



Diagnostic de l'influence des émissions de poussières du site de stockage de Mange-Garri sur la qualité des milieux au voisinage du site

Présentation des résultats du rapport BRGM/RP-65735-FR de mars 2016



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Plan

- > **Contexte et objectifs**
- > **Matériels et méthodes**
- > **Résultats et interprétation**
- > **Conclusion**

Contexte et objectifs

> **Lettre de mission DGPR du 07/05/2015**

- ANSES, BRGM et IRSN
- Mener une « *évaluation indépendante du risque sanitaire actuel lié aux émissions de poussières [issues du site de stockage de Mange-Garri], sur la base de données disponibles ou à acquérir, ainsi que du risque sanitaire futur sur la base d'une analyse critique des études de l'exploitant* ».

> **Rapport BRGM/RP-65076-FR de septembre 2015**

- « Expertise des données sur les impacts liés aux poussières, contribution du BRGM au rapport commun ANSES, BRGM, IRSN »
- Défaut de données issues de mesures renseignant sur la qualité des sols autour du site ou sur les concentrations en particules et agents chimiques associés dans l'air au voisinage du site

Contexte et objectifs

> Objectif du diagnostic

- Améliorer les connaissances relatives à l'influence des poussières émises par l'exploitation du site de Mange-Garri sur la qualité des milieux d'exposition des populations riveraines
 1. Evaluer la dégradation éventuelle de la qualité des milieux d'exposition.
 2. Dans la mesure du possible, apprécier la contribution des émissions du site de Mange-Garri à ces dégradations

> Données acquises destinées à être intégrées dans une évaluation indépendante des risques sanitaires conduite par l'ANSES

Contexte et objectifs

Déclinaison en objectifs spécifiques

objectif 1 signatures	caractériser chimiquement et minéralogiquement les contributions potentielles du site de Mange-Garri
objectif 2 sols	caractériser l'influence des émissions de poussières issues de l'exploitation actuelle et passée du site de stockage de Mange-Garri sur la qualité des sols au voisinage de ce site
objectif 3 air ambiant	caractériser l'influence des émissions de poussières du site de Mange-Garri sur la qualité de l'air ambiant respiré par les riverains des communes de Gardanne et Bouc-Bel-Air
objectif 4 dépôts de poussières	caractériser l'influence des émissions de poussières du site de Mange-Garri sur les poussières qui se déposent chez les riverains

**> Une campagne d'investigations de terrain
contrainte dans le temps**



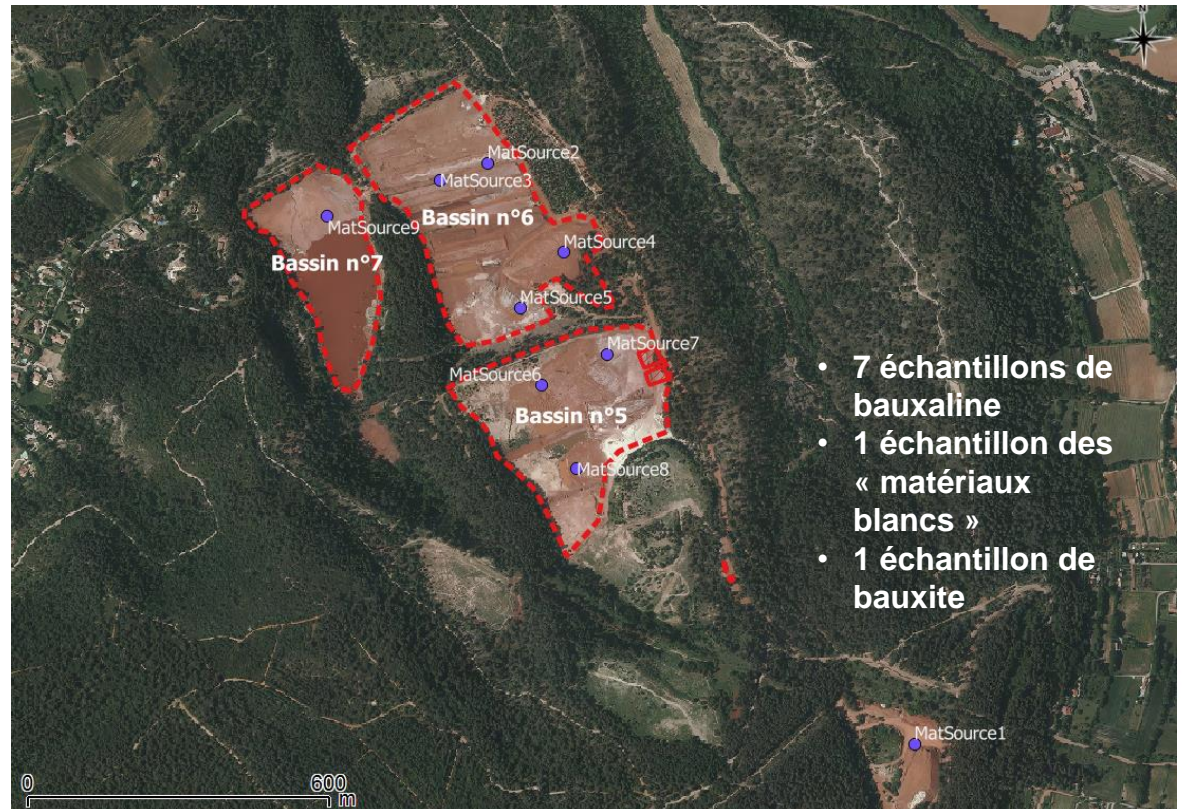
Matériels et méthodes

INVESTIGATIONS SUR SITE

INVESTIGATIONS AU VOISINAGE DU SITE

> Echantillonnage :

