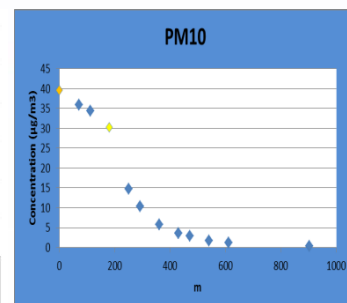
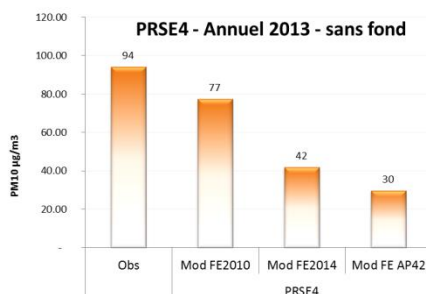
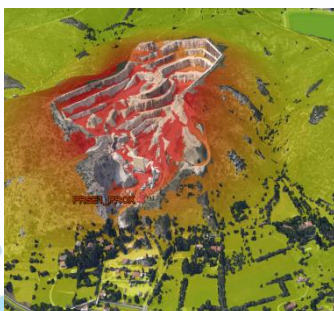


## CARRIÈRES

Modélisation du transport des particules en suspension

2 carrières : Marseille St Marthe et Salon de Provence





## **Deux carrières : modélisation du transport des particules Marseille St Marthe et Salon de Provence**

- Deux carrières de calcaire ont été analysées : l'une à Salon de Provence (GSM granulats) et l'autre à Marseille St. Marthe (Bronzo-Perasso).
- Pour les deux carrières étudiées : l'impact relatif à la qualité de l'air est limité aux abords des carrières. L'impact géographique est restreint.
- De forts gradients de concentrations en PM10 et PM2.5 sont observés et modélisés de part et d'autre des limites des deux carrières. Dans le cas présent, l'influence de l'activité industrielle est située dans la zone des 200 m aux abords des deux carrières investiguées.
- Les concentrations en PM2.5 enregistrées aux points d'expositions (situation aval) sont inférieures aux valeurs limites dans les observations et dans les modélisations.
- Les concentrations en PM10 atteignent les valeurs limites aux centres des carrières.
- L'exposition des populations riveraines des deux carrières étudiées semblent réduite après la zone des 200 m.
  
- Les concentrations modélisées avec ADMS et avec les seuls facteurs d'émissions CITEPA 2010, CITEPA 2014 et AP42 ne permettent pas de reproduire les observations en proximité de carrières. L'ajout d'une pollution de fond est indispensable pour simuler avec succès les concentrations mesurées.
  
- En situation de proximité (centre des carrières), les concentrations modélisées avec ADMS à l'aide des émissions calculées avec les facteurs d'émissions CITEPA 2010 sont plus proches des observations.

### **Contact**

Alexandre Armengaud

[alexandre.armengaud@airpaca.org](mailto:alexandre.armengaud@airpaca.org)

### **Parution**

06/2016



## Remerciements

Air PACA remercie le CEREGE (Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement), L'Union Nationale des Industries de Carrières Et Matériaux de construction (UNICEM), les sociétés Bronzo Perasso, GSM-granulats, la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL PACA), le Conseil Régional Provence Alpes Côte d'Azur (CR PACA), l'Institut National de L'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) pour leur soutien et leur collaboration tout au long de ce projet.



## Partenaires

- BRONSO PERASSO
- CEREGE
- CONSEIL REGIONAL PACA
- DREAL PACA
- INERIS
- GSM
- UNICEM



## Auteurs du document

- Alexandre Armengaud (Air PACA)
- Damien Piga (Air PACA)
- Yann Channac Mongredien (Air PACA)
- Yves Noack (CEREGE)



## Sommaire

1	Contexte .....	5
2	Objectifs .....	6
2.1	Campagnes de Mesures : Année 1 .....	6
2.2	Modélisation : Année 2.....	6
3	Deux carrières : Marseille et Salon de Provence .....	7
3.1	Carrière Bronzo-Perasso (St Marthe, Marseille).....	7
3.1	Carrière GSM (Salon de Provence) .....	11
4	Résultats des campagnes de mesures : synthèse.....	13
4.1	Principaux résultats (CEREGE-Air PACA, 2014) .....	13
4.2	Evolution des concentrations .....	14
4.1	Caractérisation minéralogique et concentrations moyennes .....	15
5	Modélisation de la dispersion des particules .....	17
5.1	Le Modèle ADMS .....	17
5.2	Configuration du modèle ADMS : Carrière de St Marthe à Marseille .....	20
5.1	Configuration du modèle ADMS : Carrière GSM à Salon .....	23
5.2	Inventaire des émissions .....	25
5.3	Emissions particulières issues des carrières : 3 scénarios paramétrés.....	25
6	Résultats : modélisation et cartographies.....	30
6.1	Choix de la Pollution de fond.....	30
6.2	Salon : cartographies PM10 & PM2.5, 2013 .....	31
6.3	Marseille St. Marthe : cartographies PM10 & PM2.5, 2012 .....	35
6.1	Intercomparaison simulations versus observations .....	38
6.2	Transects.....	47
7	Conclusions et perspectives .....	49
8	Références.....	50
9	Annexes : Fiche AP42 .....	51
9.1	Annexe 1 – Fiche AP42 : Informations générales et calcul du poids moyen des véhicules circulant sur le site et kilométrage parcouru par an .....	52
9.2	Annexe 2 – Fiche AP42 : Calcul des facteurs d’émission pour les pistes non revêtues et des émissions annuelles .....	53
9.3	Annexe 3 – Fiche AP42 : Calcul des facteurs d’émission pour les pistes revêtues (enrobé ou béton) et des émissions annuelles .....	55
9.4	Annexe 4 – Fiche AP42 : Calcul du facteur d’émission de la Manipulation et de la Mise en stock des produits et des émissions annuelles .....	57
9.5	Annexe 5 – Fiche AP42 : Calcul du facteur d’émission de l’Erosion Eolienne sur les stocks des émissions annuelles .....	59
9.6	Annexe 6 – Fiche AP42 : Evaluation globale .....	61
9.7	Annexe 7 – Fiche AP42 : Hypothèses DREAL PACA.....	62

# 1 Contexte

La région PACA est une des régions de France qui présentent des niveaux de pollutions atmosphériques particulières élevés, avec des dépassements de niveaux réglementaires. Les sources principales sont assez classiques : activités industrielles, transport routier et chauffage urbain (en particulier le chauffage au bois).

Cependant, les nombreuses campagnes de mesure effectuées par les AASQA et par les laboratoires de recherche montrent qu'il existe un signal régional, estimé à 10 à 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10, qui a pour source principale des émissions terrigènes. Celles-ci peuvent être externes à la région (apports exogènes ; sahariens par exemple), mais également internes avec le réenvol de particules de sols (manque de couvert végétal, activités agricoles) ou une activité industrielle particulière que sont les carrières.

En région PACA, les carrières sont une activité importante, notamment dans les Bouches du Rhône<sup>1</sup>. En 2009, 32 millions de tonnes de matériaux ont été extraites du sous-sol de la région (carrières et gravières) dont 40 % dans les Bouches du Rhône, 20 % dans le Var et 15% dans les Alpes Maritimes. Pour l'essentiel, ces matériaux sont du calcaire, mais sont également exploités des sables siliceux dans le Vaucluse, le Var et les Alpes-Maritimes, du porphyre dans le Var et des matériaux argileux dans le Var et le Vaucluse. A 75%, ces matériaux sont des granulats. Air PACA dispose d'un inventaire des émissions polluantes sur toute la région PACA. La part des émissions de PM10 issue des carrières est décrite dans le tableau ci-dessous.

Tableau de répartition des émissions de PM10 issues de l'activité Carrières en région PACA (My'Emissair © Air PACA v2014)

2007	2010	2012
1135 t/an	968 t/an	1235 t/an
5%	4%	7%
des émissions totales de PM10 en PACA tous secteurs confondus	des émissions totales de PM10 en PACA tous secteurs confondus	des émissions totales de PM10 en PACA tous secteurs confondus

Tableau de répartition des émissions de PM2.5 issues de l'activité Carrières en région PACA (My'Emissair © Air PACA v2014)

2007	2010	2012
1038 t/an	1028 t/an	1036 t/an
5%	6%	7%
des émissions totales de PM2.5 en PACA tous secteurs confondus	des émissions totales de PM2.5 en PACA tous secteurs confondus	des émissions totales de PM2.5 en PACA tous secteurs confondus

A ce jour, il n'y a eu que très peu de données sur la quantification ou la caractérisation des poussières émises par les carrières. Les exploitants sont soumis à une auto surveillance des émissions de particules sédimentables mais très peu d'études existent concernant les PM10 et PM2.5 en région PACA.

En terme d'impact sanitaire, ces particules ne présentent pas de toxicité chimique particulière, mais elles sont très handicapantes pour les personnes sujettes à l'asthme, à des insuffisances respiratoires ou cardiovasculaires, comme les autres particules. Les employés des exploitations peuvent également être atteints de maladies type silicose. En terme d'impact environnemental, outre les gênes visuelles (éventuellement dangereuses au voisinage de voies routières importantes), elles peuvent avoir un impact sur les cultures situées à proximité (baisse des rendements agricoles par diminution de la photosynthèse).

---

1 [http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/rubrique.php?id\\_rubrique=502](http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/rubrique.php?id_rubrique=502)

## 2 Objectifs

L'objectif principal de l'action planifiée sur 2 ans est de mesurer, quantifier et caractériser les émissions de trois classes de particules (sédimentables, PM10 et PM2.5) autour de deux sites d'extraction à Marseille et Salon de Provence dans les Bouches du Rhône.

### 2.1 Campagnes de Mesures : Année 1

- Sur chaque site, deux campagnes d'un mois chacune (hiver et été) avec un prélèvement sous les vents dominants au moment des campagnes, ainsi qu'en amont de la carrière. Les prélèvements concernent trois fractions : sédimentables (pas de temps hebdomadaire), PM10 et PM2.5 (pas de temps quotidien). (Des compteurs de particules (néphélomètres) de l'UNICEM ont été utilisés).
- Les mesures portent : sur la quantification des particules (flux en  $\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$  pour les particules sédimentables, concentrations en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10 et PM2.5).
- Une qualification minéralogique.
- Les comparaisons entre les deux sites de prélèvements, ainsi qu'avec les stations des réseaux de surveillance, permettent de mesurer l'impact des émissions des carrières.

### 2.2 Modélisation : Année 2

- Quantifications des émissions et intégration dans un modèle de dispersion local des particules PM10 et PM2.5. Intercomparaison de 3 facteurs d'émissions différents (CITEPA 2010, CITEPA 2014 et AP42).
- Cartographies des concentrations de PM10 et PM2.5 issues des carrières.
- Intercomparaisons avec les observations issues des campagnes de mesures.

Les objectifs de l'année 1 ont été atteints et décrits dans le rapport (CEREGE-Air PACA, 2014) intitulé : « Caractériser et évaluer l'exposition aux particules issues de carrières en région PACA ». Le présent document résume les principaux résultats des campagnes de mesures et décrit les résultats de la phase modélisation de l'année 2.

## 3 Deux carrières : Marseille et Salon de Provence

Après appel à candidature de l'UNICEM auprès de ses membres, la carrière Bronzo-Perasso à Marseille a été sélectionnée. Pour la deuxième carrière, le choix fût plus difficile pour différentes raisons (refus des exploitants, problèmes de logistiques, localisation et taille de la carrière, ...). Finalement c'est la carrière GSM de Salon de Provence qui a été retenue. Dans les deux cas ces carrières exploitent du calcaire massif.

### 3.1 Carrière Bronzo-Perasso (St Marthe, Marseille)

La Carrière Bronzo-Perasso est localisée dans le 14<sup>ème</sup> arrondissement de Marseille dans le quartier de St Marthe (Figure 1). Elle est située en zone péri-urbaine, à flanc de colline, orientée Nord-Sud et profondément encaissée. La profondeur maximale d'encaissement est de 175 m. Elle présente dans sa partie Sud une ouverture topographique étroite susceptible de canaliser la dispersion des poussières émises par la carrière (exutoire sud) (Figure 2).

#### 3.1.1 Echantillonnage stations

Une étude météorologique a été réalisée sur 20 ans d'observations par Météo France (période 1988-2007) (Figure 3). Les roses des vents sur Marseille (hippodrome) et Marignane (Marignane) étant essentiellement de direction Nord-Nord-Ouest/Sud-Sud-Est, les stations de prélèvements des particules ont été essentiellement positionnées en proximité de la carrière et en aval (Figure 1, Tableau 1).

Trois sites de prélèvements ont été instrumentés :

- PRSE1 : site de proximité, à l'exutoire Sud de la carrière,
- PRSE2 : site de fond au bord du bassin du Vallon Dol, au Nord-Est de la carrière, sur un plateau topographique à l'abri des émissions directes et à 850 m de la carrière
- PRSE3 : site dit d'« exposition », à la limite de la zone urbaine, dans le complexe sportif des tennis de la Tour-sainte à 650 m au Sud et en aval de la carrière.

L'ensemble des éléments relatifs aux campagnes de mesures sont décrits dans le rapport (CEREGE-Air PACA, 2014).





Figure 1 : Localisation carrière de Bronzo-Perasso, Marseille.



Figure 2 : Encaissement de la carrière de Bronzo-Perasso, Marseille (en direction du Sud).

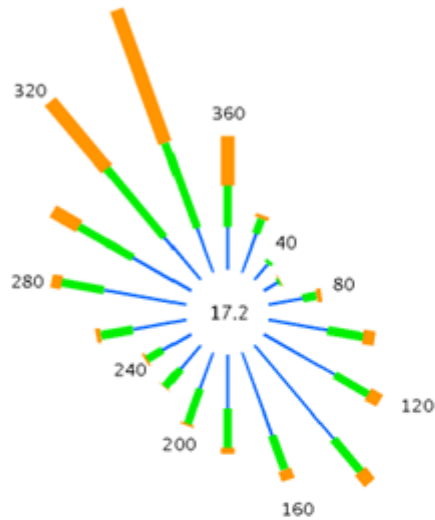


**ROSE DES VENTS**

Vent horaire à 10 mètres, moyenné sur 10 mn

Du 01 JANVIER 1988 au 31 DÉCEMBRE 2007

Marignane  
(Aéroport)



Groupes de vitesses (m/s)  
 [1.5;4.5] [4.5;8.0] > à 8.0

Marseille  
(Hippodrome)

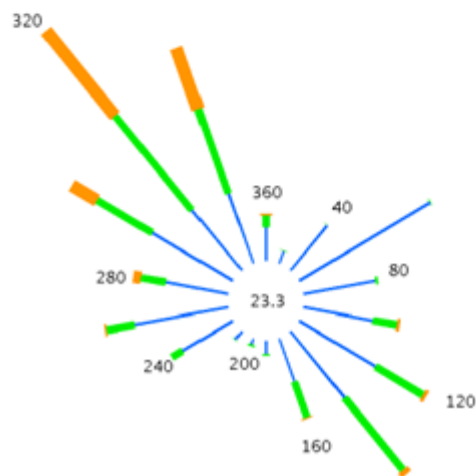


Figure 3 : Roses des Vents à Marignane et Marseille.

Tableau 1 : Coordonnées des sites de prélèvements, carrière Bronzo-Perasso.

SITES	Type	LAT (N)	LON (E)
PRSE1	<b>Proximité</b> A la sortie de l'exutoire Sud de la carrière	43,35327	5,39155
PRSE2	<b>Fond</b> Vallon Dol sur un plateau au Nord-Est de la carrière	43,36230	5,40418
PRSE3	<b>Exposition</b> Centre sportif (Tennis St Marthe) en aval, au Sud, de la carrière	43,34798	5,39310

Tableau 2 : Equipements des sites de prélèvements, carrière Bronzo-Perasso de St Marthe à Marseille.

SITES	Type	Période	Analyseur	Polluant	
PRSE1	A la sortie de l'exutoire Sud de la carrière	Eté 2012	01/06 - 01/07 03/07 - 27/07 27/06 - 31/07 01/06 - 27/07	Partisol 2025 Partisol 2025 Néphélomètre MTX Sec/humide	PM10 PM2.5 PM2.5 PS
		Hiver 2012	21/11 - 18/12 20/11 - 10/12 05/11 - 19/11 06/11 - 17/12 20/11 - 24/11 29/11 - 10/12 05/11 - 18/12	Partisol 2025 PDR Partisol 2025 Néphélomètre PDR PDR MTX Sec/humide	PM10 PM10 PM2.5 PM2.5 PM2.5 PM1 PS
PRSE2	Vallon Dol sur un plateau au Nord-Est de la carrière	Eté 2012	01/06 - 01/07 01/06 - 13/07 01/06 - 13/07	Partisol 2025 Partisol 2000 Jauge Total	PM10 PM2.5 PS
		Hiver 2012	05/11 - 18/12 05/11 - 17/12 05/11 - 08/12	TEOM Néphélomètre Jauge Total	PM10 PM2.5 PS
PRSE3	Centre sportif (Tennis St Marthe) en aval, au Sud, de la carrière	Eté 2012	01/06- 01/07 01/06 - 01/07 01/06 - 27/07	TEOM Partisol 2025 Jauge Sec/humide	PM10 PM2.5 PS
		Hiver 2012	07/11 - 07/12 07/11 - 07/12 05/11 - 08/12	Partisol 2025 Partisol 2025 Jauge Total	PM10 PM2.5 PS

### 3.1 Carrière GSM (Salon de Provence)

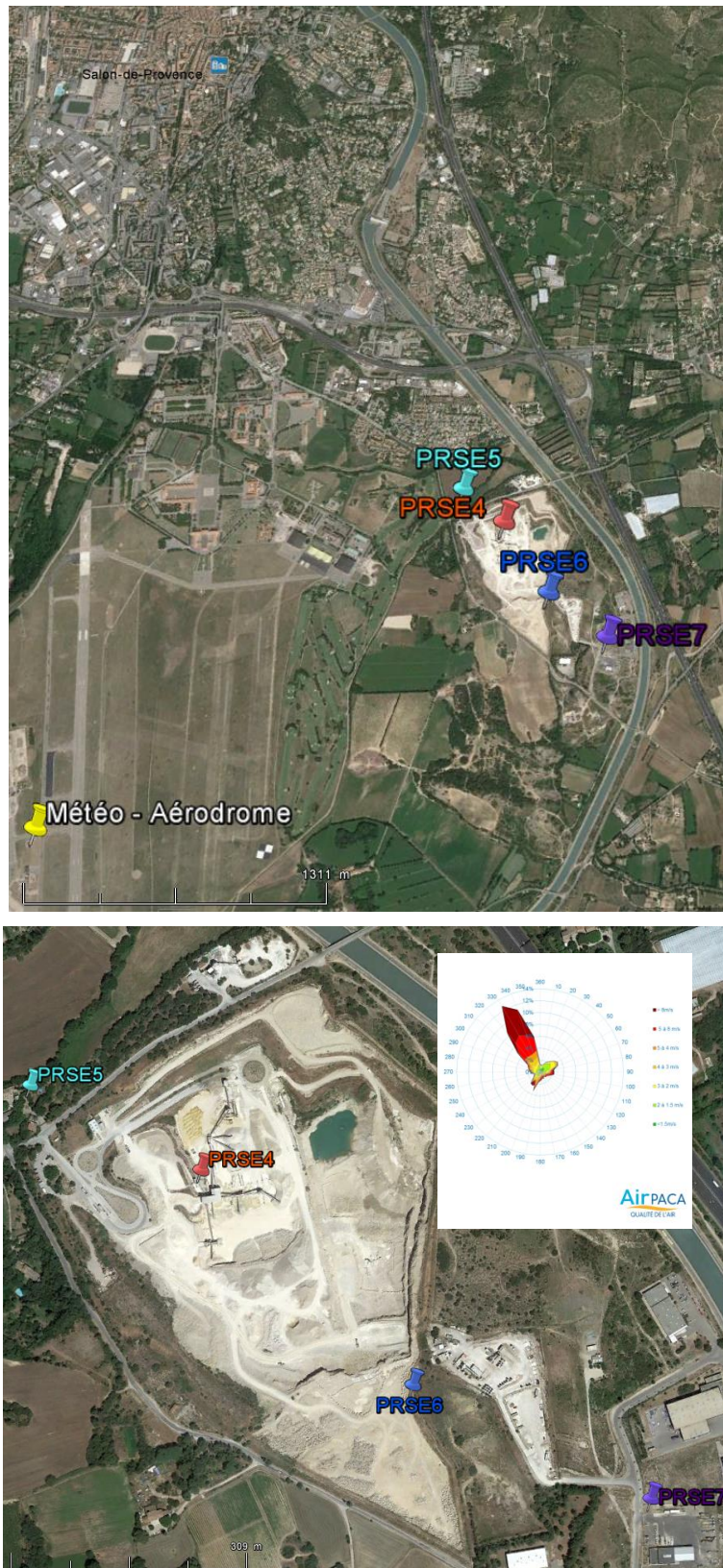


Figure 4 : Carrière GSM-Granulat au sud-est de Salon.

Tableau 3 : Coordonnées des sites de prélèvements, carrière de Salon-GSM.

SITES	Type	LAT (N)	LON (E)
PRSE4	<b>Proximité</b> Presque au centre de la carrière	43,62003	5,12769
PRSE5	<b>Fond proche</b> Chez un particulier Nord-Ouest de la Carrière (amont par Mistral)	43,62113	5,12478
PRSE6	<b>Exposition</b> Bordure Sud-Est de la carrière (en aval par Mistral)	43,61743	5,13116
PRSE7	<b>Exposition</b> Soloc, Sud-Est de la carrière (en aval par Mistral)	43,61629	5,13528

Tableau 4 : Equipements des sites de prélèvements, carrière de Salon-GSM.

SITES	Type	Période	Analyseur	Polluant	
PRSE4	<b>Proximité</b> Presque au centre de la carrière	Hiver 2013	06/03 - 08/04 07/03 - 08/04 05/03 - 09/04 05/03 - 09/04	Partisol 2025 Partisol 2025 MTX Sec/humide PDR	PM10 PM2.5 PS PM10
		Été 2013	05/06- 14/06 26/06 - 04/07 13/06- 04/07 04/06- 05/07	Partisol 2025 Partisol 2025 Partisol 2025 MTX Sec/humide	PM10 PM10 PM2.5 PS
PRSE5	<b>Fond proche</b> Chez un particulier Nord-Ouest de la Carrière (en amont par Mistral)	Hiver 2013	06/03 - 08/04 05/03 - 09/04 05/03 - 09/04	Partisol 2025 MTX Sec/humide PDR Nb interruptions	PM10 PS PM10
		Été 2013			
PRSE6	<b>Exposition</b> Bordure Sud-Est de la carrière (en aval par Mistral)	Hiver 2013	08/03 - 06/04 05/03 - 09/04 07/03 - 09/04	Partisol 2025 MTX Sec/humide PDR	PM10 PS PM10
		Été 2013	05/06- 14/06 04/06- 05/07	Partisol 2025 MTX Sec/humide	PM10 PS
PRSE7	<b>Exposition</b> Soloc, Sud-Est de la carrière (en aval par Mistral)	Hiver 2013	30/03 - 06/04	TEOM	PM10
		Été 2013	05/06- 14/06 04/06- 05/07	TEOM Sec/humide	PM10 PS

## 4 Résultats des campagnes de mesures : synthèse

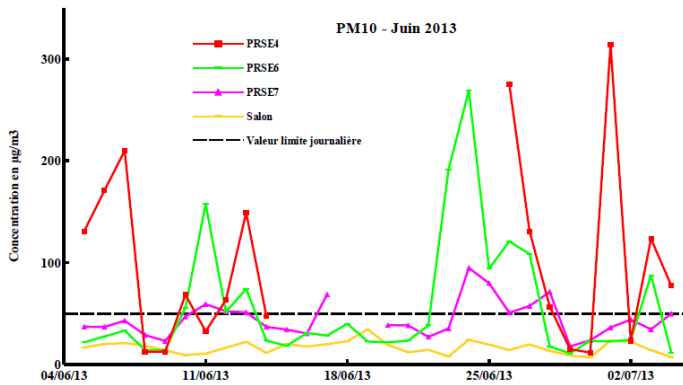
### 4.1 Principaux résultats (CEREGE-Air PACA, 2014)

- L'analyse des flux de particules sédimentables souligne une faible influence voire une absence des émissions des carrières sur les sites de fond et d'exposition. Les flux mesurés sur les sites de proximité sont nettement plus élevés pouvant atteindre  $12 \text{ g/m}^2/\text{mois}$ .
- Le ratio PM2.5/PM10 donne des indications sur les sources de particules. (Figure 9, Figure 10)
  - En milieu urbain, dominé par le trafic routier ou le chauffage bois en hiver, ce rapport est classiquement de l'ordre de 0.7 à 0.8. En milieu rural, où les sources sont plus « naturelles », il peut descendre à 0.4 ou moins.
  - Pour les carrières, pour chaque site étudié et chaque campagne, les concentrations en PM10 varient beaucoup d'un jour à l'autre, alors que celles de PM2.5 sont relativement stables. De ce fait, le rapport PM2.5/PM10 varie lui aussi avec une assez grande amplitude. Cependant, la relation entre la concentration en PM10 et ce rapport paraît intéressante.
  - Pour les deux carrières et l'ensemble des prélèvements, presque toutes les concentrations en PM10 supérieures à  $50 \mu\text{g/m}^3$  présentent un ratio inférieur à 0,25.
  - A l'inverse toutes les concentrations en PM10 inférieures à  $50 \mu\text{g/m}^3$  ont un ratio PM2.5/PM10 supérieur à 0,25. (Figure 5, Figure 8).
- **Il apparaît donc que tous les dépassements de concentrations des PM10 de la valeur  $50 \mu\text{g/m}^3$  sont dus à une fraction grossière.**
- Le ratio du pourcentage de calcite/quartz issue de l'analyse des particules sédimentables est un bon indicateur de la provenance des particules en champ proche de carrière de calcaire massif. (Figure 6, Figure 7).
  - Pour les sites de proximité, le pourcentage de calcite est d'environ (80-90) % contre (10-20) % pour le quartz.
  - Pour les sites d'exposition, c'est l'inverse, le pourcentage de quartz augmente (60-80) % et celui de la calcite diminue (20-40) %.
- La proportion de PM2.5 dans les émissions produites par les activités d'une carrière est faible et ne dépasserait pas 25% des émissions de PM10.
- Le transport des particules issues des carrières investiguées est fortement dépendant de la topographie des exploitations et des conditions météorologiques.



