



# Possibilités et limites des nez électroniques pour la mesure des odeurs

Jacques NICOLAS – Julien DELVA



Département des Sciences et Gestion de l'Environnement de l'Université de Liège (Belgique) + ODOMETRIC s.a.

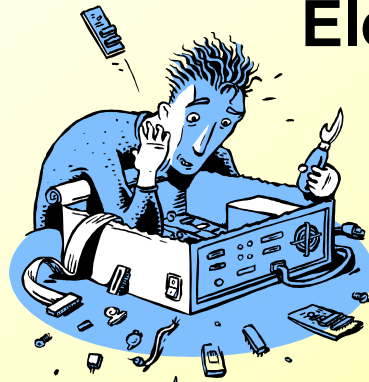


Dans beaucoup de cas



**Chimie → Odeur**

Approche personnelle



**Electronique → Odeur**



→ *Premières recherches dans le domaine des odeurs (1993) = nez électronique ("inventé" environ 10 ans avant)*

Actuellement (en 2012) → l'unité de recherche a construit un laboratoire complet de mesure des odeurs et créé la "spin-off" Odometric (en 2008)



Objectif essentiel : estimer la **nuisance olfactive** générée dans l'**environnement** par différentes sources industrielles et agricoles.



Centres d'enfouissement technique

Centres de compostage



Stations d'épuration



Bassins de décantation de sucrerie



Porcheries, poulaillers



Moisissures dans les bâtiments

## Différents outils :

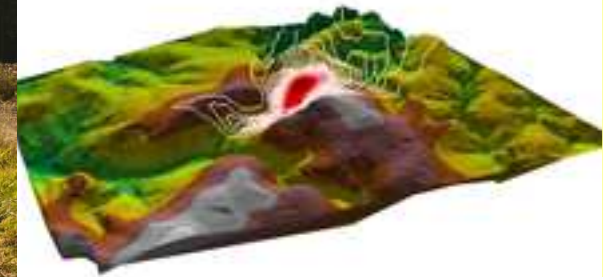
Analyse chimique de laboratoire (GC-MS)



Olfactométrie dynamique



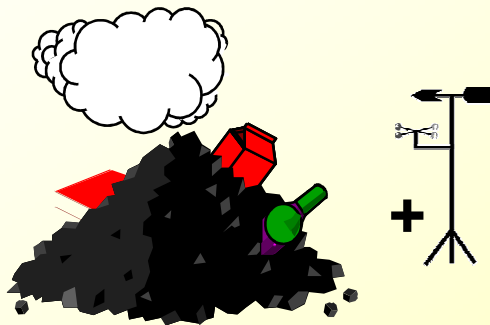
Inspection de terrain +  
modélisation de la dispersion  
atmosphérique



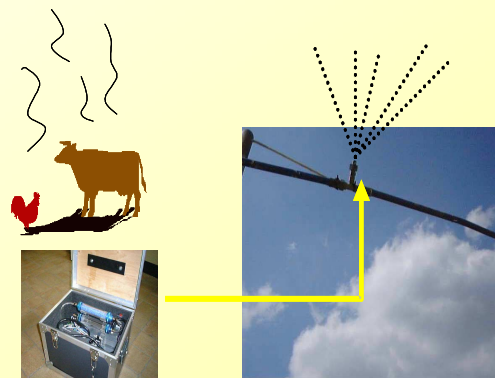
... et le nez électronique



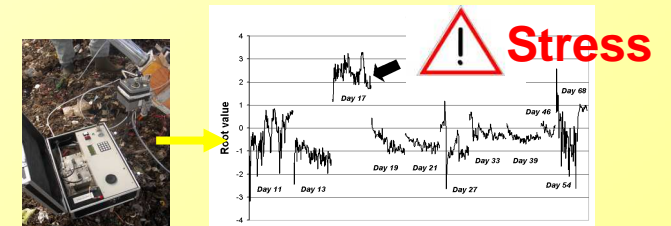
## Possibilités très prometteuses



Monitoring des émissions d'odeur et prédiction de la nuisance olfactive dans l'environnement



Contrôle des systèmes d'abattement des odeurs

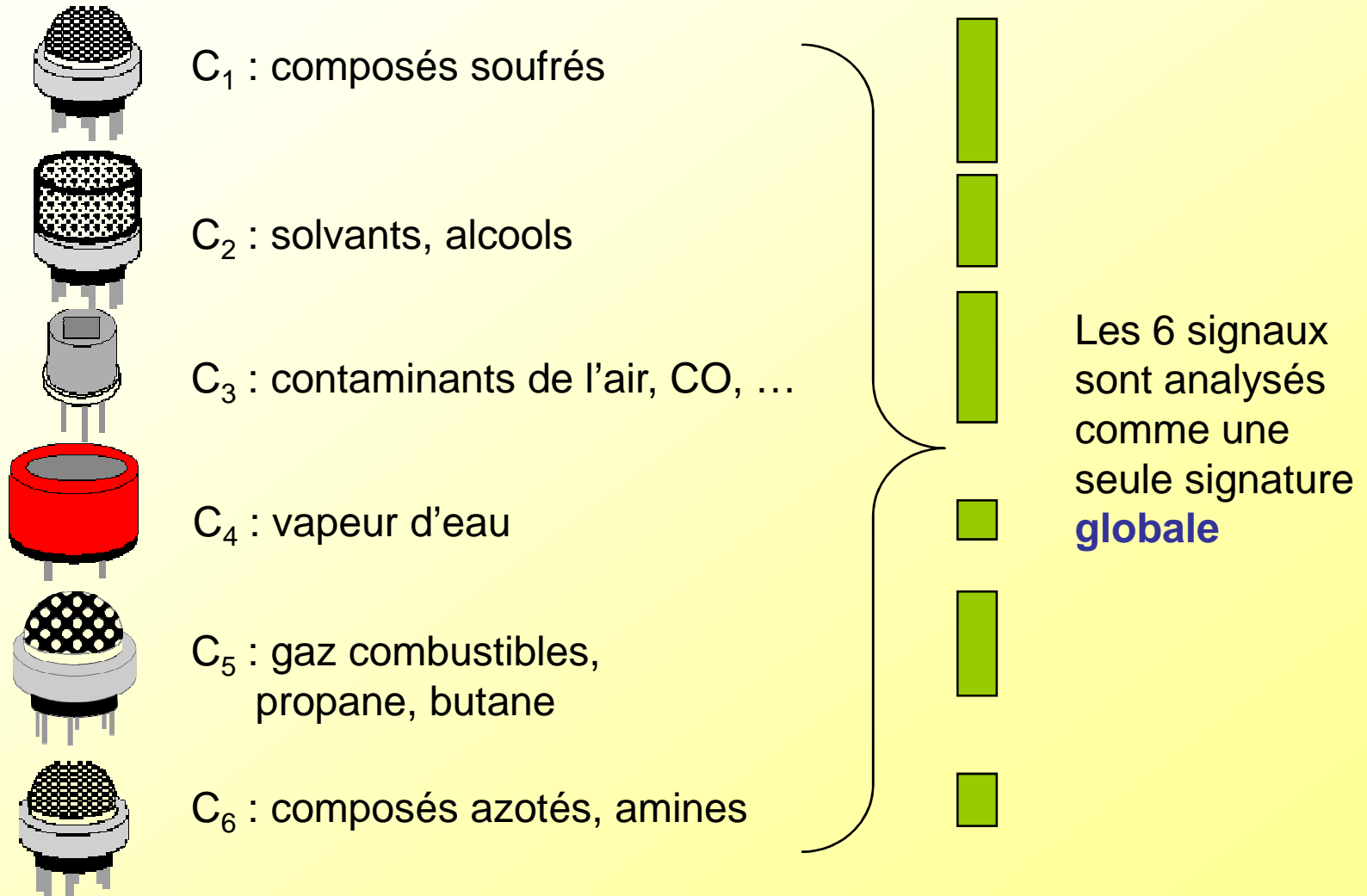


Utiliser l'odeur comme variable de process pour détecter des anomalies de fonctionnement

# Nez électronique :

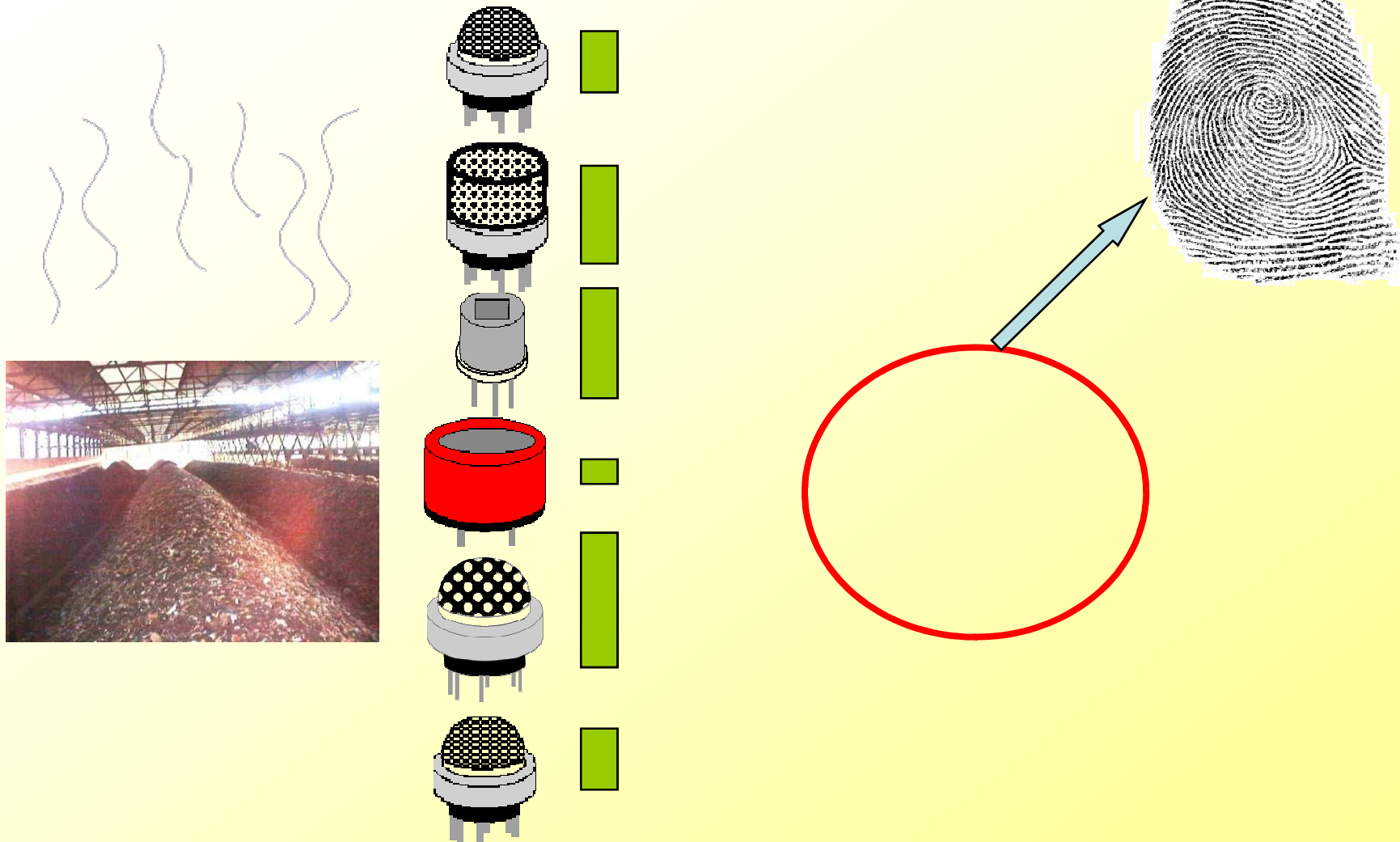
E-nose = Système de mesure multi-gaz → réseau de capteurs-gaz **non-spezifiques**  
→ **Evaluation globale** de l'émission gazeuse par la signature formée par les signaux des capteurs

→!! **Pas une analyse chimique !!**



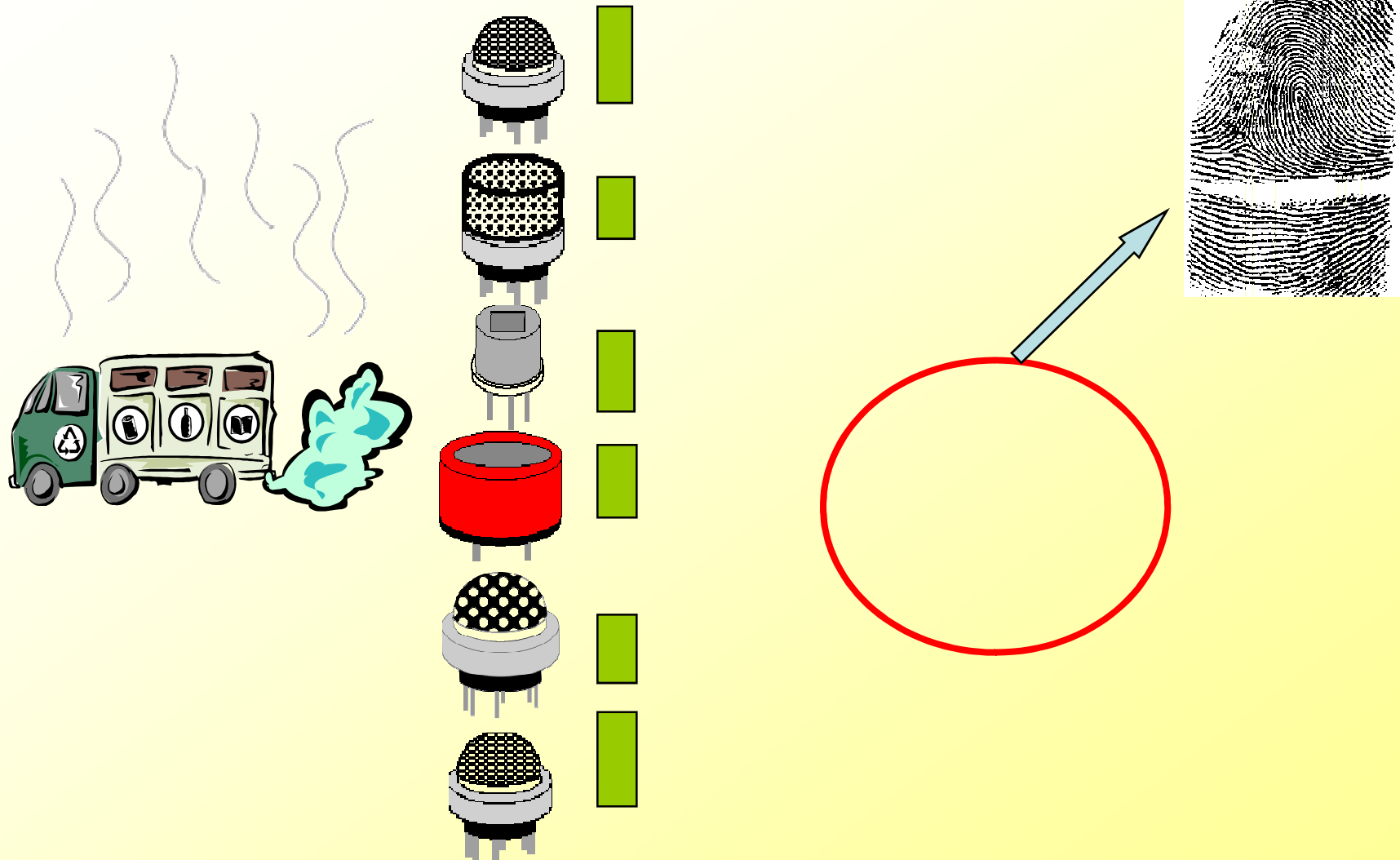
# Nez électronique :

