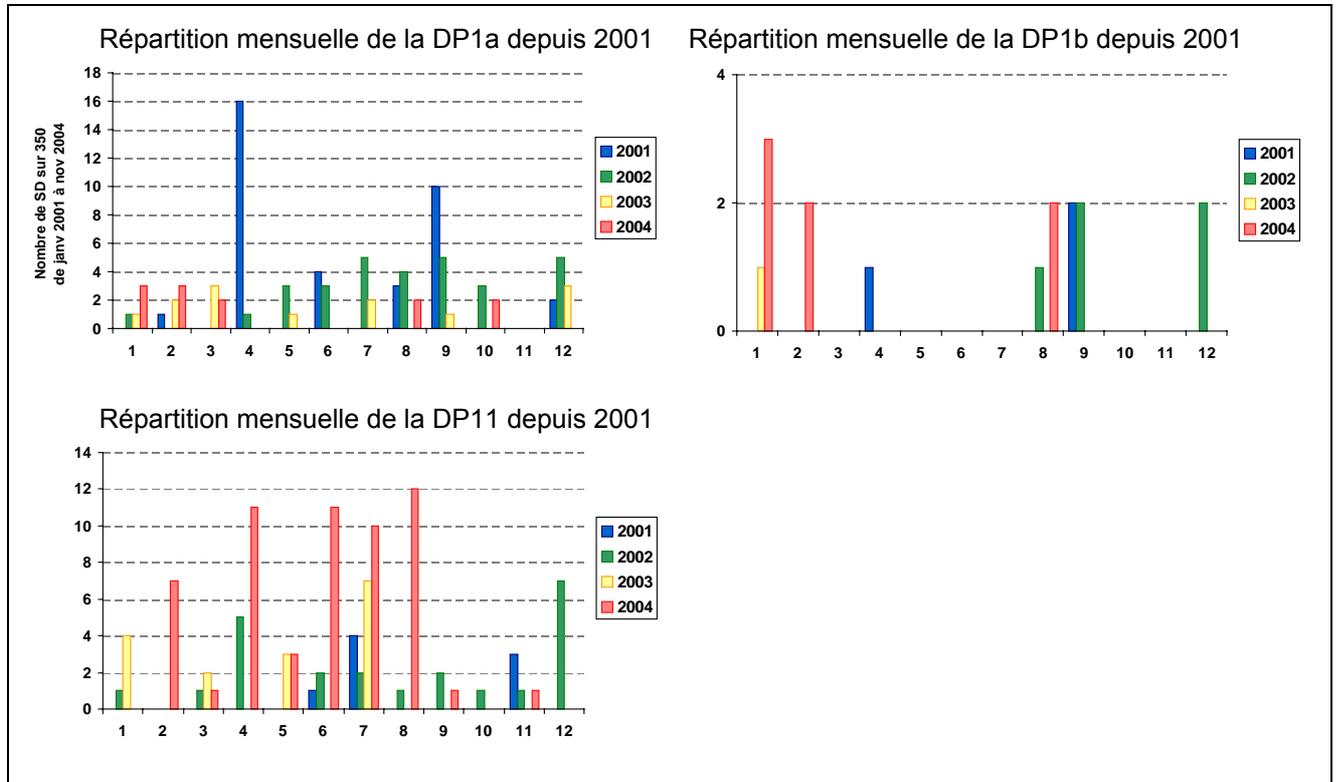
Graphique 32 - Répartition sur 2002 des journées avec au moins un dépassement du seuil de 350 µg/m³.



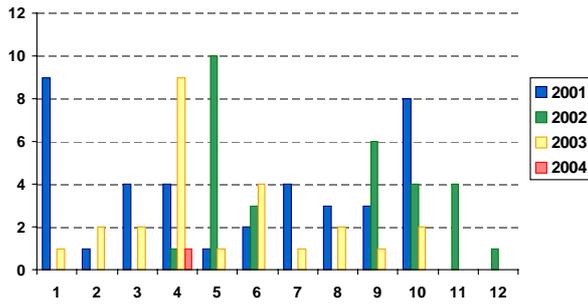
Graphique 33 - Répartition sur 2003 des journées avec au moins un dépassement du seuil de 350 µg/m³.