## 4.2 Evolution des concentrations

Salon-GSM : mars et juin 2013



Marseille St Marthe juin et nov. 2012

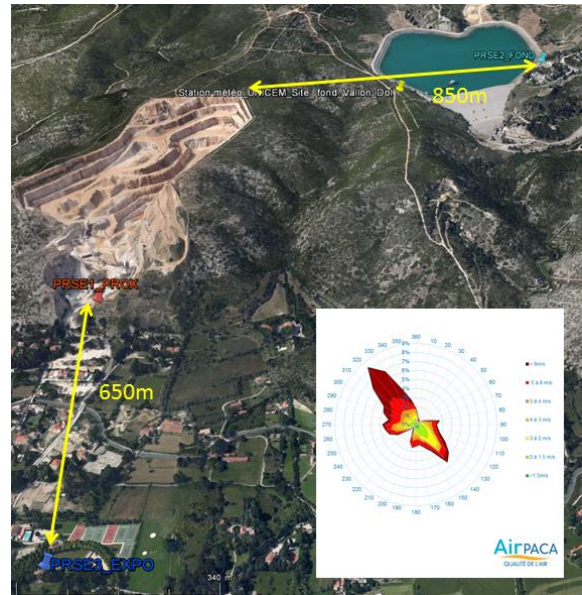
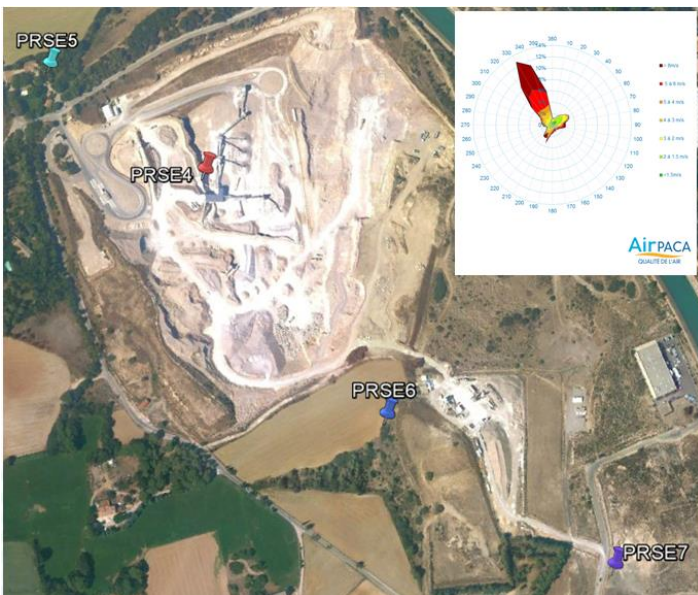
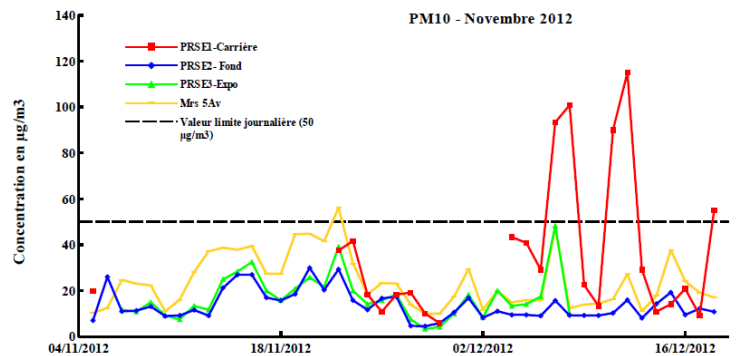
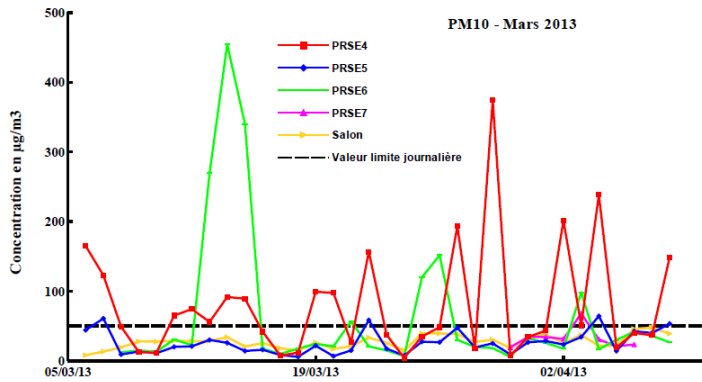
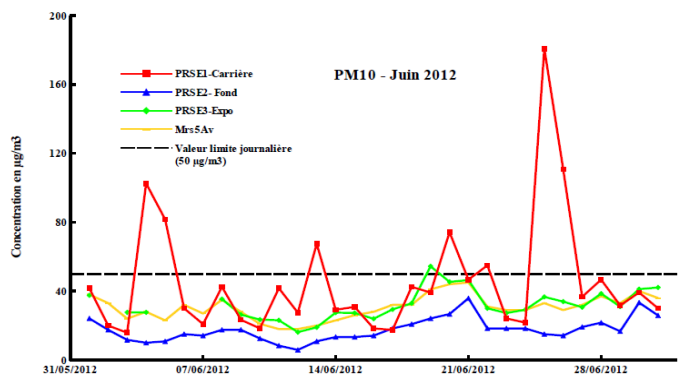


Figure 5 : Evolution des concentrations PM10, campagnes été/hiver, Salon-GSM, Marseille Bronzo-Perasso



#### 4.1 Caractérisation minéralogique et concentrations moyennes

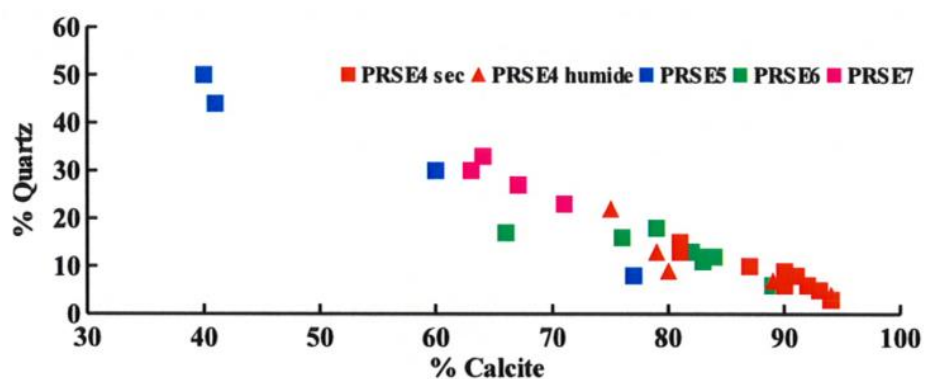


Figure 6 : Caractérisation minéralogique des particules sédimentables : carrière de Salon – GSM

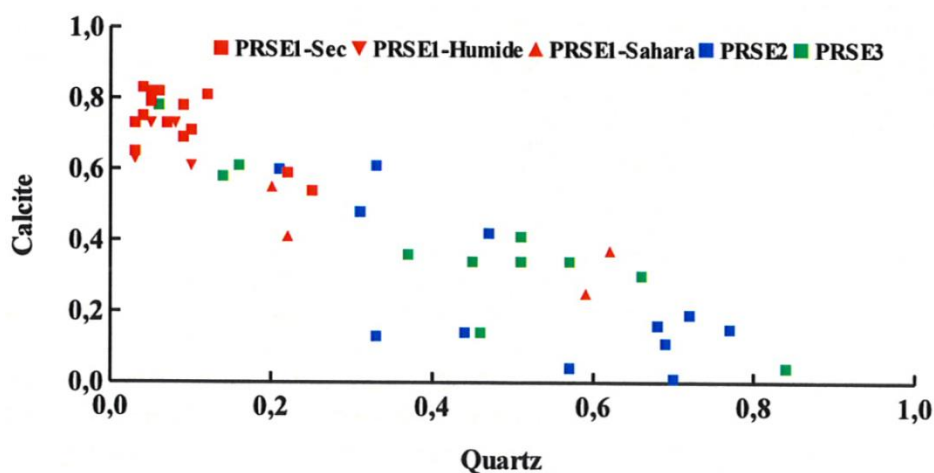


Figure 7 : Caractérisation minéralogique des particules sédimentables : carrière de St Marthe- Bronzo Perasso

Tableau 5 : Concentrations PM10, PM2.5 observées pendant les deux campagnes : Marseille

		PRSE1-Prox	PRSE2- Fond	PRSE3-Expo	Mrs5Av
PM10	Juin	45	18	24	23
	Décembre	36	14	17	24
PM2.5	Juin	9		10	11
	Décembre	9		10	15

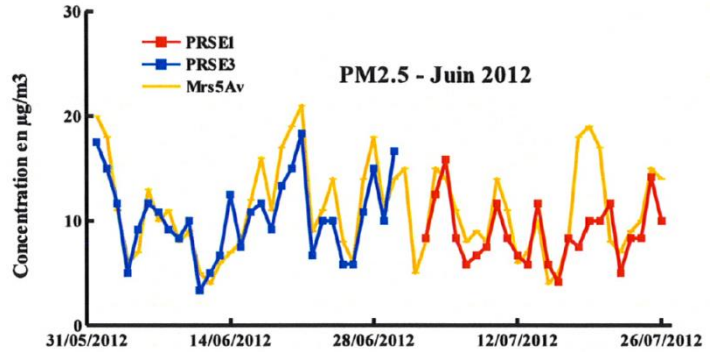
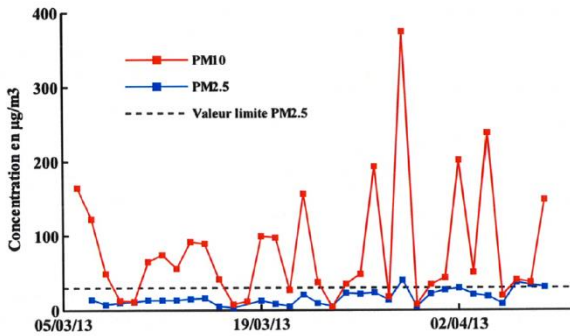
Tableau 6 : Concentrations PM10, PM2.5 observées pendant les deux campagnes : Salon

		PRSE4-Prox	PRSE5-Fond	PRSE6-Expo	PRSE7-Expo	Salon
PM10	Mars	80	26	63	33	27
	Juin	101		56	45	26
PM2.5	Mars	17				
	Juin	15				

Salon-GSM : mars et juin 2013

Marseille St Marthe juin et nov. 2012

PRSE4



PRSE4

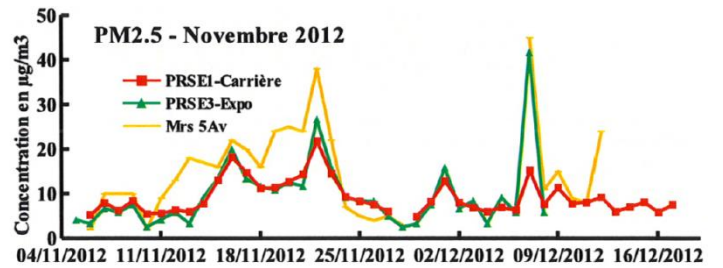
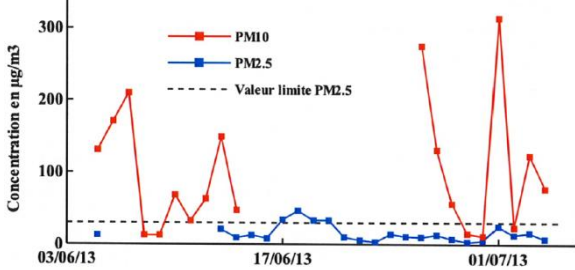


Figure 8 : Evolution des concentrations en PM2.5, campagnes été, hiver, carrières de Marseille St. Marthe et Salon.

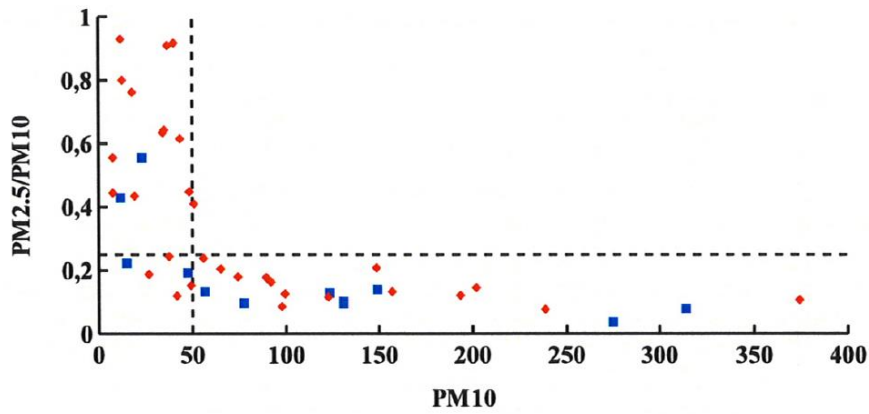


Figure 9 : Relation PM10 ratio PM2.5/PM10 versus PM10, carrière de Salon-GSM.

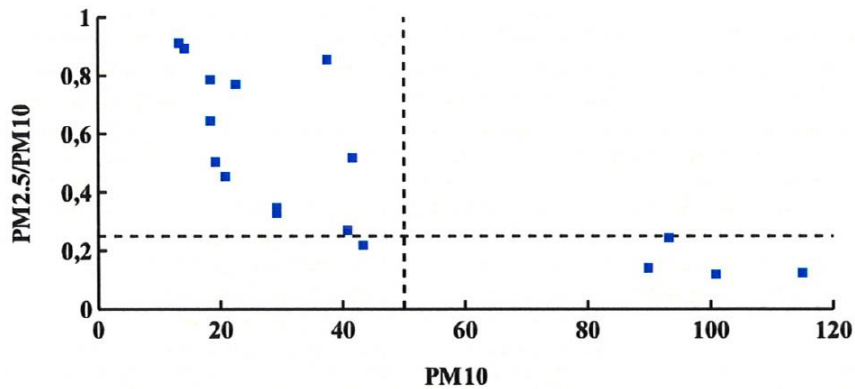


Figure 10 : Relation PM10 ratio PM2.5/PM10 versus PM10, carrière de Marseille St. Marthe, Bronzo-Perasso.

## 5 Modélisation de la dispersion des particules

### 5.1 Le Modèle ADMS

Air PACA dispose de la version 3.1 du modèle ADMS Urban utilisé depuis de nombreuses années pour la cartographie de la qualité de l'air à haute résolution en milieu urbain (Air PACA, 2009).

ADMS Urban repose sur le modèle de dispersion atmosphérique ADMS (*Atmospheric Dispersion Modelling System*), utilisé, reconnu et validé internationalement. Considéré par l'INERIS<sup>12</sup> comme la nouvelle génération des modèles de dispersion atmosphérique, il a été validé grâce au « Model Validation Kit »<sup>23</sup>, outil européen d'évaluation des modèles de dispersion. Il se base en effet sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine, et remplace l'ancienne génération des modèles de dispersion. Parmi les utilisateurs français, on compte des instituts et organismes nationaux (CEREMA, INERIS, Météo France...), des industriels (TOTAL FINA ELF, SOLVAY,...) ainsi que des associations pour la surveillance de la qualité de l'air (Atmo NPC, ASPA, AIRPARIF, ATMO Poitou Charentes, Air PACA...).

Le modèle ADMS est développé depuis 1993 par le *Cambridge Environmental Research Consultant* (CERC), groupe de chercheurs de Cambridge (Royaume-Uni). Les versions sont régulièrement réactualisées, afin de tenir compte des dernières avancées technologiques et de l'évolution du cadre réglementaire.

ADMS Urban permet de prendre en compte la dispersion simultanée de plusieurs polluants (NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, COV, particules...) émis par plus de 7500 sources différentes telles que :

- les routes et les trafics associés (jusqu'à 150 000 brins peuvent être considérés) ;
- les sources industrielles ponctuelles ;
- les sources diffuses (modélisées sous la forme de volumes ou de surfaces : cas du cadastre d'émission kilométrique par exemple).

ADMS Urban réalise des calculs en régime stationnaire pour une situation météorologique donnée. L'utilisation d'un schéma de dispersion fonctionnant en régime stationnaire est tout à fait adéquate, car celui-ci est précis en termes de dispersion.

Le modèle ADMS Urban permet d'ajuster très finement la grille de calcul en fonction des contraintes locales (occupation des sols, sources modélisées, ...). Ainsi, si cela s'avère pertinent pour la présente étude, les calculs pourront être réalisés :

- sur une grille régulière dont la résolution pourra varier du mètre à quelques centaines en fonction de l'occupation des sols, des populations présentes sur le domaine, ... ;
- sur un maillage intelligent constitué de points de calculs (capteurs virtuels) placés aux endroits où les gradients de concentration sont importants. Celui-ci est particulièrement pertinent le long et au bord des grands axes routiers modélisés (les points de calculs sont alors placés sous forme de transects placés le long des axes).

Il permet également de disposer des points « spécifiques » (ou récepteurs) correspondant à des localisations particulières, très utiles dans le cadre d'une comparaison modèle / mesure ou dans l'élaboration de courbes d'effluents en fonction de la distance à la source.

ADMS Urban est un modèle conçu pour travailler de l'échelle de la rue (« Canyon street »), avec une prise en compte des effets de turbulence liés au trafic et aux effets « canyons », jusqu'à celle de l'agglomération (~ 40 x 40 km<sup>2</sup>), où des phénomènes tels que la photochimie ou la formation « d'îlots de chaleur urbains » sont considérés. Pour cela, le système comprend de nombreux modules permettant d'étudier la qualité de l'air à l'échelle de la rue/route, du quartier, de l'agglomération.

---

<sup>12</sup> *Evaluation des risques sanitaires liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des installations Classées pour la Protection de l'Environnement. INERIS, 30 novembre 2001, version 3.0 ; 181pages.*

<sup>23</sup> *Hanna S.R., Egan B.A., Purdum J. and Wagler J. (1999), Evaluation of ISC3, AERMOD, and ADMS Dispersion Models with Observations from Five Field Sites. HC Report P020, API, 1220 LSt. NW, Washington, DC 20005-4070, 1999*

### 5.1.1 Principaux modules intégrés au système

ADMS intègre de nombreux modules couplés qui permettent de tenir compte de tous les effets complexes sur la dispersion des polluants : topographie, effets « canyons », turbulence liée au trafic, phénomènes météorologiques complexes (inversions de température),... :

- **Modèle de terrain** : à partir de paramètres météorologiques moyens, le modèle d'écoulements fluides diagnostique FLOWSTAR calcule en 3D tous les champs de vent (résolution de l'ordre de 100 m) et de turbulence en prenant en compte l'effet de la topographie et de la rugosité du sol.
- **Pré processeur météorologique (module non optionnel)** : à partir de données météorologiques mesurées au sol, un pré processeur météorologique calcule dans les 3 dimensions, les paramètres de la couche atmosphérique de dispersion (entre le sol et 2 000 mètres d'altitude).
- **Modèle de dépôt** : calcul du dépôt sec et du lessivage par les pluies des effluents. Prise en compte de la taille des particules lors de la dispersion. Jusqu'à 10 tailles de particules peuvent être considérées, ce qui permet de prendre en compte des spectres dimensionnels de particules.
- **Modèle de trajectoire des panaches** : pour les sources ponctuelles (cheminées industrielles...), un modèle dynamique calcule intégralement la trajectoire des panaches émis (surélévation) à partir des vitesses d'éjection et des températures des rejets.
- **Modèle de bâtiment** : ce modèle dynamique permet de calculer l'influence turbulente des bâtiments proches des sources industrielles sur la dispersion, ainsi que les effets de sillage des cheminées.
- **Modèle photochimique** : ADMS intègre un code photochimique incluant la chimie des NO<sub>2</sub>, NO, O<sub>3</sub> et COV (Schéma de 7 réactions). Il utilise notamment les données de rayonnements solaires pour calculer les taux de photolyse. Un tel module est indispensable si l'on souhaite correctement estimer les concentrations de NO<sub>2</sub> notamment.
- **Module statistique** : ce module permet notamment de faire des comparaisons directes avec les valeurs réglementaires.
- **Modèle des effets « Street Canyon »** : prise en compte des phénomènes de recirculations dans les rues, et de la turbulence provoquée par le passage des véhicules entre les bâtiments.
- **Modèle pour la prise en compte des obstacles** : ce module permet notamment de prendre en compte l'effet des murs antibruit situés à proximité des axes routiers sur la dispersion des polluants, les effets de sillage, de recirculation entre les bâtiments, les remblais/déblais...

### 5.1.2 Principales données d'entrée

Les principales données d'entrée à fournir au modèle, sont les suivantes :

- des **données météorologiques** horaires ou tri-horaires.
- Il est préconisé d'effectuer les calculs de dispersion sur une longue période, tout en gardant un pas de calcul horaire ou tri-horaire pour prendre en compte les situations les plus défavorables. Une année météorologique complète de données sera utilisée.
- Il est important de rappeler ici que le fait de travailler sur une chronologie annuelle de données météorologiques réelles est beaucoup plus satisfaisant que de choisir arbitrairement une situation « moyenne » et/ou une situation « défavorable », situations très difficilement définissables et sujettes à des hypothèses souvent contestables quant à leur exploitation dans un cadre d'évaluation de risque sanitaire. En travaillant sur une chronologie annuelle, toutes les situations météorologiques (et leur fréquence d'apparition) sont intégrées dans les simulations. Des données à la fois dynamiques et thermiques, permettant d'estimer la stabilité de l'atmosphère (vitesse et direction du vent, température sous abri, nébulosité, rayonnement...) sont attendues. En sus, afin de prendre en compte le phénomène de dépôt humide, des données de précipitations seront requises.
- des **données d'émission** qui intègrent la localisation des sources, leur géométrie et leurs profils temporels d'émission si les données disponibles le permettent.
- la **pollution de fond** pourra être prise en compte dans les calculs de dispersion en fonction des données disponibles permettant de l'estimer. Comme déjà indiqué, la pollution de fond permet en effet

d'intégrer au calcul, les sources d'émissions qui ne sont pas explicitées dans le modèle tels que le secteur résidentiel / tertiaire, le réseau routier secondaire, le secteur industriel, ... ainsi que les particules d'origine naturelle (fraction terrigène, aérosols marins, ...), les effets de re-suspension des particules, les aérosols secondaires, et l'apport des masses d'air extérieures.

- des données de **relief et d'occupation des sols** relatives au domaine d'étude.

