

PACTES – BMP

Particules Atmosphériques dans le Bassin Minier de Provence :

Caractérisation, Toxicité, Evaluation par la Société

17 Décembre 2013

Projet réalisé par CNRS - AMU – Convention 0974C0260

Coordonnées de l'organisme :

Yves NOACK – CEREGE, UMR 7330 CNRS-AMU, BP 80, 13545 AIX en Provence Cedex

Thierry ORSIERE – IMBE, UMR 7263 CNRS-AMU, BP 80, 13009 MARSEILLE

Daniel BLEY – ESPACE, UMR 7300 CNRS-AMU, BP 80, 13545 AIX en Provence Cedex

Coordination technique : Emmanuel FIANI – Service entreprises et éco-technologies
– Direction productions et énergies durables – ADEME (Angers)



SYNTHESE



En partenariat avec : Ciments Lafarge, Rio Tinto Alcan, EON-SNET et la Communauté du Pays d'Aix

REMERCIEMENTS

Financiers

- ADEME
- Ciments Lafarge
- Rio Tinto Alcan
- E.ON – SNET
- Communauté du Pays d'Aix
- ECCOREV, FR 3098

Comité de pilotage :

G. Barret, CPA
J-C. Blais, Ville de Fuveau
P. Boeglin, ADEME
H. Clerc, Ville de Trets
E. Fiani, ADEME
R. Girard, Ville de Meyreuil
F. Lemercier, Ciments Lafarge
C. Sales, CPA
S. Seropian, SNET-E.On
P. Thibault, Alteo

Participants :

CEREGE : Y. Noack, H. Miche, B. Angeletti, C. Leoni, O. Hammard, A. Lemhedi, A. Bouaouz, A-C. Marquez

IMBE : A. Botta, T. Orsière, A. Bonnefoy, S. Plumejeaud, V. Tassistro

ESPACE : S. Robert, D. Bley, N. Vernazza, C. Labeur, S. Capezza, Y. Kryzhanovskyy, A. Bennani

AirPACA : D. Robin, P. Lozano, G. Gille, D. Lozano, J. Soubise, C. Blouvac

Remerciements: Messieurs Lemercier, Seropian et Thibault pour respectivement les Cimenteries Lafarge, Alteo et la SNET, M. Girard à Meyreuil, M. Blais à Fuveau, Mme Clerc à Trets

La Mairie de Gardanne, le centre de tourisme de Gardanne, le Centre de Jeunesse de Gardanne, la Salle d'expositions de la galerie de Gardanne, le Service Culturel de la Mairie de Gardanne, Carole Darmon à la Mairie de Gardanne, Silvia Caramanna-Hernandez du Service Culture et Vie associative, la Médiathèque de Gardanne, et Aline Frosini, peintre gardannaise, Mme Cruveillier à Gardanne, et Mr Auric à Meyreuil.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Résumé | 4 |
| I Introduction | 5 |
| II Les sites d'étude | 6 |
| III Résultats de la caractérisation physico-chimique | 6 |
| IV Résultats de l'étude de cyto- géno-toxicité | 8 |
| V Étude de la perception de la qualité de l'air par les populations | 10 |
| VI Conclusion : les apports de l'interdisciplinarité | 11 |

Résumé

Le projet PACTES-BMP s'intéresse à un territoire urbano-industriel autour de la ville de Gardanne (Bouches du Rhône) et consiste en une caractérisation physico-chimique des particules sédimentables et inhalables (PM10 et PM2.5) émises par les principales sources industrielles et routières, une évaluation de la cytotoxicité et génotoxicité de la fraction PM2.5 ainsi qu'une évaluation de la perception par les populations riveraines de ces pollutions et du risque potentiel qu'elles présentent. Trois sites urbano-industriels (cimenterie, usine d'alumine et centrale thermique), un site de trafic routier et un site urbain ont été investigués lors de deux campagnes de mesure d'un mois chacune (été et hiver).

Les principaux résultats obtenus dans cette caractérisation physico-chimique des particules atmosphériques sont les suivants :

- en ce qui concerne les particules sédimentables, le site de Gardanne est de très loin le plus empoussiéré avec des particules composées essentiellement de phases alumineuses ;
- les concentrations en PM10 sont voisines de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un effet saisonnier sur certains sites ;
- pour les PM2.5, un effet saisonnier est clairement visible sur l'ensemble des sites, avec de plus fortes concentrations en hiver qu'en été ;

Une génotoxicité des PM2.5 susceptible d'induire la formation de micronoyaux a été observée sur chaque site et à chaque saison. Néanmoins, celle-ci peut être consécutive à des anomalies de répartition de chromosomes (aneugénie) ou à des lésions primaires de l'ADN qui engendrent des cassures double-brin (clastogénie). Les agents porteurs de ces dernières propriétés engendrent les lésions primaires à l'ADN les plus complexes. Leur réparation fait appel à des processus de recombinaison complexes, et la fidélité des réparations n'est pas toujours possible. L'impact saisonnier global semble relativement modéré lorsque l'on analyse l'ensemble des résultats. L'étude ne permet cependant pas d'établir ou de réfuter un lien entre ces résultats

L'étude de perception de la qualité de l'air, fait par enquête et questionnaires fait apparaître quelques tendances générales. Les personnes ont un sentiment de vivre dans une région très polluée, dont l'origine est attribuée à des sources locales ou plus lointaine selon les sites, avec un rôle assez important des conditions météorologiques. Ce sentiment peut varier en fonction des sites et des caractéristiques socio-démographiques (niveau d'instruction, ancienneté de résidence, ...), de la population concernée. Cette perception est très souvent basée sur l'association odeurs/poussières. Le lien avec la santé, et en particulier les allergies, est souvent mis en avant. Les industriels et l'État sont considérés comme les plus responsables, la responsabilité individuelle étant très rarement évoquée.