- des matériaux stockés sur le site de Mange-Garri
- des poussières (PM10) émises par la bauxaline stockée



Matériels et méthodes

INVESTIGATIONS SUR SITE

INVESTIGATIONS AU VOISINAGE DU SITE

- > **Prise en compte des 2 directions principales de vents :**
 - le Mistral (provenant du nord-ouest)
 - le Levant (provenant de l'est)

- > **Conditionnent la stratégie de positionnement des points de prélèvement**

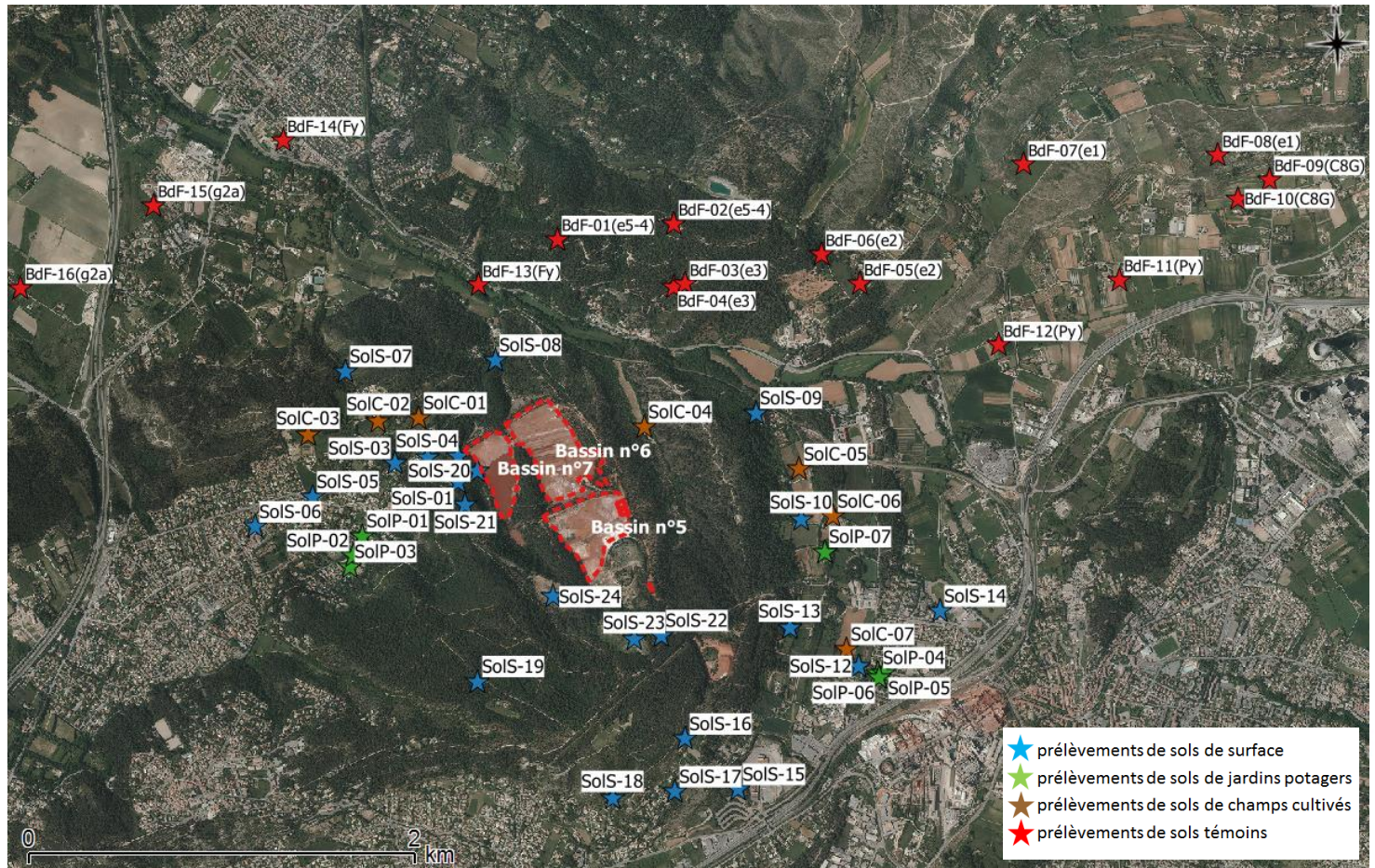
Matériels et méthodes

INVESTIGATIONS SUR SITE

INVESTIGATIONS AU VOISINAGE DU SITE

> Echantillonnage des sols de surface

- Prélèvements de 53 échantillons de sol



Matériels et méthodes

INVESTIGATIONS SUR SITE

INVESTIGATIONS AU VOISINAGE DU SITE

> 6 stations de prélèvement des poussières

- Chez des particuliers
- En amont et en aval éolien du site de Mange-Garri, compte tenu des deux directions principales de vent identifiées
- Poussières en suspension et sédimentables



Sous-traitance des prestations d'échantillonnage et d'analyse des poussières à 2 sociétés spécialisées : TERA ENVIRONNEMENT et BIOMONITOR

- ▲ Point de prélèvement de poussières retenu en condition de Levant
- ▲ Point de prélèvement de poussières retenu en condition de Mistral
- ▲ Point de prélèvement de poussières retenu en condition de Levant et/ou Mistral