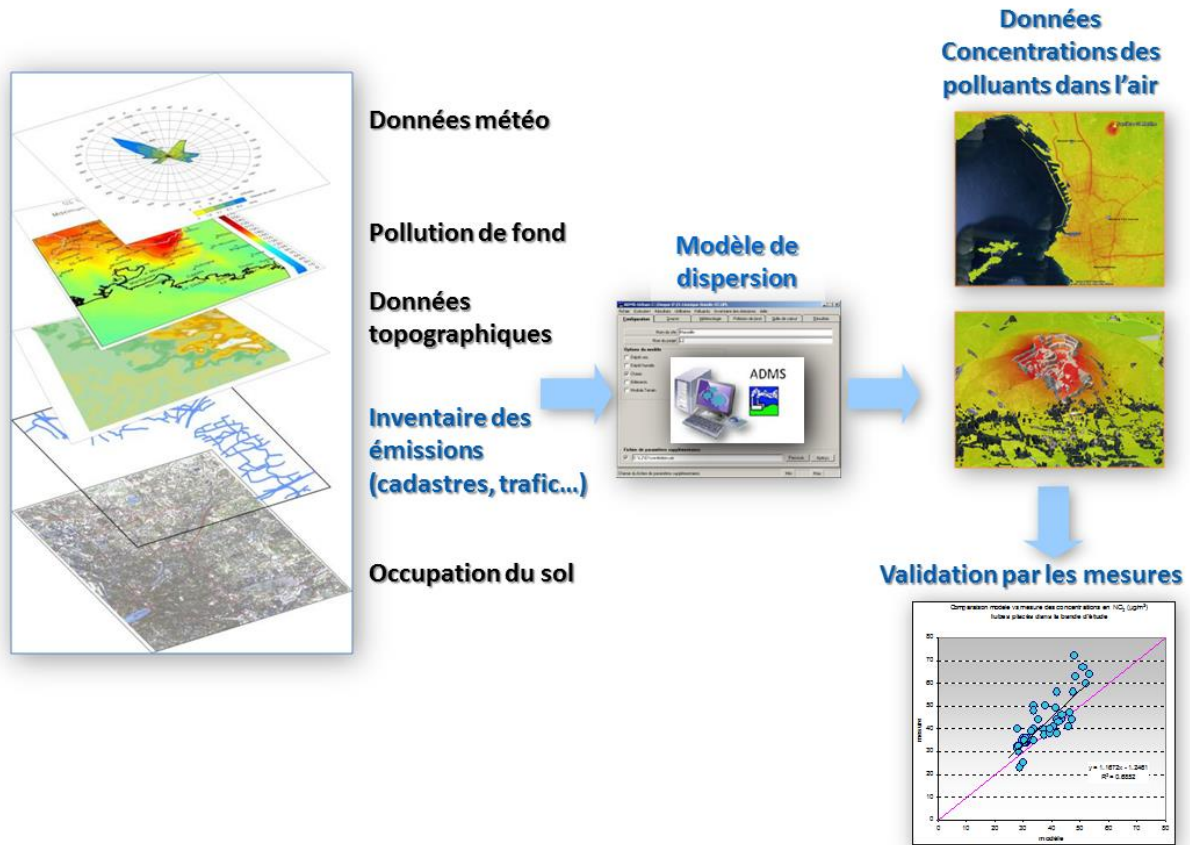


Figure 11 : Modèle ADMS : données d'entrées nécessaires.

### 5.1.3 Echelle spatiale et topographie

Le domaine de modélisation est choisi en fonction des spécificités et des objectifs de l'étude. Le modèle ADMS permet d'intégrer la topographie dans le calcul de la dispersion atmosphérique des polluants. Le relief du domaine d'étude est susceptible d'influencer les champs de vent et de turbulence, et ainsi la répartition en surface des concentrations des polluants. La topographie utilisée provient des données IGN (MNT 50m).



## 5.2 Configuration du modèle ADMS : Carrière de St Marthe à Marseille

- Dans le cas de St Marthe, l'encaissement du site étant conséquent (175m), la résolution a été adaptée et resserrée de 100 à 50m au-dessus de la carrière afin de prendre en compte l'effet relief. Le domaine d'étude est de 2,5km\*2,5 km centré sur la carrière. (Figure 13).

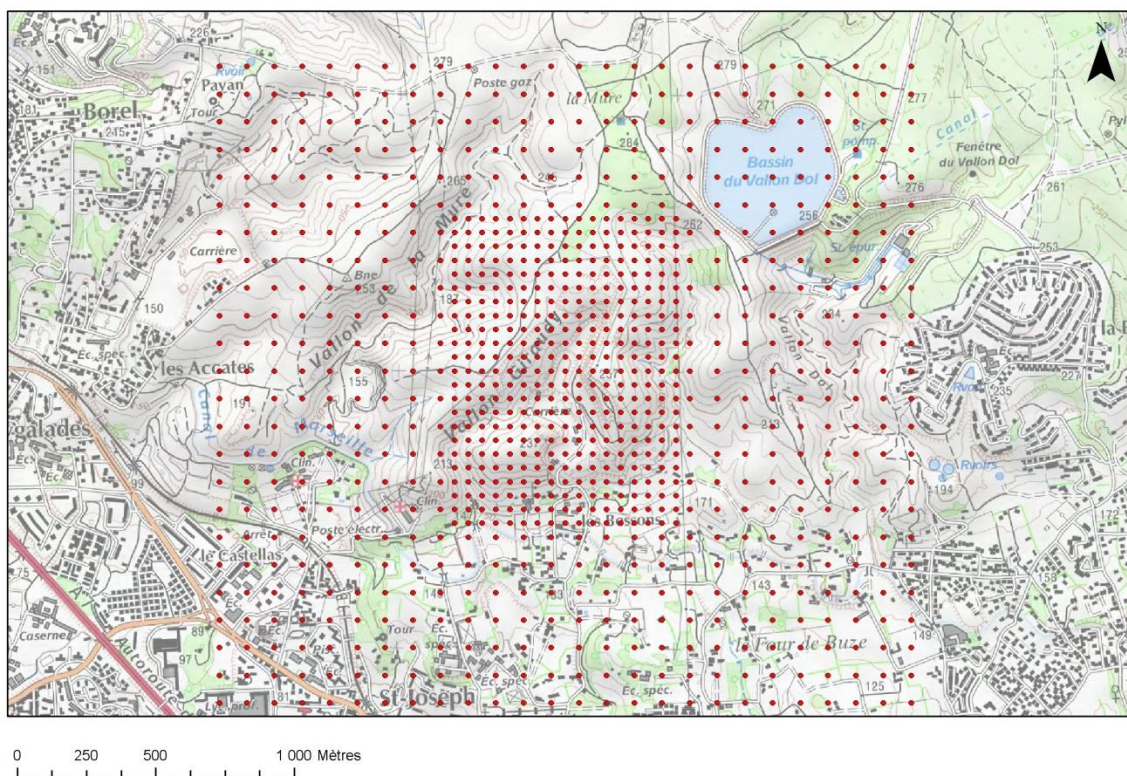


Figure 12 : Carrière de St Marthe à Marseille : résolution variable de 50 à 100m, 2,5km\*2,5km.





Figure 13 : Carrière de St Marthe à Marseille : résolution variable de 50 à 100m, 2,5km\*2,5km, occupation du sol.

Tableau 7 : Paramètres d'ADMS, carrière Bronzo-Perasso de St Marthe à Marseille.

Phénomène physique	Pris en compte par le modèle dans l'étude	Commentaires
Météorologie locale	oui	Données horaires mesurées à la station Météo France de Marignane. La station météo locale située à proximité du site de fond PRSE2 n'était pas fiable. Paramètres : année, jour, heure, vitesse du vent (m/s), direction du vent(°), température (degré C), précipitations (mm), couverture nuageuse (octas)
Description verticale de la turbulence atmosphérique	oui	Analyse d'échelle de Monin-Obukhov (30m)
Cycle diurne du développement de la couche de mélange	oui	Les données météorologiques ne sont pas traitées de façon indépendante mais en considérant toujours les 24h précédentes
Traitement spécifique des conditions météorologiques convectives (rabattement des panaches près du sol)	oui	Trajectoires gaussiennes « obliques » en situation convectives
Nature de sols rencontrés	oui	Hauteur de rugosité adapté sur le domaine d'étude (surface roughness : 0.7m sur le site de dispersion) (surface albedo : 0.23)
Pollution de fond	oui	Utilisation des mesures de la station de 5Avenue d'Air PACA à Marseille
Effet de la topographie (relief) sur la dispersion des panaches	oui	Le modèle de dispersion est couplé au modèle découlement fluide FLOWSTAR qui recalcule les champs de vent et de turbulence en 3D sur tout le domaine
Nature particulière des poussières	oui	Prise en compte du dépôt sec (chute de gravité) et humide (lessivage par les précipitations)
Variabilité temporelle des émissions	non	Pas de profil horaire disponible
Source volumique	oui	Surface de la carrière * 5m (H)



## 5.1 Configuration du modèle ADMS : Carrière GSM à Salon

Dans le cas de la carrière GSM, l'encaissement du site est très faible, la quasi absence de relief n'impose pas un maillage à géométrie variable. Une grille régulière de 5km\*5km centrée sur la carrière avec une résolution de 40m a été configurée (Figure 14).

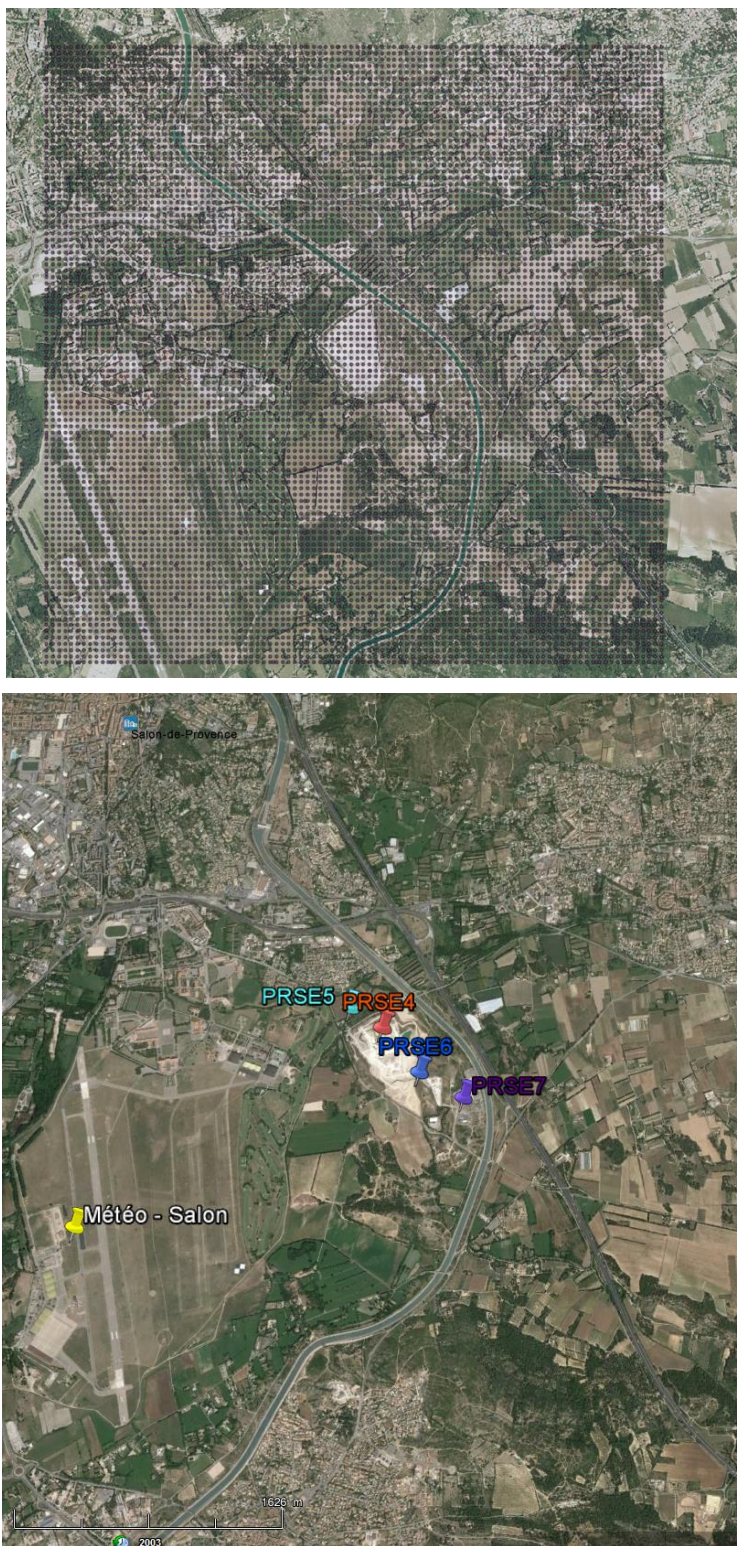


Figure 14 : Carrière GSM à Salon de Provence : résolution de 40m, 5km\*5km, occupation du sol.

Tableau 8 : Paramètres d'ADMS, carrière GSM à Salon de Provence.

Phénomène physique	Pris en compte par le modèle dans l'étude	Commentaires
Météorologie locale	oui	Données horaires mesurées à la station Météo France de Salon. La station météo locale est située à proximité immédiate sur la base militaire de Salon. Paramètres : année, jour, heure, vitesse du vent (m/s), direction du vent(°), température (degré C), précipitations (mm), couverture nuageuse (octas)
Description verticale de la turbulence atmosphérique	oui	Analyse d'échelle de Monin-Obukhov (30m)
Cycle diurne du développement de la couche de mélange	oui	Les données météorologiques ne sont pas traitées de façon indépendante mais en considérant toujours les 24h précédentes
Traitement spécifique des conditions météorologiques convectives (rabattement des panaches près du sol)	oui	Trajectoires gaussiennes « obliques » en situation convectives
Nature de sols rencontrés	oui	Hauteur de rugosité adapté sur le domaine d'étude (surface roughness : 0.5m sur le site de dispersion) ( surface albedo : 0.23 )
Pollution de fond	oui	Utilisation des mesures de la station de Salon de Provence d'Air PACA
Effet de la topographie (relief) sur la dispersion des panaches	oui	Le modèle de dispersion est couplé au modèle découlement fluide FLOWSTAR qui recalcule les champs de vent et de turbulence en 3D sur tout le domaine
Nature particulière des poussières	oui	Prise en compte du dépôt sec (chute de gravité) et humide (lessivage par les précipitations)
Variabilité temporelle des émissions	non	Pas de profil horaire disponible
Source volumique	oui	Surface de la carrière * 5m (H)

## 5.2 Inventaire des émissions

Un inventaire des émissions est communément considéré comme une « description qualitative et quantitative des rejets de certaines substances dans l'atmosphère issues de sources anthropiques et/ou naturelles ».

La réalisation d'un inventaire des émissions consiste en un calcul théorique des flux de polluants émis dans l'atmosphère (masses de composés par unité de temps). Ce calcul est généralement réalisé par un croisement entre les données d'activités dites primaires (statistiques, comptages routiers, enquêtes, consommations énergétiques ...) et des facteurs émissions issus d'expériences métrologiques ou de modélisation :

$$E_{s,a,t} = A_{a,t} * F_{s,a}$$

Avec :

- **E** : **émission** relative de la substance « s » et à l'activité « a » pendant un temps « t »
- **A** : **quantité** d'activité relative à l'activité « a » pendant un temps « t »
- **F** : **facteur** d'émission relatif à la substance « s » et à l'activité « a »

Les données d'activité sont actuellement réparties en 5 grandes thématiques :

- Transport : routier, ferroviaire, aérien et fluvial
- Industrie : grandes sources ponctuelles, industrie manufacturière ...
- Résidentiel : chauffage, brûlage des déchets verts, ...
- Tertiaire : chauffage, eau chaude sanitaire, ...
- Agriculture : cultures, engins agricoles, ...

L'inventaire des émissions d'Air PACA s'appuie sur le référentiel français OMINEA<sup>4</sup> développé par le CITEPA<sup>5</sup>. Un guide méthodologique détaillant les données d'entrée utilisées pour les Inventaires Régionaux Spatialisés est paru en novembre 2012. Ce guide est la résultante du Pôle national de Coordination des Inventaires Territoriaux (PCIT) animé par le CITEPA, l'INERIS<sup>6</sup> et la fédération nationale des associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (ATMO France). La dernière version de l'inventaire d'Air PACA 2013 intègre en grande partie ces préconisations. (DGEC, 2012) (Air PACA, 2013) (Air RA, 2015).

## 5.3 Emissions particulières issues des carrières : 3 scénarios paramétrés

Les industries extractives telles que les carrières sont génératrices de poussières. Toute opération de fragmentation et de réduction granulométrique entraîne une production d'éléments fins. Toutefois, de nombreuses solutions de dépoussiérages sont proposées pour réduire les émissions de poussières et plus particulièrement pour limiter les effets sur la santé du personnel.

Ces émissions sont émises durant les trois phases suivantes :

- Fragmentation : forage, abattage, concassage, broyage
- Séparation : criblage, stockage,
- Transport : roulage, manutention, expédition.

Les systèmes de dépoussiérage dépendent du poste (aspiration, filtration, pulvérisation mouillante, etc. ...)

Les données de production des produits de carrières sont fournies dans les rapports annuels de l'UNICEM.

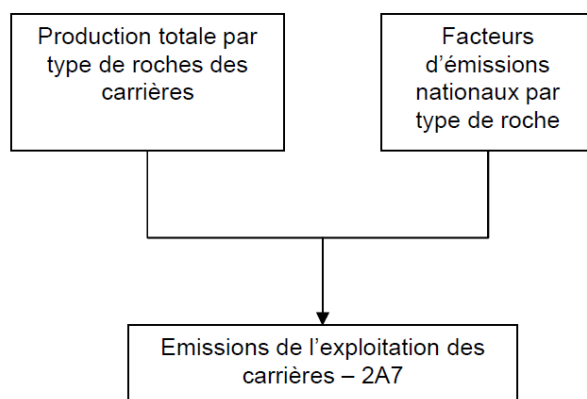
D'après l'UNICEM, l'ensemble de la production de matériaux de construction et produits de carrières est émettrice de poussière.

---

<sup>4</sup> OMINEA : *Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques.*

<sup>5</sup> CITEPA : *Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique.*

<sup>6</sup> INERIS : *Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques.*



Un travail bibliographique a été réalisé sur la comparaison des émissions carrières issues des guides OMINEA du CITEPA avec le calcul des émissions des carrières issues de l'EPA (CITEPA, 2010 ; CITEPA 2014 ; Air PACA, 2011).

Après réflexion et après recensement des données disponibles pour notre étude, il a été décidé que **trois scénarios d'émissions seraient testés pour chacune des deux carrières de Marseille et de Salon** :

### 5.3.1 Scénario 1 : Emissions CITEPA 2010 (FE 2010 : guide OMINEA 2010)

Dans le guide OMINEA 2010, les émissions de TSP (particules totales en suspension) sont estimées au moyen d'un facteur d'émissions de 160 g de TSP par tonne de granulats fourni par les exploitants.

Dans le guide OMINEA 2010, les émissions de PM10 et PM2.5 sont estimées au moyen de facteurs d'émissions tirés de l'étude ASPA. La granulométrie est alors indiquée dans le tableau ci-dessous

Tableau 9 : granulométrie des émissions particulaires de carrières : OMINEA 2010.

tranche granulométrique	% répartition des PM
PM <sub>10</sub>	64
PM <sub>2.5</sub>	45
PM <sub>1.0</sub>	(nd)

(nd) : non disponible

Facteurs d'émissions des particules testés dans le cadre de cette étude :

- Particules totales : TSP = 160 g/t
- Particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm : PM10 = TSP x 0.64
- Particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm : PM2.5 = TSP x 0.45

### 5.3.2 Scénario 2 : Emissions CITEPA 2014 (FE 2014 : guide OMINEA 2014)

Dans le guide OMINEA 2014, les émissions de TSP sont estimées pour les carrières de roches massives, pour les carrières de roches meubles et pour les produits issus du recyclage. Les facteurs d'émission indiqués dans le tableau suivant tiennent compte de l'évolution des systèmes de dépoussiérage mis en place (en supposant qu'aucun n'existait en 1990). Ces facteurs d'émissions moyens ne sont pas représentatifs des conditions locales.



Tableau 10 : Guide OMINEA 2014.

	Type de roche	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012
g TSP / t roche	Roches massives	242	226	210	194	179	179	179
	Roches meubles	17	15	14	13	11	11	11
	Recyclage	46	45	45	44	44	44	44

Dans le guide OMINEA 2014, les émissions de PM10 et PM2.5 sont estimées au moyen de facteurs d'émissions développés à l'aide de la même méthodologie (EPA, 1995). La granulométrie est indiquée dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Source CITEPA : Guide OMINEA 2014.

	tranche granulométrique	% répartition des PM
Roches massives	PM <sub>10</sub>	31
	PM <sub>2.5</sub>	4
	PM <sub>1.0</sub>	(nd)
Roches meubles	PM <sub>10</sub>	29
	PM <sub>2.5</sub>	3
	PM <sub>1.0</sub>	(nd)
Recyclage	PM <sub>10</sub>	37
	PM <sub>2.5</sub>	5
	PM <sub>1.0</sub>	(nd)

(nd) : non disponible

Facteurs d'émissions des particules testés dans le cadre de cette étude :

- TSP = 179 g/t
- PM10 = TSP x 0.31
- PM2.5 = TSP x 0.04

### 5.3.3 Scenario 3 : Emissions AP42 (FE AP42)

La méthodologie AP42 est basée sur la prise en compte d'émissions de particules générées par les différentes activités d'une carrière ; elle est appliquée en région PACA et a été conçu pour répondre aux exigences de l'article 2.2 de l'arrêté préfectoral complémentaire prescrit à l'ensemble des exploitants de carrières des Bouches-du-Rhône en mars 2012.

- L'exploitant doit réaliser pour une année d'activité une évaluation du flux de poussières totales en suspension (TSP) et une évaluation du flux de particules dont le diamètre est inférieur à 10 microns (PM10).
- L'évaluation des émissions de poussières totales en suspension (TSP) et des PM10 se base sur les facteurs d'émission définis dans le document AP42, 5ème édition Volume 1 de la base de données AP42, définie par l'Agence de l'Environnement Américaine (US-EPA).
- L'évaluation demandée se limite à l'évaluation des émissions dues à la circulation des véhicules sur les pistes, à l'érosion éolienne et à la manipulation des stocks.
- Les facteurs d'émission utilisés pour cette évaluation sont ceux définis dans le chapitre 13, sections 13.2.1 (Trafic sur routes revêtues), 13.2.2 (Trafic sur routes non revêtues), 13.2.4 (Stockage et Manipulation) et 13.2.5 (Erosion éolienne) du document AP-42, 5ème édition, Volume 1.

Un exemple complet d'application de la méthodologie est présenté en ANNEXES (Annexes 1 à 6) pour la carrière de St Marthe à Marseille. L'évaluation globale tient compte des facteurs d'émissions et des émissions annuelles pour les TSP et les PM10 en intégrant les différentes activités :

- Informations générales (tonnage produit, nombre de jours de pluie, véhicules, kilométrages parcourus),
- Pistes non revêtues,

- Pistes non revêtues corrigé avec les précipitations,
- Pistes non revêtues avec abatage,
- Pistes revêtues,
- Pistes revêtues corrigé avec les précipitations,
- Pistes revêtues avec abatage,
- Stockage et manipulation,
- Erosion éolienne,
- Erosion éolienne avec abatage.

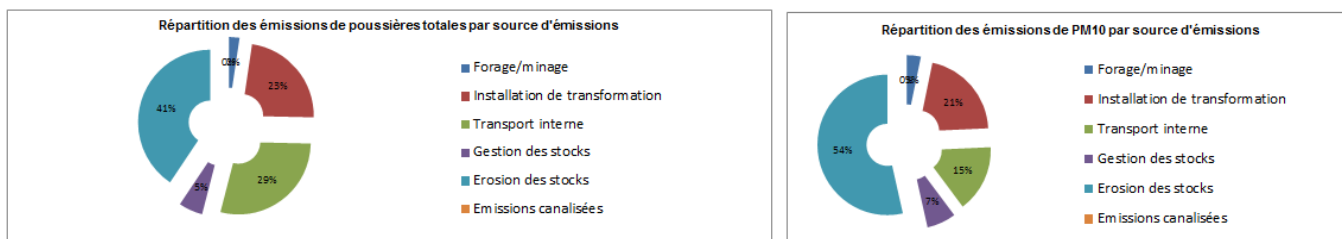


Figure 15 : Exemple de répartition des émissions de PM10 par source d'émissions (Carrière de Salon GSM : 2013)

### 5.3.4 Synthèse des paramètres de simulation : calcul des émissions

Tableau 12 : Paramètres de simulation Carrière de Salon de Provence et émissions PM10 et PM2.5.