Annexe 3 – Détail par Sternes Directionnels des répartition mensuelles

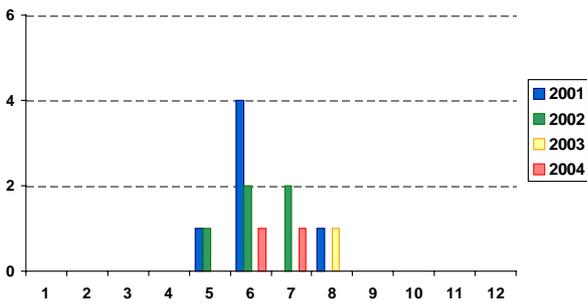
On comptabilise le nombre d'épisodes Sternes qui ont eu lieu depuis janvier 2001 en considérant un seuil de déclenchement à 350 µg/m³ (on va jusqu'à fin novembre 2004).



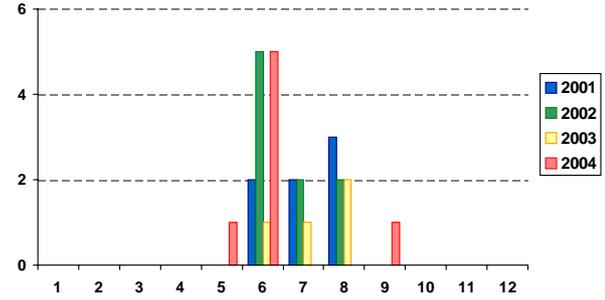
Répartition mensuelle de la DP2 depuis 2001



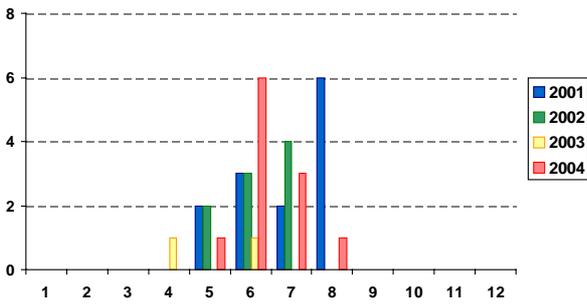
Répartition mensuelle de la DP3 depuis 2001



Répartition mensuelle de la DP4 depuis 2001



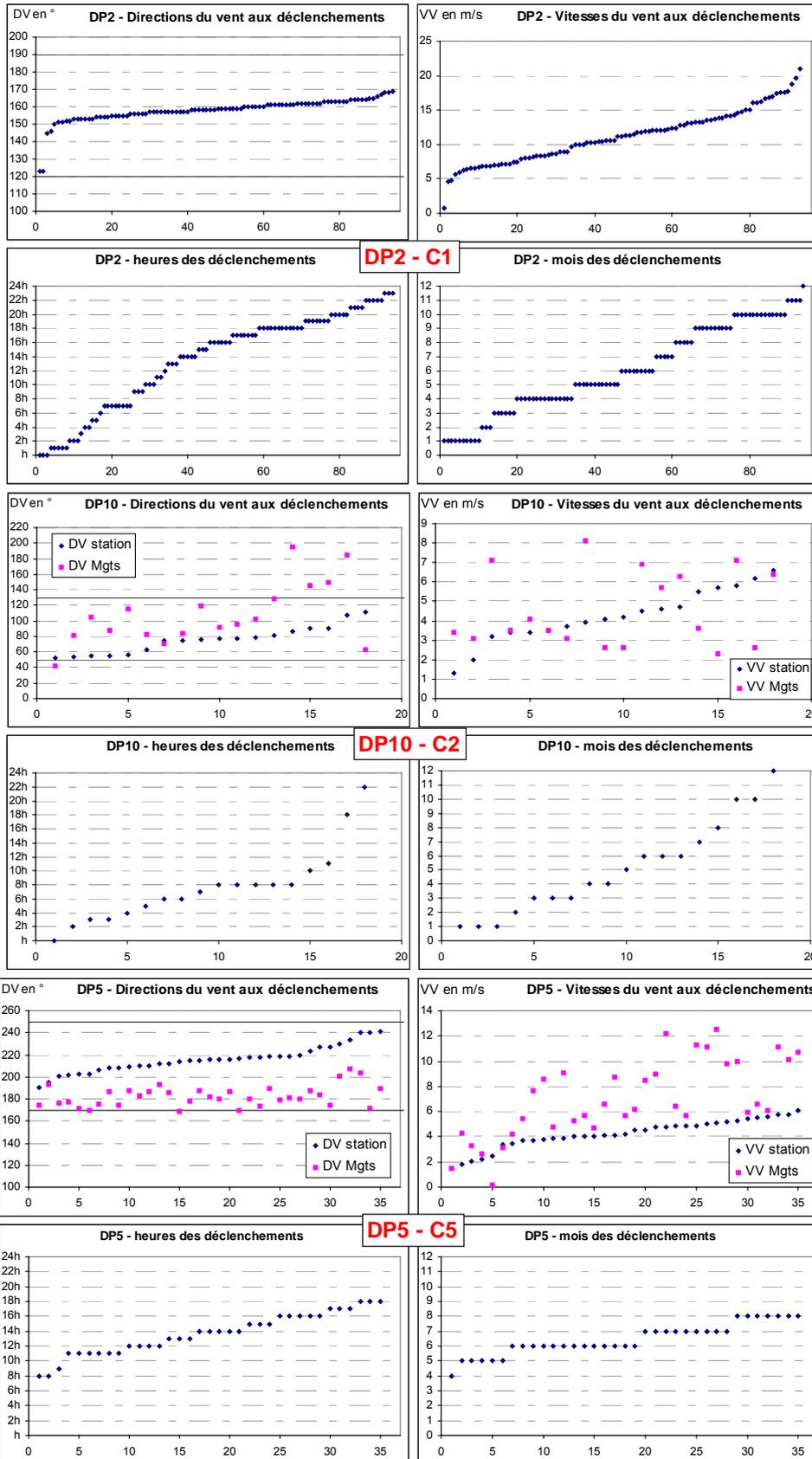
Répartition mensuelle de la DP5 depuis 2001