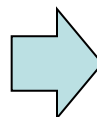
Matériels et méthodes

INVESTIGATIONS SUR SITE

INVESTIGATIONS AU VOISINAGE DU SITE

> Echantillonnage des poussières en suspension

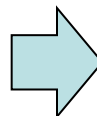
- Campagne de 4 à 5 semaines selon les stations en octobre/novembre 2015



Prélèvement automatisé de la fraction PM10 des particules toutes les 24 h

Préleveurs séquentiels bas débit sur filtres :
PARTISOLS PLUS

- 170 échantillons pour quantification des PM10 collectées
- 51 échantillons pour caractérisations chimiques
- 4 échantillons pour caractérisations minéralogiques



Suivi optique en continu des PM10 et PM2,5

Capteurs e-PM (EcoLogicSense)

Remarque : Sur la même période, prélèvements spécifiques par l'IRSN des poussières en suspension totales chez 2 riverains en vue d'une caractérisation radiologique

Matériels et méthodes

INVESTIGATIONS SUR SITE

INVESTIGATIONS AU VOISINAGE DU SITE

> Echantillonnage des poussières sédimentables

- Echantillonnage des poussières sédimentables sèches *via* des **plaquettes de dépôts**
- Echantillonnage des poussières sédimentables totales (sèches et humides) *via* **des jauges Owen**
- Prélèvement de particules déposées sur les **feuilles des arbres**



D3E / 3SP

Matériels et méthodes

INVESTIGATIONS SUR SITE

INVESTIGATIONS AU VOISINAGE DU SITE

> Mesures des conditions météorologiques

- > Enregistrement en continu pendant toute la durée de la campagne: précipitations, vitesse et direction du vent, température, humidité et pression
- > 2 stations météorologiques de part et d'autre du site de Mange-Garri
- > Les données acquises se sont avérées inexploitables (problème d'extraction des données)
- > Utilisation de données moins locales acquises sur 2 stations situées à 5,5 km (station d'Aix-en-Provence) et à 4,5 km (station Malet à Meyreuil)



Matériels et méthodes

INVESTIGATIONS SUR SITE

INVESTIGATIONS AU VOISINAGE DU SITE

> Programme de caractérisation

- Caractérisations chimiques selon un programme analytique complet des différents échantillons prélevés sur et au voisinage du site (matériaux stockés, sols, PM10 et poussières sédimentables)
- Micro-caractérisations au microscope électronique à balayage (MEB) sur les échantillons de PM10 et de poussières déposées à la surface des feuilles au voisinage du site

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

> Représentativité de la période de mesure

- Représentativité des conditions météorologiques
- Représentativité de l'empoussièrement

> Ces données ont été interprétées pour statuer sur :

- la qualité environnementale des milieux, par comparaison avec des valeurs de référence (bruit de fond, seuils d'anomalie, amont éolien) ou réglementaires (décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air notamment)
- l'influence du site de stockage de Mange-Garri et d'éventuelles autres sources émettrices de poussières sur la qualité des milieux, par analyse des signatures chimiques, impliquant notamment les Terres Rares et d'autres éléments traceurs

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

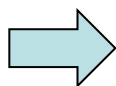
Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

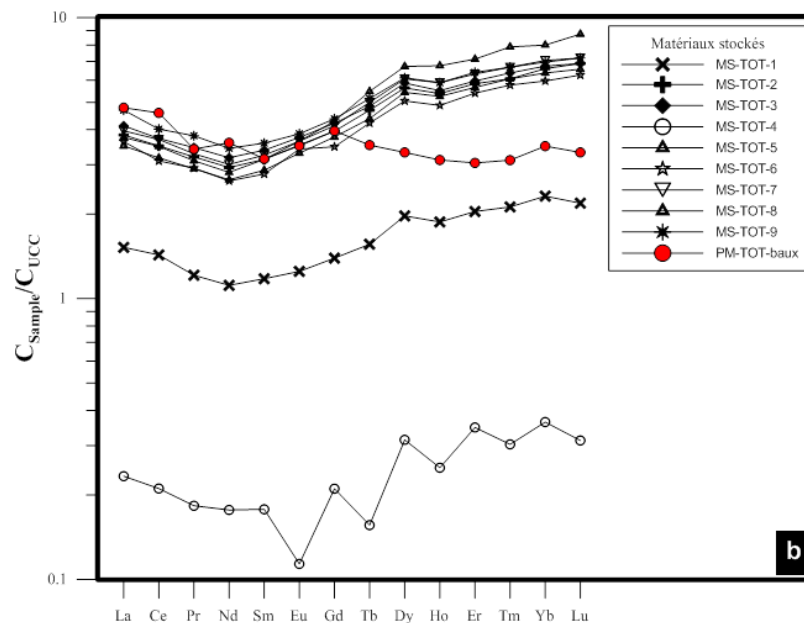
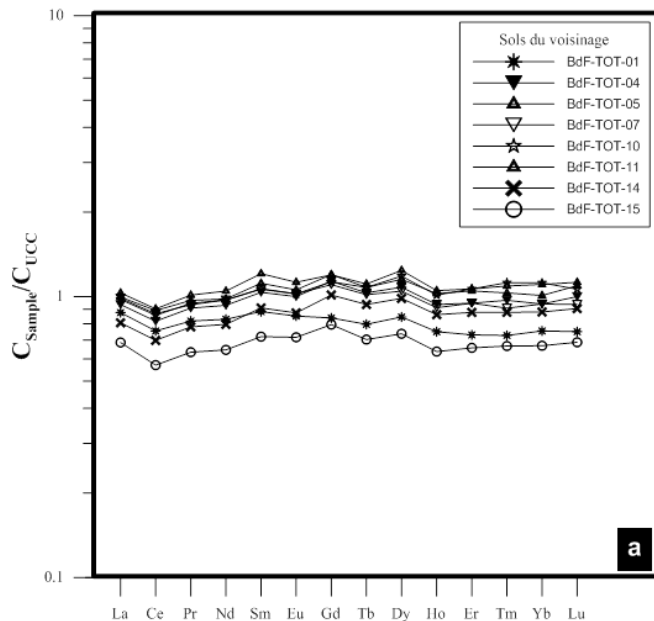
> Signatures chimiques