Paramètres Simulation Carrière Salon			
<b>Type de source volumique</b>	Hauteur	5	m
	Surface	152 834.10	m <sup>2</sup>
	Volume	764170.5	m <sup>3</sup>
<b>Quantité extraite</b>	Q (2010)	409718	ton/an
<b>Facteur émissions</b>	FE2010	102	g/ton
	FE2014	55	g/ton
<b>Emissions PM10</b>	E (FE2010)	41 955	kg/an
	E (FE2014)	22 735	kg/an
	E(Feunicem)	16 099	kg/an
<b>Emissions pour ADMS</b>	E-upl (FE2010)	1.73977E-06	g/m <sup>3</sup> /sec
	E-upl (FE2014)	9.4277E-07	g/m <sup>3</sup> /sec
	E-upl (FE2014)	6.67582E-07	g/m <sup>3</sup> /sec
<b>Facteur émissions</b>	PM2.5		
	FE2010	72.0	g/ton
<b>Emissions PM2.5</b>	FE2014	7.2	g/ton
	E (FE2010)	29500	kg/an
	E (FE2014)	2934	kg/an
<b>Emissions pour ADMS</b>	E(Feunicem)	0	kg/an
	E-upl (FE2010)	1.22327E-06	g/m <sup>3</sup> /sec
	E-upl (FE2014)	1.21648E-07	g/m <sup>3</sup> /sec
	E-upl(Feunicem)	0	g/m <sup>3</sup> /sec

Tableau 13 : Paramètres de simulation Carrière de St Marthe à Marseille.

<b>Paramètres Simulation Carrière Ste Marthe</b>			
<b>Type de source volumique</b>	Hauteur	5	m
	SurfaceTOT	269473	m2
	VolumeTOT	1347365	m3
<b>Quantité extraite</b>	Q (2012)	394798	ton/an
<b>PM10</b>			
<b>Facteur émissions</b>	FE2010	102	g/ton
	FE2014	55	g/ton
<b>Emissions PM10</b>	Etot (FE2010)	40427	kg/an
	Estot (FE2014)	21907	kg/an
	Estot (FEunicem)	21805	kg/an
<b>Emissions pour ADMS</b>	Es1-upl (FE2010)	9.5079E-07	g/m3/sec
	Es1-upl (FE2014)	5.1523E-07	g/m3/sec
	Es1-upl (FEunicem)	5.1282E-07	g/m3/sec
<b>PM2.5</b>			
<b>Facteur émissions</b>	FE2010	72	g/ton
	FE2014	7	g/ton
<b>Emissions PM2.5</b>	Etot (FE2010)	28425	kg/an
	Estot (FE2014)	2827	kg/an
	Estot (FEunicem)		kg/an
<b>Emissions pour ADMS</b>	Es1-upl (FE2010)	6.6853E-07	g/m3/sec
	Es1-upl (FE2014)	6.6481E-08	g/m3/sec
	Es1-upl (FEunicem)	0	g/m3/sec

Pour le scénario AP42 (FE Unicem) seules les émissions de PM10 ont été estimées. Les facteurs d'émissions pour les PM2.5 n'étant pas accessibles, les émissions de PM2.5 n'ont pu être calculées ni modélisées.

Pour le scénario OMINEA 2010, le ratio (Emissions PM2.5/Emissions PM10) est de 0.70 pour les deux carrières. Pour le scénario OMINEA 2014, le ratio (Emissions PM2.5/Emissions PM10) est de 0.13 pour les deux carrières.

## 6 Résultats : modélisation et cartographies

### 6.1 Choix de la Pollution de fond

#### 6.1.1 Salon

Le site PRSE5 a été positionné volontairement en amont de la carrière par rapport au vent dominant provenant du nord : le Mistral. Le site PRSE5 est donc au nord-ouest de la carrière mais malheureusement trop près de la carrière elle-même (200 m). La station de fond urbaine de Salon est située à 2850m au nord de la Carrière. La Figure 16 présente une intercomparaison des concentrations en PM10 provenant de la station de fond de Salon et celles enregistrées par PRSE5. Ce dernier est clairement impacté par l'activité de la carrière pendant la semaine et jamais les samedis et dimanches, lorsque la carrière est arrêtée (jours 6 et 7). Le site PRSE5 n'a donc pas été sélectionné comme station de fond pour la modélisation avec ADMS. Celle de Salon a été retenue.

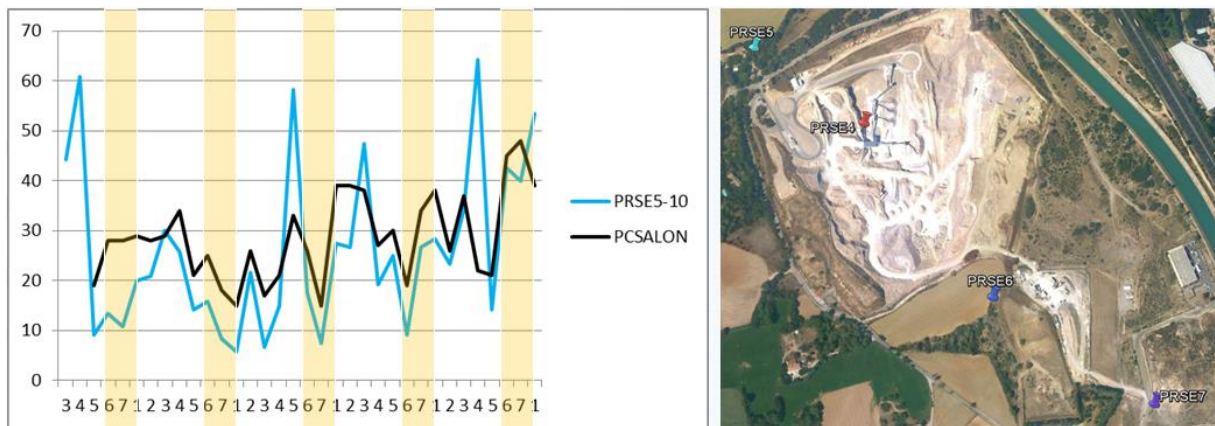


Figure 16 : Choix de la pollution de fond pour la carrière de Salon.

#### 6.1.1 Marseille

Le site PRSE2 a été positionné volontairement à 850m à l'est de la carrière Bronzo-Perasso dans une zone dégagée et non influencée par la carrière par vent de nord ou d'est.

La Figure 17 présente une intercomparaison des concentrations en PM10 provenant de la station de fond de Marseille 5 avenues et celles enregistrées par les sites PRSE2 fond (courbe bleue). Ce dernier semble clairement non influencé par les activités de la carrière, il a été retenu pour la modélisation des campagnes de juin et novembre 2012 avec ADMS.

A noter cependant que pour les modélisations en moyenne annuelle, la station de Marseille 5 avenues a été retenue puisque le site PRSE2 n'a pas été maintenu pendant une année entière.

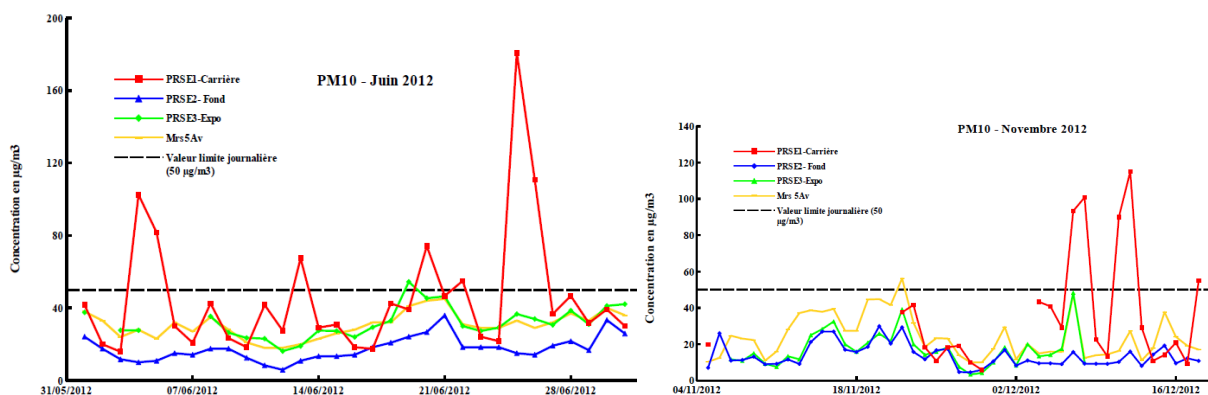


Figure 17 : Choix de la pollution de fond pour la carrière de Marseille St Marthe.



## 6.2 Salon : cartographies PM10 & PM2.5, 2013

Les Figure 19, Figure 20 présentent les cartographies des concentrations modélisées en PM10 pour l'année 2013 respectivement en moyenne annuelle et percentile 90.4. Rappelons les valeurs limites :

- $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la moyenne annuelle PM10.
- $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le percentile 90.4 des valeurs journalières PM10. (36<sup>ème</sup> jour le plus élevé). Le nombre de jour où la valeur journalière de PM10 est supérieure à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ne doit pas être dépassé plus de 35 jours.

Une isoligne grise symbolise ces valeurs limites.

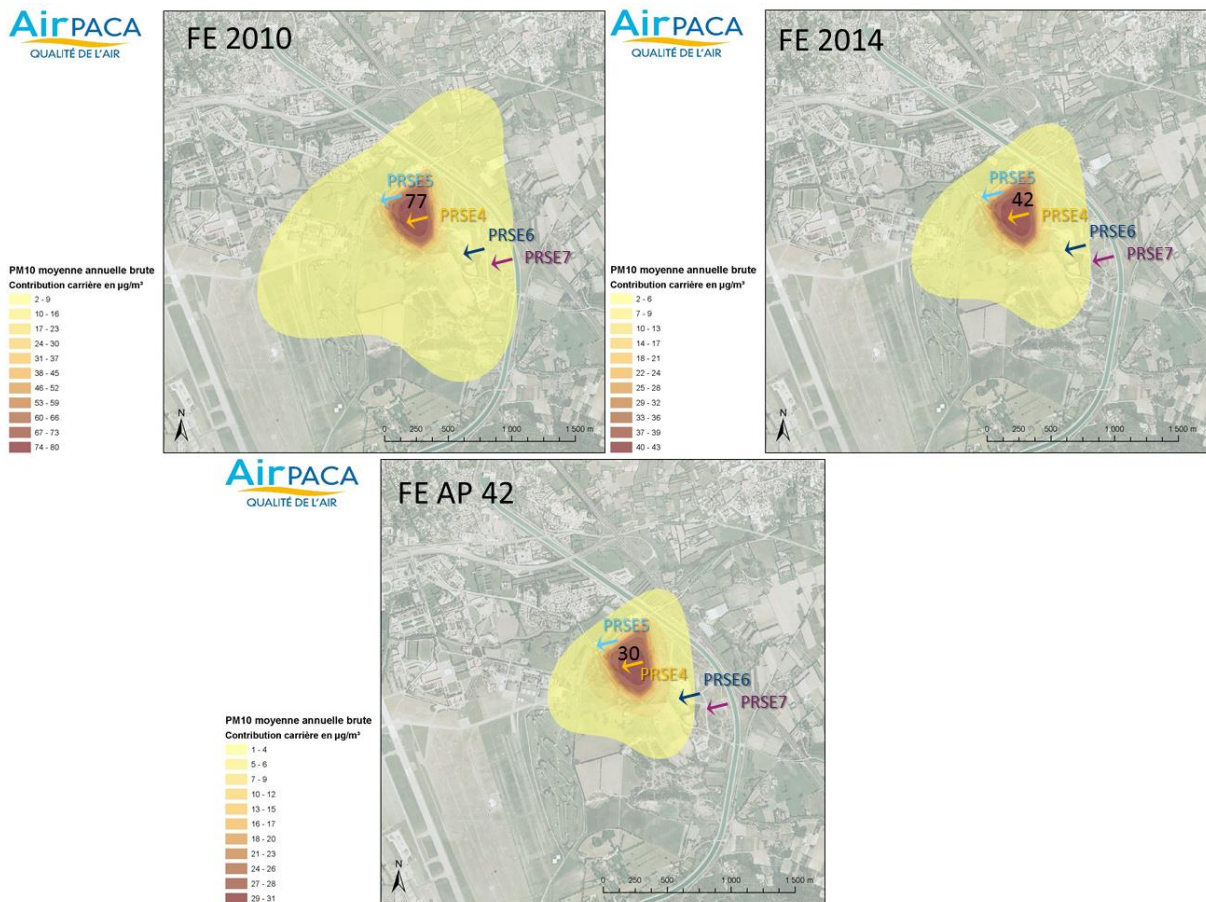


Figure 18 : Salon : cartographies moyenne annuelle 2013 PM10. Sans valeur de fond.

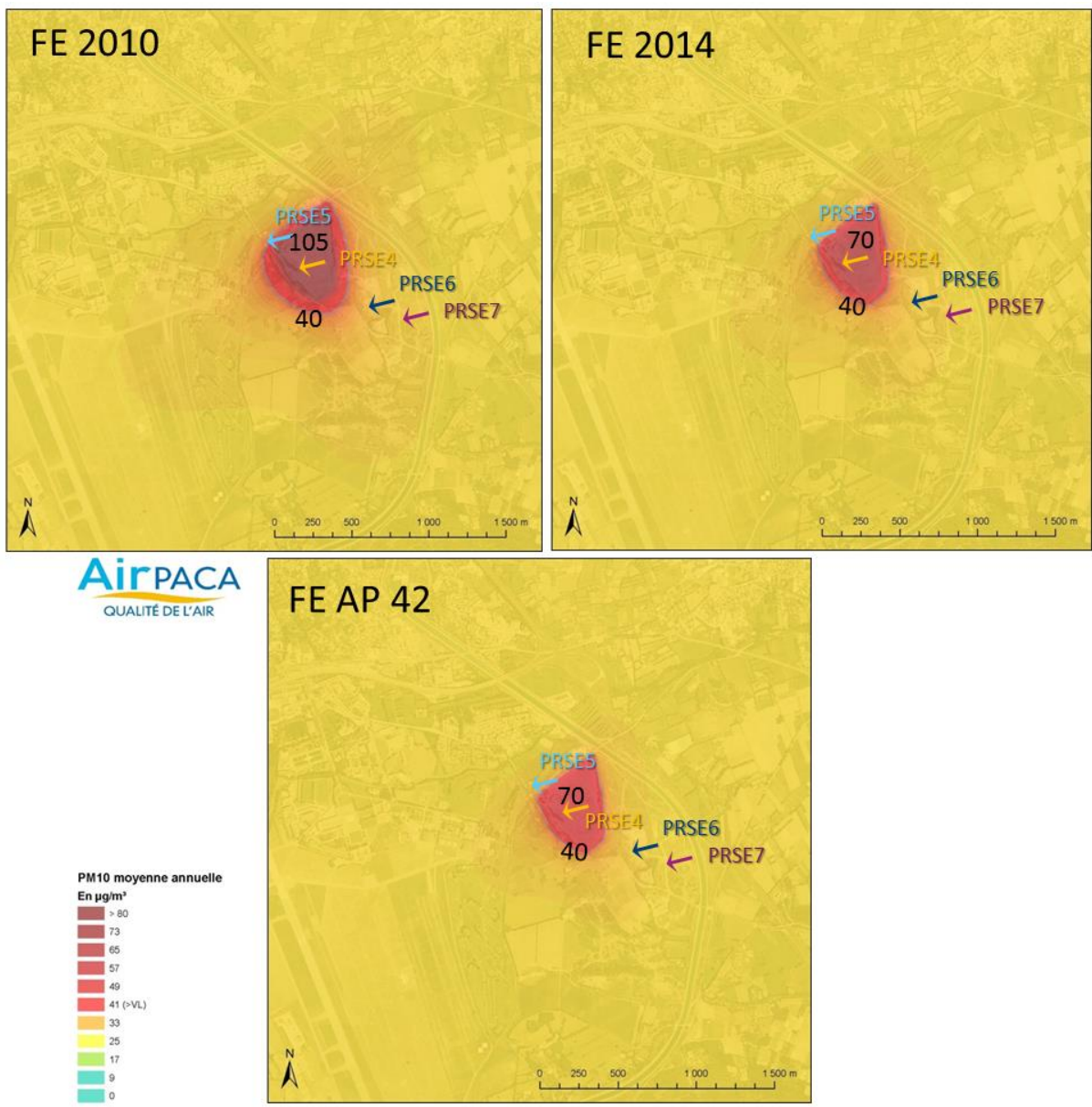


Figure 19 : Salon : cartographies moyenne annuelle 2013 PM10. Avec valeur de fond Salon ( $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

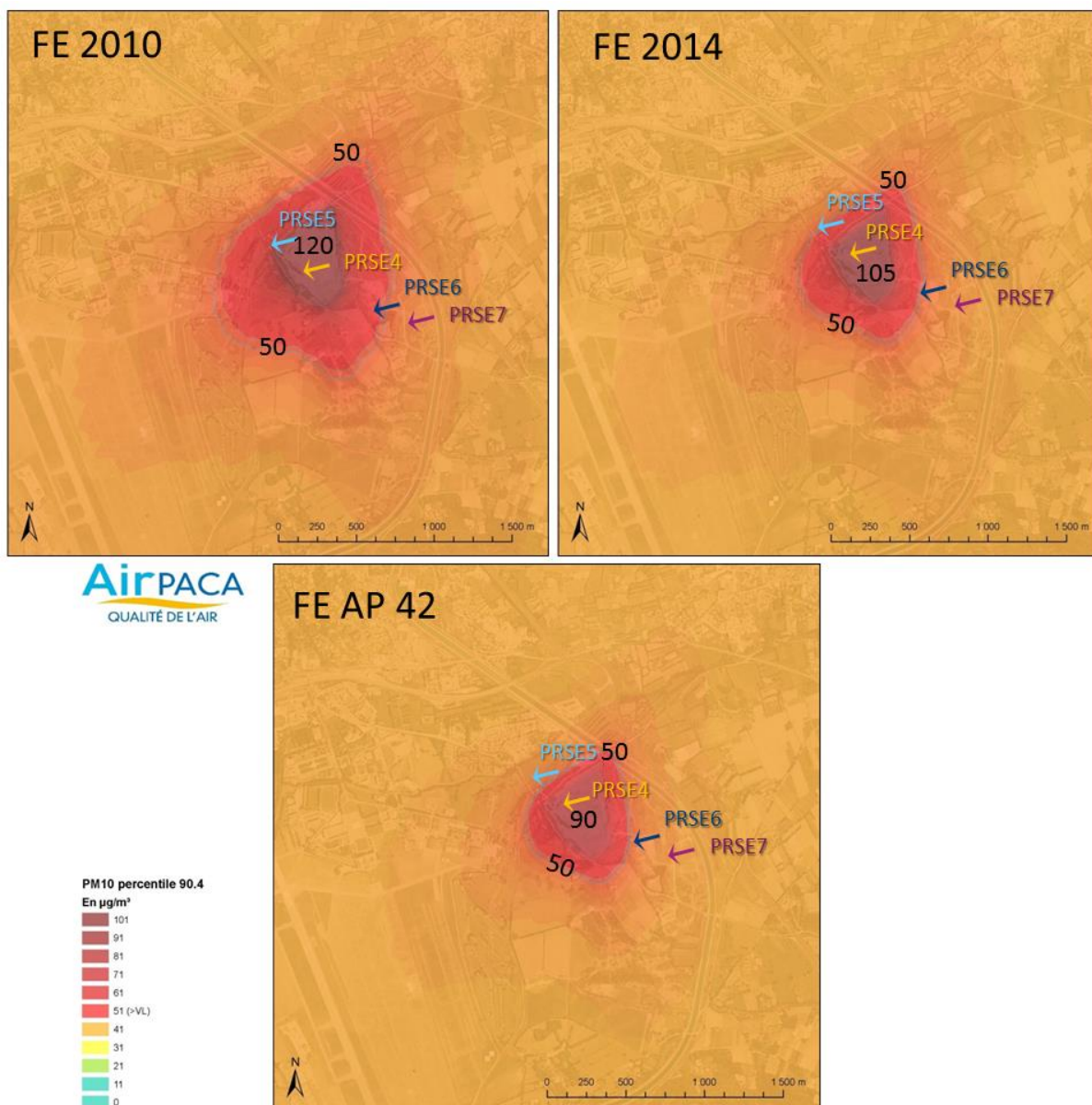


Figure 20 : Salon : cartographies percentile 90.4 2013 PM10. Avec valeur de fond Salon ( $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**En moyenne annuelle**, les valeurs limites sont atteintes voire dépassées au centre de la carrière (site PRSE4). Ce n'est pas le cas pour les autres sites quel que soit le scénario d'émissions FE2010, FE 2014 ou AP42

**Pour le percentile 90.4**, les valeurs limites sont atteintes voire dépassées pour les sites PRSE4, PRSE5 et PRSE6 avec les émissions FE2010, FE2014. Seul le site PRSE4, au centre de la carrière est concerné par le dépassement de la valeur limite ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans le cas du scénario AP42.



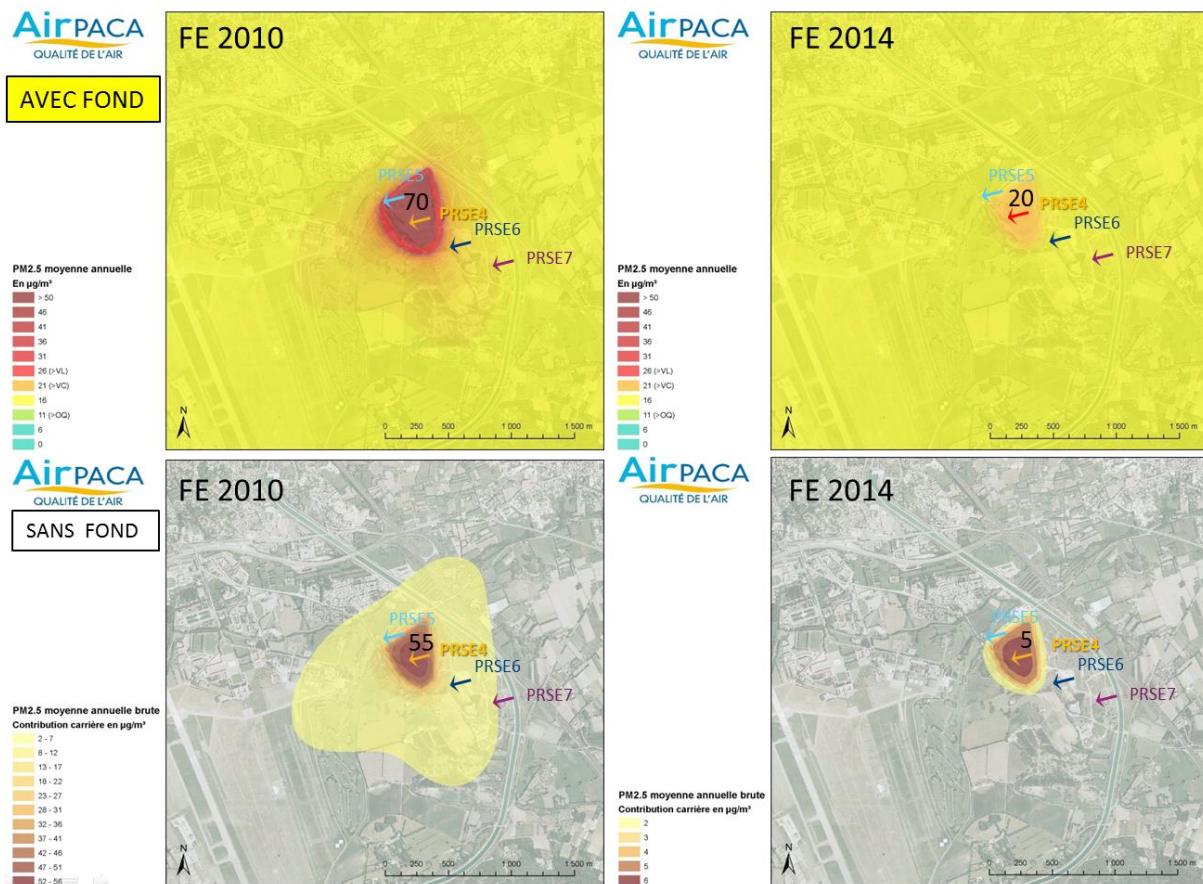


Figure 21 : Salon : cartographies moyenne annuelle 2013 PM2.5. Avec et sans valeur de fond Salon ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La Figure 21 présente les cartographies modélisées en PM2.5 avec et sans la pollution de fond de la station urbaine de Salon de Provence.