I Introduction

L'avis de l'AFSSET, en date du 23 Mars 2009, concernant la pollution par les particules dans l'air ambiant, a, s'il en était besoin, confirmé l'impact sanitaire important de ce type de pollution tant en milieu urbain qu'à proximité de sites industriels. Cet avis a mis en évidence :

- l'absence de seuil ;
 - la prépondérance de la chronicité de l'exposition;
 - les inégalités d'exposition aux particules en fonction des lieux d'habitats et de sensibilités particulières ;
- le manque de données sur les caractéristiques physico-chimiques et les impacts sanitaires potentiels des particules émises par des sources autre que la combustion.

Les recommandations qui en découlent sont l'abaissement de la valeur moyenne de la concentration particulaire, la prise en compte de la spécificité (en termes de santé ou de lieux de vie) de certains sous-groupes de la population et une sensibilisation du public et des décideurs à la problématique.

L'AFSSET indiquait très clairement que la réduction de l'exposition nécessite une meilleure connaissance des sources en termes de caractérisation physico-chimique et d'impact sanitaire, impliquant la mise en place de campagnes de mesure et de tests toxicologiques. La connaissance des sources, tant quantitativement que qualitativement, est absolument indispensable si l'on veut mettre en place des actions de réduction des émissions qui soient efficaces sur le plan sanitaire et supportable économiquement.

Entre Marseille et Aix-en-Provence, l'ancien Bassin Minier de Provence (BMP) constitue un territoire caractéristique des espaces péri-urbains où la question de la pollution de l'air se pose de manière prégnante. Cette situation résulte à la fois de particularismes locaux et de caractères propres à toutes les périphéries métropolitaines. A moins de 20 km des centre-villes d'Aix-en-Provence et de Marseille, la partie occidentale du bassin concentre une population grandissante et des zones d'emploi dynamiques, qui sont venues s'installer sur un espace historiquement marqué par la présence d'établissements industriels à fort impact environnemental. Traversé par plusieurs axes routiers majeurs, eux même générateurs de particules, ce territoire relativement restreint fait cohabiter des sources de pollution atmosphériques avérées et une population qui, soucieuse de qualité de vie, s'organise pour défendre ses intérêts.

Dans ce contexte, le corridor industriel constitué autour de l'axe Bouc-Bel-Air – Meyreuil représente une zone d'étude particulièrement intéressante. Structurée autour d'une route départementale à gabarit autoroutier, complétée par la ligne de chemin de fer Aix-Marseille, elle concerne directement 4 communes (Bouc-Bel-Air, Simiane-Collongue, Gardanne et Meyreuil) totalisant une population de plus de 45 000 habitants en 2009 (en augmentation de près de 10 % depuis 1999). Du Sud-Ouest en direction du Nord-Est, se succèdent sur environ 10 kilomètres : une cimenterie, une usine de production d'alumine et une centrale électrique thermique au charbon. Ces établissements se situent à proximité, sinon au sein même, de zones d'habitations et d'équipements sportifs, d'espaces commerciaux, etc.... La station d'AirPACA située dans le centre de Gardanne et à proximité immédiate de l'usine d'alumine enregistre, en 2008, d'une part un niveau moyen de PM10 supérieur à la valeur limite annuelle ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au lieu de 40) et d'autre part un nombre de dépassements de la valeur limite journalière très au dessus de la réglementation (74 au lieu de 35). Très visibles dans le paysage et potentiellement générateurs de nuisances (particules, odeurs, bruits, ...), les industriels sont pointés du doigt mais leur impact effectif sur la santé des populations dans la zone n'est pas connu.

Le projet PACTES-BMP consiste en une caractérisation physico-chimique fine des particules inhalables (PM10 et PM2.5) émises par les principales sources industrielles et routières, une évaluation de leur cyto- et géno-toxicité ainsi qu'une évaluation de la perception par les populations riveraines de ces pollutions et du risque potentiel qu'elles présentent. Il vise à apporter aux populations et aux décideurs, une meilleure connaissance de la réalité objective et donc une meilleure approche du risque éventuel. Les résultats pourront alimenter le débat tripartite industriels-collectivités-populations en apportant des éléments d'information basés sur la mesure. Une meilleure connaissance des sources, tant en terme de caractérisation physico-chimique qu'en terme de toxicité, permettra également d'améliorer les modèles d'évaluation des contributions de source et d'exposition des populations à un risque donné.

Le projet se décompose en trois axes :

- la caractérisation physico-chimique des principales sources d'émissions
- la caractérisation des cyto- et géno- toxicités (globales et par composants) des particules

la perception de ces pollutions par les populations concernées et la confrontation avec la réalité de la mesure.