- Identification des éléments traceurs des différents matériaux stockés sur le site de Mange-Garri (bauxaline, bauxite et matériaux blancs) et des PM10 de bauxaline



Très bons traceurs de la bauxaline : **Ce, Cr, Fe, La, Na, Nd, Nb, Ti, V, Zr**

- Identification des spécificités des spectres en Terres Rares des différents matériaux stockés sur le site, des sols au voisinage du site et des PM10 de bauxaline



D3E / 3SP

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

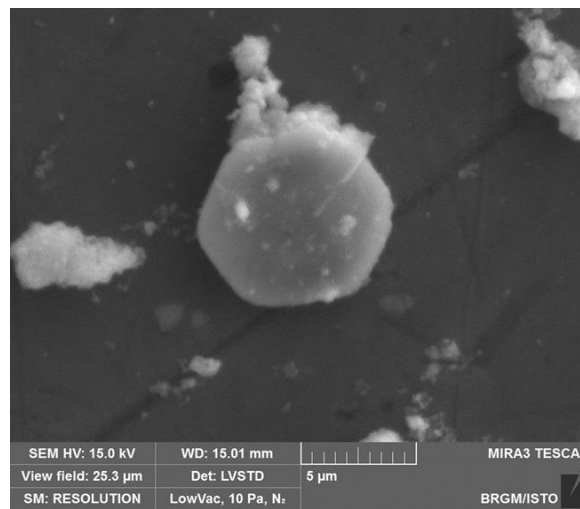
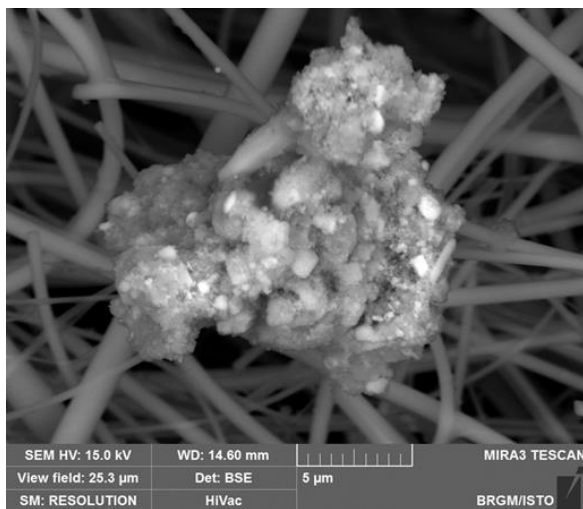
Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

> Signature minéralogique de Mange-Garri

- Identification de particules caractéristiques de la bauxaline



- > Par simplification : signatures chimiques et minéralogiques de la bauxaline et des PM10 de bauxaline => caractéristiques du site de stockage de Mange-Garri.

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

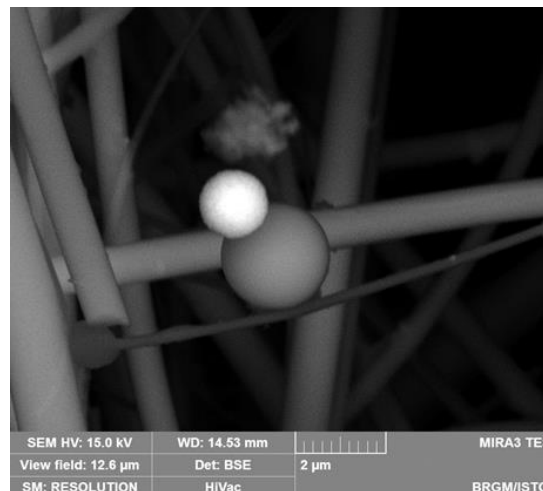
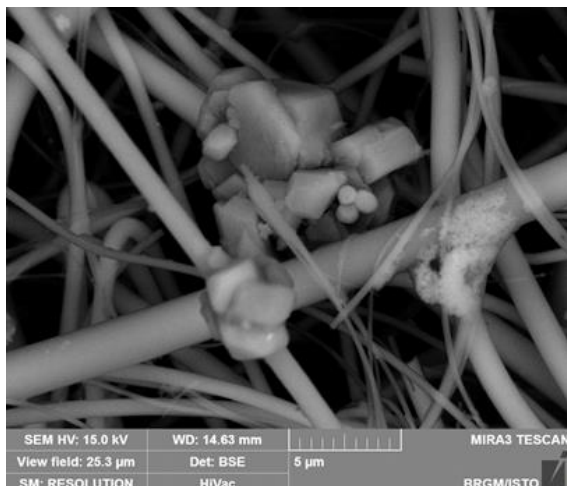
Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

> Signature minéralogique d'autres sources

- Abondance dans les PM10 du voisinage ou dans les dépôts saisonniers (feuilles d'arbres) :
 - des particules associées aux **activités industrielles locales** (cristaux d'alumine, « cendres volantes »)
 - des particules du **fond régional naturel** (particules de sols, d'aérosols marins, de carbonates de calcium, de gypse, etc.)



Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

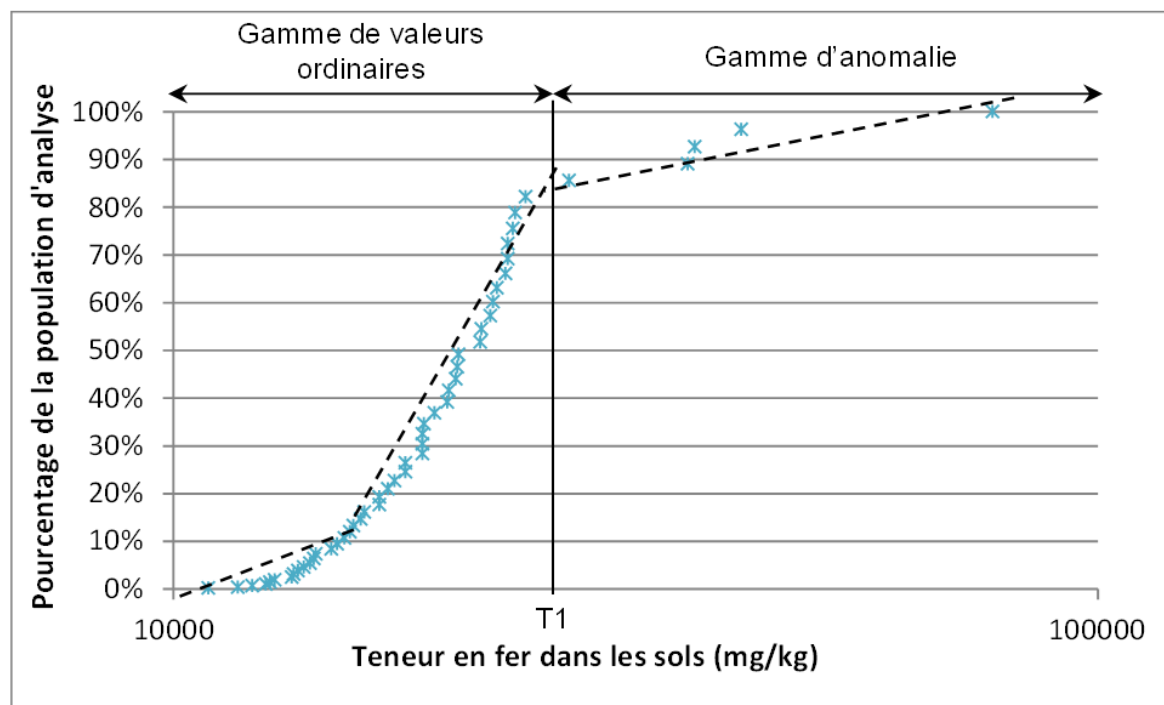
Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

> Méthodologie d'interprétation des résultats

- Identification et localisation des zones présentant des anomalies de teneurs dans les sols :
 - Définition d'une teneur de coupure pour chaque élément étudié



Géosciences pour une Terre durable

Jrgm

Résultats et interprétation

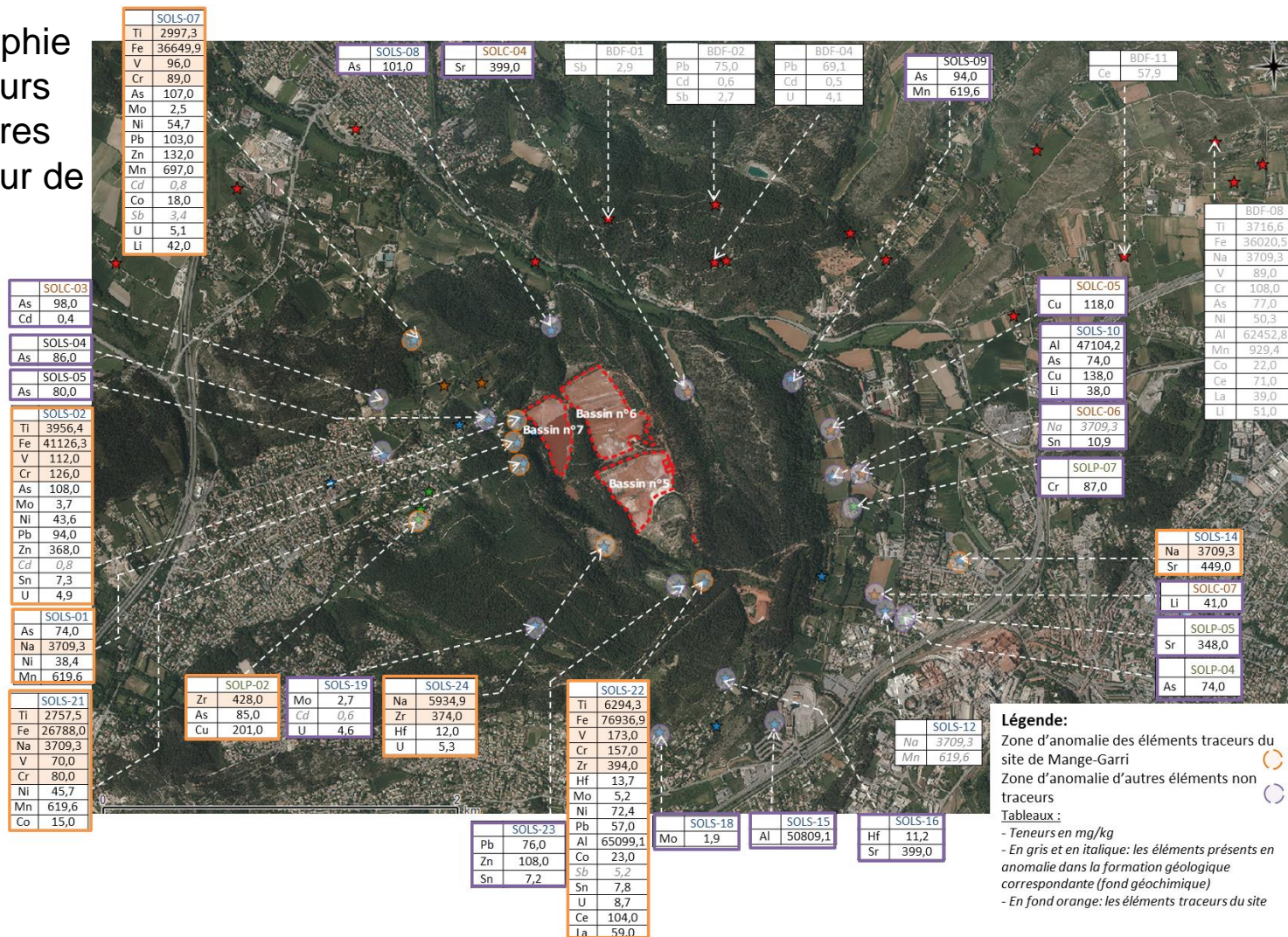
Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