**Pour le scénario FE2010, les concentrations en PM2.5** enregistrent un dépassement de la valeur cible ( $>20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle) au centre de la carrière et en légère périphérie. Le site PRSE4 enregistre  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  modélisées avec la valeur de fond de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dont  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sont dus à la carrière elle-même (sans fond). Les autres sites PRSE5, 6 et 7 enregistrent des concentrations simulées inférieures à la valeur cible.

**Pour le scénario FE2014, les concentrations en PM2.5** sont inférieures ou égales à la valeur cible, puisque au centre de la carrière, les concentrations modélisées sont de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  avec la valeur de fond de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dont  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sont dus à la carrière elle-même (sans fond).

Les ratios PM2.5/PM10 modélisés au centre de la carrière sont de 0.71 (55/77) pour le scénario FE2010 et 0.11 (5/42) pour le scénario FE2014. Au regard du ratio obtenu avec les observations 0.17 (16/94) les facteurs d'émissions OMINEA 2014 semblent plus réalistes mais ne permettent pas de reproduire les concentrations observées en proximité de la carrière.



### 6.3 Marseille St. Marthe : cartographies PM10 & PM2.5, 2012

La Figure 22 présente les cartographies des concentrations modélisées en PM10 pour l'année 2012 en moyenne annuelle et sans valeur de fond. Sans surprise, compte tenu des facteurs d'émissions décrits au Tableau 13, les concentrations les plus élevées au centre de la carrière sont obtenues avec les émissions OMINEA 2010 (FE2010).

Au centre de la carrière, les concentrations brutes maximales en moyenne annuelle de PM10 pour l'année 2012 varient de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (FE2010) à  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (FE2014) puis  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le scénario AP42. Ces cartographies sont obtenues en ne considérant que les émissions de la carrière et aucune autre.

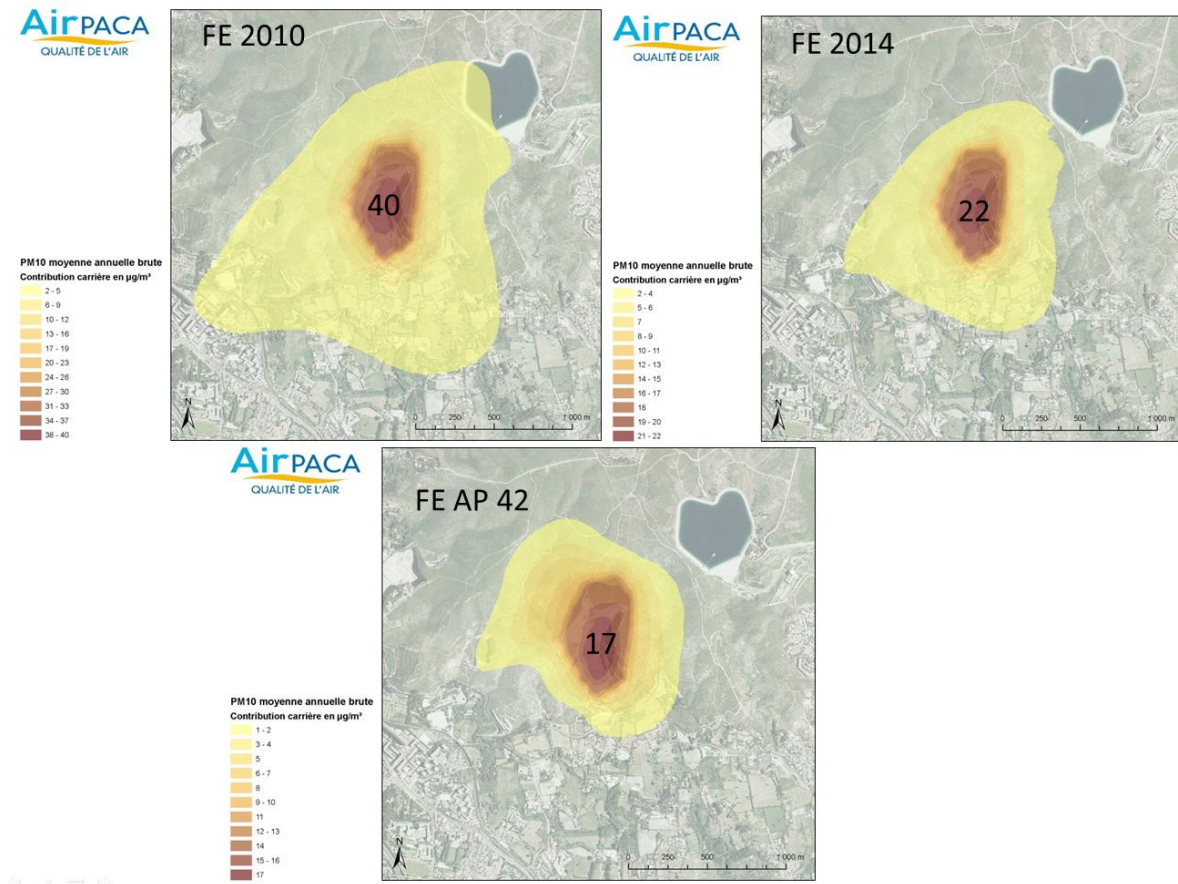


Figure 22 : Marseille St. Marthe : cartographies moyenne annuelle 2012 PM10. Sans valeur de fond.

La Figure 23 présente les mêmes concentrations moyennes de PM10 mais avec la valeur de fond de  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  issues de la station de Marseille 5 avenues pour l'année 2012. La valeur limite de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est dépassée au centre de la carrière pour l'ensemble des 3 scénarios. Les concentrations simulées à l'extérieur des limites de la carrière Bronso-Perasso, dans un bandeau de 300 m, sont en deçà de la valeur limite.

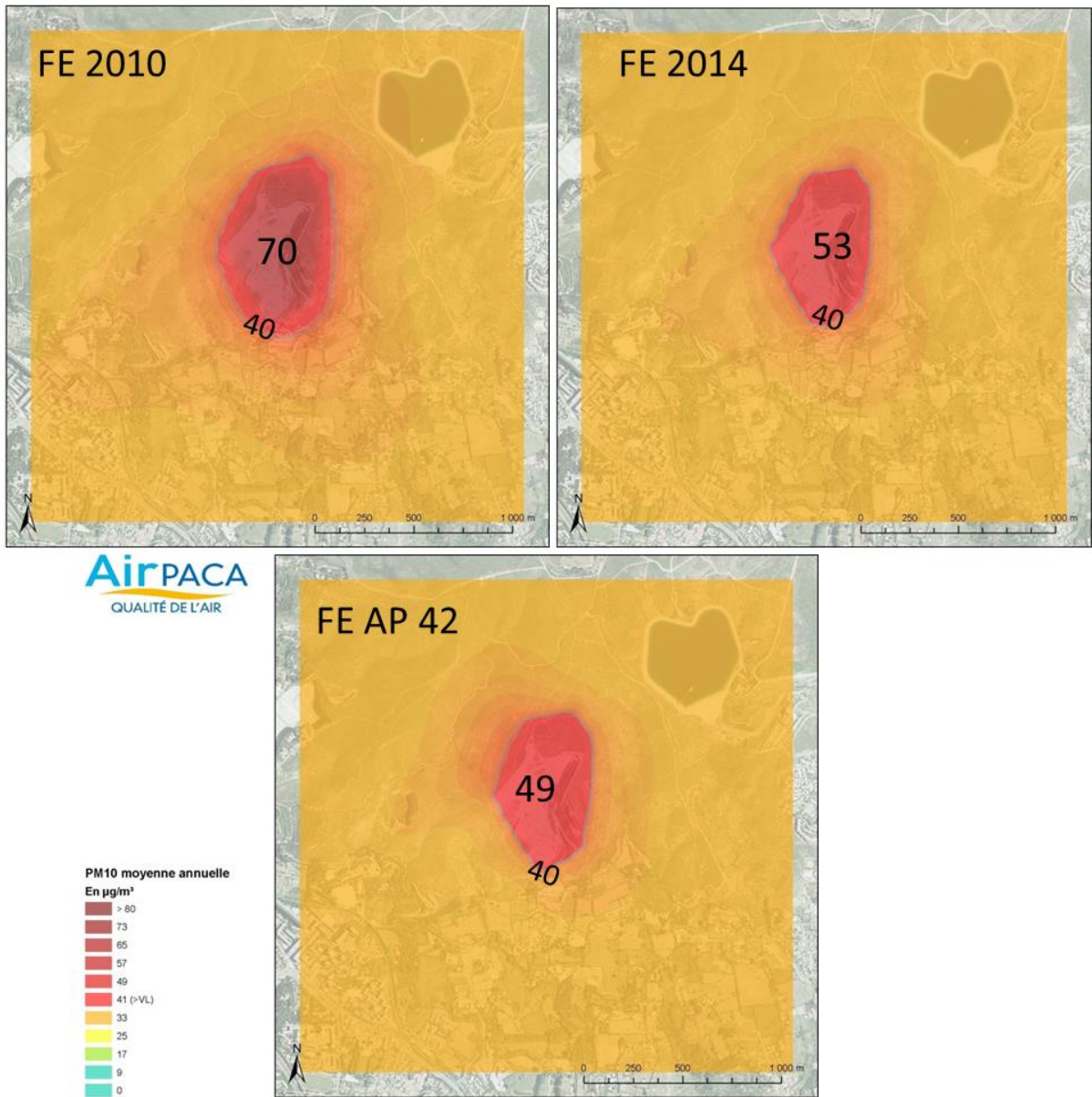


Figure 23 : Marseille St. Marthe : cartographies moyenne annuelle 2012 PM10. Avec valeur de fond 5 avenues ( $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



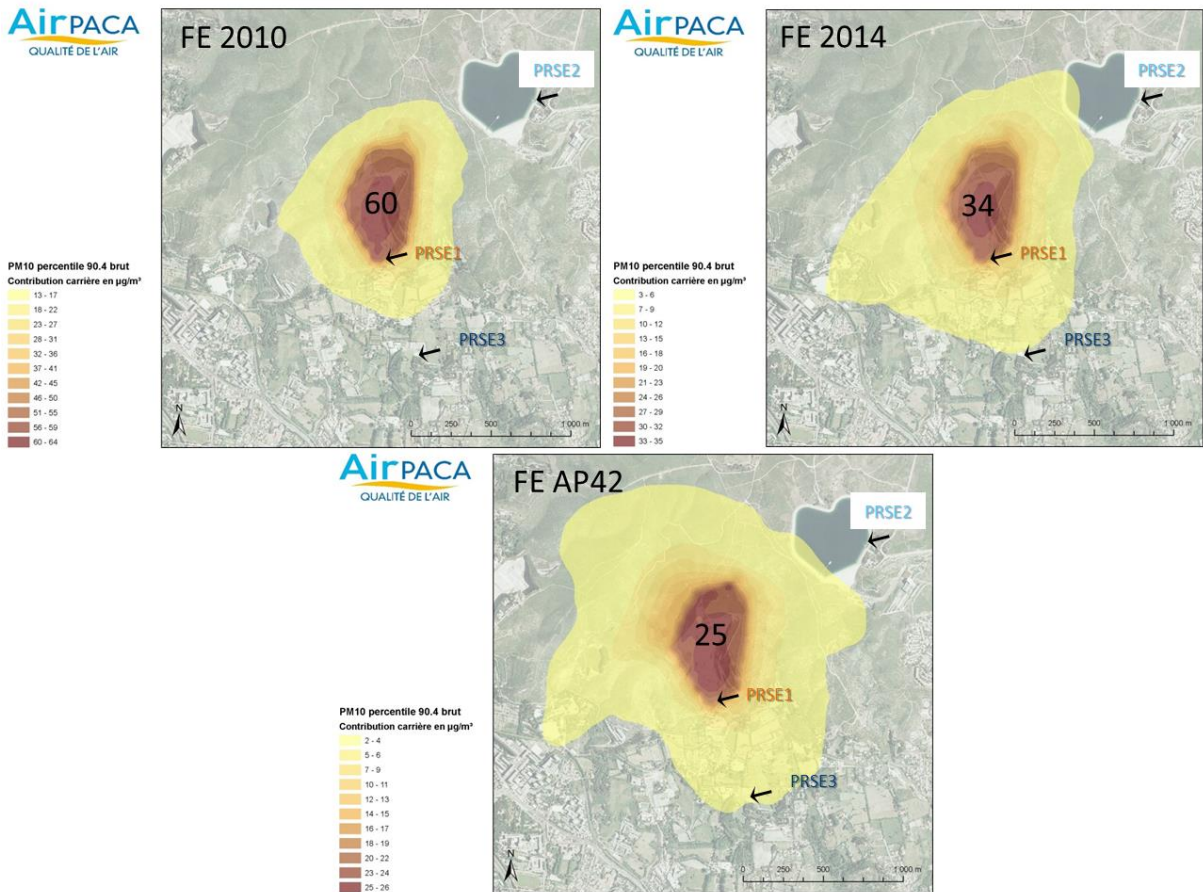


Figure 24 : Marseille St. Marthe : cartographies P90.4 PM10. Année 2012. Sans valeur de fond.

La Figure 24 présente les cartographies du P90.4 pour les PM10 sans valeur de fond. Seule la simulation avec les FE2010 calcule des concentrations, au centre de la carrière, supérieures à la valeur limite de  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Rappelons que si l'on ajoute la pollution de fond en P90.4 pour les PM10, issue de la station de Marseille 5 avenues pour l'année 2012 ;  $49\mu\text{g}/\text{m}^3$  s'additionnent aux concentrations de la Figure 24. La valeur limite en P90.4 pour les PM10 est alors dépassée assurément au centre de la carrière pour les trois scenarios.

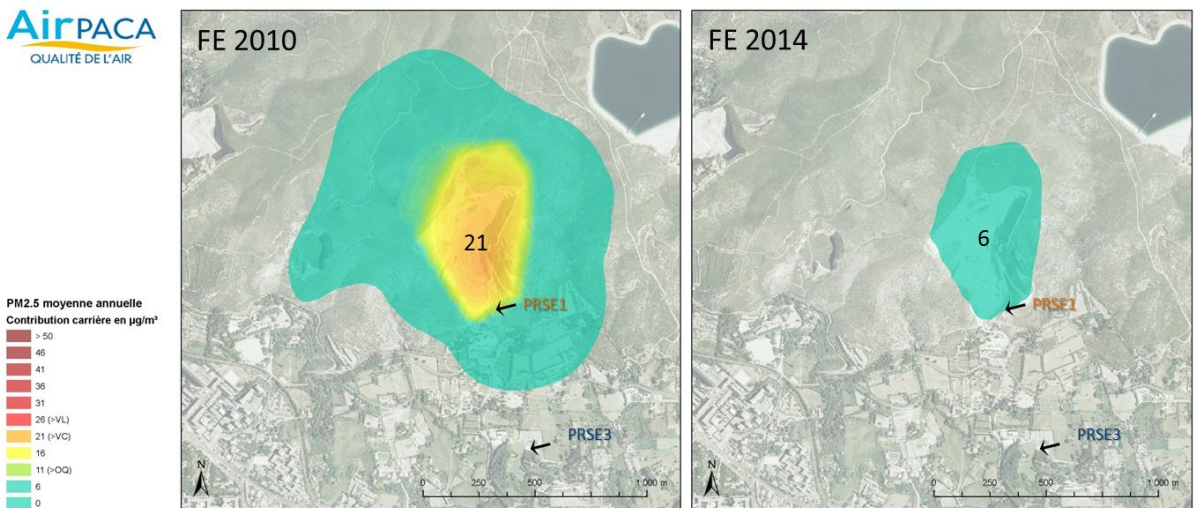


Figure 25 : Marthe St. Marthe : cartographies moyenne annuelle 2012 PM2.5. Sans valeur de fond.

La Figure 25 présente les concentrations en moyenne annuelle de PM2.5 modélisées avec les facteurs d'émissions 2010 et 2014. Ces concentrations sont calculées sans valeur de fond. La simulation effectuée avec

le facteur d'émissions OMINEA 2010 présente des concentrations maximales de  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ces concentrations sont légèrement supérieures à la valeur cible européenne de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  au centre de la carrière. Ces concentrations restent inférieures à la valeur limite française pour la protection de la santé en moyenne annuelle de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Rappelons que la valeur de fond à Marseille pour l'année 2012 est de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans la station de Marseille 5 avenues. Cela implique, au centre de la carrière, des concentrations modélisées en moyenne annuelle avec fond de  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (FE2010) et  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  avec les FE2014. Dans les deux cas la valeur cible de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est dépassée. Seules les simulations avec les FE2010 présentent des concentrations dépassant la valeur limite de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les ratios PM2.5/PM10 modélisés au centre de la carrière sont de 0.52 (21/40) pour le scénario FE2010 et 0.17 (6/34) pour le scénario FE2014. Au regard du ratio obtenu avec les observations 0.22 (9/40) les facteurs d'émissions OMINEA 2014 semblent plus réalistes mais ne permettent pas de reproduire les concentrations observées en proximité de la carrière.

## 6.1 Intercomparaison simulations versus observations

Afin de tester les capacités du modèle, les concentrations simulées ont été comparées aux observations des campagnes été/hiver pour les carrières de Salon et de Marseille St Marthe.

Les trois hypothèses de calcul des trois scénarios d'émissions FE2010, FE2014 et FE AP42 ont été testées. Les simulations ont été réalisées au pas de temps horaire (données météo et concentrations de la station de fond). Les émissions, elles, ne varient pas dans le temps, elles sont fixes. Les émissions FE AP42 sont calculées sur une base annuelle bien qu'elles tiennent compte du nombre de jours de pluie et de la force maximale du vent chaque jour (9.5-Annexe 5). Nous n'avons pas eu accès à un quelconque profil horaire ou journalier des émissions.

Les résultats sont donc étudiés sous forme de box-plot et de moyenne sur la durée de chaque campagne. Les seuils réglementaires en PM10 sont référencés sur une base annuelle (moyenne ( $< 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ou en percentile (P90.4  $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )). Pour les trois scénarios d'émissions nous avons donc simulé une année entière au pas de temps horaire soit 8760 tirs gaussiens selon la méthodologie ADMS.

Les moyennes annuelles des sites d'observations ont été estimées à partir des moyennes estivales et hivernales des 2 campagnes.

### 6.1.1 Carrière de Salon

Les figures ci-après (Figure 28 à Figure 38) présentent les comparaisons pour les 4 sites PRSE 4 à 7 installés sur la carrière de Salon –GSM pendant les mois de mars et juin 2013.

Figure 26 (ci-contre) : Les 4 sites impliqués dans l'intercomparaison observations versus modèle. Carrière de Salon.

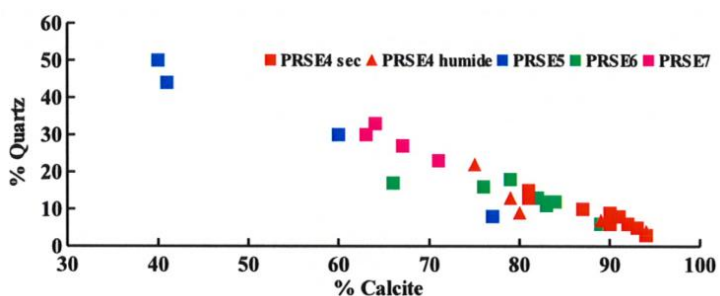


Figure 27 (ci-contre) : Caractérisation minéralogique. Carrière de Salon

Sans pollution de fond, le modèle ADMS sous-estime systématiquement les concentrations observées. Cette tendance se retrouve pour l'ensemble des 4 sites de mesures. Sur le site de proximité PRSE4, la caractérisation minéralogique des particules indique un pourcentage de calcite très important environ 90 % et un pourcentage



de quartz d'environ 10% (Figure 27). Le site est situé presque au centre de la carrière, cette signature indique clairement que, parmi les PM10 observées sur ce site, une grande partie de la moyenne annuelle estimée à  $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a une origine locale. Sans pollution de fond, le modèle ADMS n'explique que  $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  des PM10 avec les facteurs d'émissions FE2010. Le modèle n'est pas capable d'expliquer la totalité des observations sans pollution de fond. L'ajout des  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de la station de fond de Salon monte à  $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$  les concentrations modélisées contre  $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$  observées (Figure 30).

Les simulations effectuées avec les émissions FE2014 et FE AP42 sous-estiment les observations au centre de la carrière (site PRSE4).

Les simulations font l'hypothèse d'une répartition homogène des émissions à l'intérieur de la carrière, ce qui peut expliquer une partie des différences avec le site PRSE4

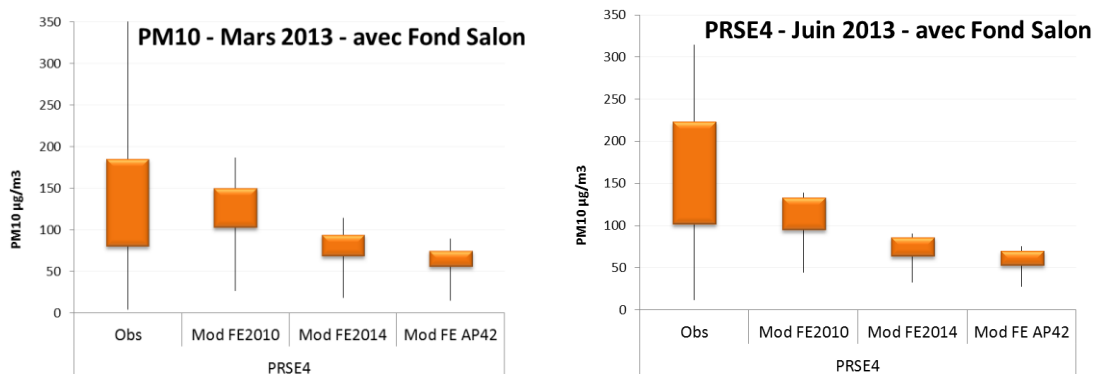


Figure 28 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, mars et juin 2013, Carrière de Salon, site PRSE4.

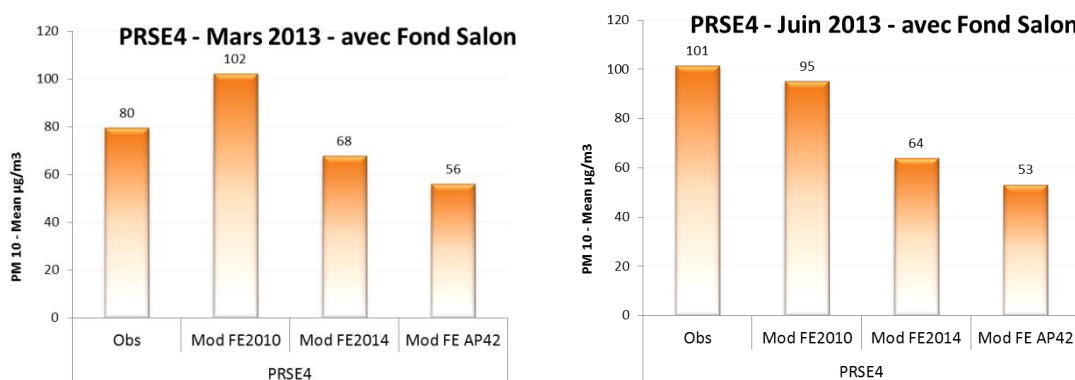


Figure 29 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, moyennes, mars et juin 2013, Carrière de Salon, site PRSE4.