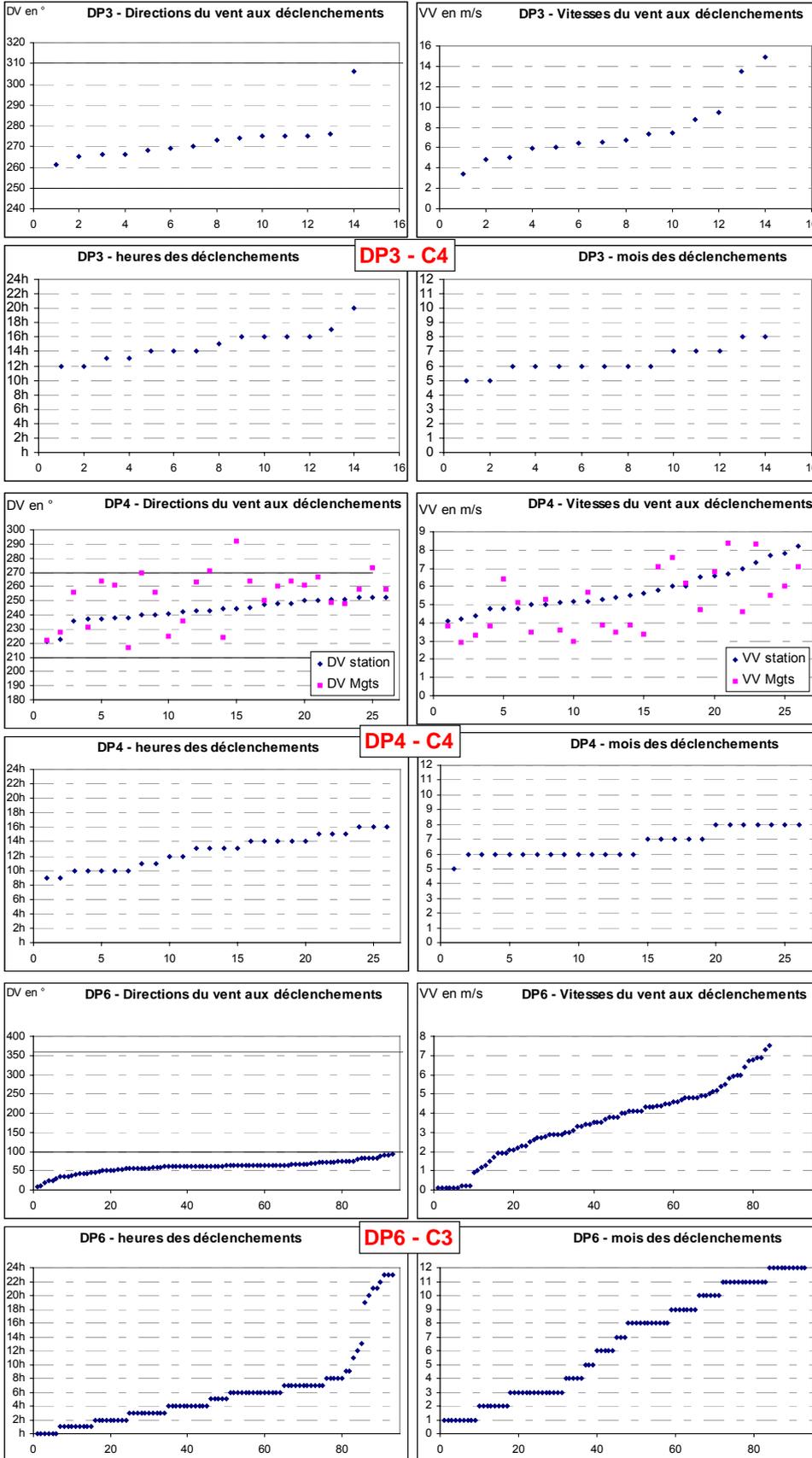


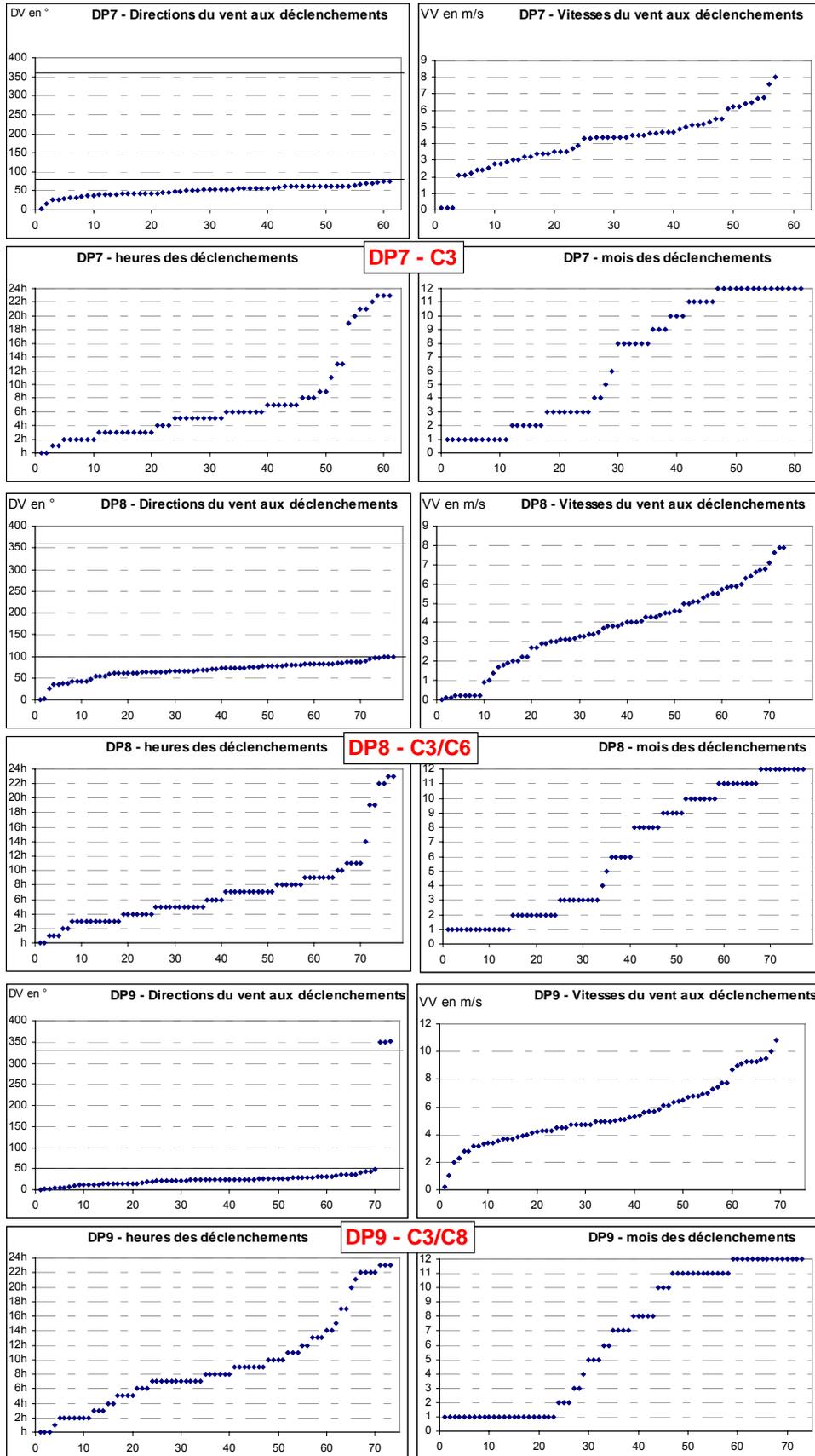