Présentation d'une odeur de compost



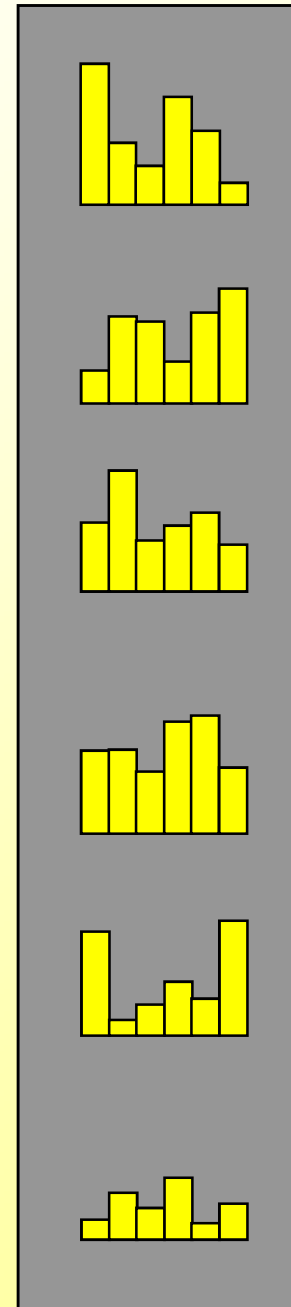
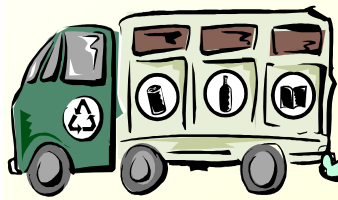
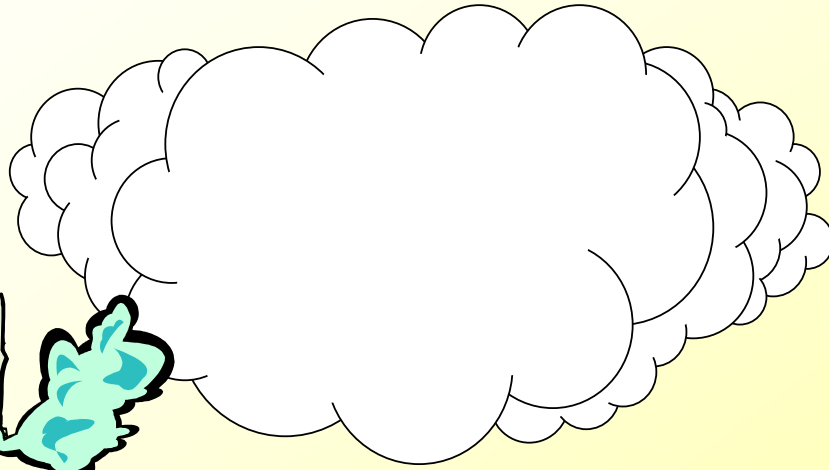
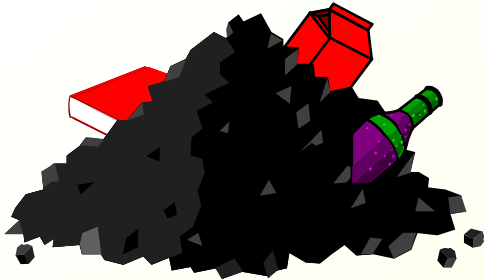
# Nez électronique :

Présentation de gaz d'échappement de véhicules





# Phase d'apprentissage



Déchet brut

Compost

Gaz d'échappement

Produit neutralisant

Biogaz

Ambiance de fond



Pattern recognition techniques

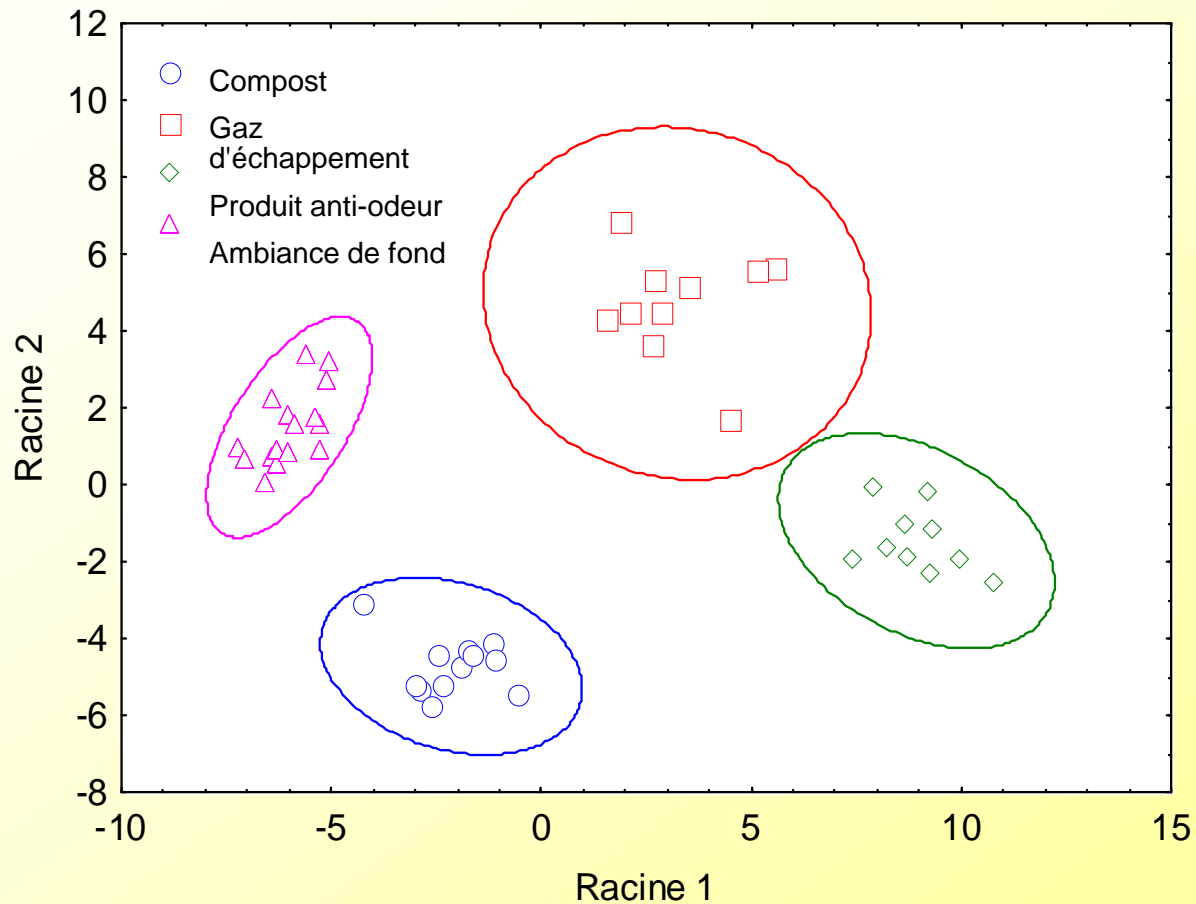


# Classification : techniques de reconnaissance de formes

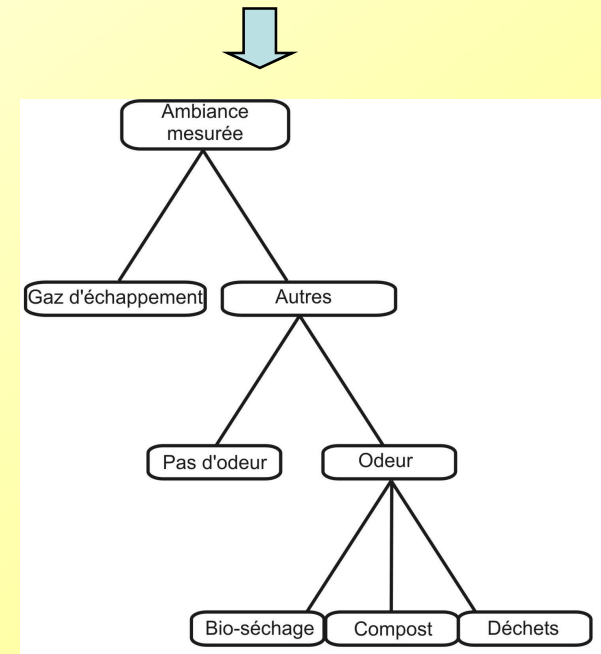
*Variables = signaux des n capteurs*

*m observations concernant k "classes" (différents types d'odeur)*

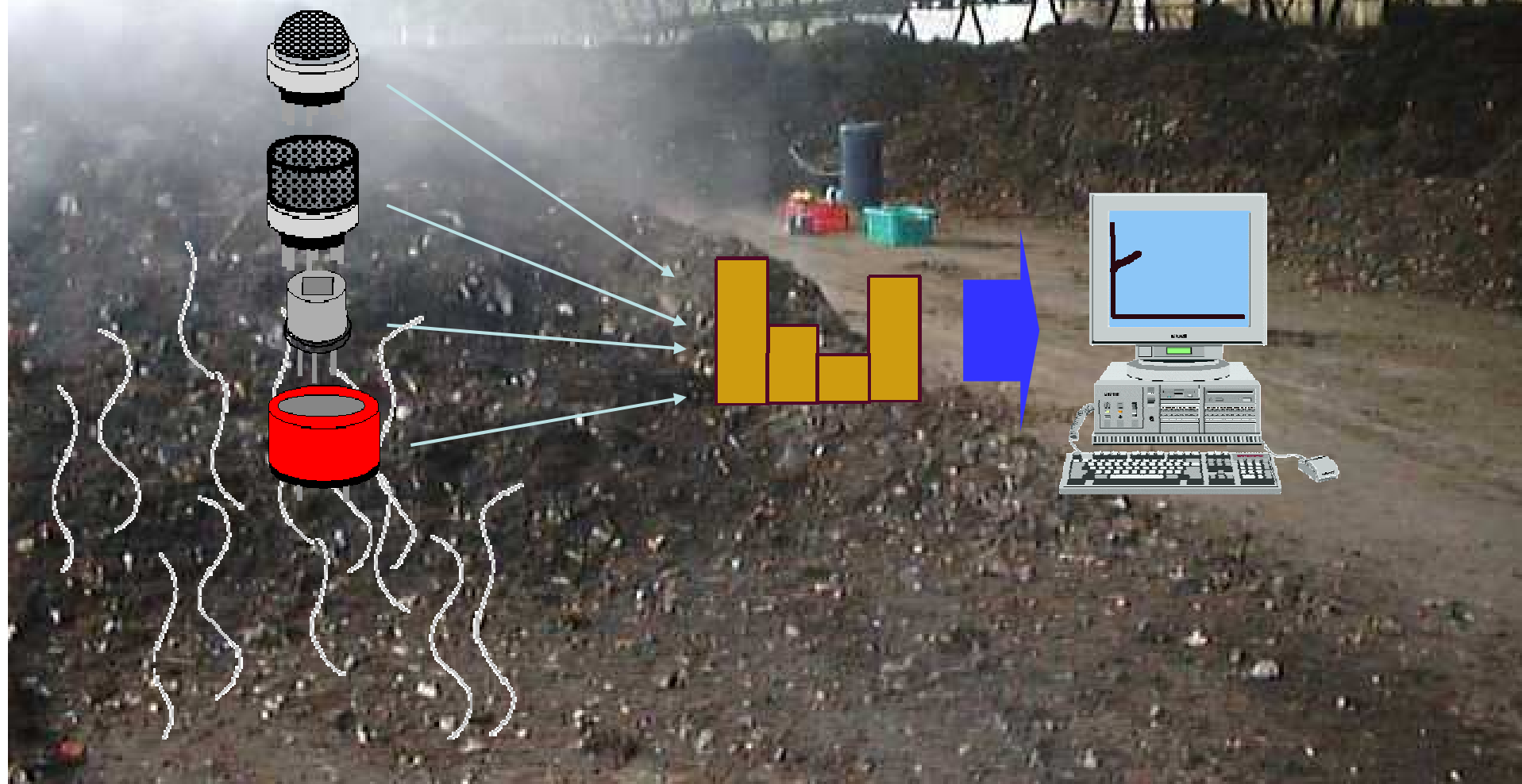
➔ **Analyses multivariées (PCA, DFA, ...), réseaux de neurones**