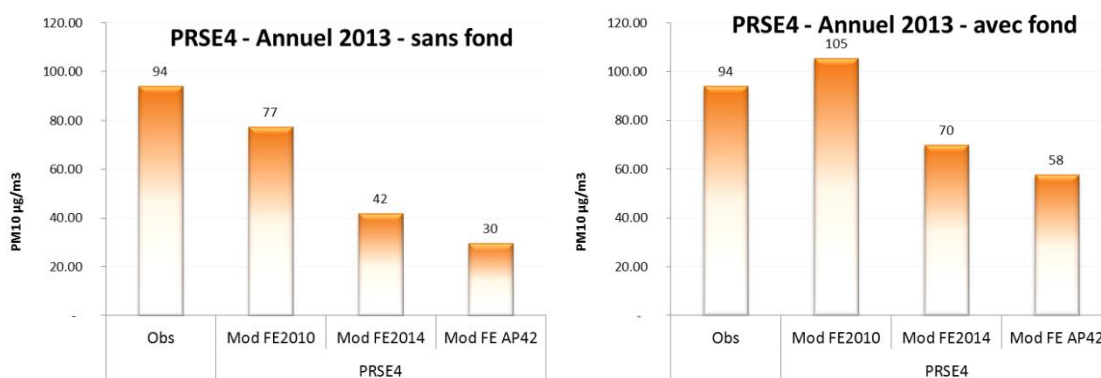


Figure 30 : Intercomparaison observation versus modélisation, moyenne annuelle, Carrière de Salon, site PRSE4. A gauche, sans les concentrations PM10 en moyenne annuelle de la station de fond urbain de Salon pour l'année 2013. A droite, avec le fond de la station de Salon ( $28\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

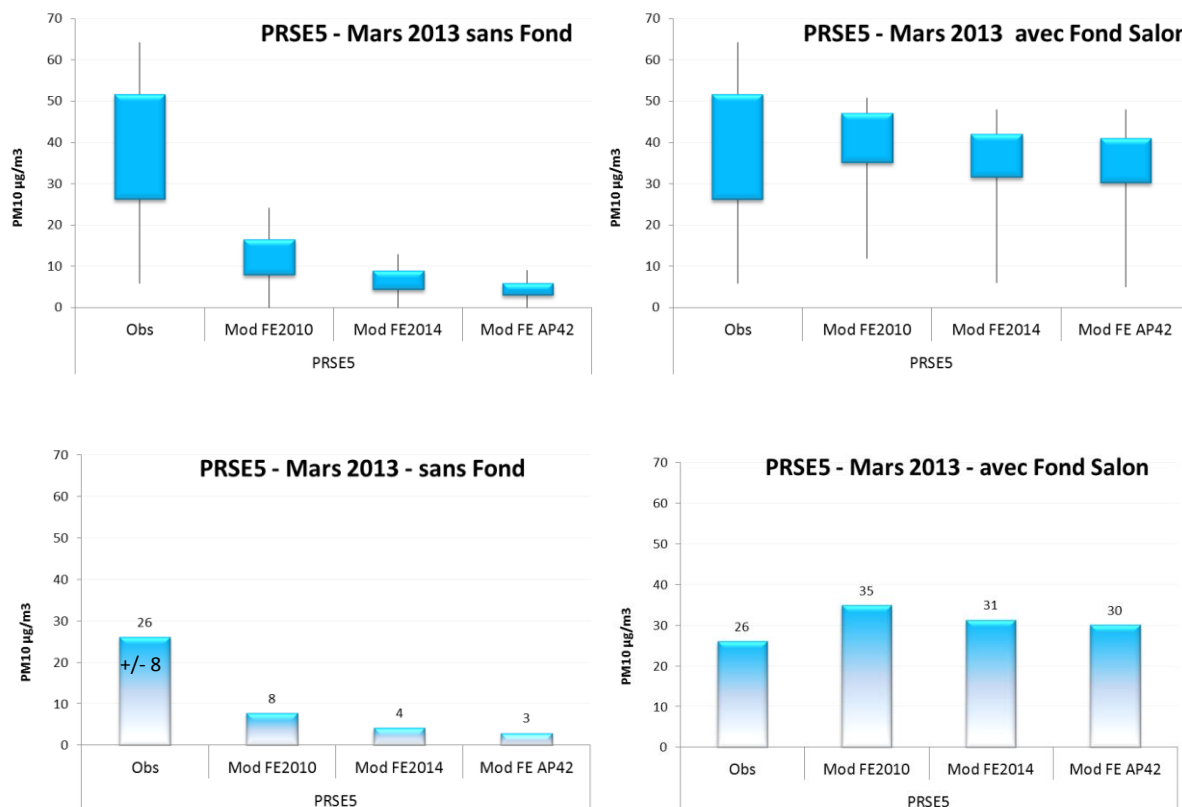


Figure 31 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, moyenne mars 2013 issues des distributions de données journalières, Carrière de Salon, site PRSE5<sup>7</sup>.

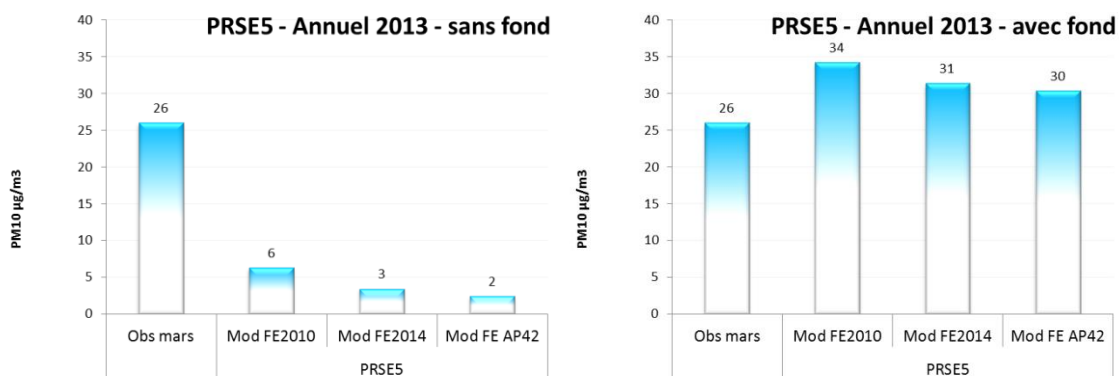


Figure 32 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, moyenne annuelle, Carrière de Salon, site PRSE5.

<sup>7</sup> Le site PRSE5 n'a pas fonctionné en juin 2013.

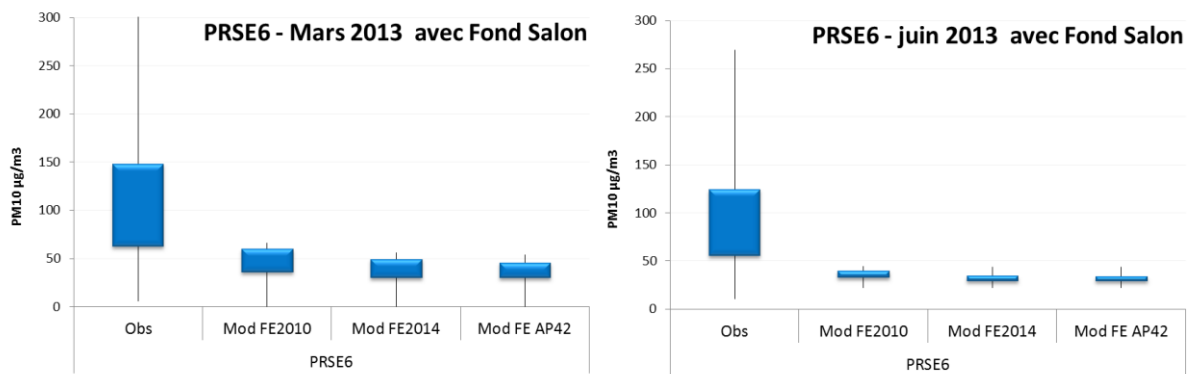


Figure 33 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, mars et juin 2013, Carrière de Salon, site PRSE6.

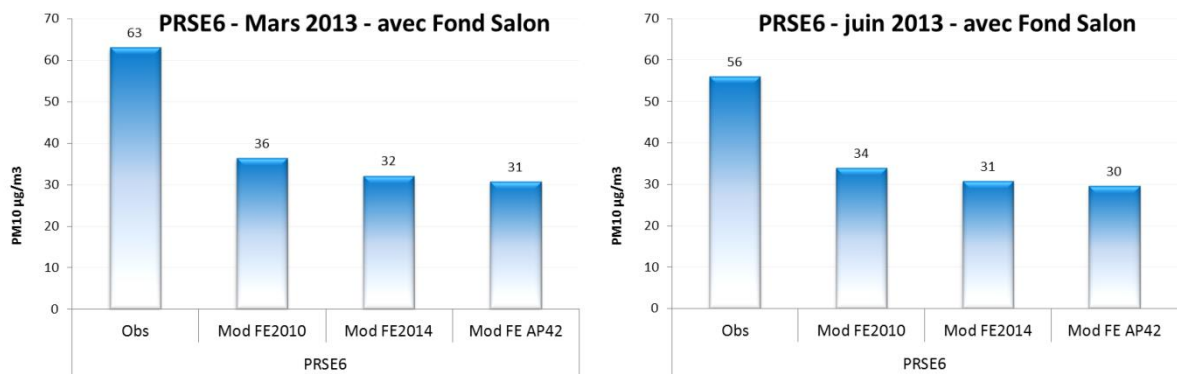


Figure 34 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, moyennes mars et juin 2013, Carrière de Salon, site PRSE6.

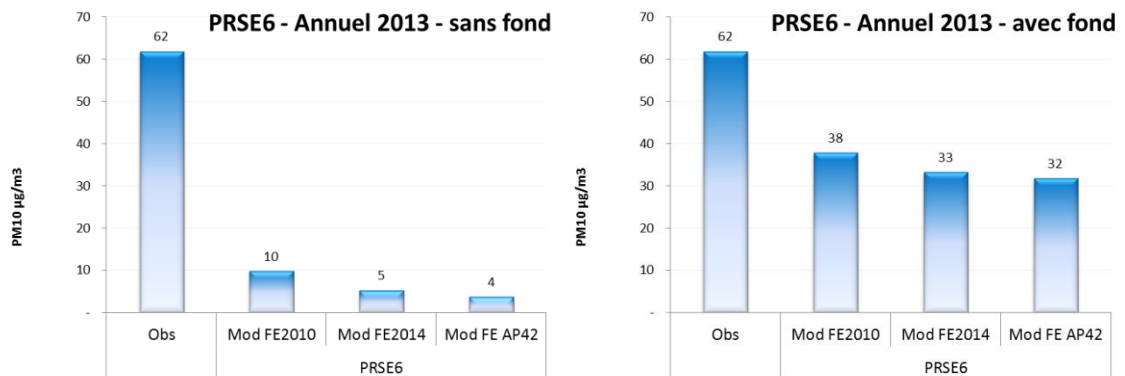


Figure 35 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, moyenne annuelle, Carrière de Salon, site PRSE6.



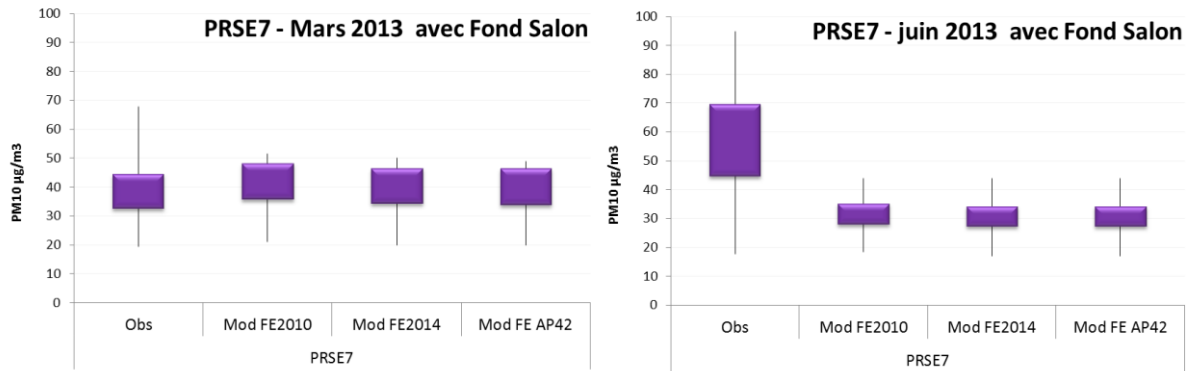


Figure 36 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, mars (1 semaine) et juin 2013, Carrière de Salon, site PRSE7.

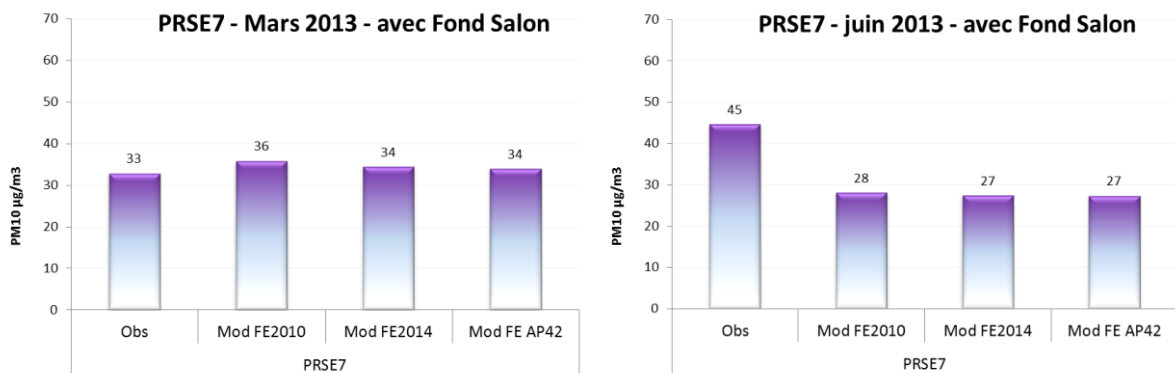


Figure 37 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, moyennes mars (1 semaine) et juin 2013, Carrière de Salon, site PRSE6.

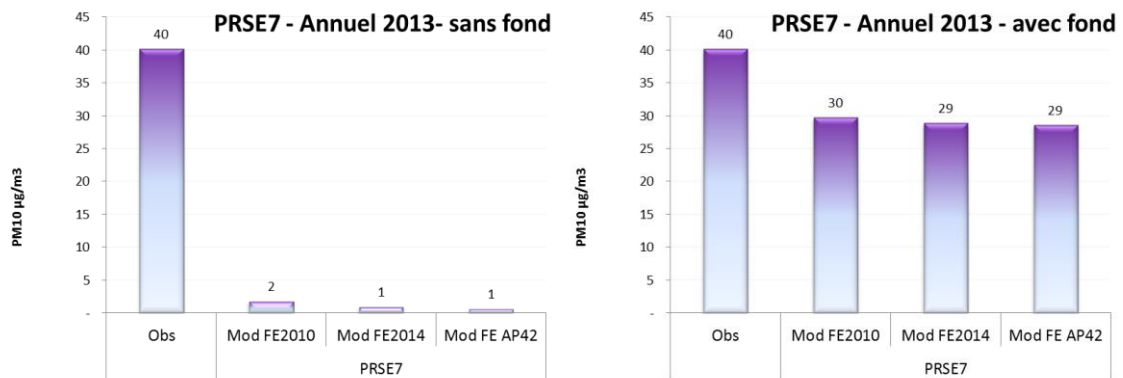


Figure 38 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, moyenne annuelle, Carrière de Salon, site PRSE7.

### 6.1.2 Carrière de Marseille Sainte Marthe

Les figures ci-après présentent les comparaisons pour les 3 sites PRSE 1 à 3 installés sur la carrière de Marseille–Bronzo Perasso pendant les mois de juin et novembre 2012.



Figure 39 : Les 3 sites impliqués dans l'intercomparaison observations versus modèle. Carrière de Marseille.

Les Figure 40 à Figure 42 illustrent la comparaison avec les observations du site de proximité PRSE1. Sans pollution de fond, le modèle ADMS sous-estime systématiquement les concentrations observées. Cette tendance se retrouve pour l'ensemble des 4 sites de mesures et pour les trois scénarios d'émissions. Sur le site de proximité PRSE1, la caractérisation minéralogique des particules indique un pourcentage de calcite très important environ 80 % et un pourcentage de quartz d'environ 10%. Le site est situé à l'exutoire sud de la carrière. Cette signature indique clairement que, parmi les PM10 observées sur ce site, une grande partie de la moyenne annuelle estimée à  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a une origine locale. Sans pollution de fond, le modèle ADMS n'explique que  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  des PM10 avec les facteurs d'émissions FE2010. Le modèle n'est pas capable d'expliquer la totalité des observations sans pollution de fond. L'ajout des  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de la station de fond PRSE2 montent à  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  les concentrations modélisées contre  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  observées (Figure 42).

Le choix de la station de Marseille 5 avenues comme pollution de fond pour cette année 2012 ajoute  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ce qui montent à  $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  les concentrations modélisées avec FE2010 contre  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  observées (Figure 42). Les simulations effectuées avec les émissions FE2014 et FE AP42 et sans pollution de fond sous estiment systématiquement les observations pour ce site de proximité (site PRSE1).

La sous-estimation sans pollution de fond est normale puisque seules les émissions de la carrière sont intégrées dans la simulation. Ceci nous permet d'isoler la contribution de la carrière sur les points de mesures. Par ailleurs la cohérence entre les observations et les simulations en ajoutant une pollution de fond non influencée par la carrière et représentative des concentrations ambiantes dans la zone montre que les modélisations sont satisfaisantes et que les concentrations observées en dehors des limites des carrières s'expliquent donc en partie par la pollution ambiante de la zone d'étude.

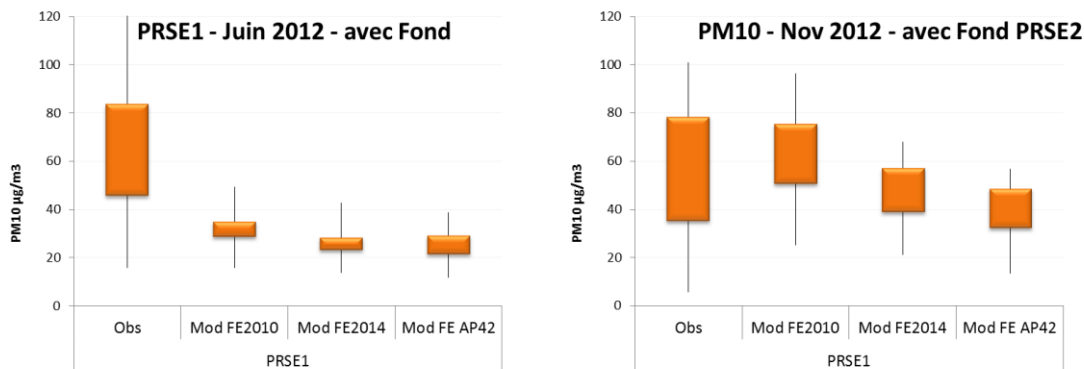


Figure 40 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, juin et novembre 2012, Carrière de Marseille, site PRSE1. Valeur de fond issue du site PRSE2.

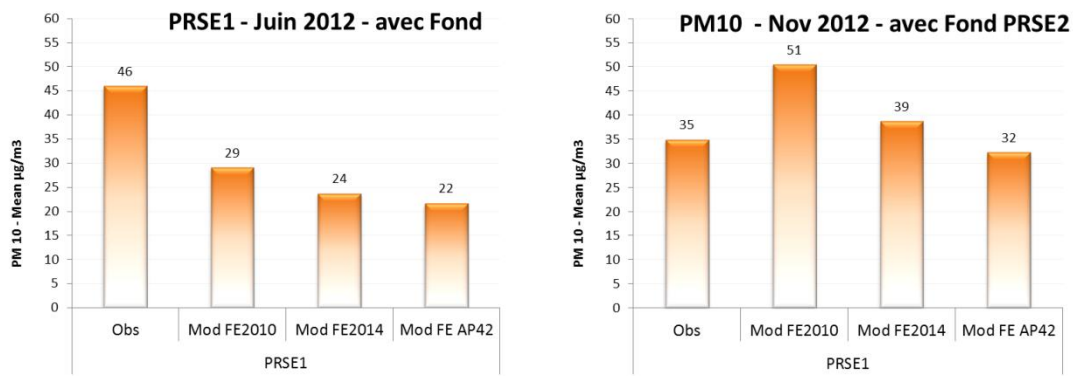


Figure 41 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, moyennes juin et novembre 2012, Carrière de Marseille, site PRSE1.

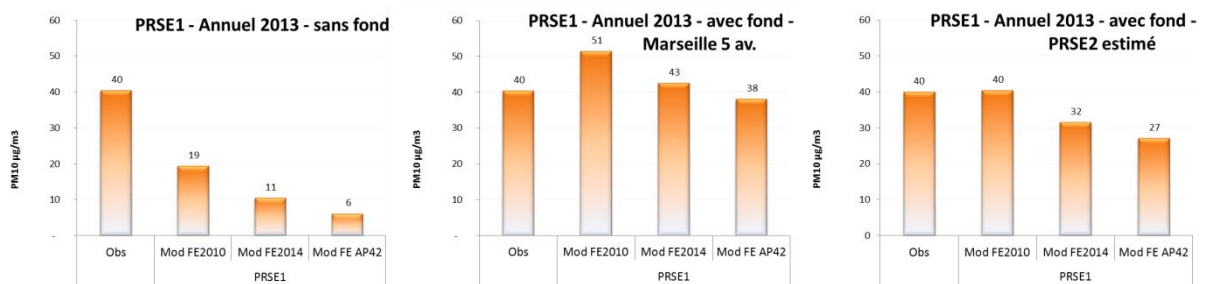


Figure 42 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, moyenne annuelle, Carrière de Marseille, site PRSE1.

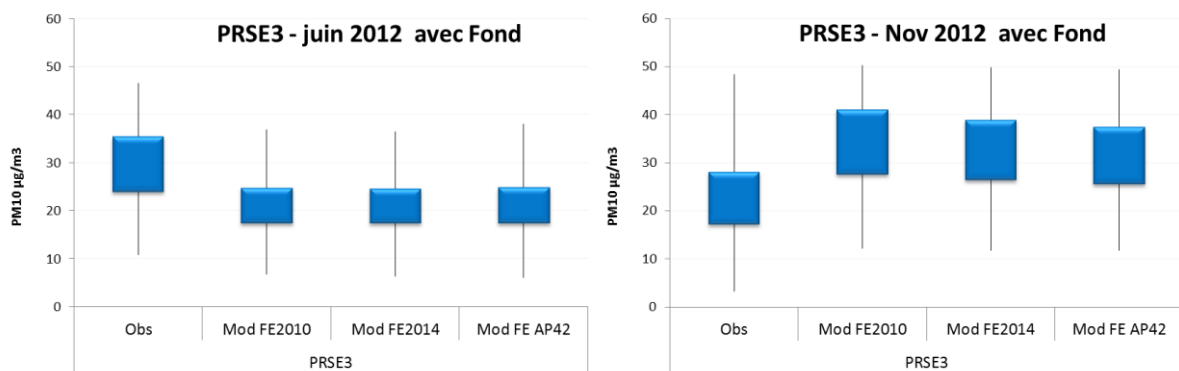


Figure 43 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, juin et novembre 2012, Carrière de Marseille, site PRSE1. Valeur de fond issue du site PRSE3.

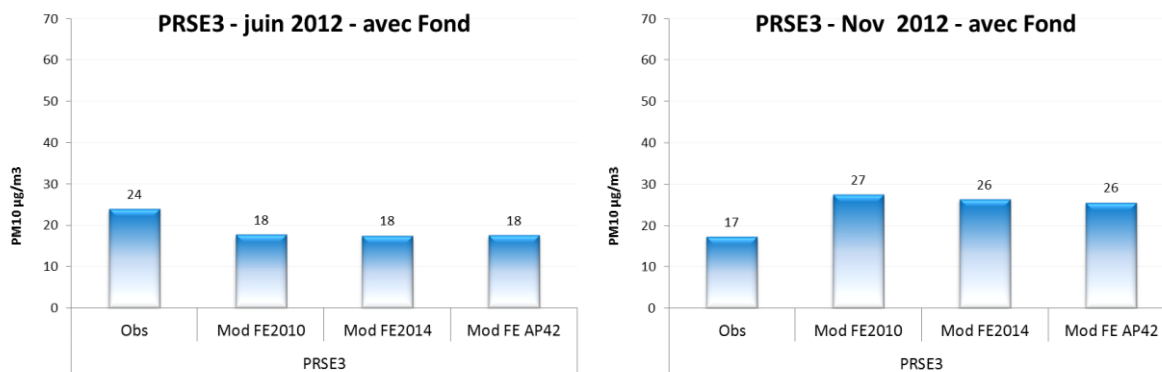


Figure 44 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, juin et novembre 2012, Carrière de Marseille, site PRSE1. Valeur de fond issue du site PRSE2.