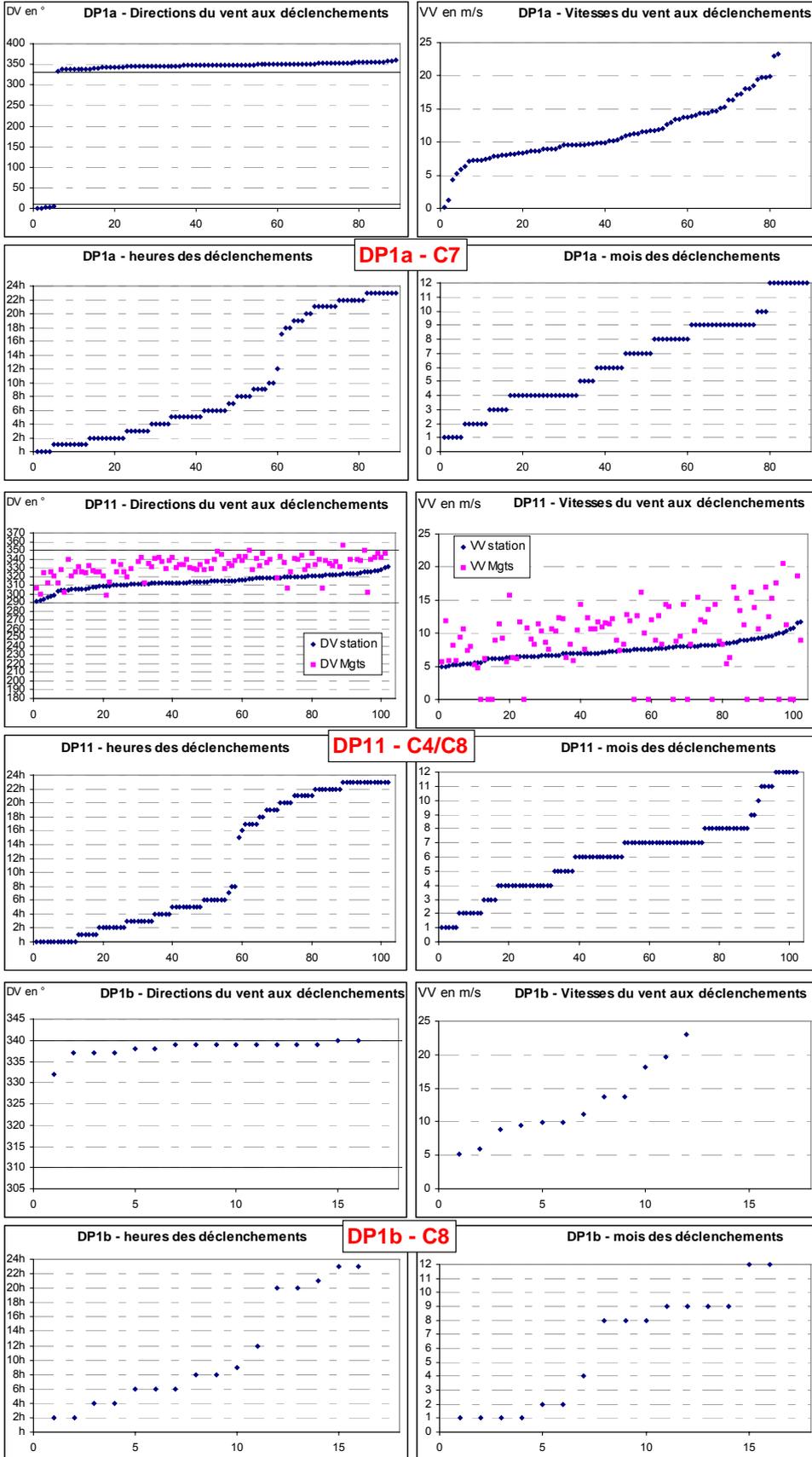
Annexe 4 – Caractérisation des déclenchements STERNES Directionnels