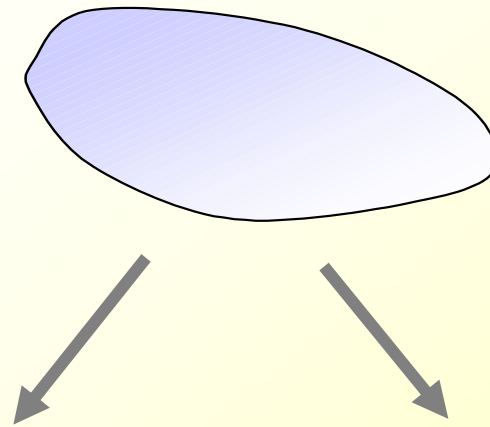
Possibilité de classement hiérarchique



# Monitoring continu



# Apprentissage : évaluation quantitative d'un "niveau" d'odeur



Signaux des capteurs

Concentration de l'odeur

Modèle :  $\text{Concentration} = f(\text{Signaux des capteurs})$

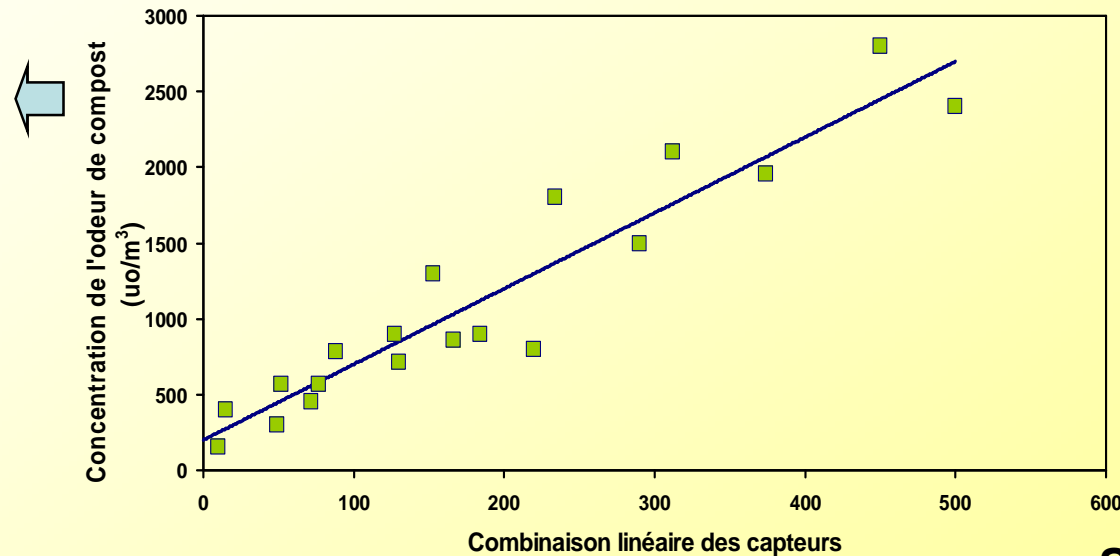
## Prédiction d'une variable caractéristique (exemple : "intensité" de l'odeur de compost)

*Variable dépendante (y) = concentration de l'odeur de compost obtenue par olfactométrie (uo/m<sup>3</sup>) ou combinaison de concentrations d'éléments chimiques caractéristiques d'un évènement particulier*

*Régresseurs (x<sub>i</sub>) = signaux des n capteurs ou combinaisons des signaux des n capteurs*

→ Régression multilinéaire, Moindres carrés partiels (PLS), Analyse canonique

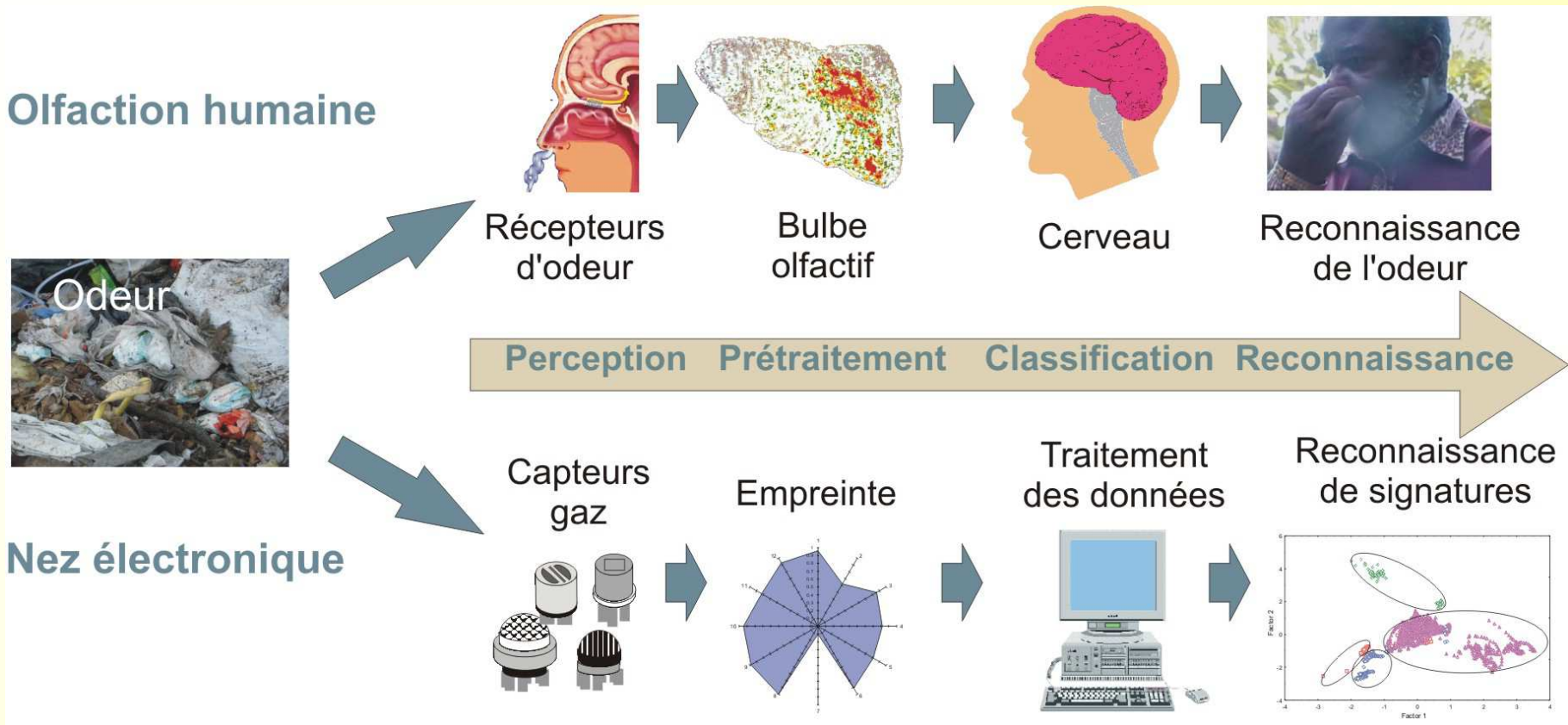
On peut en déduire une estimation de la distance de perception



Suivre en continu ?

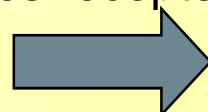
“Nez” électronique (1982)= capable d’imiter ( ? de remplacer ?) l’appareil olfactif de l’homme ?

*K.C. Persaud, G. Dodd, Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose, Nature 299 (1982) 352-355*



Analogie de vocabulaire : réseaux de neurones, algorithmes génétiques, ...

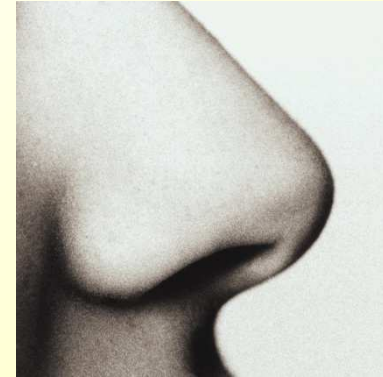
Similarités des objectifs et des approches : reconnaissance de l’odeur, sensibilité croisée des récepteurs, ...



**Contribuent à maintenir une ambiguïté**



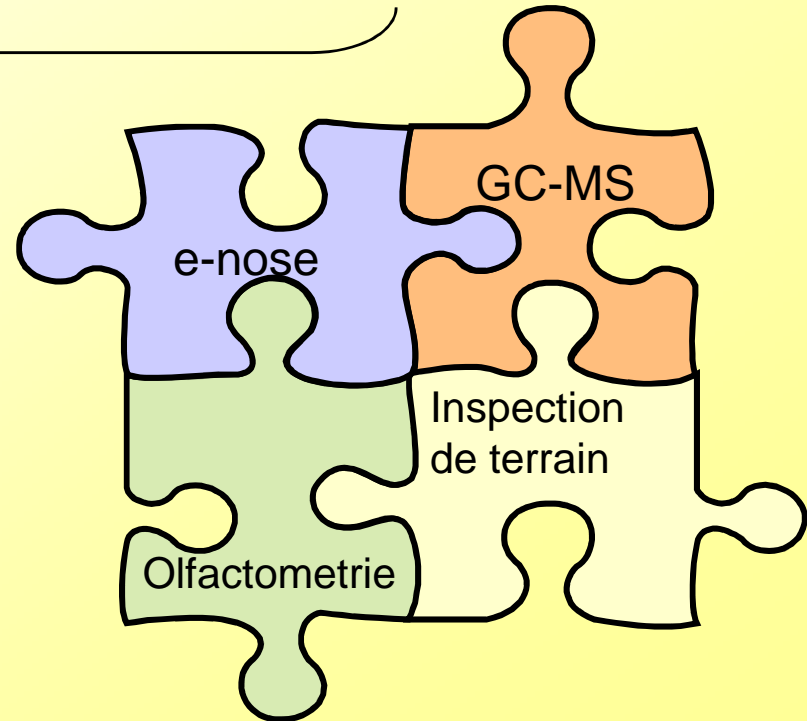
≠



capteurs sensibles à beaucoup de composés, qu'ils sentent ou non

limite de détection nettement plus basse

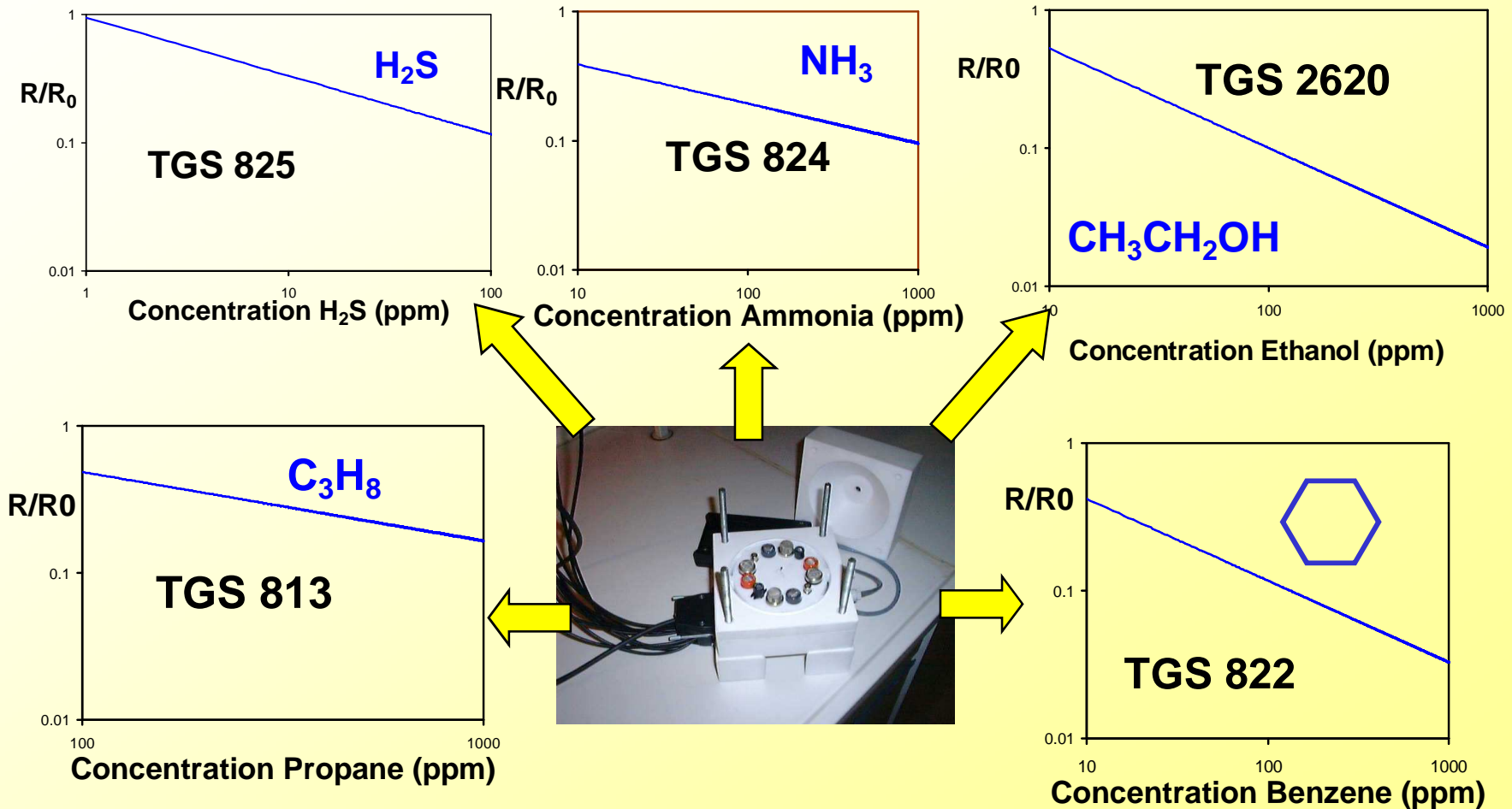
Mais le nez électronique peut être utilisé comme **outil complémentaire** par rapport aux méthodes chimiques ou sensibles