L'association et l'imbrication de ces trois axes constituent à la fois l'originalité et l'intérêt du projet proposé. Les associations caractérisation physico-chimiques et étude toxicologique sont assez fréquentes dans la littérature, mais le plus souvent avec une prédominance très forte de la partie toxicologique par rapport à la caractérisation, ce qui entraîne des impossibilités de conclure par manque de connaissance de base sur la nature même du composé supportant la toxicité. Par ailleurs, il n'existe pas ou très peu d'études confrontant la perception de la pollution et du risque avec la réalité de la mesure. Le Programme PRIMEQUAL-PREDIT, par exemple, a financé des recherches sur la qualité de l'air en ce qui concerne les mesures (Primequal-Predit, 2011) ou bien la perception (Primequal-Predit, 2009), mais toujours de façon indépendante.

L'ensemble du projet se situe dans la filiation des activités menées par l'Observatoire Homme-Milieu du Bassin Minier de Provence (OHM-BMP, CNRS-INEE) sur ce territoire.

II Les sites d'étude

Les emplacements des sites ont été définis de façon optimale en fonction de différents critères :

- topologie du site ;
- direction des vents dominants par rapport aux émetteurs visés ;
- contraintes logistiques (alimentation électrique, sécurité, accès).

Les cinq sites s'étalent d'Ouest en Est le long de la D6 (Fig. 1) :

- Le site de prélèvement S1 à Bouc-Bel-Air est situé sur le toit-terrasse de l'agence commerciale régionale des Ciments Lafarge, au Nord/Nord-Est des cheminées de l'usine, à environ 300 m des cheminées ; la carrière exploitée se trouve à environ 1 km au sud du point de prélèvement.

- Le site S2 à Gardanne, est à 200 m à l'Ouest de l'usine d'alumine, du côté des stocks de bauxite ; les préleveurs sont installés dans le jardin de la Maison du Droit, à côté de la station fixe d'AirPACA

- Le site S3 à Meyreuil est situé à l'Ouest de la centrale thermique, à environ 50 m de l'extrémité des tas de charbon, dans un endroit isolé du parking d'une entreprise.

- Le site S4, en bordure de la D6, est situé sur le terrain de la station d'épuration de Fuveau, à environ 10 m de l'axe de la route, à 200 m de l'autoroute A52 et 300 m de l'autoroute A8

- Le site S5 à Trets est situé sur le toit de la cantine de l'école Edmond Brun, à proximité du boulevard circulaire entourant le vieux village de Trets.

Sur chaque site, deux campagnes ont eu lieu, en Juillet 2010 et Janvier 2011, permettant le prélèvement de particules sédimentables, de PM10 et de PM2.5. Les analyses ont portées sur les flux ou concentrations de particules et leurs compositions minéralogiques et chimiques. Des prélèvements spécifiques de PM2.5 ont été réalisés pour l'étude de - géno-toxicité.

III Résultats de la caractérisation physico-chimique

Les principaux résultats obtenus dans cette caractérisation physico-chimique des particules atmosphériques sont les suivants :

- les particules sédimentables sont très présentes sur, le site de Gardanne ; elles sont essentiellement composées de phases alumineuses provenant de l'usine d'alumine et donnent cette couleur rouge au centre de Gardanne ; ces particules sont peu abondantes sur le site urbain de Trets tant en été qu'en hiver.

- les concentrations en PM10 sont voisines d'une saison à l'autre pour les trois premiers sites; le site de Fuveau présente une valeur élevée en hiver, avec un accroissement hiver/été de l'ordre de 25% ; sur le site de Trets, une concentration relativement basse est mesurée en été mais, par contre un accroissement sensible est enregistré de l'été à l'hiver ;

- pour les PM2.5, un effet saisonnier est clairement visible sur l'ensemble des sites, avec de plus fortes concentrations en hiver qu'en été, en particulier pour les sites de Gardanne (+86%), Meyreuil (+80%) et Trets (+108%) ; cette forte augmentation est un résultat nouveau auquel nous ne nous attendions pas ;