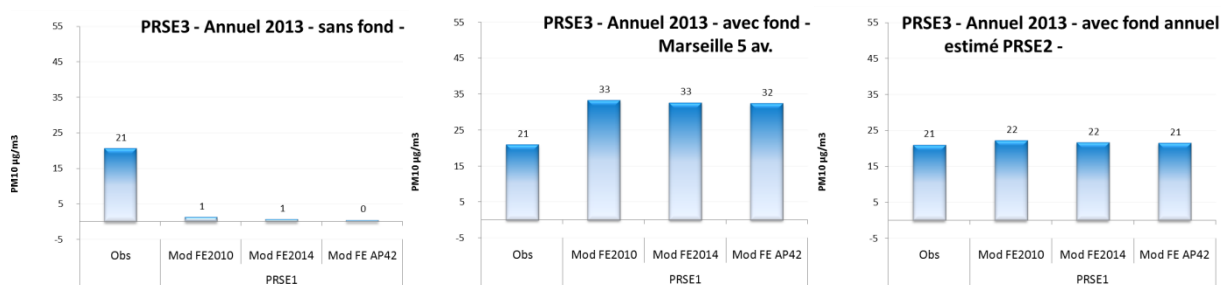


Figure 45 : Intercomparaison PM10 observation versus modélisation, moyenne annuelle, Carrière de Marseille, site PRSE3.



## 6.2 Transects

Une étude de transects a été réalisée pour répondre à la question : jusqu'ou retrouve-t-on des particules PM10 et PM2.5 issues des deux carrières étudiées ? Les directions des transects ont été choisies à partir des roses des vents utilisées pour la modélisation. Dans le cas de St Marthe, la rose des vents présente clairement une dominante nord-ouest / sud-est, les points de grilles situées sur cet axe ont été sélectionnés afin d'extraire les concentrations simulées le long de cette droite. Les émissions les plus importantes et les plus pénalisantes, OMINEA 2010, ont volontairement été sélectionnées parmi les 3 scénarios étudiés. Les simulations ont été réalisées sans pollution de fond afin d'être sûr de ne modéliser que le transport des particules issues de la carrière. La Figure 46 présente le profil de concentrations le long de l'axe bleu, i.e. vers le nord-est. Les concentrations sont maximales au centre de la carrière et décroissent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre de la carrière. Le transport significatif des PM10 issues de la carrière n'excède pas 250 m. L'analyse a été reproduite pour l'axe orange, i.e. vers le sud-est. Le résultat est similaire, l'impact des PM10 issus de la carrière ne semble pas significatif au-delà des 250 m/300 m.

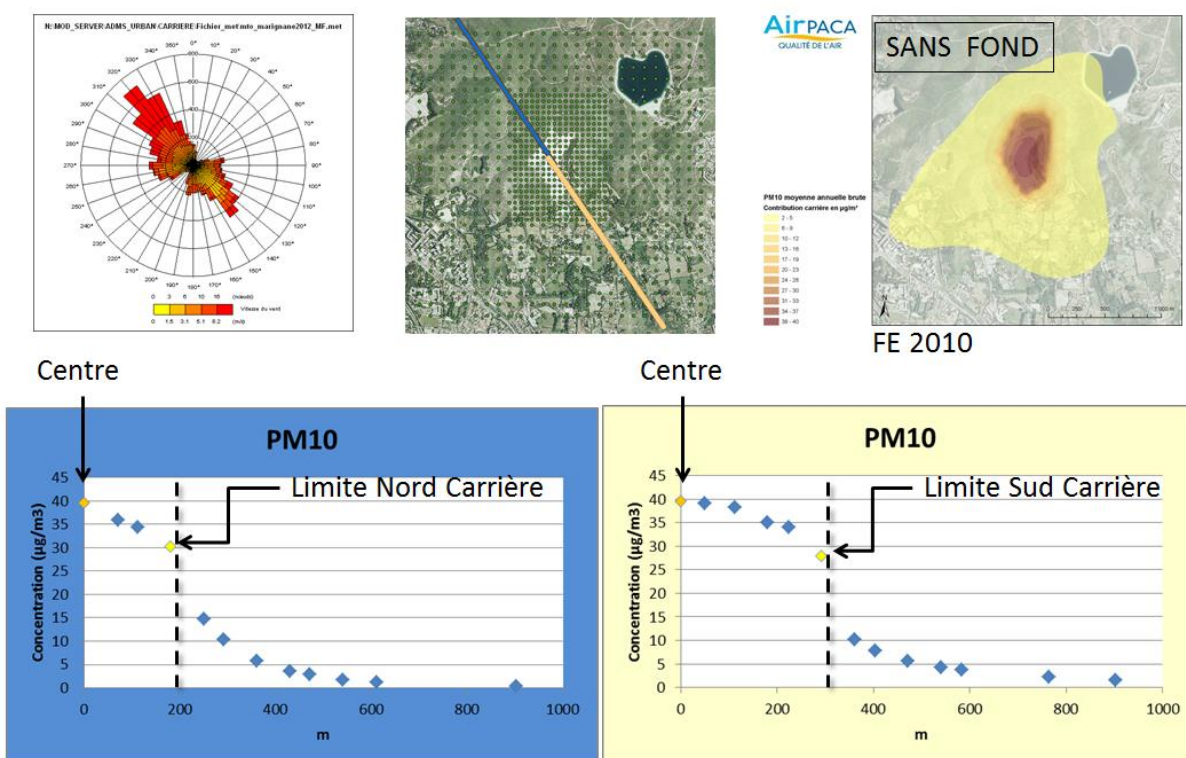


Figure 46 : Modélisation du transect PM10 (moyenne annuelle) : Carrière de St Marthe.

Pour Salon, la même méthode a été appliquée. Les deux transects étudiés sont, cette fois-ci, orientés ouest-sud-ouest et sud-sud-est. Là encore les émissions OMINEA 2010 ont été choisies car les plus pénalisantes. Aucune pollution de fond n'a été paramétrée afin de n'étudier que le transport des particules émises par la carrière GSM de Salon. La Figure 47 présente le transport des PM10 dans les deux directions les plus pénalisantes. L'impact particulière de la carrière ne semble pas excéder 250 m.

La Figure 48 présente le transport des PM2.5 dans les deux directions les plus pénalisantes. Là encore, l'impact du transport ne semble plus significatif au-delà de 250 m.

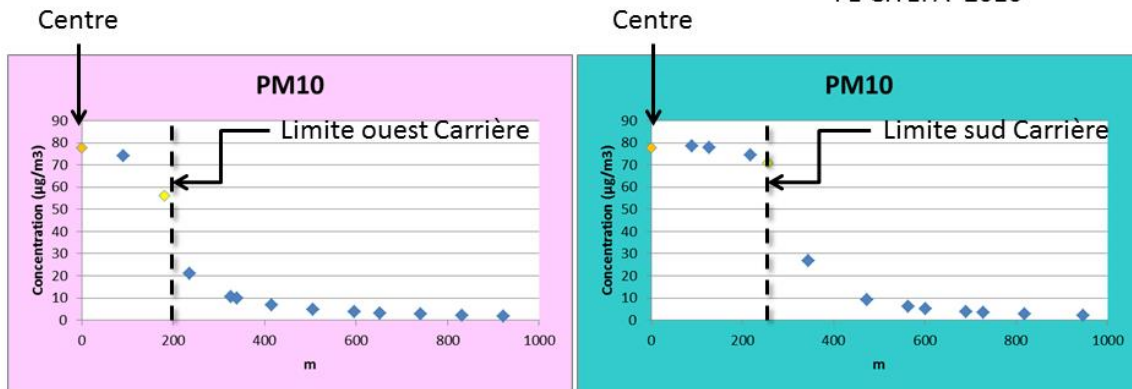
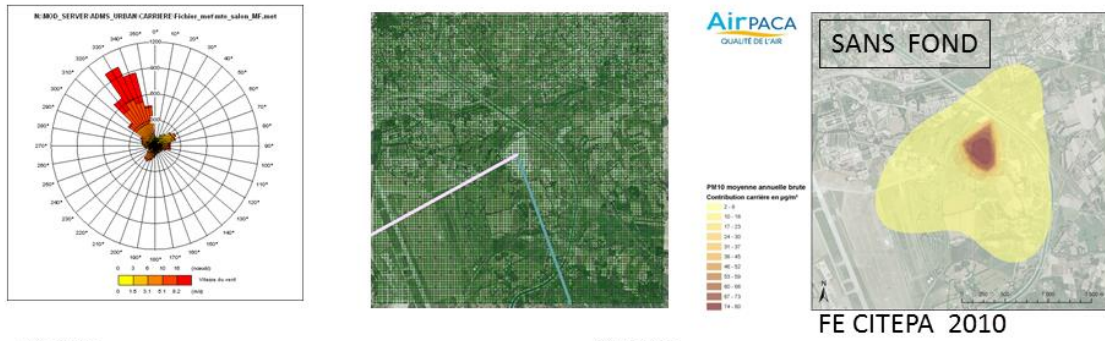


Figure 47 : Modélisation du transect PM10 (moyenne annuelle) : Carrière de Salon.

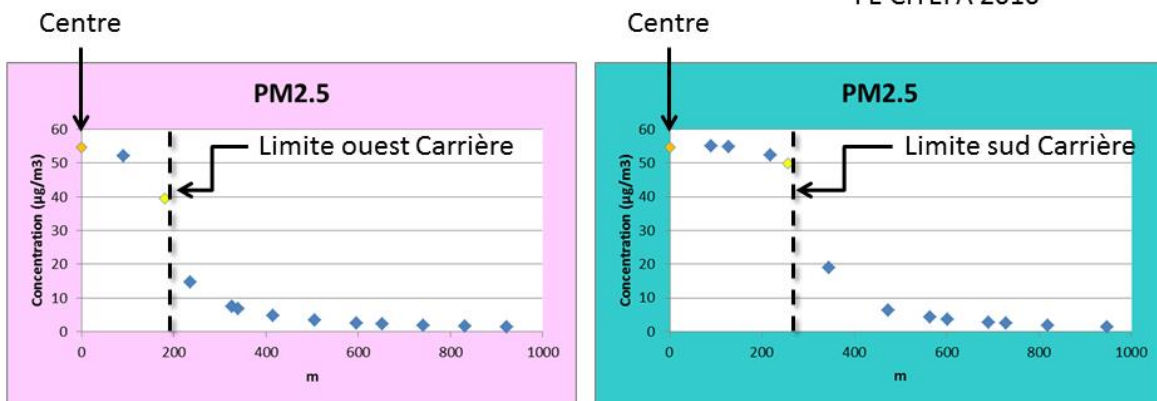
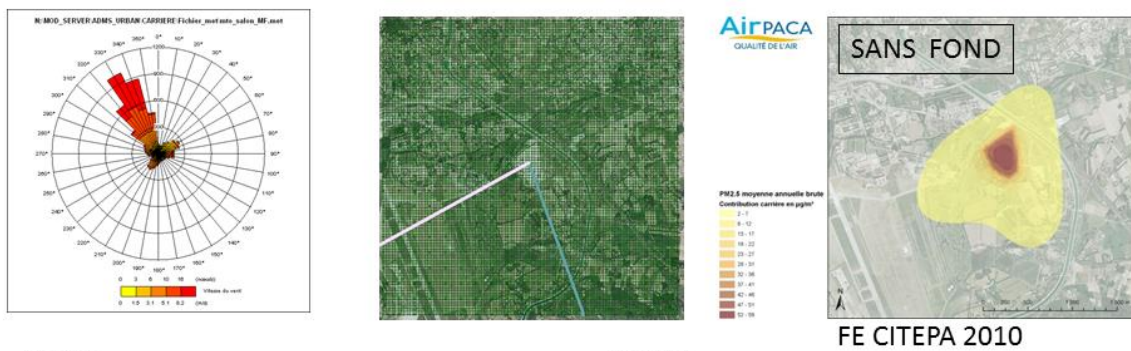


Figure 48 : Modélisation du transect PM2.5 (moyenne annuelle) : Carrière de Salon.

## 7 Conclusions et perspectives

- Deux carrières de calcaire ont été analysées : l'une à Salon de Provence (GSM granulats) et l'autre à Marseille St. Marthe (Bronzo-Perasso).
- Pour les deux carrières étudiées : l'impact relatif à la qualité de l'air est limité aux abords des carrières. Impact géographique est restreint.
- De forts gradients de concentrations en PM10 et PM2.5 sont observés et modélisés de part et d'autre des limites des deux carrières. Dans le cas présent, l'influence de l'activité industrielle est située dans la zone des 200 m aux abords des deux carrières investiguées.
- Les concentrations en PM2.5 enregistrées aux points d'expositions (situation aval) sont inférieures aux valeurs limites dans les observations et dans les modélisations.
- Les concentrations en PM10 atteignent les valeurs limites aux centres des carrières.
- L'exposition des populations riveraines des deux carrières étudiées semblent réduite après la zone des 200 m.
- Les concentrations modélisées avec ADMS et avec les seuls facteurs d'émissions CITEPA 2010, CITEPA 2014 et AP42 ne permettent pas de reproduire les observations en proximité de carrières. L'ajout d'une pollution de fond est indispensable pour simuler avec succès les concentrations mesurées.
- En situation de proximité (centre des carrières), les concentrations modélisées avec ADMS à l'aide des émissions calculées avec les facteurs d'émissions CITEPA 2010 semblent plus proches des observations.

### Futures études :

- Il semble nécessaire d'effectuer une caractérisation chimique (inorganique et organique) des particules. Une caractérisation minéralogique ne suffit pas. Il est important d'isoler les contributions de toutes les sources environnantes à l'aide de l'analyse chimique des indicateurs classiques (EC/OC/ions/Lévoglucosan/hopanes/stéranes etc. ...). Sans cette caractérisation chimique il est difficile d'isoler la contribution particulaire de chaque carrière par rapport aux autres sources (trafic routier, chauffage bois, etc. ....).
- Une approche lagrangienne pourrait permettre de mieux appréhender le transport des particules issues de l'activité des carrières.
- Les facteurs d'émissions étudiés ne sont pas dépendants du type de roche extraite, il serait intéressant de pouvoir effectuer d'autres observations de qualité de l'air sur d'autres types de roche (éruptif, plutonique, alluvionnaire, etc. ...).
- Les facteurs d'émissions des guides OMINEA 2010 et 2014 sont simplistes, ceux de l'approche AP42 sont plus détaillés. Des mesures individualisées capables de rendre compte des différentes activités de la carrière permettraient de tester réellement les facteurs d'émissions (tir de mine, concassage, stocks, pistes, ...).
- Des mesures de particules avec et sans système d'arrosage permettraient de vérifier les hypothèses d'abattement de l'approche AP42. Le facteur d'abattement de 80 % dans l'approche AP42 mériterait pour le moins d'être vérifié.
- Une meilleure connaissance des propriétés des sources d'émissions (répartitions spatiales au sein de la carrière et répartitions temporelles sur l'année) permettraient d'affiner les modélisations.
- Il serait également judicieux de tester d'autres conditions climatiques dans des régions différentes (vent et pluviométrie).
- Avec l'Ademe, l'UNPG et l'UNICEM Nord - Pas-de-Calais ont lancé le programme EMCAIR (EMissions des Carrières dans l'AIR) qui s'échelonne entre 2015 et 2017. Ce programme a pour objectif de renforcer la connaissance des émissions des particules dans l'air pour les activités extractives. Les observatoires de la qualité de l'air, Atmo Nord Pas de Calais, Air Pays de la Loire et Air Breizh sont impliqués et devraient compléter les résultats de la présente étude.

## 8 Références

- Air PACA, 2009 : [Etat initial de la qualité de l'air Projet NCA-Tramway, bilan technique : mesures, émissions, modélisations.](#)
- Air PACA, 2011 : Carrières : comparaison des méthodologies CITEPA et EPA : note de synthèse
- Air PACA, 2013 : Inventaire des émissions en PACA : année 2013 : <http://emiprox.airpaca.org/>
- Air RA, 2013 : [Méthode d'élaboration du cadastre des émissions atmosphériques en Rhône-Alpes.](#)
- CEREGE-Air PACA, 2014 : caractériser et évaluer l'exposition aux particules issues de carrière en région PACA.
- DGEC, 2012 : [Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques \(polluants de l'air et gaz à effet de serre\).](#) Pôle National de Coordination des Inventaires Territoriaux.
- Hannal et al., 1999 : Hanna S.R., Egan B.A., Purdum J. and Wagler J., Evaluation of ISC3, AERMOD, and ADMS Dispersion Models with Observations from Five Field Sites. HC Report P020, API, 1220 LSt. NW, Washington, DC 20005-4070, 1999
- INERIS, 2011 : Evaluation des risques sanitaires liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des installations Classés pour la Protection de l'Environnement. INERIS, 30 novembre 2001, version 3.0 ; 181 pages.
- US-EPA – AP42, 1995 : ch. 11 – Mineral product industry & ch13 – Miscellaneous sources, 1995
- US EPA – AP42 11.19.2 Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing
- US EPA – 13.2.2 Unpaved roads
- US EPA – 13.2.4 Aggregate handling and storage piles
- US EPA – 13.2.5 Industrial Wind Erosion

## 9 Annexes : Fiche AP42

# FICHE AP42



## 9.1 Annexe 1 – Fiche AP42 : Informations générales et calcul du poids moyen des véhicules circulant sur le site et kilométrage parcouru par an

Tonnage produit sur cette année (tonnes) : 490593

Nombre de jours de pluie dans l'année : 63 *Note* : Etre en mesure de justifier cette information (localisation de la station météo la plus proche,...).

### Objet de l'onglet :

- 1 - Calculer le poids moyen des véhicules circulant sur le site. Cette information est nécessaire au calcul des facteurs d'émission sur les pistes.
- 2 - Calculer le kilométrage total parcouru par tous les véhicules sur les pistes non revêtues du site. Cette information est nécessaire au calcul des émissions dues au trafic sur les pistes non revêtues.
- 3 - Calculer le kilométrage total parcouru par tous les véhicules sur les pistes revêtues (enrobé et béton) sur site. Cette information est nécessaire au calcul des émissions dues au trafic sur les pistes revêtues.

Sont concernés dans cet onglet tous les engins nécessaires à l'exploitation de la carrière, sous-traités ou non, sauf les engins sur chenille et les véhicules légers. => 1) ci-dessous.  
Sont concernés également dans cet onglet les véhicules clients. Il sera choisi ici un véhicule client moyen représentatif. => 2) ci-dessous.

### 1) Véhicules nécessaires à l'exploitation du site :

*Note* : Il faut conserver à la disposition de l'inspecteur des installations classées les justificatifs des données entrées dans ce tableur (kilométrage, % sur pistes...).

*Note* : Si le tableau ci-dessous ne comporte pas assez de lignes, il est possible d'en ajouter. Veiller toutefois à copier des lignes entières et assurez-vous que les lignes ajoutées soient bien intégrées dans les formules de calcul au bas du tableau. Pour plus de facilité, ajouter des lignes dans le centre du tableau.

Véhicule circulant sur le site	Poids à vide du véhicule	Poids maximal du véhicule avec chargement	W Poids moyen	Kilométrage parcouru par véhicule par an (KV/an)	% de kilomètres parcourus / an sur routes non revêtues	% de kilomètres parcourus / an sur routes revêtues	KV / an calculé sur routes non revêtues	KV / an calculé sur routes revêtues
(1 ligne par véhicule)	(tonnes)	(tonnes)	(tonnes)	(km)	(%)	(%)	(km)	(km)
770 D	34.5	74.5	55	7 359	95	5	6 991	368
771 D	34.5	74.5	55	7 359	95	5	6 991	368
chargeuse clients Liebherr 566 L	16.0	24.0	20	675	90	10	608	68
chargeuse dumper CAT 988 G	56	68	62	1 723	98	2	1 688	34
Arroseuse	14	26	20	3 300	80	20	2 640	660
Déstocqueur	14	32	23	6 600	30	70	1 980	4 620
<b>Nombre de véhicules :</b>			<b>Poids Moyen :</b>				<b>KV total non revêtues</b>	<b>KV total revêtues</b>
6			39				20 898	6 118

Kilomètres parcourus par des véhicules sur des routes non revêtues	20 898	km
Kilomètres parcourus par des véhicules sur des routes revêtues	6 118	km
Poids moyen des véhicules circulant sur le site	39	tonnes

### 2) Véhicules / clients circulant dans le site :

Production vendue : 404 993 tonnes

Les petits clients étant difficiles à prendre en compte, l'hypothèse pour le calcul ci-dessous est que toute la production vendue est transportée par des semis.

Véhicule circulant sur le site	Poids à vide du véhicule	Poids maximal du véhicule avec chargement	W Poids moyen	Kilométrage moyen parcouru / véhicule	% de kilomètres parcourus / an sur routes non revêtues	% de kilomètres parcourus / an sur routes revêtues	KV / an calculé sur routes non revêtues	KV / an calculé sur routes traitées revêtues
(moyenne par véhicule)	(tonnes)	(tonnes)	(tonnes)	(km)	(%)	(%)	(km)	(km)
Semi	13.5	40	27	1.4	10	90	0.14	1.26
			<b>Poids Moyen :</b>				<b>0.14</b>	<b>1.26</b>
			27					

Nombre de véhicule / client circulant sur le site : 15 283

Kilomètres parcourus par des véhicules / clients sur des routes non revêtues	2 140	km
Kilomètres parcourus par des véhicules / clients sur des routes revêtues	19 256	km
Poids moyen des véhicules / clients circulant sur le site	27	tonnes

### 3) Bilan pour les véhicules circulant sur site :

Kilomètres parcourus par des véhicules sur des routes non revêtues	23 037	km
Kilomètres parcourus par des véhicules sur des routes revêtues	25 374	km
Poids moyen des véhicules circulant sur le site	27	tonnes

## 9.2 Annexe 2 – Fiche AP42 : Calcul des facteurs d'émission pour les pistes non revêtues et des émissions annuelles

### Objet de l'onglet :

- 1 - Calculer le facteur d'émission par taille de particule d'un kilomètre parcouru par un véhicule de poids moyen sur une piste non revêtue. =>2) FE ci-dessous
- 2 - Pour chaque type de particule (TSP et PM-10), calculer les émissions dues à la circulation des véhicules sur des pistes non revêtues, sur une année. =>3) E ci-dessous
- 3 - Pour chaque type de particule (TSP et PM-10), calculer les émissions dues à la circulation des véhicules sur des pistes non revêtues, sur une année, sans compter les jours de pluie. =>4) Ecorrigée ci-dessous
- 4 - Pour chaque type de particule (TSP et PM-10), calculer les émissions dues à la circulation des véhicules sur des pistes non revêtues, sur une année, sans compter les jours de pluie et avec des dispositifs efficaces d'abattage. =>5) Econtrôlée ci-dessous

### 1) Données à entrer pour le site

#### Teneur en limon (particule < 75 µm) des pistes non revêtues sur site

	Teneur en limon en %
	Moyenne
Pour les carrières de roches massives	9.15

Pour les carrières de roches alluvionnaires	5.95
---	------

Source : Chapitre 13.2.2 du document AP-42, tableau 13.2.2-1 (Final report, November 2006)

Variable	Valeur	Unité
Teneur en limon des pistes non revêtues sur site	9.15	%

### 2) Calcul du Facteur d'Emission dû à la circulation des véhicules sur pistes non revêtues, par type de particule

$$FE = k * (s/12)^a * (W/3)^b$$

FE = facteur d'émission pour une taille spécifique (kg/KV)

s = teneur en limon du matériau de surface (%)

W = poids moyen des véhicules sur les routes du site

k, a et b = constantes définies ci-dessous

Type de particules	k (kg/KV)	a	b	FE	Unité du FE
TSP	1.38131	0.7	0.45	3.05834	kg/kV
PM-10	0.42285	0.9	0.45	0.88681	kg/KV

Source : Chapitre 13.2.2 du document AP-42 (Final report, November 2006)

### 3) Evaluation des émissions de TSP et PM-10 sur une année civile

$$E = FE \cdot KV$$

KV : Kilométrage parcouru par les véhicules

E = Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg)

Type de particules	FE	Unité du FE	KV	Unité KV	Emissions	Unité des émissions
TSP	3.05834	kg/kV	23 037	km	70 456	kg
PM-10	0.88681	kg/KV	23 037	km	20 430	kg

### 4) Evaluation des émissions de TSP et PM-10 sur une année civile sans compter les jours de pluie

$$E_{\text{corrigée}} = E \cdot (365 - P) / 365$$

E corrigée : Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg) corrigée en retirant les jours de pluie

E = Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg)

P = Nombre de jours dans l'année où il a plu (jour).