— Cartographie des teneurs supérieures à la teneur de coupure



Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

- Evaluation de l'origine des anomalies: présence ou absence d'influence du site de Mange-Garri ?
 - Comparaison aux teneurs du fond géochimique
 - Répartition spatiale des anomalies par rapport au site de Mange-Garri
 - Analyse du profil des éléments présentant des anomalies de teneurs. Les éléments traceurs considérés sont les éléments très bons traceurs de la bauxaline identifiés par comparaison des teneurs mesurées dans la bauxaline avec les teneurs des sols du voisinage: Fe, Na, Ti, Cr, Nb, V et Zr

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

> Conclusions (1/2)

- Influence du site de Mange-Garri constatée dans les sols à proximité directe du site (distance de moins de 500 mètres)
- Environ 10 % des échantillons analysés concernés (5 échantillons parmi les 53 analysés)
- Deux zones distinctes :

— une zone située immédiatement à l'ouest du site, à usage résidentiel avec jardins privatifs et potentiellement potagers

— une zone située immédiatement au sud du site, dans le bois de Bouc-Bel-Air (lieu de promenade des riverains)



Légende:

Zone d'anomalie des éléments traceurs du site de Mange-Garri

Zone d'anomalie d'autres éléments non traceurs



Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

> Conclusions (2/2)

- Mise en évidence d'autres anomalies de teneurs en éléments traces (notamment en arsenic) dans les sols prélevés au voisinage du site mais origine non déterminée
- Dans le cas particulier de l'arsenic, une origine géologique naturelle n'est pas exclue pour expliquer les anomalies rencontrées.

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

Concentrations en PM10 dans l'air au voisinage du site au regard des valeurs réglementaires et de référence (1/2)

> Référentiels

- Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air, définissant plusieurs niveaux de valeurs (objectif de qualité, valeurs limites pour la protection de la santé humaine, seuil de recommandation et d'information, seuil d'alerte)
- Lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air

> Comparaison avec les valeurs exprimées en moyennes annuelles

- Concentrations en PM10 mesurées dans l'air :
 - inférieures aux valeurs réglementaires exprimées sous forme de moyenne annuelle, pour toutes les stations de prélèvement et sur toute la durée de la campagne de prélèvement
 - supérieures à la ligne directrice de l'OMS ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les 6 stations

Remarque : cette interprétation est fournie à titre indicatif car elle résulte de la comparaison des valeurs exprimées en moyenne annuelle avec les différentes moyennes calculées sur la période de prélèvement (4 à 5 semaines) et non sur une année complète.

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

Concentrations en PM10 dans l'air au voisinage du site au regard des valeurs réglementaires et de référence (2/2)

> Comparaison avec les valeurs exprimées en moyennes journalières

- Ponctuellement, pour une station de prélèvement et une séquence de 24 h (du 31/10 au 01/11), dépassement de certaines valeurs réglementaires (valeur limite pour la protection de la santé humaine et seuil de recommandation et d'information) et de la ligne directrice de l'OMS ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Absence de dépassement du seuil d'alerte de la réglementation (de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pour toutes les stations et pendant toute la durée de la campagne.

Dépassement possiblement en relation avec un événement singulier noté à cette date (bâchage d'une piscine, qui est une opération bisannuelle) susceptible d'avoir généré des poussières excédentaires.

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

Concentrations des éléments dans l'air (PM10) au voisinage du site au regard des valeurs réglementaires

- > Concentrations en As, Cd, Ni et Pb dans l'air (en relation avec les PM10) mesurées sur les 6 stations de prélèvement au voisinage du site de Mange-Garri inférieures aux valeurs exprimées en moyennes annuelles du décret n° 2010-1250