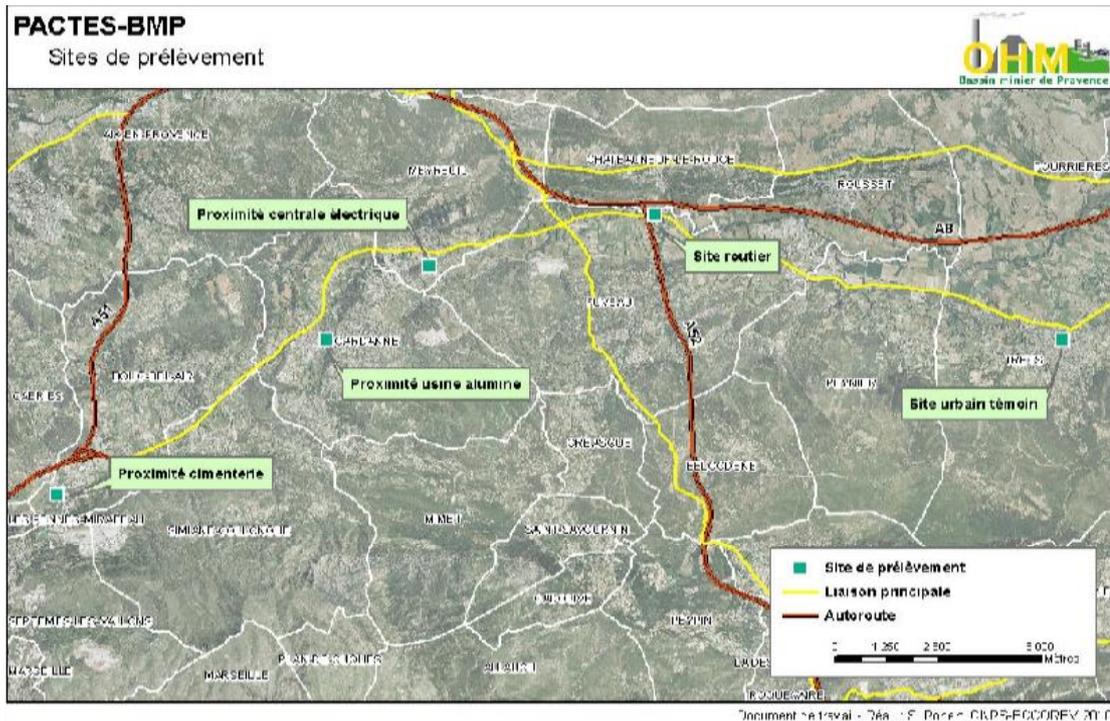


Figure 1 : position des différents sites d'étude

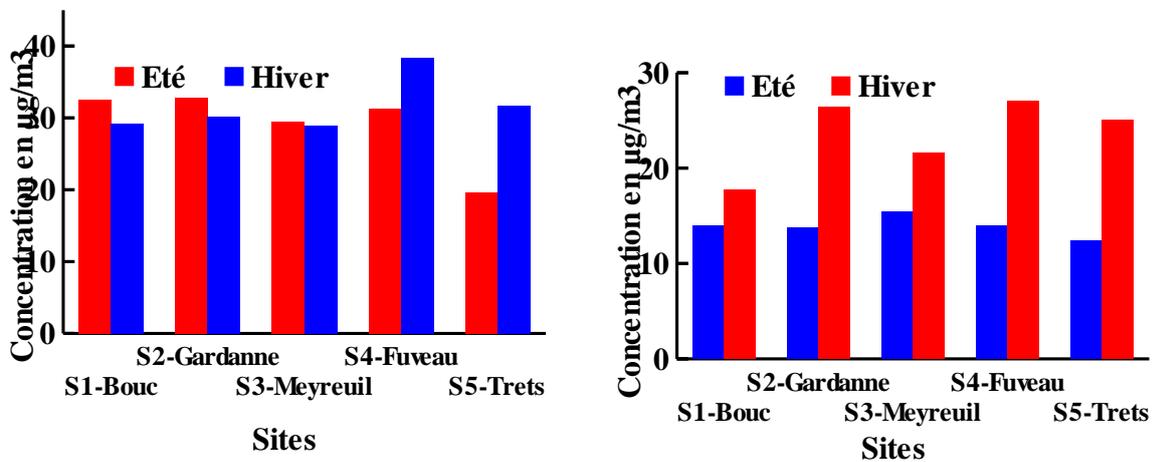


Figure 2 : Concentrations en PM_{10} (à gauche) et en $\text{PM}_{2.5}$ (à droite) pour les 5 sites et les 2 campagnes

- sur le site de Gardanne, si, comme attendu, il est indéniable que l'usine d'alumine a un contribution forte et majeure sur les niveaux de particules sédimentables, l'étude tend à montrer que celle-ci diminue avec la classe granulométrique des particules, sans doute remplacé par d'autres sources comme la remise en suspension de particules de sol ou générés par le secteur résidentiel ;
- pour les PM_{10} , l'objectif de qualité ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est quasiment atteint, sauf à Fuveau en hiver ; pour les $\text{PM}_{2.5}$, la valeur préconisée par l'OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est très loin d'être atteinte en hiver pour les sites urbains ou urbano-industriels ; pour les métaux réglementés (As, Cd, Ni et Pb), les valeurs limites sont parfaitement respectées ;
- les concentrations en HAP sont inférieures, d'un facteur 10 environ, à celles mesurées dans les sites urbains de Marseille ou Aix-en-Provence,; les concentrations sont plus élevées en hiver qu'en été, en

particulier pour les deux sites urbains de Gardanne et Trets où le B(a)P augmente d'un facteur similaire à celui des PM2.5.

IV Résultats de l'étude de cyto- géno-toxicité

Le test des micronoyaux a été réalisé consécutivement à l'incubation *in vitro* de fibroblastes de poumons humains en présence des fractions hydrophile et lipophile des PM2.5 obtenues lors des deux campagnes de prélèvements. Ce test a été couplé à la détermination du contenu en centromère des micronoyaux, ce qui nous permet de déterminer si les augmentations induites de micronoyaux sont consécutives à des cassures double-brin, ou à des anomalies de répartition des chromosomes lors de la mitose. Les cassures double-brin sont connues pour être induites par des agents clastogènes et l'exposition aux agents clastogènes est associée au risque de cancer. Les pertes de chromosomes entiers sont connues pour être induites par des agents aneugènes qui interagissent avec les structures protéiques cellulaires impliquées dans la disjonction, la ségrégation et la migration des chromatides au cours de la division cellulaire. Les agents clastogènes et aneugènes induisent respectivement des anomalies chromosomiques de structure et de nombre. La place exacte de la survenue des anomalies chromosomiques de nombre dans le développement tumoral reste sujette à discussion. Même si des hypothèses contradictoires sur les liens de causalité entre instabilité génétique et aneuploïdie sont émises les anomalies chromosomiques de nombre sont considérées comme survenant tardivement, au stade de l'instabilité chromosomique.