Type de particules	Emissions	Unité des émissions	P	Unité P	Emissions Corrigées	Unité des émissions
TSP	70 456	kg	63	jour	58 295	kg
PM-10	20 430	kg	63	jour	16 903	kg

### 5) Evaluation des émissions de TSP et PM-10 sur une année civile sans compter les jours de pluie, et avec des dispositifs de lutte contre les émissions de poussières

En accord avec la DREAL PACA, un **facteur d'abattement de 85%** est appliqué sur les émissions **si des dispositifs d'abattage efficaces sont mis en œuvre** sur le site.

Il faudra justifier à l'inspecteur des installations classées des dispositifs mis en œuvre et de leur efficacité pour utiliser ces résultats.

$$E_{\text{contrôlée}} = E_{\text{corrigée}} \cdot (1 - Fa / 100)$$

E contrôlée : Émission contrôlée pour une taille spécifique (kg)

E corrigée : Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg) corrigée en retirant les jours de pluie

Fa = Facteur d'abattement (%).

Type de particules	Emissions Corrigées	Unité des émissions	Fa	Unité Fa	Emissions	Unité des émissions
TSP	58 295	kg	85	%	8 744	kg
PM-10	16 903	kg	85	%	2 536	kg

### 9.3 Annexe 3 – Fiche AP42 : Calcul des facteurs d'émission pour les pistes revêtues (enrobé ou béton) et des émissions annuelles

**Objet de l'onglet :**

- 1 - Calculer le facteur d'émission par taille de particule d'un kilomètre parcouru par un véhicule de poids moyen sur une piste revêtue. =>2) FE ci-dessous
- 2 - Pour chaque type de particule (TSP et PM-10), calculer les émissions dues à la circulation des véhicules sur des pistes revêtues, sur une année. =>3) E ci-dessous
- 3 - Pour chaque type de particule (TSP et PM-10), calculer les émissions dues à la circulation des véhicules sur des pistes revêtues, sur une année, sans compter les jours de pluie. =>4) E corrigée ci-dessous
- 4 - Pour chaque type de particule (TSP et PM-10), calculer les émissions dues à la circulation des véhicules sur des pistes revêtues, sur une année, sans compter les jours de pluie et avec des dispositifs efficaces d'abattage. =>5) E contrôlée ci-dessous

**1) Données à entrer pour le site**

**Teneur en limon (particule < 75 µm) des pistes revêtues sur site**

	<b>Teneur en limon en g/m2</b>
	Moyenne
<b>Pour les carrières de roches massives</b>	<b>8.2</b>
<b>Pour les carrières de roches alluvionnaires</b>	<b>70</b>

Source : Chapitre 13.2.1 du document AP-42, tableau 13.2.1-3 (Final report, November 2006)

Variable	Valeur	Unité
Teneur en limon des pistes revêtues sur site	8.20	g/m2

**2) Calcul du Facteur d'Emission dû à la circulation des véhicules sur pistes revêtues, par type de particule**

$$FE = k \cdot (s)^{0,91} \cdot (W)^{1,02}$$

- FE = facteur d'émission pour une taille spécifique (kg/KV)
- s = teneur en limon du matériau de surface (g/m2)
- W = poids moyen des véhicules sur les routes du site
- k = constante définie ci-dessous

Type de particules	k (g/KV)	FE	Unité du FE
TSP	3.23	0.62621	kg/kV
PM-10	0.62	0.12020	kg/KV

Source : Chapitre 13.2.1 du document AP-42 (Final report, November 2006)

### 3) Evaluation des émissions de TSP et PM-10 sur une année civile

$$E = FE \cdot KV$$

KV : Kilométrage parcouru par les véhicules

E = Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg)

Type de particules	FE	Unité FE	KV	Unité KV	Emissions	Unité des émissions
TSP	0.62621	kg/kV	25 374	km	15 890	kg
PM-10	0.12020	kg/KV	25 374	km	3 050	kg

### 4) Evaluation des émissions de TSP et PM-10 sur une année civile sans compter les jours de pluie

$$E_{\text{corrigée}} = E \cdot (1 - P/4 \cdot 365)$$

E<sub>corrigée</sub> : Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg) corrigée en retirant les jours de pluie

E = Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg)

P = Nombre de jours dans l'année où il a plu (jour).

Type de particules	Emissions	Unité des émissions	P	Unité P	Emissions Corrigées	Unité des émissions
TSP	15 890	kg	63	jour	15 204	kg
PM-10	3 050	kg	63	jour	2 918	kg

### 5) Evaluation des émissions de TSP et PM-10 sur une année civile sans compter les jours de pluie, avec des dispositifs de lutte contre les émissions de poussières

En accord avec la DREAL PACA, un **facteur d'abattement de 85%** est appliqué sur les émissions **si des dispositifs d'abattage efficaces sont mis en œuvre** sur le site.

Il faudra justifier à l'inspecteur des installations classées des dispositifs mis en œuvre et de leur efficacité pour utiliser ces résultats.

$$E_{\text{contrôlée}} = E_{\text{corrigée}} \cdot (1 - Fa/100)$$

E<sub>contrôlée</sub> : Émission contrôlée pour une taille spécifique (kg)

E<sub>corrigée</sub> : Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg) corrigée en retirant les jours de pluie

Fa = Facteur d'abattement (%).

Type de particules	Emissions Corrigées	Unité des émissions	Fa	Unité Fa	Emissions	Unité des émissions
TSP	15 204	kg	85	%	2 281	kg
PM-10	2 918	kg	85	%	438	kg



## 9.4 Annexe 4 – Fiche AP42 : Calcul du facteur d'émission de la Manipulation et de la Mise en stock des produits et des émissions annuelles

### Objet de l'onglet :

- 1 - Calculer le facteur d'émission par taille de particule d'une tonne de matériau déplacé. =>2) FE ci-dessous
- 2 - Pour chaque type de particule (TSP et PM-10), calculer les émissions dues à la manipulation et la mise en stock des produits sur une année. =>3) E ci-dessous

### 1) Données à entrer pour le site

#### a) Tonnage de matériaux stockés

Variable	Valeur	Unité
Quantité totale de produits stockés à l'extérieur (hors stockage sous silo ou hangar) sur l'année	197 043	tonnes

#### b) Taux d'humidité des matériaux stockés

Indiquer quel est le taux d'humidité (%) moyen des stocks en extérieur. Etre en mesure de justifier ce taux. Si ces données ne sont pas disponibles sur le site, choisir entre les deux valeurs ci-dessous.

Taux d'humidité en %	
Moyenne	
Pour les carrières de roches massives et les carrières alluvionnaires hors d'eau	2
Pour les carrières de roches alluvionnaires en eau	6

Source : Données professionnelles validées par la DREAL

Variable	Valeur	Unité
Taux d'humidité moyen des stocks	2.0	%

#### c) Vitesse moyenne du vent sur l'année

Où trouver cette information ?

Il faut faire la moyenne sur 12 mois des valeurs moyennes mensuelles des vents indiquées dans les rapports annuels des relevés de plaquettes.

Variable	Valeur	Unité
Vitesse moyenne du vent sur l'année	13.07	m/s

Attention à l'unité demandée.

### 2) Calcul du Facteur d'Emission dû au stockage et à la manipulation des stocks, par type de particule

$$FE = k * 0,0016 * [(V/2,2)^{1,3} / (M/2)^{1,4}]$$

FE = facteur d'émission pour une taille spécifique (Kg/Tonne de matériau déplacé)

V = vitesse moyenne du vent (m/s)

M = humidité du matériau (%)

k = constante définie ci-dessous

Type de particules	Multiplicateur de la dimension granulométrique k	FE	Unité du FE
TSP	0.74	0.01200	kg/tonne de matériau déplacé
PM-10	0.35	0.00568	kg/tonne de matériau déplacé

Source : Chapitre 13.2.4 du document AP-42 (Final report, November 2006)

### 3) Evaluation des émissions de TSP et PM-10 sur une année civile

#### **E = FE\*Tonnes de matériaux déplacés**

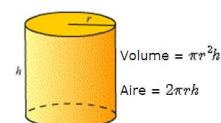
E = Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg)

Par convention, il a été choisi de multiplier par 2 le tonnage des produits mis en stock en extérieur (a) car ils sont déplacés au moins 2 fois : pour la mise en stock et pour le chargement client ou un déstockage.

Type de particules	FE	Unité du FE	Emissions	Unité des émissions
TSP	0.01200	kg/t	4 729	kg
PM-10	0.00568	kg/t	2 237	kg

## 9.5 Annexe 5 – Fiche AP42 : Calcul du facteur d'émission de l'Erosion Eolienne sur les stocks des émissions annuelles

Cylindre droit.



Cône tronqué



$V$  : volume  
 $A_{lat}$  : aire latérale  
 $r, r'$  : rayons  
 $a$  : apothème  
 $h$  : hauteur

$$V = \frac{\pi(r^2 + r'^2 + rr')h}{3}$$

$$A_{lat} = \pi(r + r')a$$

source de la donnée

Relevé géomètre décembre 2011

Dénomination	périmètre médian	h (m)	r' (m)	r (m)	a	Surface latérale	Surface supérieure
0/10 primaire	58.4	3.03	0	8	8.55	499.59 m²	0.00 m²
0/20	81.2	8.45	10.6	16	10	814.28 m²	73.00 m²
0/10 stock 2	64.4	3.68	7.8	11	4.88	314.06 m²	102.00 m²
0/4	39.7	3.55	0	6.1	7.06	280.19 m²	37.00 m²
0/80 chaulé	62.6	5.17	0	5.7	7.7	481.73 m²	111.00 m²
0/2	98.6	2.66	5	12	7.49	738.35 m²	114.00 m²
						3128.21 m²	437.00 m²
						<b>3565.21 m²</b>	

Objet de l'onglet :

- 1 - Calculer le facteur d'émission dû à l'érosion éolienne par taille de particule d'un m2 de surface de stock. =>2) FE ci-dessous
- 2 - Pour chaque type de particule (TSP et PM-10), calculer les émissions dues à l'érosion éolienne sur la surface de tous les stocks sur une année. =>3) E ci-dessous
- 3 - Pour chaque type de particule (TSP et PM-10), calculer les émissions dues à l'érosion éolienne sur la surface de tous les stocks sur une année et avec des dispositifs efficaces d'abattage. =>4) Econtrôlée ci-dessous

1) Données à entrer pour le site

Surface moyenne des stocks exposée à l'érosion éolienne

Il s'agit d'indiquer quelle est la surface moyenne des stocks avec du 0-D exposée au vent, quelque soit sa direction. Cette information est à faire mesurer éventuellement par un géomètre.

Variable	Valeur	Unité
Surface des stocks exposés au vent	3565.2	m2

Z : Hauteur de l'anémomètre d'où sont tirées les données météo (vitesses max du vent)

Variable	Valeur	Unité
Z : Hauteur de l'anémomètre	9.0	m NGF

Pluie ou non chaque jour de l'année et la plus grande vitesse du vent par jour sur une année = Vmaxjour

Indiquer pour chaque jour de l'année s'il a plu ou non : noter 0 s'il n'a pas plu et 1 s'il a plu. On considère que s'il pleut, le potentiel d'érosion est nul.

Copier-coller pour chaque jour de l'année la plus grande vitesse de vent enregistrée en m/s dans le tableau ci-dessous.

Chaque case correspond à un jour de l'année civile. Conserver à disposition les données météo d'origine.

Variable	Variable	Variable	Unité	Calcul de Vi	Calcul de Vi - Vréf	Calcul de Pi
Jour de l'année	Pluie ce jour là : 0 = pas de pluie 1 = pluie	Vitesse de pointe max du vent pour ce jour : Vmaxjour	m/s	m/s	m/s	g/m2
1	0	8.20	m/s	0.44	0.00	0.00
2	0	11.60	m/s	0.62	0.08	2.34
3	1	8.90	m/s	0.47	0.00	0.00
4	1	8.70	m/s	0.46	0.00	0.00

.....

362	0	10.10	m/s	0.54	0.00	0.00
363	0	29.00	m/s	1.55	1.01	84.07
364	0	18.80	m/s	1.00	0.46	24.03
365	0	8.30	m/s	0.44	0.00	0.00
<b>Total</b>	63 j. de pluie				$\sum Pi$	<b>2 638.64</b>
<b>Moyenne</b>		12.58 m/s			$\sum Pi$ - les WE	<b>1 884.74</b>

## 2) Calcul du Facteur d'Emission dû à l'érosion éolienne, par type de particule

Par convention et en accord avec les services de la DREAL, il a été considéré que :

\* les stocks sont modifiés ou manipulés tous les jours, donc le potentiel d'érosion est calculé pour chaque jour de l'année. Pour prendre en compte les week-end, où il n'y a pas d'activité sur les stocks, on prend 5 / 7 de la somme totale des potentiels d'érosion quotidiens.

\* la vitesse limite de frottement, à partir de laquelle les particules commencent à s'envoler, est de **Vréf = 0,54 m/s** (hypothèse majorante dans les données disponibles de la base AP-42, car il n'existe pas de donnée pour la profession).

\* le rapport entre la hauteur et la base du tas est inférieur à 0,2. Ce qui donne  $V_i = 0,053 * V(10)$

$$FE = k * \sum Pi$$

FE = facteur d'émission pour une taille spécifique (g/m<sup>2</sup>)

$\sum Pi$  = Somme des Potentiels d'érosion quotidiens

k = constante définie ci-dessous

$$Pi = 58 * (Vi - Vréf)^2 + 25 * (Vi - Vréf)$$

Pi = Potentiel d'érosion pour un jour (g/m<sup>2</sup>)

Vi = Vitesse calculée pour ce jour à une hauteur de 10 m (m/s)

Vréf = 0,54 m/s

Pour information :  $Vi = 0,4 * (V_{maxjour} / \ln(Z / 0,005))$

car  $Vi = 0,053 * V(10)$  et  $V(10) = V_{maxjour} * (\ln(10/Zo) / \ln(Z/Zo))$  avec  $Zo = 0,005$  m

Type de particules	Multiplicateur de la dimension granulométrique k	FE	Unité du FE
TSP	1	<b>1 884.74215</b>	g/m <sup>2</sup>
PM-10	0.5	<b>942.37108</b>	g/m <sup>2</sup>

Source : Chapitre 13.2.5 du document AP-42 (Final report, November 2006)

## 3) Evaluation des émissions de TSP et PM-10 dues à l'érosion éolienne sur une année civile

$$E = FE * Surface \text{ des stocks}$$

E = Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg)

Type de particules	FE	Unité du FE	Emissions	Unité des émissions
TSP	<b>1884.74215</b>	g/m <sup>2</sup>	<b>6 719</b>	kg
PM-10	<b>942.37108</b>	g/m <sup>2</sup>	<b>3 360</b>	kg

## 4) Evaluation des émissions de TSP et PM-10 dues à l'érosion éolienne sur une année civile, avec des dispositifs de lutte contre les émissions de poussières

En accord avec la DREAL PACA, un **facteur d'abattement de 85%** est appliqué sur les émissions **si des dispositifs d'abattage efficaces sont mis en œuvre** sur le site.

Il faudra justifier à l'inspecteur des installations classées des dispositifs mis en œuvre et de leur efficacité pour utiliser ces résultats.

$$E_{contrôlée} = E * (1 - Fa / 100)$$

E<sub>contrôlée</sub> : Émission contrôlée pour une taille spécifique (kg)

E : Émission non contrôlée pour une taille spécifique (kg)

Fa = Facteur d'abattement (%).

Type de particules	Emissions Corrigées	Unité des émissions	Fa	Unité Fa	Emissions	Unité des émissions
TSP	<b>6 719</b>	kg	<b>85</b>	%	<b>1 008</b>	kg
PM-10	<b>3 360</b>	kg	<b>85</b>	%	<b>504</b>	kg

## 9.6 Annexe 6 – Fiche AP42 : Evaluation globale

L'évaluation globale tient compte des facteurs d'émissions et des émissions annuelles pour les TSP et les PM10 en intégrant les différentes activités :

- Pistes non revêtues
- Pistes non revêtues corrigé avec les précipitations
- Pistes non revêtues avec abatage
- Pistes revêtues
- Pistes revêtues corrigé avec les précipitations
- Pistes revêtues avec abatage
- Stockage et manipulation
- Erosion éolienne
- Erosion éolienne avec abatage

### Bilan de l'évaluation selon la méthode américaine AP-42

#### Poussières totales en suspension (TSP)

	Pistes non revêtues	Unité	Pistes non revêtues, corrigé avec la pluie	Unité	Pistes non revêtues, avec abatage	Unité	Pistes revêtues	Unité	Pistes revêtues, corrigé avec la pluie	Unité	Pistes revêtues, avec abatage	Unité	Stockage et Manipulation	Unité	Erosion éolienne	Unité	Erosion éolienne, avec abatage	Unité	Emissions totales de TSP pour l'année en kg	Emissions totales de TSP sans la pluie pour l'année en kg	Emissions totales de TSP avec abatage pour l'année en kg
Facteur d'émission	3.05834	kg/kV	3.05834	kg/kV	3.05834	kg/kV	0.62621	kg/kV	0.62621	kg/kV	0.62621	kg/kV	0.01200	kg/tonne de matériau déplacé	1884.74215	g/m2	1884.74215	g/m2			
Emissions pour l'année	70 456	kg	58 295	kg	8 744	kg	15 890	kg	15 204	kg	2 281	kg	4 729	kg	6 719	kg	1 008	kg	97 795	84 948	16 762

#### PM-10

	Pistes non revêtues	Unité	Pistes non revêtues, corrigé avec la pluie	Unité	Pistes non revêtues, avec abatage	Unité	Pistes revêtues	Unité	Pistes revêtues, corrigé avec la pluie	Unité	Pistes revêtues, avec abatage	Unité	Stockage et Manipulation	Unité	Erosion éolienne	Unité	Erosion éolienne, avec abatage	Unité	Emissions totales de PM-10 pour l'année en kg	Emissions totales de TSP avec la pluie pour l'année en kg	Emissions totales de TSP avec abatage pour l'année en kg
Facteur d'émission	0.88681	kg/KV	0.88681	kg/KV	0.88681	kg/KV	0.12020	kg/KV	0.12020	kg/KV	0.12020	kg/KV	0.00568	kg/tonne de matériau déplacé	942.37108	g/m2	942.37108	g/m2			
Emissions pour l'année	20 430	kg	16 903	kg	2 536	kg	3 050	kg	2 918	kg	438	kg	2 237	kg	3 360	kg	504	kg	29 076	25 418	5 714



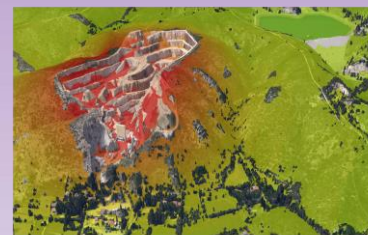
## 9.7 Annexe 7 – Fiche AP42 : Hypothèses DREAL PACA

- Il faudra justifier de la pertinence de la station météo choisie pour le site (distance par rapport à la carrière, pertinence par rapport au climat local...).
- Il faudra conserver et justifier de toutes les données entrées pour le site (kilométrage, abattage de poussières, nombre de jour de pluies...).
- Les paramètres limitants d'utilisation des formules de calcul de la base de données américaine ne sont pas à prendre en compte.
- Les routes revêtues comprennent les routes traitées en enrobé et les routes en béton.
- Les routes non revêtues comprennent les routes traitées avec un bicouche, les pistes...
- **Infos et Véhicules sur site : Les engins à chenilles et les véhicules légers ne sont pas pris en compte.**
- Infos et Véhicules sur site : Les petits clients étant difficiles à prendre en compte, l'hypothèse pour calculer le poids moyen des véhicules clients circulant sur site est que toute la production vendue est transportée par des semis.
- Infos et Véhicules sur site : Les jours de pluies sont à prendre en compte pour corriger les émissions, quelque soit la quantité de pluie tombée. Dans la base de données américaine, il faut compter les jours où il est tombé plus de 0,254 mm d'eau.
- Pistes revêtues ou non : Les émissions calculées sont corrigées quand la formule existe par la prise en compte des jours de pluies de l'année.
- Pistes revêtues ou non : Les teneurs en limon des pistes revêtues ou non proposées sont des moyennes des données issues de la base de données américaine.
- Pistes revêtues ou non et Erosion éolienne : Les émissions sont réduites de 85 % si l'exploitant est capable de justifier de la mise en œuvre efficace de dispositifs d'abattage des poussières sur les pistes revêtues ou non et sur les stocks.
- Pistes revêtues ou non et Erosion éolienne : Ce facteur d'abattement de 85% a été choisi par rapport aux données contenues dans le BREF : "Prévention et réduction intégrées de la pollution : Document de référence sur les meilleures techniques disponibles en ce qui concerne les émissions dues au stockage - Janvier 2005". Ce document indique que si la pulvérisation s'effectue avec de l'eau, le rendement estimé est compris entre 80 et 98%.
- Stockage et Manipulation : Seuls les produits mis en stock à l'extérieur (càd hors silo et hangar) sont à prendre en compte pour évaluer les émissions dues à la manipulation et la mise en stock.
- **Stockage et Manipulation : Le taux d'humidité des matériaux est issu des données des exploitants de l'UNICEM car la base de données américaine ne propose pas de valeur adaptée à la profession. Les exploitants qui possèdent une information plus pertinente pour leur site, peuvent utiliser cette donnée, en la justifiant.**
- Stockage et Manipulation : Il est considéré que les stocks sont manipulés deux fois (mise en stock et reprise au chargeur).
- Erosion éolienne : La vitesse limite de frottement, à partir de laquelle les particules commencent à s'envoler, n'est pas indiquée pour les carrières dans la base de données américaine. L'hypothèse majorante dans les données disponibles de la base AP-42 est de 0,54 m/s. C'est cette valeur qui a été choisie comme référence.
- Erosion éolienne : Afin de simplifier les calculs, il a été choisi d'appliquer la formule correspondant à l'hypothèse où les stocks ont une hauteur faible (rapport hauteur sur base > à 0,2) soit :  $V_i = 0,053 * V(10)$ .
- **Erosion éolienne : La surface des stocks à prendre en compte pour l'évaluation des émissions dues à l'érosion éolienne est la surface moyenne des stocks avec du 0-D exposée au vent, quelque soit sa direction.**
- **Erosion éolienne : S'il pleut, le potentiel d'érosion est nul.**
- **Erosion éolienne : Durant les week-end, les stocks ne sont pas manipulés. Il n'est donc pas nécessaire de calculer le potentiel d'érosion ces jours là. Pour faciliter le remplissage des données, les facteurs d'émission sont calculés sur 5 / 7 de la somme totale des potentiels d'érosion quotidiens de l'année.**



## CARRIÈRES : MODELISATION DU TRANSPORT DES PARTICULES EN SUSPENSION

- Deux carrières de calcaire ont été analysées : l'une à Salon de Provence (GSM granulats) et l'autre à Marseille St. Marthe (Bronzo-Perasso).
- Pour les deux carrières étudiées : l'impact relatif à la qualité de l'air est limité aux abords des carrières. Impact géographique est restreint.
- De forts gradients de concentrations en PM10 et PM2.5 sont observés et modélisés de part et d'autre des limites des deux carrières. Dans le cas présent, l'influence de l'activité industrielle est située dans la zone des 200 m aux abords des deux carrières investiguées.
- Les concentrations en PM2.5 enregistrées aux points d'expositions (situation aval) sont inférieures aux valeurs limites dans les observations et dans les modélisations.
- Les concentrations en PM10 atteignent les valeurs limites aux centres des carrières.
- L'exposition des populations riveraines des deux carrières étudiées semblent réduite après la zone des 200 m.
- Les concentrations modélisées avec ADMS et avec les seuls facteurs d'émissions CITEPA 2010, CITEPA 2014 et AP42 ne permettent pas de reproduire les observations en proximité des carrières. L'ajout d'une pollution de fond est indispensable pour simuler avec succès les concentrations mesurées.
- En situation de proximité (centre des carrières), les concentrations modélisées avec ADMS à l'aide des émissions calculées avec les facteurs d'émissions CITEPA 2010 semblent plus proches des observations.



**AirPACA**  
QUALITÉ DE L'AIR

[www.airpaca.org](http://www.airpaca.org)

### Siège social

146, rue Paradis  
« Le Noilly Paradis »  
13294 Marseille Cedex 06  
Tél. 04 91 32 38 00  
Télécopie 04 91 32 38 29

### Établissement de Martigues

Route de la Vierge  
13500 Martigues  
Tél. 04 42 13 01 20  
Télécopie 04 42 13 01 29

### Établissement de Nice

333, Promenade des Anglais  
06200 Nice  
Tél. 04 93 18 88 00  
Télécopie 04 93 18 83 06