Pour chaque STERNES Directionnel, on comptabilise tous les épisodes de pollution lui correspondant sur seuil $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, qui ont eu lieu de janvier 2001 à août 2004. On note pour chacun des épisodes, l'heure à laquelle on l'aurait déclenché, le mois, la vitesse et la direction du vent au quart d'heure déclenchant.









Annexe 5 – 17 typologies de pollution définies pour les STERNES Directionnels

17 typologies ont été mises à jour dont les paramètres les plus déterminants sont :

- la direction de vent, inscrit dans la majorité des cas dans un angle de 40 à 80°,
- la période de la journée,
- la stabilité atmosphérique estimée par écart de température entre 2 stations choisies avec précautions.

Typologie	Correspondance avec les Sternes Directionnels actuels	Nombre d'épisodes de 1990 à 1994	Stations concernées		Synthèse météo					
			principales	secondaires	périodes	D Vent	V Vent m/s	Pression hPa	Nébulosité	Hygrométrie
6531	DP4	51	5 MILE	4 MNMND 7 MGTS	printemps été	220/260 SO/O	1 à 7	1000 à 1020	0 à 4	40 à 80
6533	DC102	15	35 CLRT	21 SSLP	automne hiver	320/40 NO/NE	0 à 7	1000 à 1040	0 à 2	60 à 90
6577	DP11	174	11 FSMR	34 MVTR 7 MGTS	annuelle (+ en été)	280/320 O/NO	3 à 10	1000 à 1040	0 à 5	50 à 90
6578	DP9	161	21 SSLP	/	hiver	340/060 NNO/ENE	0 à 7	1000 à 1040	0 à 8	60 à 100
6580	DC107	22	32 VRLT	11 FSMR, 1 BETG 7 MGTS, 20 RBRT	automne hiver printemps	240/340 OSO/ONO	0 à 5	1000 à 1040	0 à 5	30 à 90
6583	DP5	132	14 PDBC	/	printemps été	180/220 S/SO	0 à 5	1000 à 1020	0 à 7 (78% de 0 à 3)	30 à 90
6590	DP2	432	8 PDBL	/	annuelle	120/160 SE	1 à 7	980 à 1020	0 à 8 (56% de 6 à 8)	70 à 100
6591	DP3	66	36 MPNT	/	printemps été	220/260 SO/O	1 à 10	1000 à 1020	0 à 7 (78% de 0 à 3)	30 à 90
6593	DP1a/b	472	6 MPNT	/	annuelle rare en été	300/340 ONO/NNO	5 à >10	1000 à 1040	0 à 7	40 à 90
6595	DP10	332	1 BETG	/	annuelle (+ en automne hiver)	020/100 NNE/ESE	0 à 7	1000 à 1040	0 à 8 (+ de 5 à 8)	60 à 100
6599	DP6/7	207	33 MCRN 7 MGTS	/	hiver	280/060 O/ENE	0 à 7	1000 à 1040	0 à 8	60 à 100
6601	DC104	138	4 MNMND	34 MVTR, 11 FSMR 14 PDBC, 7 MGTS 20 RBRT	annuelle	200/240 020/080	0 à 5	1000 à 1040	0 à 7	30 à 90
6604	DC106/1 07	86	20 RBRT 19 VTRL	1 BETG, 7 MGTS	annuelle	200/300 SSO/ONO	0 à 5	1000 à 1040	0 à 8	60 à 100
6605		36	12 ISTR	9 PSTL, 10 CRAU 1 BETG, 4 MNMND 34 MVTR	hiver printemps	040/120 NE/ESE	0 à 5	1000 à 1040	0 à 5	30 à 80
6606	DC103	56	3 CHNF	2 MRGN, 4 MNMND 7 MGTS, 34 MVTR 5 MILE, 14 PDBC 21 SSLP	annuelle	200/060 très variable	0 à 7	1000 à 1040	0 à 8	30 à 80
6607	DP6/8	817	7 MGTS 34 MVTR	33 MCRN	annuelle (+en hiver)	000/080 N/E	0 à 3	1000 à 1040	0 à 8	60 à 100
6608	DP12	112	18 FOLV	17 MRMS, 20 RBRT	annuelle	140/200 SE/SSO	0 à >10	1000 à 1040	0 à 8	40 à 90