En terme de gestion du risque, la notion de dose seuil pour les génotoxiques directs tels que les clastogènes fait débat à l'heure actuelle. En effet, sur le plan conceptuel, une seule cassure double-brins d'ADN peut conduire à une mutation initiatrice. Cependant, de nombreuses études expérimentales chez l'animal tendent à démontrer que l'exposition prolongée à des niveaux de doses très faibles ne se traduit pas par des augmentations de tumeur.

Pour les génotoxiques indirects que sont les aneugènes, la notion de dose sans effet est communément admise. Les cibles moléculaires de ces aneugènes étant des protéines, en très grand nombre dans les cellules et avec un turn-over élevé, il est admis que des seuils d'innocuité peuvent être définis. En revanche, les clastogènes sont reconnus comme étant des agents susceptibles d'engendrer des lésions de l'ADN plus difficilement réparables en termes de fidélité de réparation. Dès lors, ces agents sont plus susceptibles d'induire, à terme, des initiations.

Il apparaît qu'une induction de micronoyaux est observée pour au moins l'une des phase/condition métabolique testée quel que soit le site et la saison. En revanche, dans certains couples site/saison, aucune activité clastogène n'est observée.

Cette information est représentée dans le tableau de synthèse I. Les colonnes intitulées « Génotoxicité » représente les interprétations issues de la détermination des fréquences de cellules micronucléées. Les colonnes intitulées « Clastogenèse » représentent les interprétations issues de la détermination des fréquences de micronoyaux acentromériques (MNC-). Les colonnes intitulées « Aneugenèse » représentent les interprétations issues de la détermination des fréquences de micronoyaux centromériques (MNC+). Une négativité dans une quelconque de ces colonnes est représentée en vert.

Une positivité en génotoxicité est représentée en gris, en clastogenèse en rouge, en aneugenèse en orange.

Une génotoxicité des PM2.5 susceptible d'induire la formation de micronoyaux a été observée sur chaque site et à chaque saison. Néanmoins, celle-ci peut être consécutive à des anomalies de répartition de chromosomes, à l'origine des micronoyaux centromériques (MNC+) ou à des lésions primaires de l'ADN qui engendrent des cassures double-brin à l'origine des micronoyaux acentromériques (MNC-). Les agents porteurs de ces propriétés sont considérés comme des clastogènes et ces derniers engendrent les lésions primaires à l'ADN les plus complexes. Du seul point de vue de la génotoxicité, une priorisation des actions de prévention pourrait être apportée aux sites/saison concernés par une positivité en clastogenèse.

| Sites | Été | | | Hiver | | |
|-------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|------------|
| | Génotoxicité | Clastogénèse | Aneugénèse | Génotoxicité | Clastogénèse | Aneugénèse |
| S1 | oui | non | oui | non | non | oui |
| S2 | oui | non | oui | oui | + | non |
| S3 | oui | ++ | oui | oui | ++ | oui |
| S4 | oui | +++ | oui | oui | + | non |
| S5 | oui | +++ | oui | oui | ++ | oui |

Tableau I : Synthèse des résultats de génotoxicité par site

Aux concentrations testées, aucune propriété clastogène des fractions particulières n'a été observé sur le site S1 ni en été, ni en hiver. Le site S2 ne présente qu'une faible activité clastogène en hiver et aucune en été.

L'impact saisonnier global semble relativement modéré lorsque l'on analyse l'ensemble des résultats. Nous notons toutefois que des propriétés aneugènes sont observées sur l'ensemble des sites l'été et sur 3 sites sur 5 en hiver. En revanche, des propriétés clastogènes sont observées sur 3 sites l'été et sur 4 sites l'hiver, mais la réponse sur 2 de ces 4 sites est relativement modérée en hiver.

Notons également que les résultats de génotoxicité positifs sur plusieurs sites ne permettent pas de conclure que les agents chimiques présents sur les particules sont exactement les mêmes quel que soit le site de prélèvement.

Il est également important de souligner que l'analyse ci-dessus ne tient aucunement compte des niveaux d'exposition. En effet, quelle que soit la concentration en particules obtenue le jour du prélèvement sur l'un des cinq sites, nous avons testé le potentiel des fractions hydrophile et lipophile à générer des dommages chromosomiques *in vitro* pour des concentrations identiques en quantité de matière récupérée après extraction en milieu hydrophile ou lipophile. Cette stratégie nous permet de pouvoir comparer la génotoxicité des particules à quantité de matière équivalente d'un site à l'autre ou d'une saison à l'autre. Il est donc tout à fait possible qu'une source de particules fines spécifiquement émises sur un site bien défini et exempt de propriétés génotoxiques masque, par effet de dilution, la génotoxicité des particules dont les sources sont communes à tous les sites.

Il est important de noter qu'il est difficile d'établir un lien entre nos résultats obtenus *in vitro* sur des fibroblastes de poumons humains et ce qui se produit dans les poumons après inhalation de particules PM_{2.5}. Les extrapolations des effets potentiels sur la santé humaine, suite à une étude *in vitro* voire *in vivo*, sont limitées pour diverses raisons :

- la fraction bio-disponible des PM_{2.5} n'est pas connue;
- une partie des molécules contenue dans les PM_{2.5} ne sont pas extractibles par des solvants organiques (métaux...);
- Il est impossible de déterminer la quantité de PM_{2.5} inhalée demeurant dans les poumons par rapport à la quantité éliminée. La clairance pulmonaire des particules peut varier en présence de réactions inflammatoires ou d'affections obstructives des voies aériennes (asthme, bronchite), par exemple.