Pour utiliser le nez électronique pour mesurer une odeur, plusieurs conditions doivent être remplies

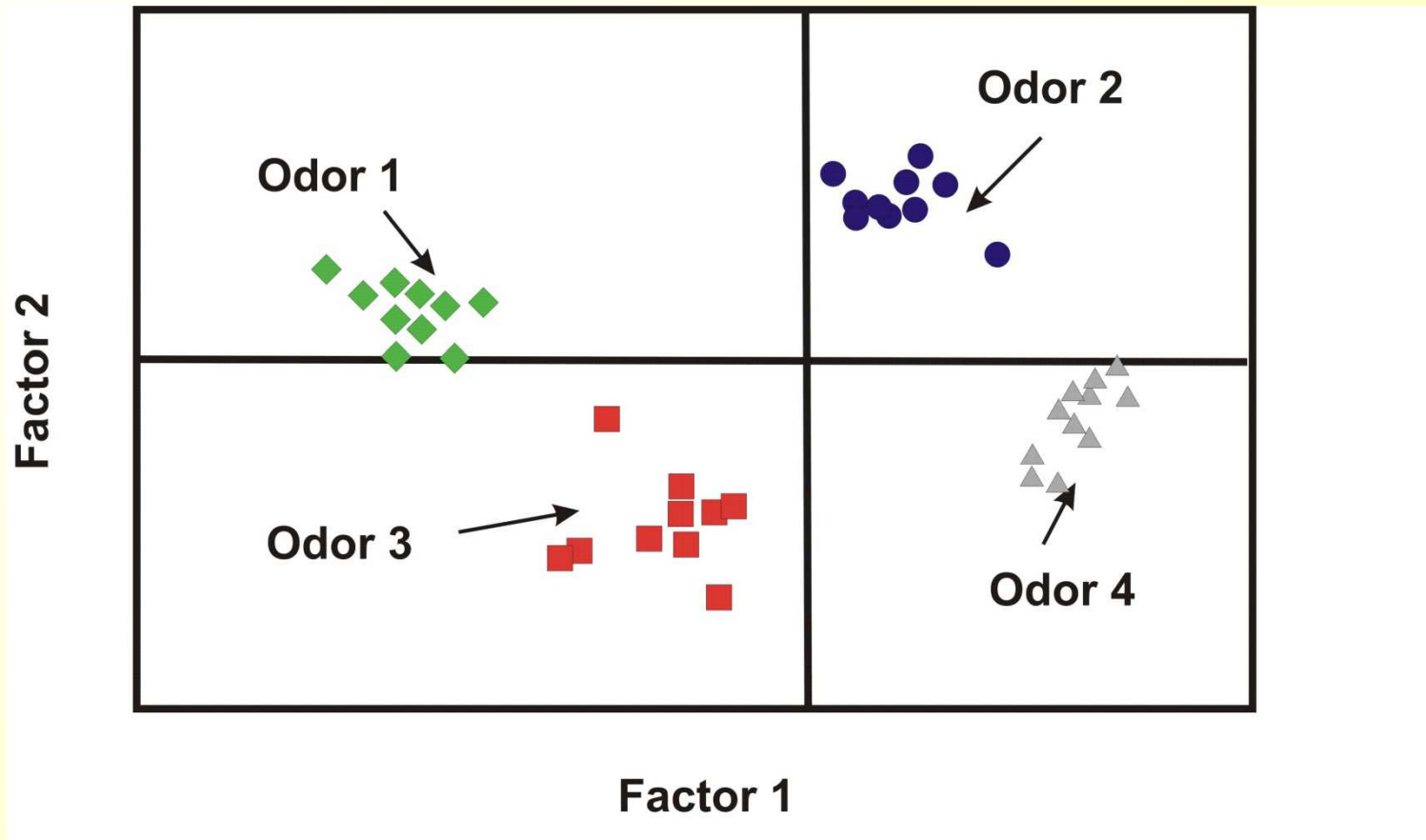
1. Choix adéquat de capteurs (→ spécifique à l'application)

*dans notre cas : nez électroniques "maison" basés sur des capteurs commerciaux*





2. Technique supervisée pour calibrer le modèle de reconnaissance, avec les types d'odeur comme cibles



## Cinq sources typiques de mauvaises odeurs



Fondoir de graisses animales



Station d'épuration

59 échantillons –  
7 mois (mars-  
octobre) – différentes  
conditions climatiques  
– différentes  
conditions d'émission



Peinture dans une carrosserie



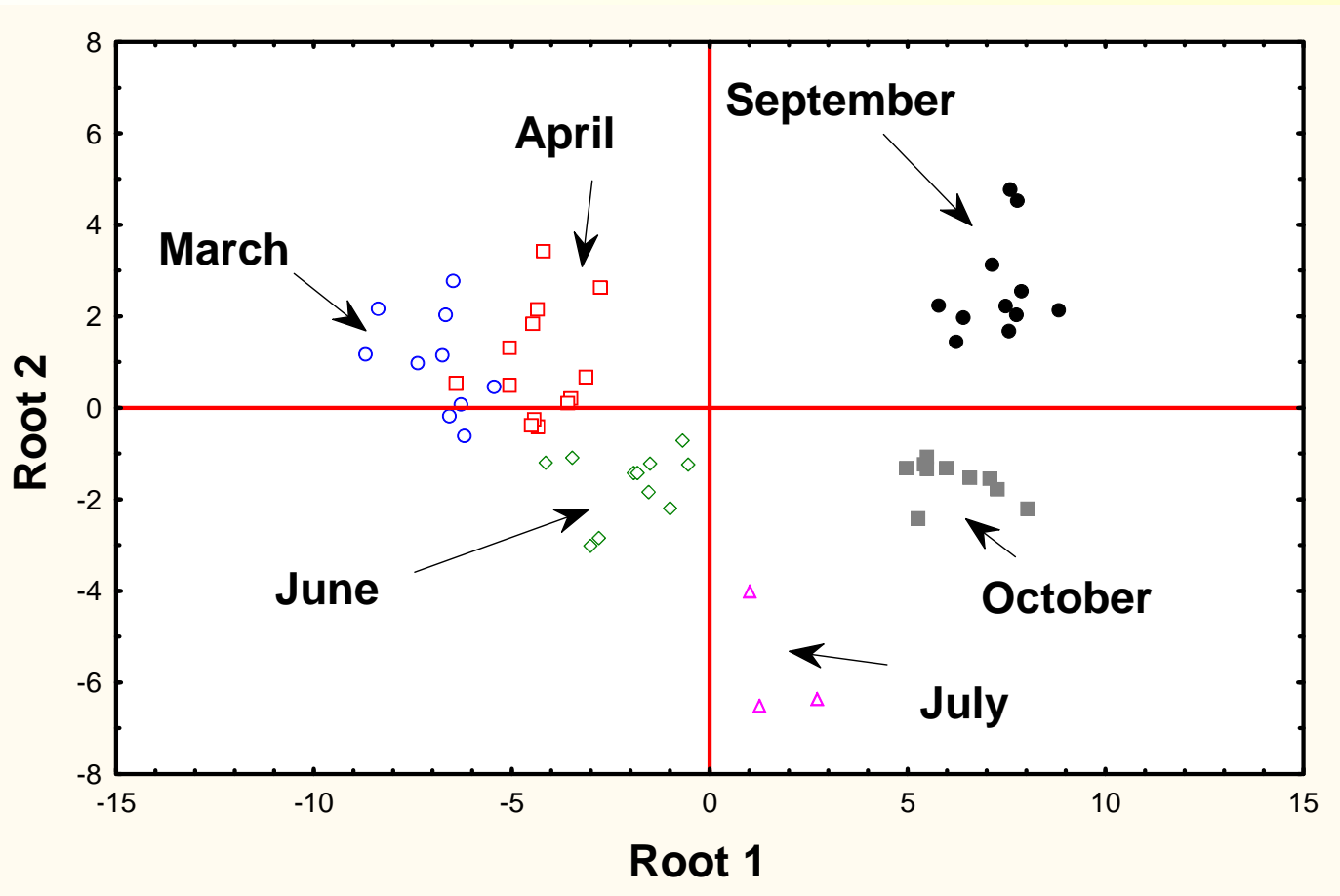
Compost



Imprimerie

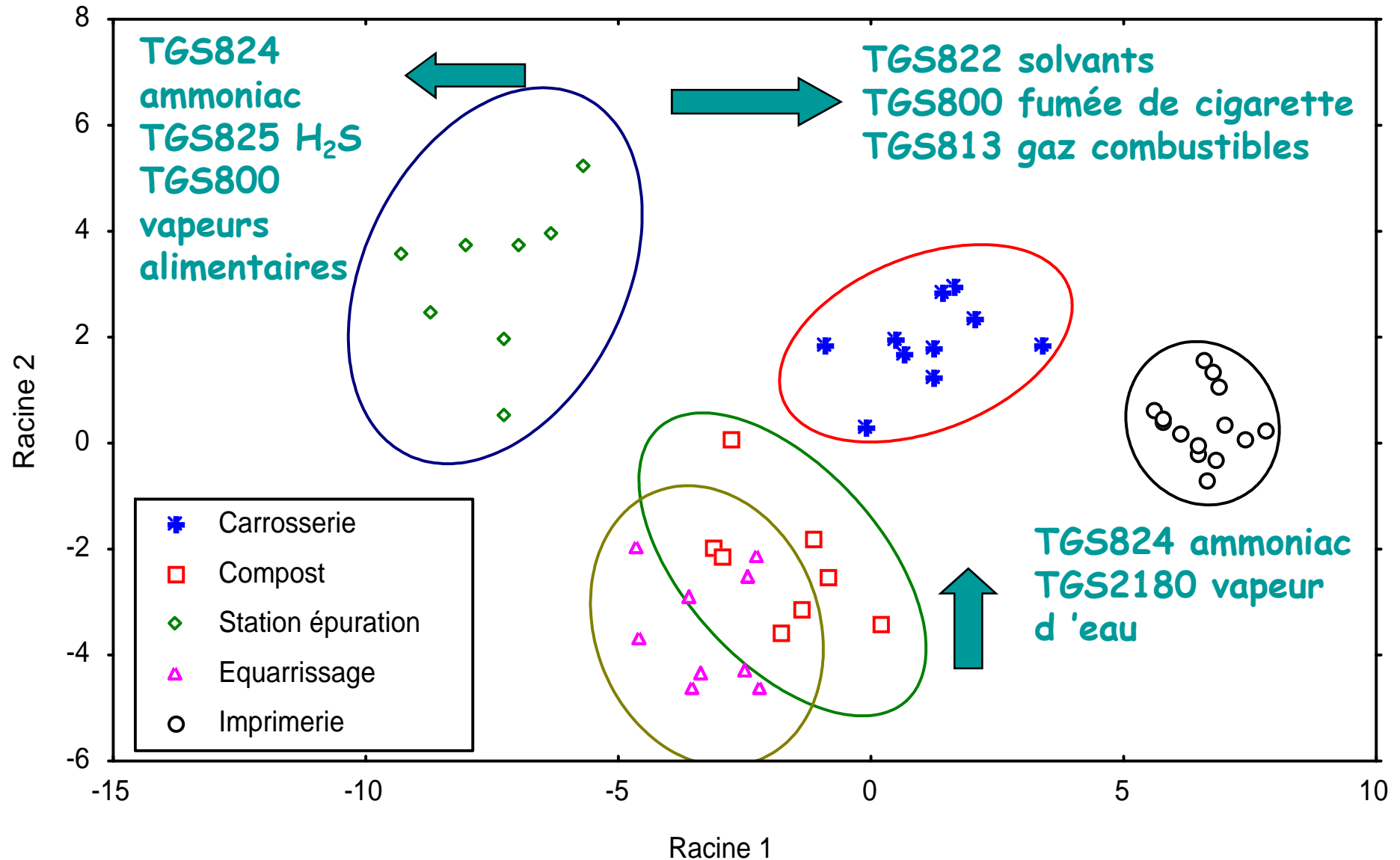
# Analyse discriminante

## Influence de la période d'échantillonnage



# Analyse discriminante : mêmes données

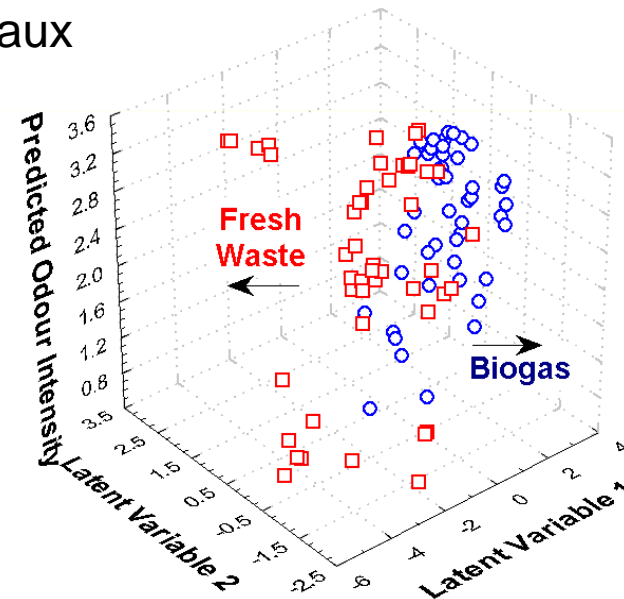
## Influence de la source d'odeur



3. Relier les signaux des capteurs à l'intensité de l'odeur (ex. : olfactométrie dynamique, sensation de l'opérateur de terrain, « sniffing units » sur le terrain, ...)