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

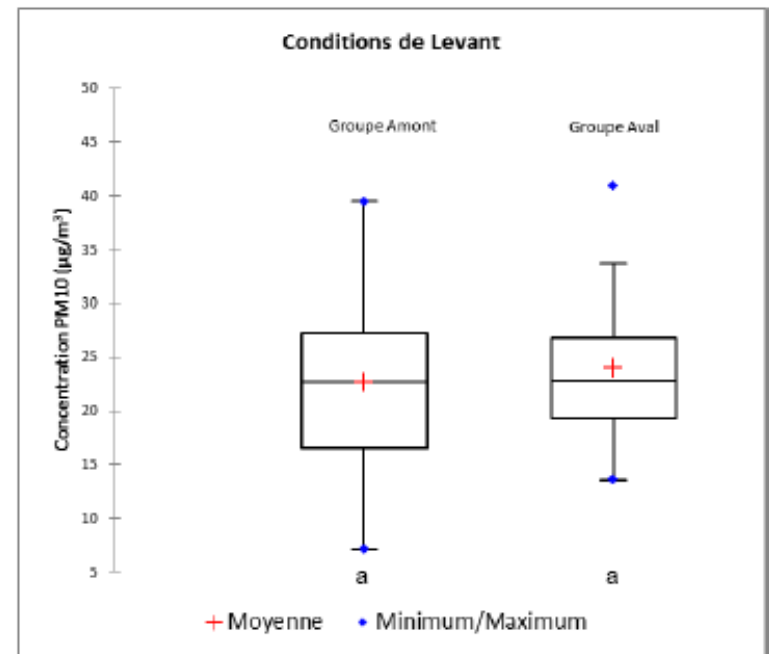
Appréciation de la contribution des émissions du site de Mange-Garri aux concentrations en PM10 au voisinage du site (1/4)

> Comparaison au moyen de tests statistiques d'hypothèses

> Résultats

- À l'échelle de la durée de la campagne (4 à 5 semaines – oct./nov. 2015), pas de différence significative entre les concentrations en PM10 mesurées en amont éolien du site de stockage et les concentrations mesurées en aval de celui-ci selon deux conditions de vent (Levant et Mistral).
- De plus, il n'est pas démontré d'influence du site de stockage de Mange-Garri sur la composition des PM10 en aval du site à l'échelle de la durée de la campagne.

> Toutefois, des influences ponctuelles (épisodes à l'échelle de la journée jusqu'à plusieurs jours consécutifs) ne sont pas exclues.



Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

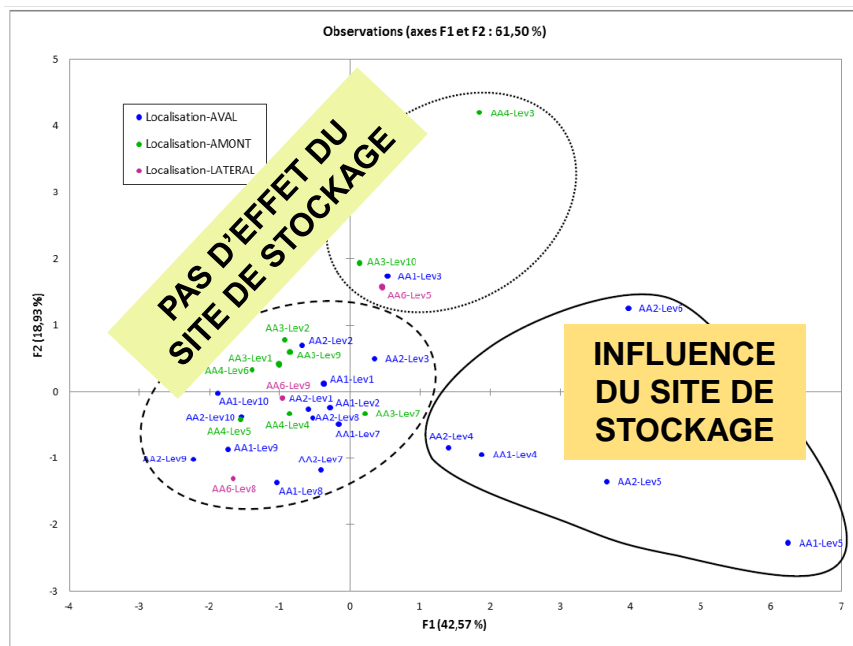
Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

Appréciation de la contribution des émissions du site de Mange-Garri aux concentrations en PM10 au voisinage du site (2/4)

> En condition de Levant

Analyse statistique des données de composition des PM10 prélevées au voisinage du site



- **5 échantillons (sur 31)** prélevés sur 2 stations situées immédiatement à l'ouest du site pendant 3 j de Levant consécutifs (25 au 28/10/2015)

→ **Teneurs dans les PM10 statistiquement liées au site de stockage.**

- Constat statistique corroboré par la position de ces stations, les observations de terrain effectuées et les conditions météorologiques pendant ces 3 j

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

Appréciation de la contribution des émissions du site de Mange-Garri aux concentrations en PM10 au voisinage du site (3/4)

> En condition de Levant

Signatures chimiques impliquant notamment les Terres Rares

Faisceau de présomptions tendant à montrer :

- une influence du pôle bauxaline (Mange-Garri), sur la composition des PM10 prélevées sur les deux stations en aval immédiat du site pendant la période du 26 au 28/10
 - **Confirme le résultat de l'analyse statistique précédente**
- une influence sur la composition des PM10 d'une (ou plusieurs) autre(s) source(s) supplémentaire(s) non identifiées

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

Appréciation de la contribution des émissions du site de Mange-Garri aux concentrations en PM10 au voisinage du site (4/4)

> En condition de Mistral

- Aucun des moyens d'interprétation utilisés dans cette étude n'a permis de démontrer une influence du site de stockage sur la composition des PM10.
- Plusieurs facteurs explicatifs de ce constat, parmi lesquels la distance entre le site de stockage et les stations en aval de celui-ci en condition de Mistral (environ 1 km, correspondant aux habitations les plus proches auxquelles un accès a été possible).