Finalement, nous observons des variations dans les propriétés de génotoxicité au niveau des PM_{2.5} recueillies sur chacun des sites, et ces données, associées à l'ensemble des autres approches physico-chimiques et sociétales sont utiles pour informer le public de la nature des particules et de leurs potentiels

effets sur la santé. Par ailleurs, la nature génotoxique des PM2.5 confirment l'intérêt pour la santé des populations des stratégies de réduction des émissions particulaires mises en place ces dernières années en région PACA. Ces résultats, acquis sur les fractions hydrophile et lipophile issues des prélèvements de particules sur divers sites du Bassin Minier de Provence, devraient être utilement complétés par une analyse de la génotoxicité des particules elles-mêmes (sans séparer les fractions hydrophile et lipophile). En effet, des phénomènes d'additivité, d'antagonisme ou de synergie peuvent avoir lieu lorsque les cibles biologiques sont soumises à l'ensemble des espèces chimiques et au caractère particulière de ces polluants environnementaux. Enfin, une analyse conjointe de leur potentiel inflammatoire, de leur effet sur les mécanismes de réparation de l'ADN et sur les effets épigénétiques associés seraient autant d'éléments de réponses récents et précieux pour affiner les conclusions de cette étude.

V Étude de la perception de la qualité de l'air par les populations

Si pour beaucoup de scientifiques, la pollution atmosphérique est directement en rapport avec des phénomènes récents comme l'urbanisation massive et une industrialisation responsable d'émissions non contrôlées de particules dans l'atmosphère, pour les populations et en particulier pour les populations exposées ou susceptibles de l'être, l'image est plus brouillée, parce ce qu'elle ne repose pas sur des analyses scientifiques des composantes de l'atmosphère, mais sur un ensemble de connaissances et de perceptions sur leur environnement immédiat et quotidien.

Dans cet axe du projet, l'objectif est *d'identifier les perceptions des populations résidant dans les 5 sites d'études en matière de pollution en général et plus spécifiquement de pollution de l'air et de les confronter aux mesures effectuées sur les mêmes sites*. Nous tentons de comprendre d'où proviennent les perceptions, si elles évoluent, comment elles se traduisent dans les comportements individuels et collectifs. Notre analyse veut répondre à différents questionnements :

- Les populations ont-elles conscience que leur lieu de vie est pollué et quels sont les discours produits sur la qualité de l'air ?
- Comment les populations identifient, nomment et expliquent les différentes formes de pollution atmosphérique ?
- Les populations ont-elles conscience de risques pour leur santé ?
- En terme de prévention, quelles pratiques et attitudes les populations adoptent-elles ou seraient-elles prêtes à adopter dans leur vie quotidienne pour se prémunir des conséquences de la pollution atmosphérique ?

Que ce soit les entretiens réalisés dans l'ensemble des sites d'étude ou les résultats de l'enquête quantifiée sur les riverains des usines de Gardanne/Meyreuil, les perceptions sur la pollution de l'air font apparaître quelques tendances générales :

- Les personnes ont un sentiment de vivre dans une région très polluée, dont l'origine est essentiellement attribuée aux industries de Fos/Etang de Berre, et à l'usine d'alumine de Gardanne pour ce qui concerne les sources locales.
- Comme d'ailleurs en bien des domaines, le danger vient d'ailleurs, même s'il est modulé par la proximité des sources de pollution...
- Le rôle du climat est souvent avancé comme un déterminant assez fort de cette pollution, le vent l'amène et parfois l'éloigne, la saison en module l'intensité.
- Il ressort aussi, comme dans bien d'autres travaux, d'une part que les populations expriment un sentiment de fatalité face à la pollution ce qui explique leur faible niveau d'implication, d'autre part leur mise en accusation des acteurs, notamment de la faiblesse du rôle de l'État.
- Enfin, on retrouve aussi, parfois de façon même très prononcée, le lien que font les populations entre la pollution de l'air et l'impact sur leur santé.

Au-delà de ces tendances générales, on s'aperçoit cependant de perceptions différentielles selon le lieu de résidence :

- On note, parmi les cinq sites d'études, un premier clivage entre Trets où les personnes mettent en avant la qualité de vie d'un village sans pollution et les autres communes où existe une plainte à propos de la pollution.
- Mais on trouve aussi des différences entre les résidents de Meyreuil/Gardanne qui expriment une plainte forte à l'encontre des sites industriels de leurs communes (centrale thermique et usine d'alumine) et ceux de Bouc Bel Air qui ne formulent pas de plainte contre la cimenterie qui est implantée sur leur territoire.

- On trouve aussi des différences selon le poids respectif accordé aux sources de pollution. Les résidents de Meyreuil/Gardanne mettent en avant les sites industriels, alors que ceux de Bouc Bel Air considèrent que c'est le trafic routier qui est la première cause de pollution de l'air.

VI Conclusion : les apports de l'interdisciplinarité

L'idée de départ du projet PACTES-BMP était de mener une étude interdisciplinaire de la qualité de l'air sur un territoire d'étendue relativement restreinte, faisant étroitement cohabiter différentes sources de pollution atmosphérique avérées (industrie, trafic routier, résidentiel, agriculture, ...) avec une population confrontée à des mutations économiques et sociologiques. Le point central était la comparaison de la perception de la qualité de l'air par les populations voisines des sites étudiés et de l'idée qu'elles s'en faisaient avec la « réalité » de la mesure.