Annexe 6 – Typologies météo du zonage météorologique de la région de l'étang de Berre et de l'Ouest des Bouches du Rhône (Numtech – 2003)

Numtech a procédé à une classification hiérarchique ascendante sur les données tri-horaires de trois stations d'AIRFOBEP (Vitrolles Réaltor, Martigues la Gatasse, Martigues Notre Dame des Marins) et trois stations de Météo France (Marignane, Istres, Salon de Provence). Sont ressorties du traitement de données 9 typologies représentant 70% des événements météorologiques survenant au cours d'une année sur la région d'intervention d'AIRFOBEP.

Classe	typologie	fréquence annuelle d'apparition	Direction du vent	Vitesse du vent	Répartition horaire	Répartition annuelle
C1	Flux de Sud-Est	6%	135-180	>5 sauf VTRL entre 2 et 5	9-18h	pas 5,8,11,12
C2	Flux d'Est	5.5%	45-180	>2	tout + 0-9h	1,3,10
C3	Vent calme – Situation nocturne	33%	0-180	<8	21-9h	toute l'année
C4	Flux d'Ouest/Nord-Ouest	8%	225-360	>2	12-18h	3,4,6,7
C5a	Flux de Sud/Sud-Ouest	1.5%	135-225	>2	12-18h +15-18h	pas 11,12 + 1,8
C5b	Brise de mer	4%	135-270	2-8	que 12-18h	pas hiver
C6	Vent faible	22%	tout	<8	tout	toute l'année
C7	Mistral	7%	315-45	>8	tout + 9-21h	tout, + 2,6,11,12
C8	Queue de Mistral – Brise de terre	13%	315-360	>2	tout	tout, + 11,12



Classe 1 : Flux de Sud-Est – Vent modéré à fort
Occurrence fréquente entre 12H00 et 18H00

Classe 2 : Flux d'Est – Vent faible à fort
Occurrence fréquente janvier, mars et octobre



Classe 3 : Vent calme à modéré
Situation nocturne



Classe 4 : Flux d'Ouest/Nord-Ouest
Vent modéré à fort
Occurrence printemps/été – Après-Midi



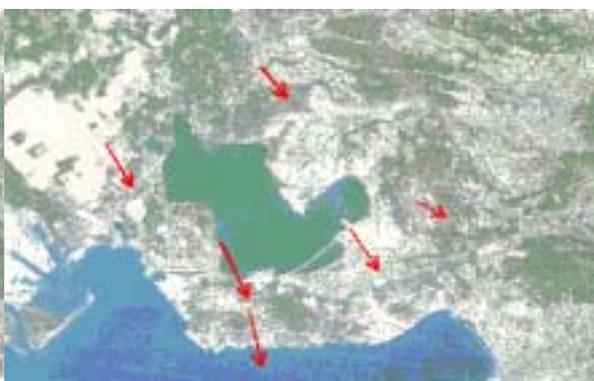
Classe 5 : Flux de Sud/Sud-Ouest – Brise de mer
Occurrence printemps/hiver l'après-midi



Classe 6 : Vent calme à faible
Classe « à problème »



Classe 7 : Mistral
Occurrence hivernale



Classe 8 : Queue de Mistral – Brise de terre
Occurrence hivernale