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

> Flux de dépôt mesurées au voisinage du site de Mange-Garri au regard des valeurs réglementaires

- Flux de dépôts particulaires et élémentaires inférieurs aux valeurs réglementaires identifiées à l'étranger (en l'absence de valeur française)
- Flux de dépôt élémentaires totaux inférieurs aux valeurs de bruit de fond rural (INERIS, 2013) hormis pour 2 éléments (As et Cr)

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

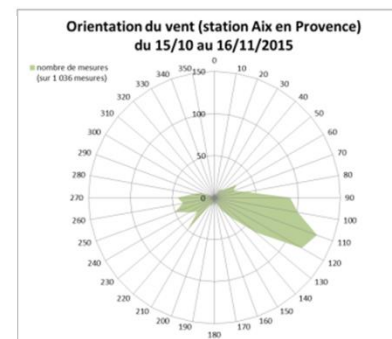
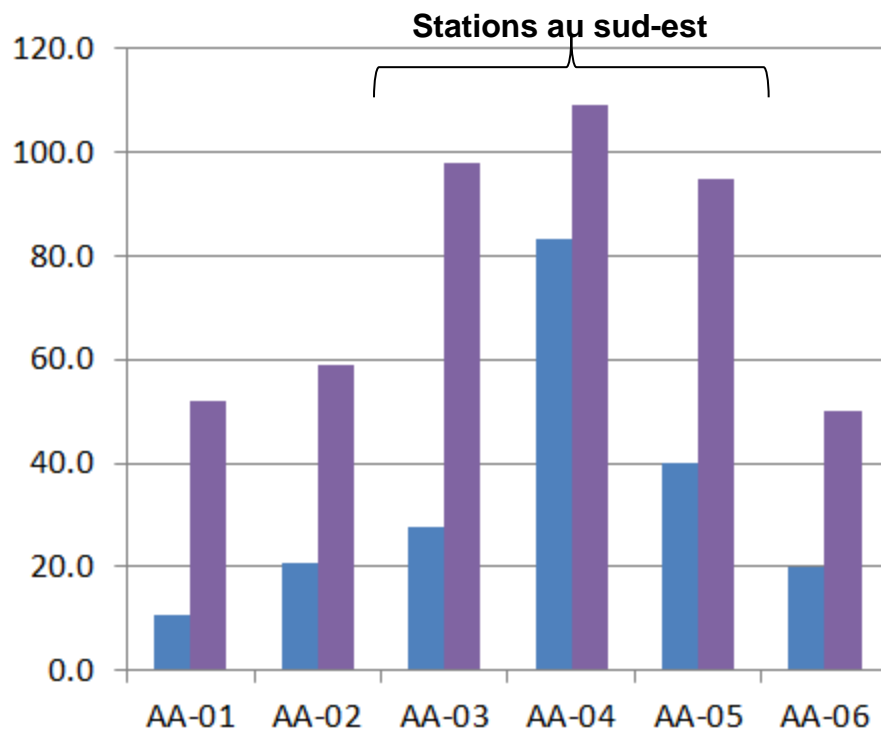
Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

> Appréciation de la contribution des émissions du site de Mange-Garri aux poussières qui se déposent au voisinage du site

- Flux de dépôt de particules (totales et sèches) en aval éolien du site de Mange-Garri inférieurs, sur la période de mesure, à ceux mesurés en amont



■ Flux de dépôt sec
(mg/m²/jour)

■ Flux de dépôt total
(mg/m²/jour)

sciences pour une Terre durable

gm

Résultats et interprétation

Obj.1 : signatures

Obj.2 : sols

Obj.3 : air ambiant

Obj.4 : dépôts de poussières

- > **Appréciation de la contribution des émissions du site de Mange-Garri aux poussières qui se déposent au voisinage du site**
- > Mais,
 - La comparaison des résultats au droit des différentes stations
 - L'analyse des signatures chimiques impliquant notamment les Terres Rares
 - L'utilisation des outils de caractérisation minéralogiquetraduisent une influence probable du site de stockage sur la composition de ces poussières prélevées en aval éolien.
- > D'autres influences, notamment des sols du voisinage et d'une source plus éloignée, possiblement marquée par des carbonates, affectent les échantillons prélevés.

Conclusion

> Des résultats relatifs à différents milieux montrant :

- **SOLS :**

- Une influence localisée sur les sols au voisinage direct du site de stockage

- **POUSSIÈRES EN SUSPENSION :**

- Des concentrations en PM10 dans l'air en aval éolien du site qui, bien que supérieures aux lignes directrices de l'OMS, respectent les valeurs réglementaires du décret n° 2010-1250
- L'absence d'influence du site de stockage sur les concentrations et la composition des PM10 au voisinage à l'échelle de la campagne (4 à 5 semaines) mais une influence avérée pendant 3 jours consécutifs (25 au 28/10/15)

Conclusion

> Des résultats relatifs à différents milieux montrant :

- **DEPOTS DE POUSSIÈRES :**

- Des flux de dépôts des poussières sédimentables plus élevés en amont éolien sur la période de mesure qu'en aval mais la composition chimique des poussières déposées en aval traduit une influence du site de stockage

- **Mise en évidence d'une influence d'une ou plusieurs autres sources sur la qualité de ces 3 milieux**

> Données acquises à intégrer dans une évaluation indépendante des risques sanitaires conduite par l'ANSES

- En tant que données de caractérisation directe des milieux et/ou en tant que données de calage de modèles de transfert visant à évaluer la qualité de ces milieux