Le tableau II présente, de façon schématique, sous la forme d'une échelle à 3 ou 4 couleurs, les principaux paramètres évalués (PS, PM10, PM2.5, HAP, Génotoxicité, Perception) pour chaque site. La comparaison des différentes échelles montre clairement des disparités dans le classement des sites. Si les « indices » PS et Perception sont cohérents (Trets – Bouc – Meyreuil – Gardanne), ce n'est absolument pas le cas pour les autres paramètres. Chaque paramètre, pris isolément, donne une « vision » différente de l'importance de la pollution sur chaque site.

| | PS (g/m2/j) | | PM10 (µg/m3) | | PM2.5 (µg/m3) | | HAP | | Génotoxicité (PM2,5) | | | | Perception | |
|------------------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|--------|--------|--------|----------------------|-------|------------|--------|------------|--------|
| | Été | Hiver | Été | Hiver | Été | Hiver | Été | Hiver | Clastogenèse | | Aneugénèse | | | |
| | | | | | | | | | Été | Hiver | Été | Hiver | | |
| S1 (industriel) | Orange | Vert | Orange | Orange | Orange | Orange | Orange | Orange | Vert | Vert | Orange | Orange | Orange | |
| S2 (industriel et urbain) | Rouge | Rouge | Orange | Orange | Orange | Rouge | Vert | Orange | Vert | Rouge | Rouge | Orange | Vert | Rouge |
| S3 (industriel) | Orange | Vert | Orange | Orange | Orange | Rouge | Vert | Vert | Rouge | Rouge | Rouge | Orange | Orange | Orange |
| S4 (trafic) | Orange | Orange | Orange | Rouge | Orange | Orange | Vert | Vert | Rouge | Rouge | Rouge | Rouge | Orange | Vert |
| S5 (urbain) | Vert | Vert | Vert | Orange | Orange | Rouge | Orange | Rouge | Orange | Rouge | Rouge | Orange | Orange | Vert |

Tableau II : Synthèse des paramètres mesurés (intensité croissante du vert au rouge)

La figure 3 représente la relation entre le facteur perception en abscisse et les facteurs PS, PM2.5 en hiver et Génotoxicité d'autre part. Si le nom d'un site est au-dessus de la diagonale, c'est que les populations enquêtées sous-estiment l'importance objective de la pollution ; s'il est en dessous, c'est qu'elle le sur-estime.

Pour les particules sédimentables (PS), il existe une bonne relation entre les deux facteurs. Cette relation illustre le fait, bien montré dans l'étude de perception, que la population est très sensible à ce qui se voit et se sent. Beaucoup de personnes interrogées parlent des fumées et des odeurs et y associent une dangerosité, bien que cette relation soit souvent fautive et même dangereuse quand on la prend dans l'autre sens : on ne voit rien et ne sent rien, donc ce n'est pas dangereux (le mono-oxyde de carbone est invisible et inodore et fait pourtant des dizaines de victimes chaque année ; le gaz naturel est artificiellement aromatisé pour déceler sa présence). Pour Meyreuil, le sentiment de perception est encore renforcé par le paramètre bruit, souvent exprimé sur ce site.

A cette association vision-odorat se rajoute l'idée que la pollution est émise par les autres. Dans beaucoup d'entretiens, figure l'idée que la pollution vient d'ailleurs (industrie, trafic, ...) et que individuellement on ne peut pas faire grand-chose. Or, Trets, ville sans industrie et avec un trafic routier peu

important, considérée par ces habitants comme non polluée, correspond au site S5 pour lequel le taux d'accroissement des PM2.5 et des HAP entre l'été et l'hiver est le plus important.