- Près des déchets frais ou près des puits d'extraction du biogaz
- 141 observations (69 « déchets frais » et 72 « biogaz »)
- Sensation de l'intensité de l'odeur sur une échelle à 4 niveaux

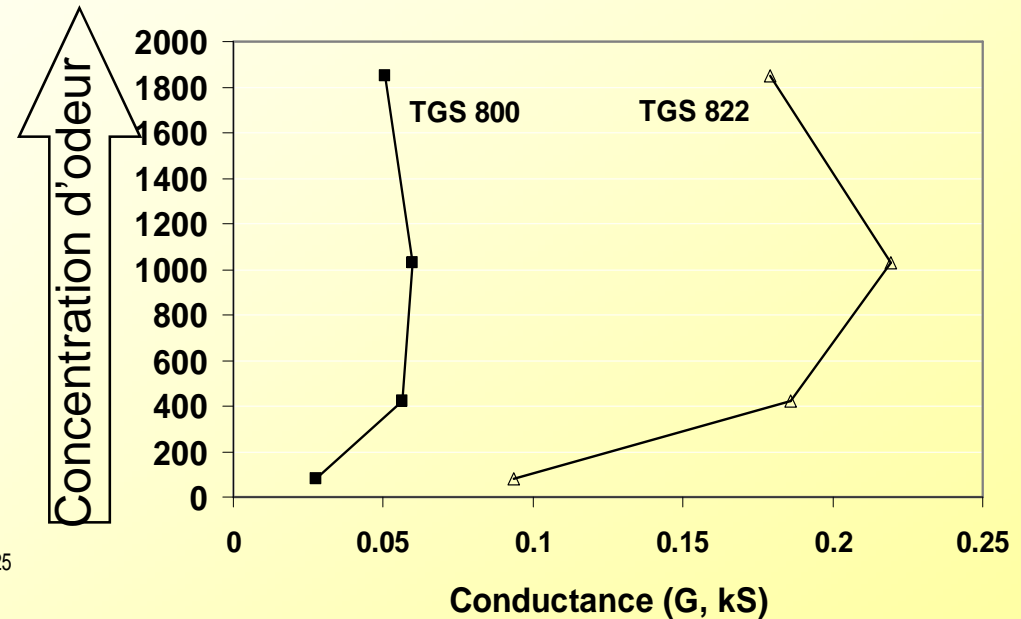
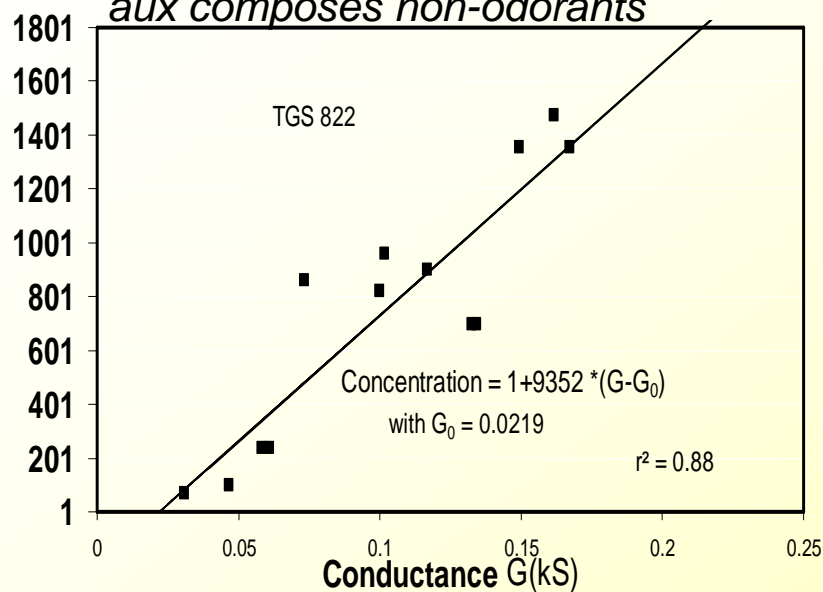


Partial Least Squares regression (PLS)  
71% de prédictions correctes

#### 4. Choisir une application pour laquelle la concentration « chimique » est corrélée à la concentration de l'odeur



*Parce que les capteurs-gaz répondent à la fois aux composés odorants et aux composés non-odorants*



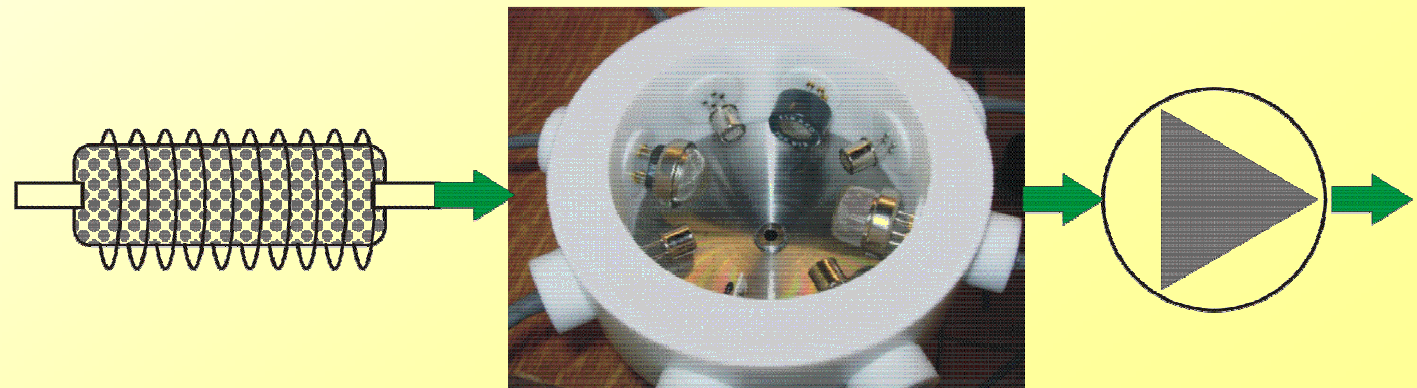
OK pour émission d'un compost



PAS pour l'émission d'une imprimerie

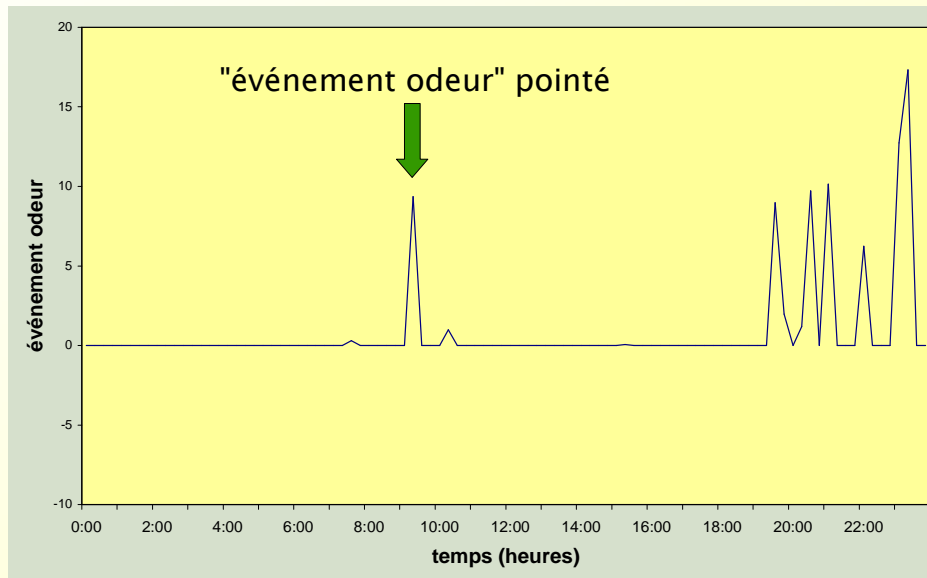


5. Si loin de la source, éventuellement préconcentrer l'échantillon



## Exemples :

1. Détection "d'évènements odeur" aux alentours d'un bassin de décantation d'une sucrerie



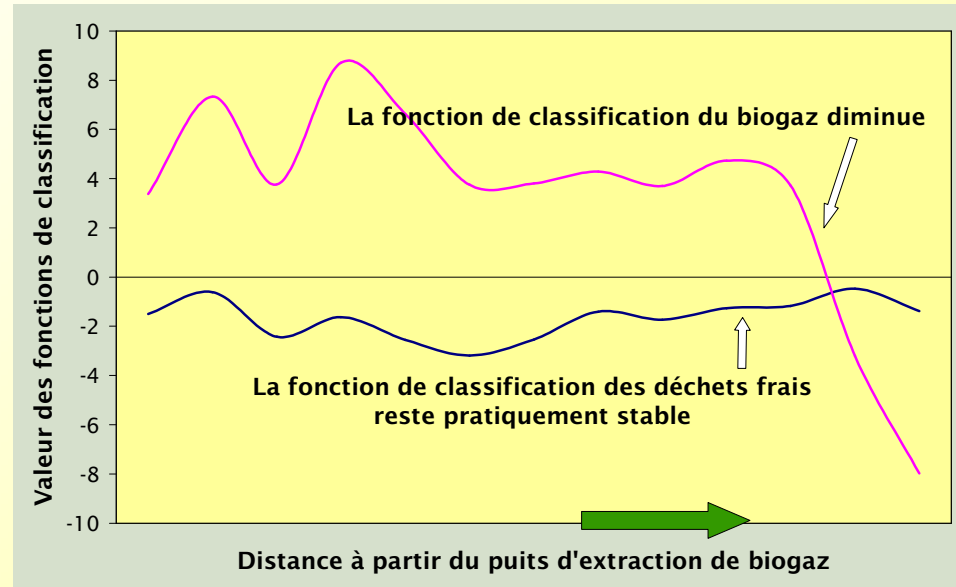


## Exemples :

### 2. Reconnaissance de l'origine de l'odeur sur un site d'enfouissement technique

Analyse des fonctions discriminantes

→ Utilisation des fonctions de classification comme "indicateurs d'odeur" pour une source particulière



## Exemples :

3. Utilisation de l'odeur de compost (mesurée par un nez électronique) comme "variable de process"

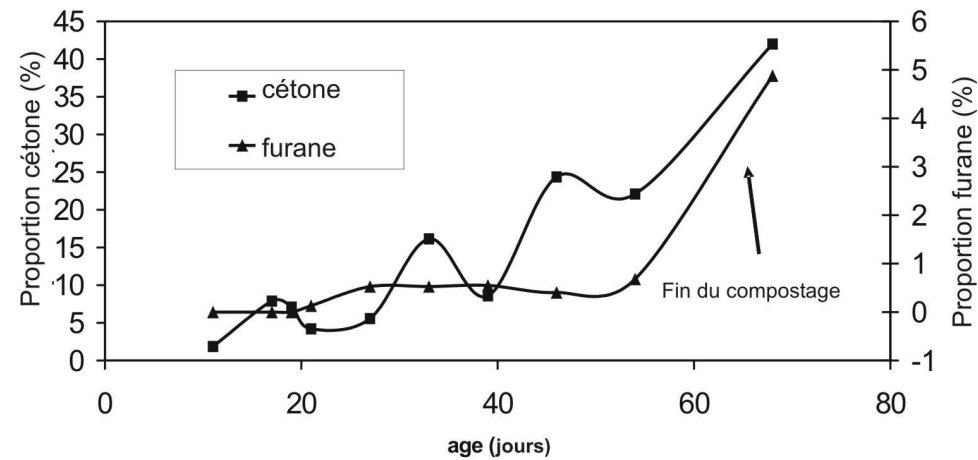
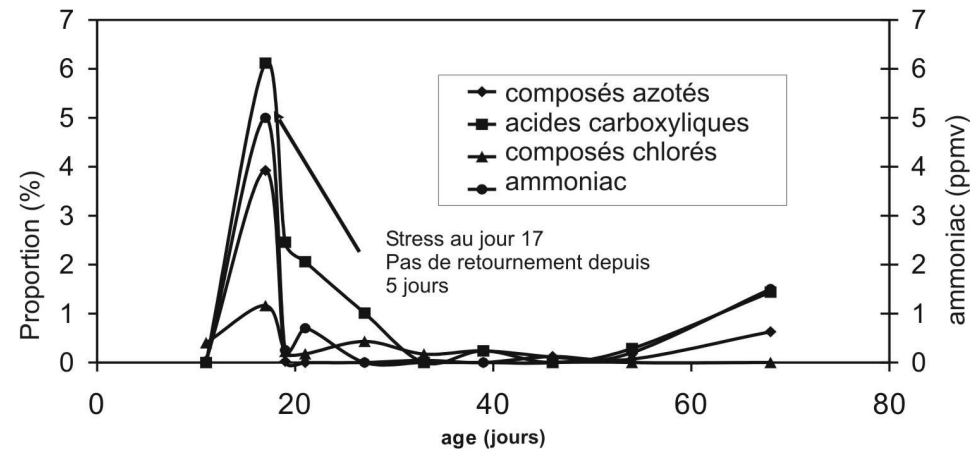
Calibration d'un modèle (Canonical Correlation Analysis - CCA) pour relier les signaux des capteurs aux analyses GC-MS



Mesure avec une chambre d'émission placée sur un andain de compost.

En sortie : nez électronique **et** prélèvement d'une cartouche pour GC-MS

## Analyse GC-MS

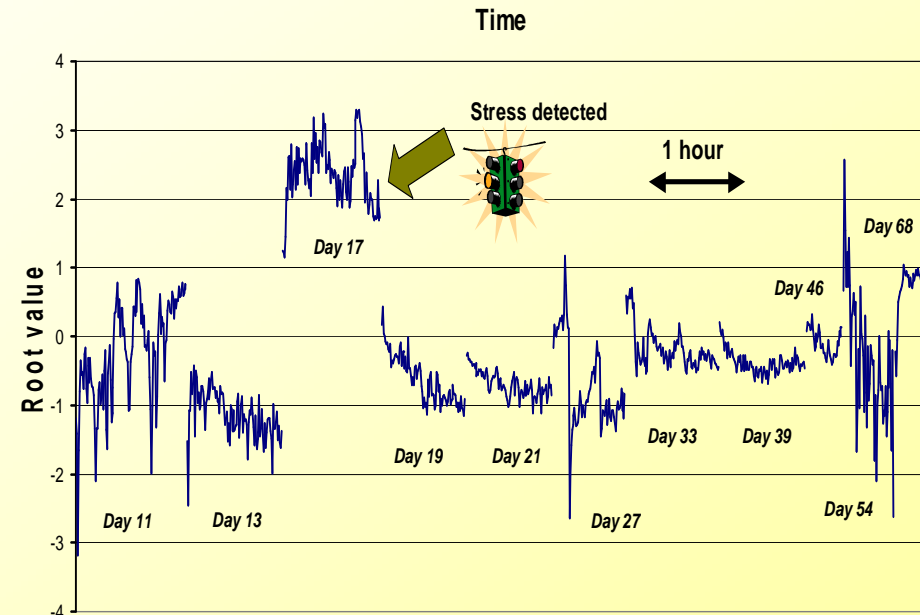


Calibration = Opération « one shot »

## Construction d'indicateurs spécifiques par CCA

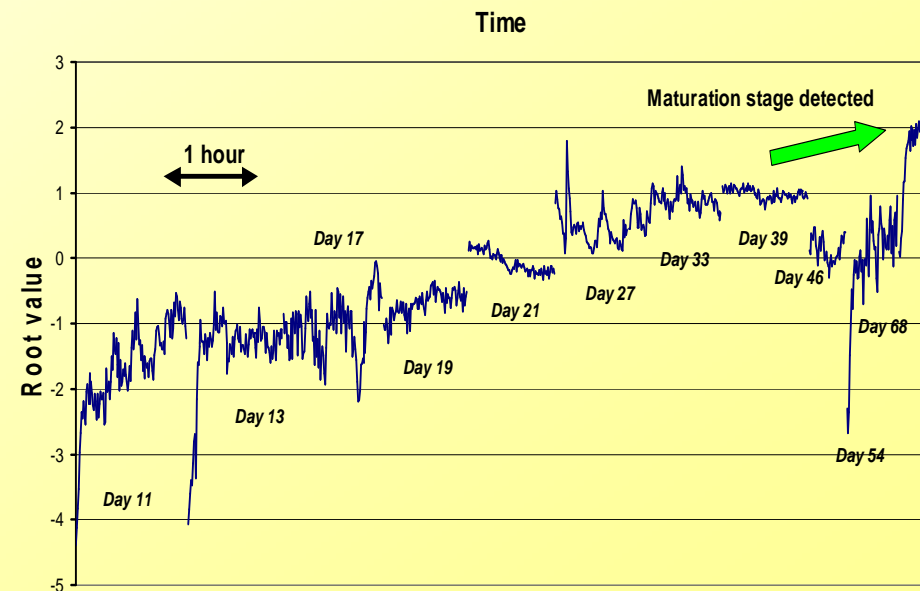
Soit pour détecter des évènements de « stress »

*(bonne corrélation avec les composés azotés, l'ammoniac, les acides carboxyliques, les composés chlorés)*



Soit pour détecter la fin de la phase « thermophile »  
(maturation du compost)

*corrélation avec les substances abiogènes :  
furanes et cétones*



## Exemples :

### 4. Monitoring “d'évènements odeur” sur un site de traitement des déchets

Réseau de cinq nez électroniques "FIDOR" à Habay

➔ Objectif : tenter d'estimer en temps réel les 5 composantes de la nuisance olfactive



- La **F**réquence des évènements odeur
- Leur **I**ntensité
- Leur **D**urée
- Leur caractère **O**ffensif (leur source)
- Leur impact sur les **R**iverains

## Site de traitement des déchets de Habay

- cas très complexe
- sources multiples
  - sources diffuses
  - grande étendue



## Hypothèses de travail :

- **sources** : fosse de réception à l'entrée, logettes d'attente de la matière organique, hall de bio-séchage, compost vert, déchets et biogaz sur le CET, station d'épuration, biogaz brûlé dans le moteur et la torchère, produit de masquage des odeurs,
- assurance de **pérennité** à moyen terme des sources "bio-séchage" et "compost vert",
- **placement facilité** par l'exploitant
- **local** à proximité du moteur à biogaz
- **vents dominants** du SO, portant les odeurs vers Habay-la-Neuve et Hachy et du NO, portant les odeurs vers Etalle.

- ➔ 5 "nez" encadrant le hall de bioséchage et de la dalle de compost vert
- ➔ surtout vers les riverains
- ➔ + stations météo + un ordinateur local

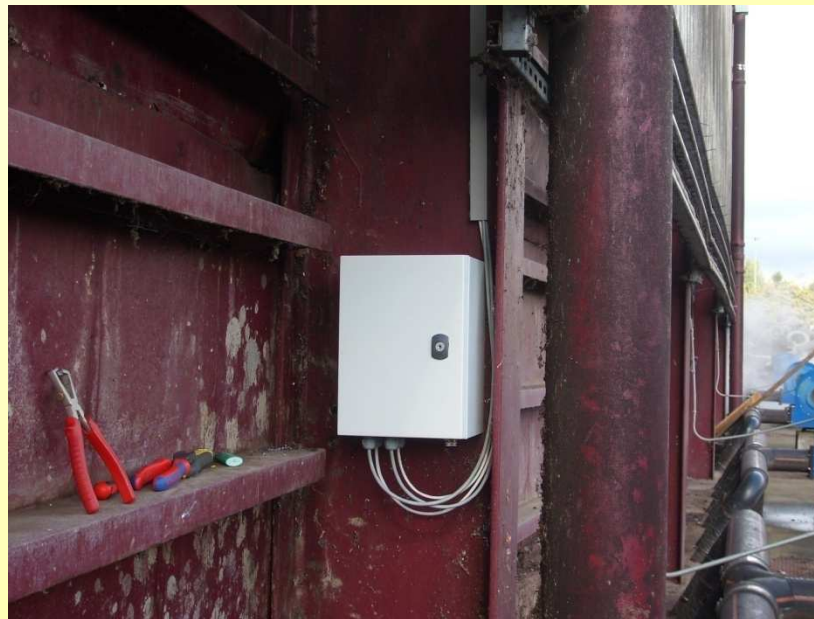
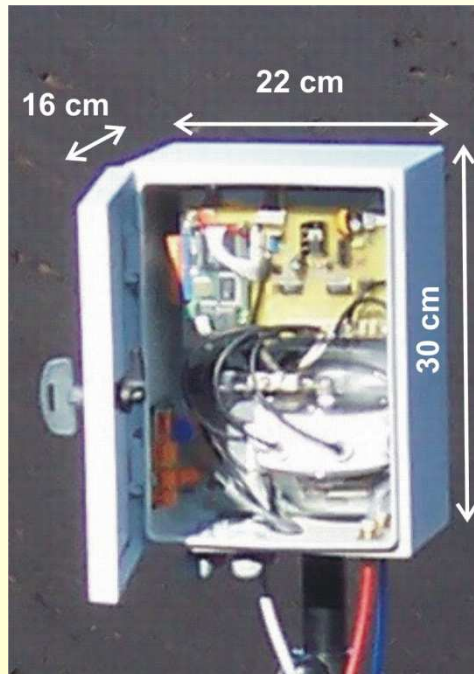


## Choix pour ce projet

5 modules identiques avec 6 capteurs à oxyde d'étain + température et humidité



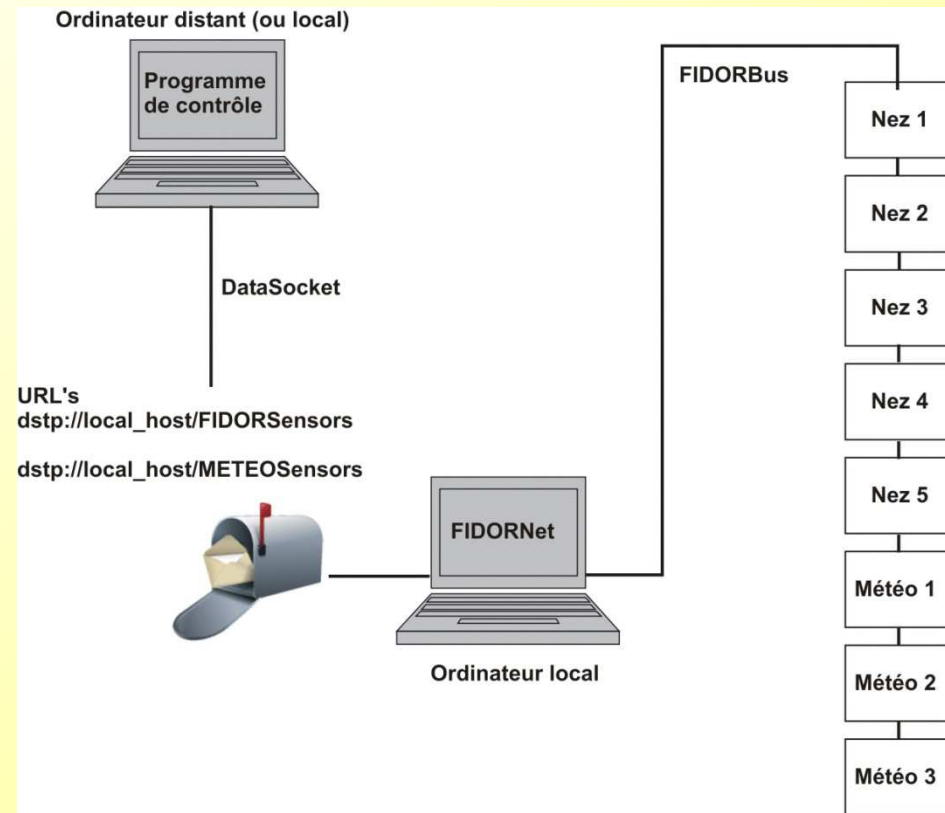
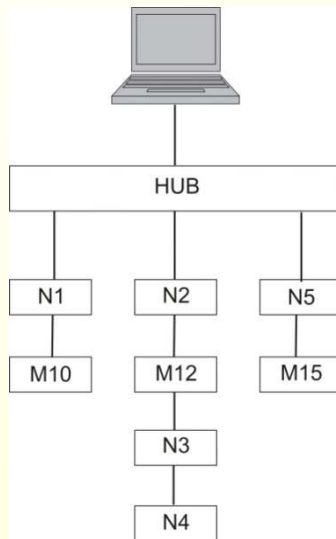
dans un boîtier simple,  
facilement accessible  
pour la maintenance  
(prise d'air distante)





## Une communication souple :

- des modules avec l'ordinateur local
- et de l'ordinateur local avec n'importe quel ordinateur de contrôle distant



# Une interface graphique facile à utiliser pour l'exploitant

- un fond de carte et les 5 composantes du FIDOR

General analysis

Temperature (°C) 7.6 Wind Speed (m/s) 4.1

R. Hum. (%) 40 Wind Direction -9000

Barometer (hPa) 1021

Distance (m) and direction of the odor'smelling. 60

Mean wind Speed (m/s) 4.1

Absolute Humidity (g/m<sup>3</sup>) 2.6

Solar radiation (W/m<sup>2</sup>) 280

Lightly unstable

Conc: 0 uo/m<sup>3</sup>  
Odourless

Conc: 861 uo/m<sup>3</sup>  
Source: trashes

Conc: 811 uo/m<sup>3</sup>  
Source: trashes

Conc: 195 uo/m<sup>3</sup>  
Odourless

Conc: 0 uo/m<sup>3</sup>  
Odourless

Number of events the last six hours

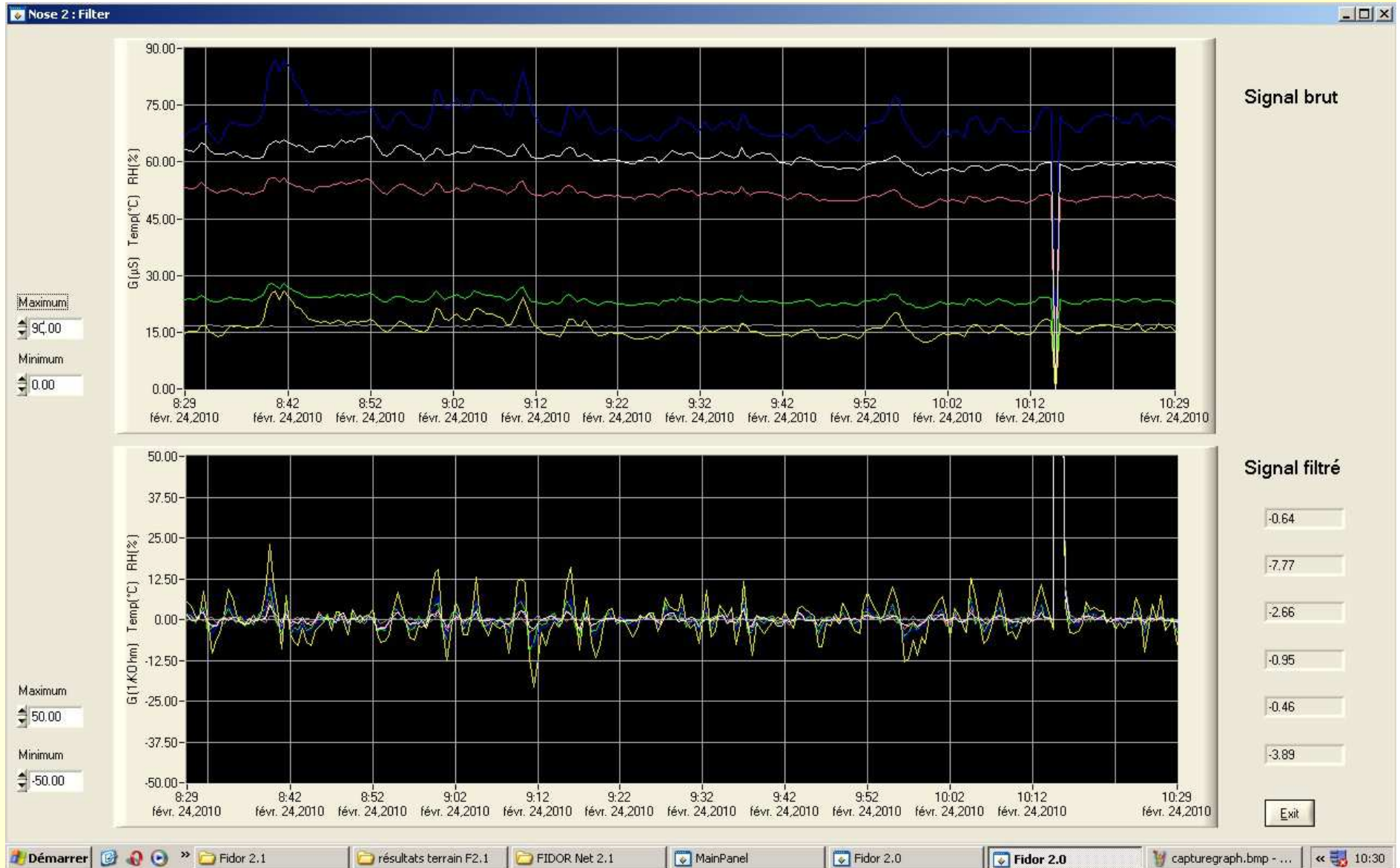
Nose 1	Nose 2	Nose 3	Nose 4	Nose 5
0	0	0	0	0

Exit

Démarrer Fidor 2.0 chris MainPanel Fidor 2.0 capture\_mainpanel.bmp ... 16:14

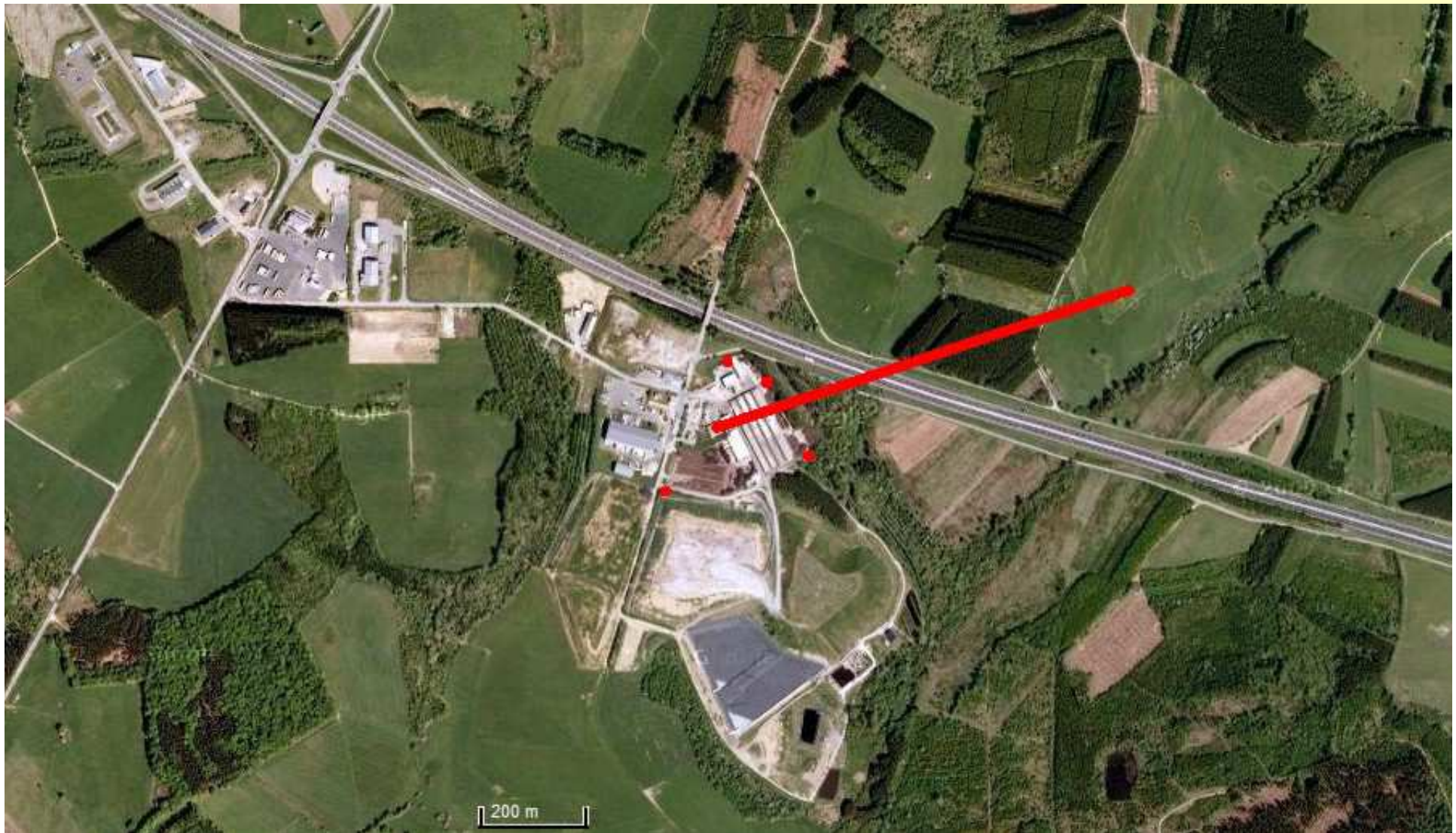
# Une interface graphique facile à utiliser pour l'exploitant

- des graphiques d'évolution



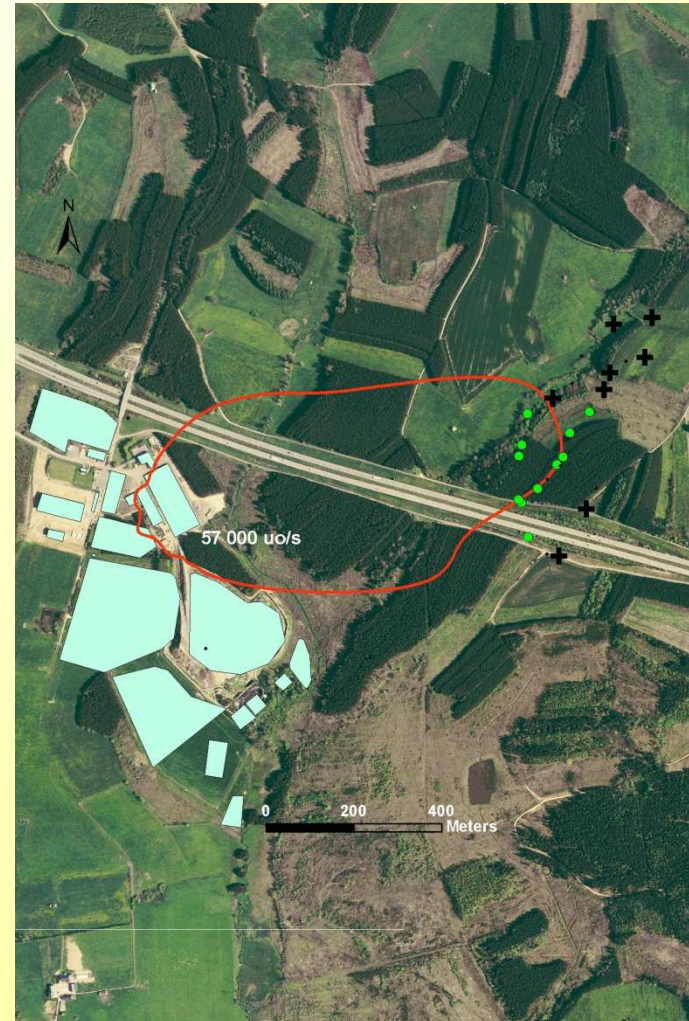
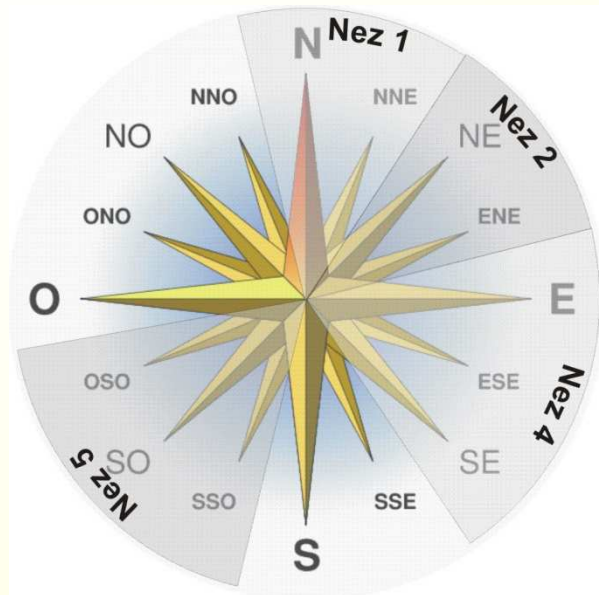
## Une interface graphique facile à utiliser pour l'exploitant

- une matérialisation de la dispersion atmosphérique



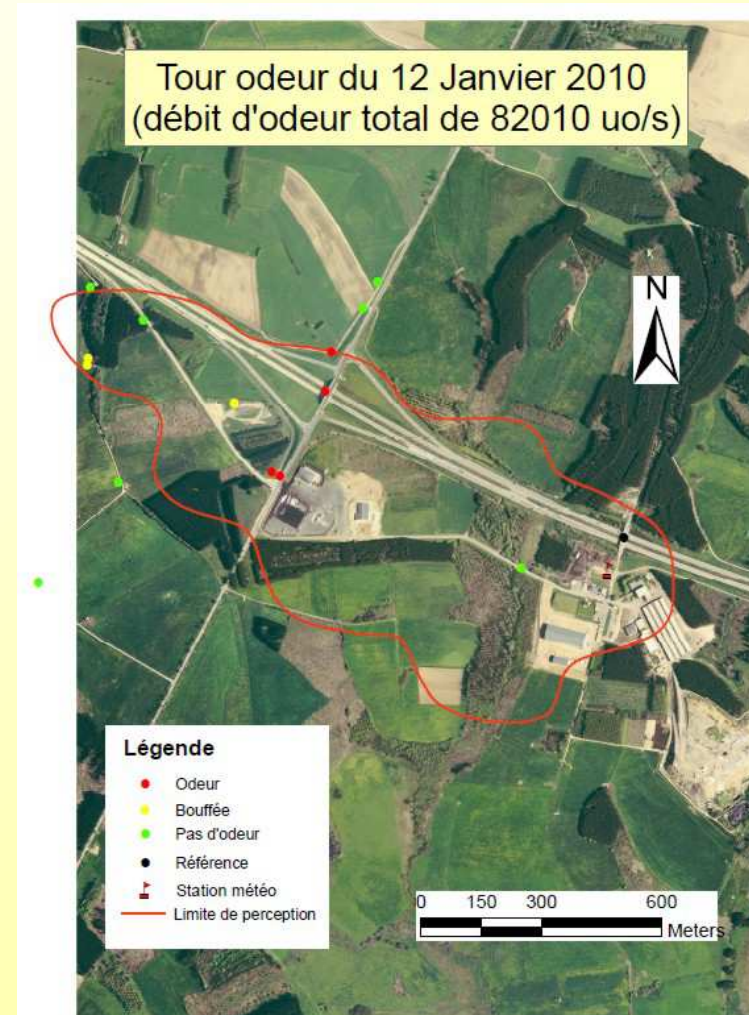
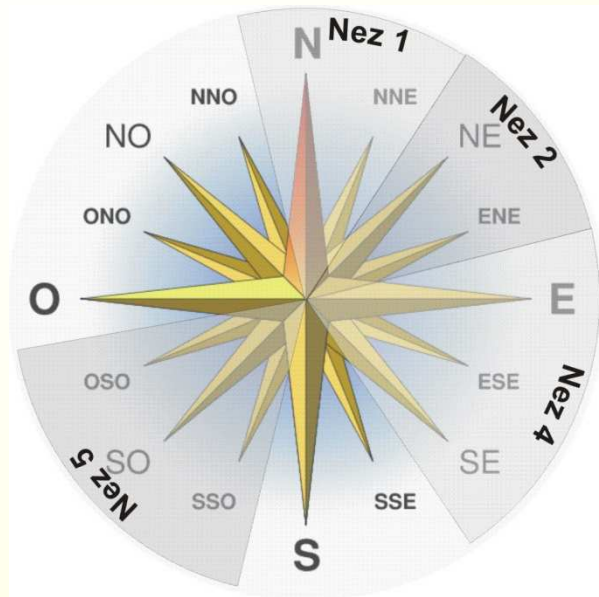
# Validation de terrain

"tour odeur" quand le vent souffle vers un des nez



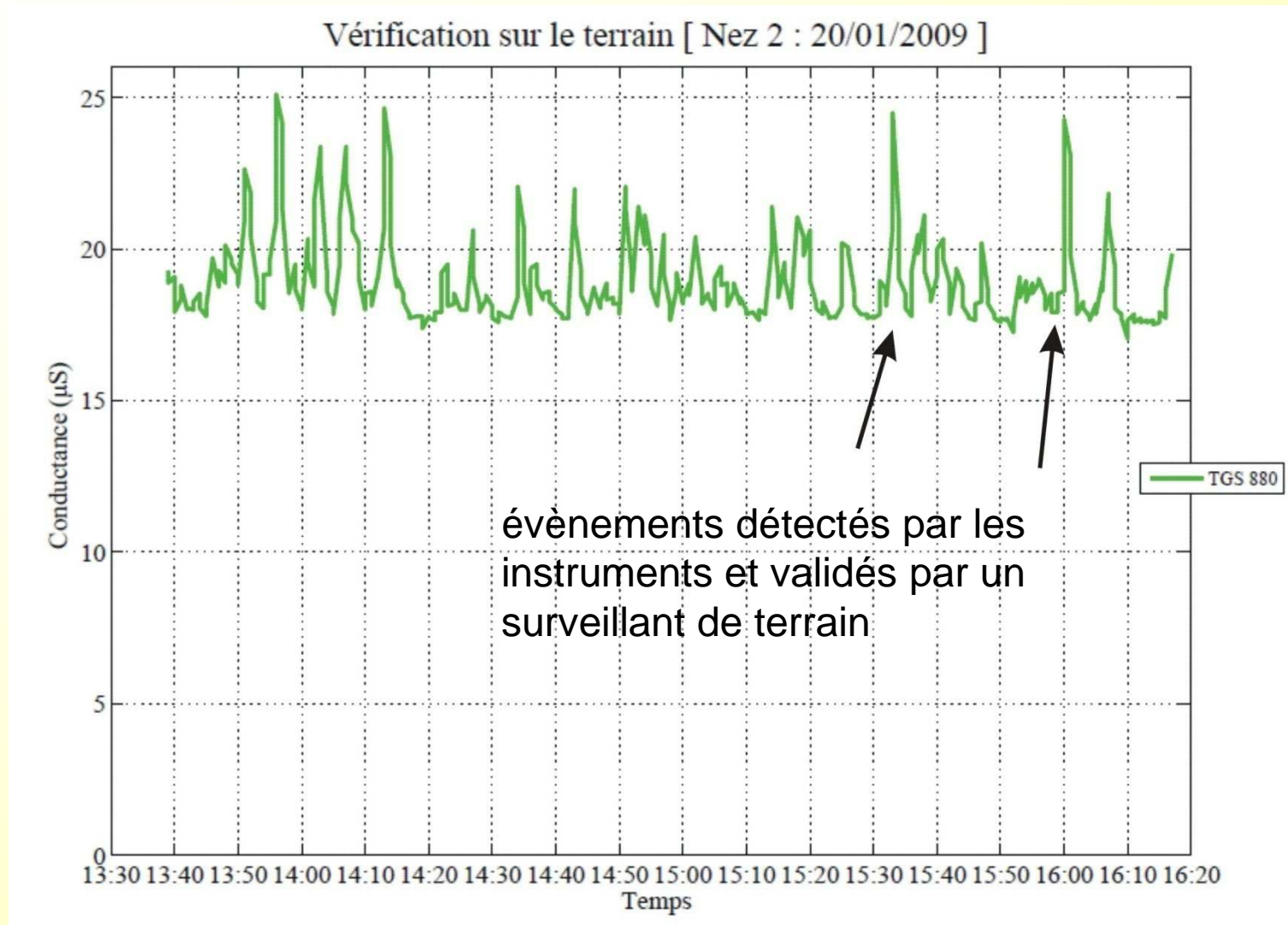
# Validation de terrain

"tour odeur" quand le vent souffle vers un des nez



# Validation de terrain

vérification par des nez humains placés à proximité des nez électroniques



# Validation de terrain

vérification par des « vigies »





# Développements, au-delà du réseau des 5 nez

Jusqu'où peut-on aller vers le riverain ?



# Possibilités et limites des nez électroniques sur la mesure des odeurs

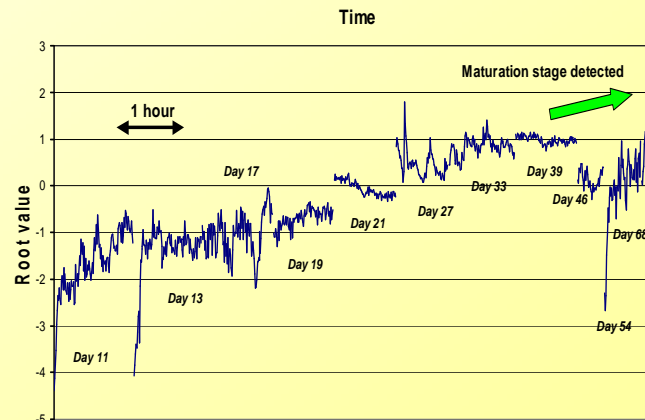
Le nom « nez électronique » : peut donner une image biaisée

Ce n'est pas un instrument de mesure comme les autres car il demande un apprentissage dédié au site

Quelques considérations importantes par rapport à l'intérêt du marché :

Quels sont les objectifs du client :

1. Mesurer les évolutions des émissions d'odeur du site  
→ Placer des instruments près des sources et suivi de l'évolution relative des signaux



**Quels sont les objectifs du client :**

**2. Quantifier les émissions d'odeur ««« concentration odeur »»»**

- **Attention aux unités utilisées, ce n'est plus une mesure sensorielle**

**Elle ne répond pas à la norme EN 13725**

**L'unité dépend de l'instrument de mesure**

~~**uo<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>**~~

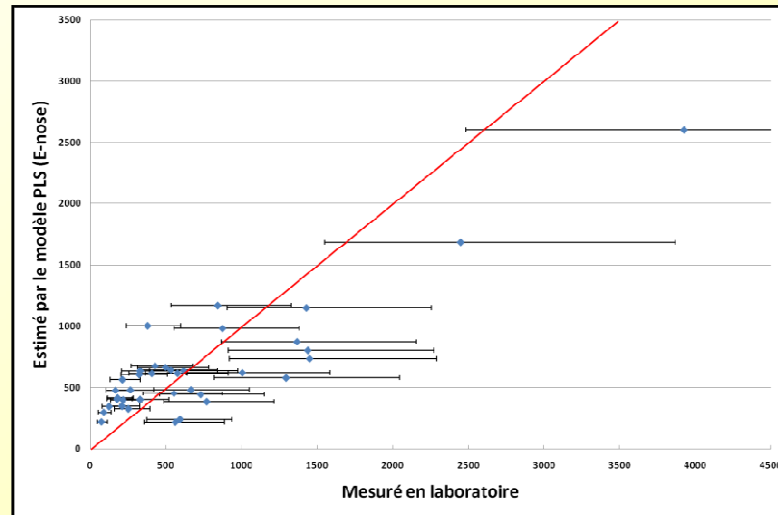
- **Attention à la dérive de l'instrument**

## Quels sont les objectifs du client :

### 2. Quantifier les émissions d'odeur ««« concentration odeur »»»

- Connaître l'erreur de mesure

En général l'erreur de la mesure olfactométrique est d'un facteur 2.  
Ces mesures servent de base pour développer un modèle de quantification.



Le système ne peut fournir une information plus précise que les données qui ont servi à le construire. L'erreur sera donc au moins d'un facteur 2.

Attention à la fausse impression de précision quand le système affiche une concentration de 1 112,4

## Quels sont les objectifs du client :

### 3. Mesurer les concentrations en limite de propriété

- Connaître la limite de quantification de l'instrument

Beaucoup de recherches réalisées dans ce sens

En olfactométrie selon la norme 13725, la limite généralement admise est située entre 50 et 100  $\text{uo}_E/\text{m}^3$

Cela peut avoir du sens de le faire mais pas pour vérifier les valeurs dans les permis : entre 1 et 5  $\text{uo}_E/\text{m}^3$

## **Quels sont les objectifs du client :**

### **4. Estimer l'impact olfactif du site**

- **Déterminer le flux d'odeur (quantité par unité de temps)**
  - **Pour les cheminées : possible en mesurant la vitesse de l'air**
  - **Pour des sources diffuses :**

**Très difficile de déduire le flux du site sur base des mesures ponctuelles**

**Attention l'odeur peut passer à coté ou au dessus de l'instrument**

**Il faut un très grand nombre d'instruments**

## Quels sont les objectifs du client :

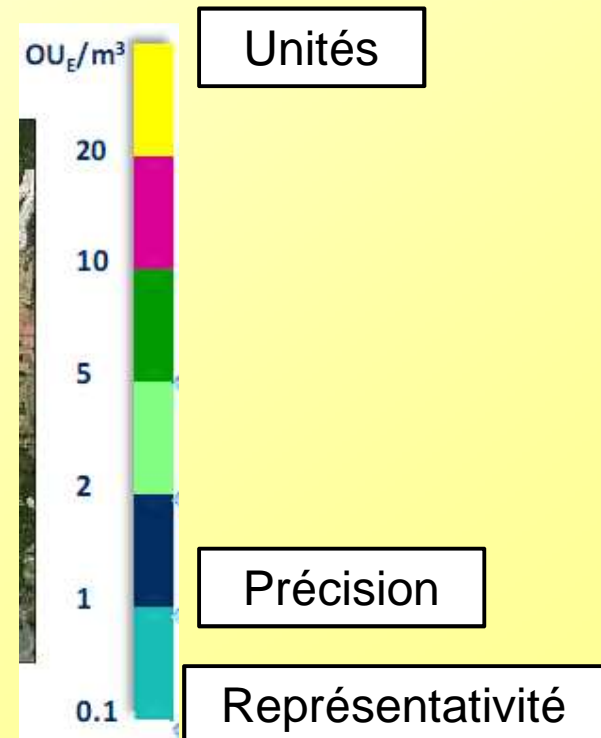
### 4. Estimer l'impact olfactif du site

- Déterminer l'impact :

#### Le modèle de dispersion

Sa qualité est importante mais l'erreur ne vient pas majoritairement de là

Attention à son affichage : **fausse impression de précision**



## **Quels sont les objectifs du client :**

### **5. Vérifier les plaintes**

**A ne jamais faire**

**Il existe des méthodes plus simples.**

**Attention aux « faux négatifs », le riverains peut vraiment avoir raison**

**Ce n'est pas parce que le système est cher qu'il dit la vérité**

**Si le riverain ne sent plus entendu, cela peut vraiment engendrer des situations très compliquées**

**Par contre, cela peut permettre de comprendre l'origine d'une plainte.**



- **Bien définir les objectifs du client :**

**A-t-il réellement besoin d'un e-nose ou d'un réseau**

**Pour quelle finalité :**

**Le Contrôle du process, des émissions, des impacts**

**La Gestion de la désodorisation**

**La Vérification des plaintes**

- **Déterminer son souhait d'investissement financier :**

- **l'acquisition du nombre suffisant d'instrument**

- **la maintenance chaque année**

- **Déterminer son engagement personnel**

- **l'acquisition des compétences de compréhension et d'interprétation**

- **Déterminer la liaison avec voisinage**

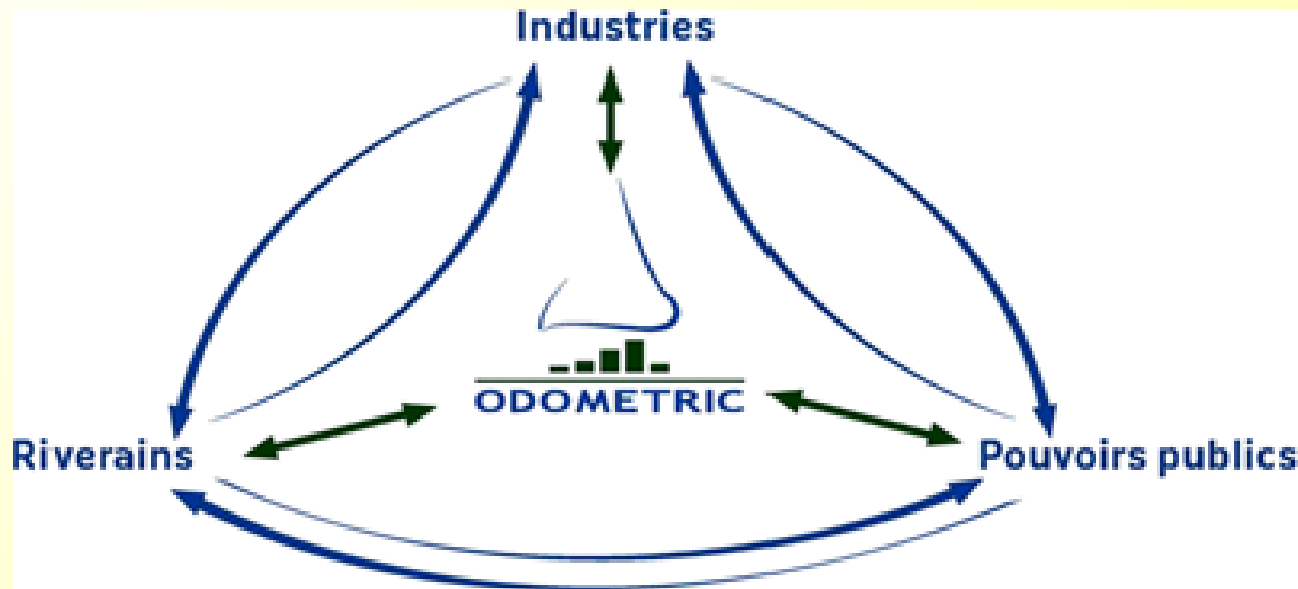
- **Est-ce que les riverains vont participer à la mise en place ?**

## Point de vue d'Odometric

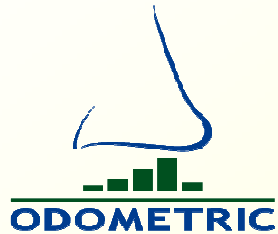
Le nez électronique ne doit pas être considéré comme un produit

C'est un outil complémentaire qui s'intègre dans un service global

L'objectif étant de créer des liens entre les personnes concernées pour que tout le monde se sente respecté



# Contacts :



**Votre partenaire dans la gestion des odeurs**

**Julien Delva**  
Administrateur délégué

Tel : 0032/63 230 892  
Fax : 0032/63 230 800

Email : [julien.delva@odometric.be](mailto:julien.delva@odometric.be)  
[info@odometric.be](mailto:info@odometric.be)

Site internet : [www.odometric.be](http://www.odometric.be)

Adresse : Avenue de Longwy, 185  
6700 Arlon - Belgique



**Campus d'Arlon**  
Département des Sciences et Gestion de l'environnement  
Unité Surveillance - Groupe Atmosphères polluées

**Jacques Nicolas**  
Professeur

Tel : 0032/63 230 857  
Fax : 0032/63 230 800

Email : [j.nicolas@ulg.ac.be](mailto:j.nicolas@ulg.ac.be)

Site internet : [http://www.dsge-arlon.ulg.ac.be/ulg\\_surveillance/](http://www.dsge-arlon.ulg.ac.be/ulg_surveillance/)

Adresse : Avenue de Longwy, 185  
6700 Arlon - Belgique