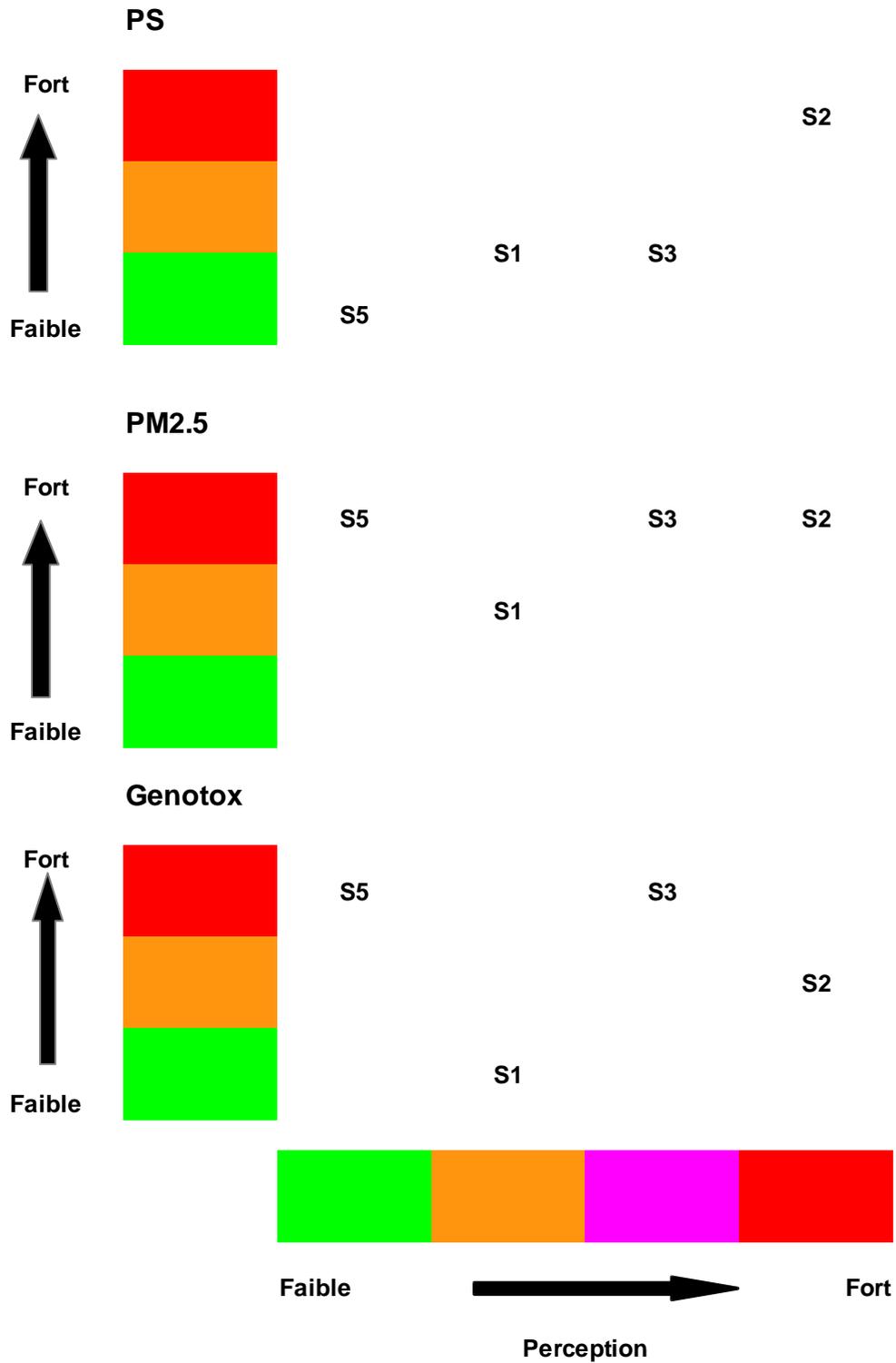


Figure 3 : Relation entre le paramètre « Perception » et les paramètres de mesure

Ces niveaux dans l'air ambiant pourraient être dus à des sources d'origines résidentielles (brûlage des végétaux, chauffage au bois), types de sources dont l'existence n'est pas évoquée par les personnes interrogées et sur laquelle il est relativement facile d'intervenir à titre individuel. A Gardanne, autre site urbain où ces taux d'accroissement sont également importants, ce hiatus mesure – perception est occulté par la présence des particules sédimentables qui sont le facteur essentiel à l'origine de ce sentiment de ville polluée.

La figure 3 met aussi en évidence que les résultats de génotoxicité des PM2.5, considérés dans cette étude comme un indicateur de dangerosité des particules (avec toutes les réserves et précautions exprimées plus haut), se distribuent selon les sites de façon similaire à ceux des concentrations de PM2.5, bien que ces deux paramètres soient indépendants.

La proposition de recherche qui a conduit au projet PACTES-BMP s'est appuyée d'une part sur le petit nombre d'informations disponibles sur ce territoire et d'autre part sur un certain nombre d'idées « pré-conçues » que nous souhaitons vérifier et valider :

- Gardanne, avec son site industriel imbriqué dans le tissu urbain, très visible dans le paysage, devait être l'endroit le plus pollué, le plus impactant en terme de santé, avec un rôle majeur de l'industrie ;
- à l'opposé, Trets, petite ville tranquille, sans sources industrielles, devait servir de site témoin, permettant de sortir le signal « urbain », considéré comme un bruit de fond ou un signal parasite, et donc de mieux caractériser le signal « industriel » ;
- de la même façon, le site de Fuveau a été choisi pour essayer d'avoir un signal « trafic routier » ;
- les deux autres sites industriels ont été choisis en complémentarité de celui de Gardanne ; si nous n'avions aucune information sur le site de la cimenterie à Bouc Bel Air, autour de la centrale thermique existait la seule contestation environnementale organisée.

En ce qui concerne les deux premiers axes (caractérisation et génotoxicité), les résultats obtenus montrent que nos idées de départ étaient erronées sur plusieurs points et que la « dangerosité » de ces pollutions particulières n'était probablement pas là où on l'attendait. Par rapport, à ce qu'on en savait au début du projet, l'étude sur la perception de la pollution par les populations riveraines n'a pas apporté de vraies surprises ; par contre, elle révèle une grande différence, voir même une opposition entre cette perception et les résultats de la mesure sur certains sites

L'intérêt de la démarche interdisciplinaire est, bien entendu, évident pour le chercheur scientifique mais elle apparaît également de la plus grande importance pour le décideur. Dans le cadre de ce projet, la seule prise en compte du volet « Caractérisation » ou du volet « Perception » amènerait à des prises de décision s'appuyant sur des données incomplètes, et à ce titre elles perdraient en efficacité. Cela ne ferait que renforcer le sentiment de fatalité et de mise en action des acteurs, très bien mis en évidence dans l'étude de perception.

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la triple tutelle du ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr