

**Atmos'Fair 23 & 24 Juin
2020**

Promesses et réalités des nez électroniques – État des lieux et retours d'expérience

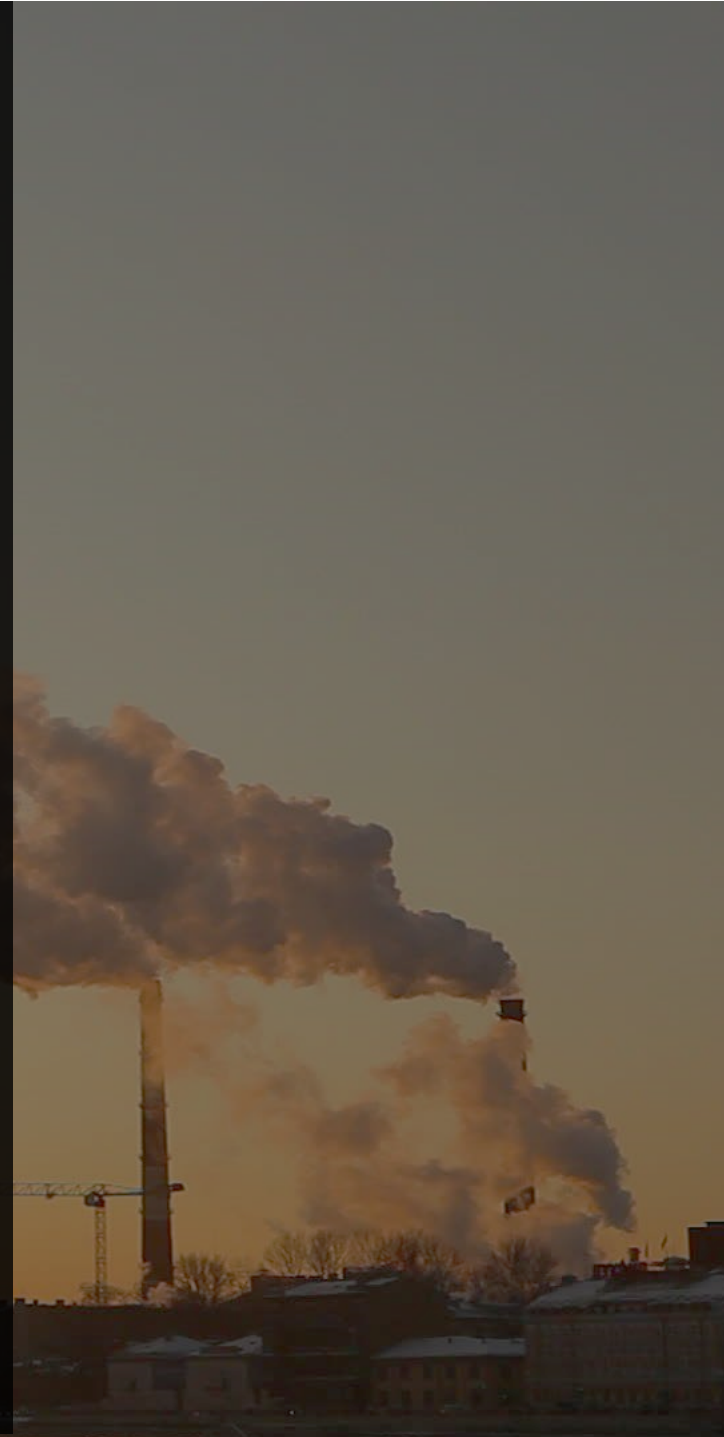


Nils Balgobin¹, Rémy Bayard³, Julie Carimalo¹, Corinne Chanéac², Bénédicte Couffignal³, Estelle Lefrançois⁴

¹ CNRS - C'Nano ; ² Sorbonne université – C'Nano ; ³ RECORD ; ⁴ Eco in'Eau

Plan

1. Contexte de l'étude
2. Description technologique
3. Secteurs d'application et retours d'expérience
4. Avantages et inconvénients
5. Perspectives et conclusion



Contexte de l'étude



Contexte de l'étude

évaluation du potentiel d'usage des nez électroniques dans le suivi des odeurs

septembre 2018 - Avril 2020

Qui ?

Maitre d'ouvrage : RECORD

COFIL RECORD : Représentants de EDF, RENAULT, SNCF, SUEZ, TOTAL

Maitres d'œuvre : Nils Balgobin (CNRS – C'Nano) et Julie Carimalo (CNRS - C'Nano) et Estelle Lefrançois (Eco in'Eau)

Pourquoi ?

- Les substances provoquant des nuisances olfactives excessives sont considérées comme des polluants à part entière
- La gestion des odeurs est un enjeu de société majeur
- Encore beaucoup d'incompréhension entre les concepteurs et les utilisateurs de nez électroniques et parfois de désillusions

Comment ?

- **Etat de l'art** bibliographique
- **Analyse du marché**
- **Etude de cas**
- **Entretiens** téléphoniques et en présentiel (44 personnes interrogées)

. Description de la technologie

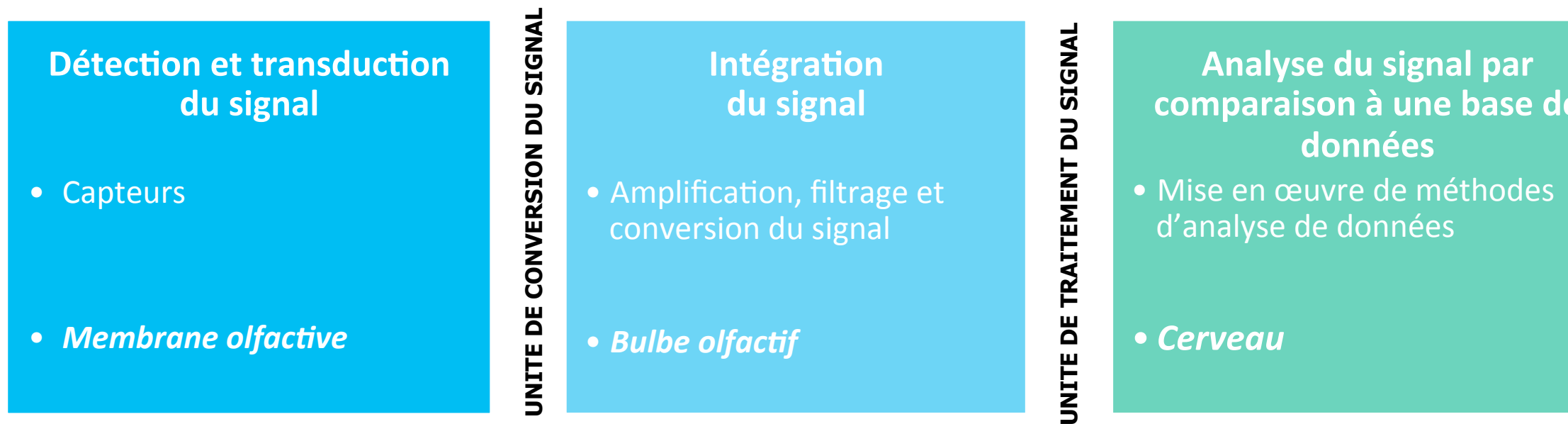


Qu'est ce qu'un nez électronique ?

Un nez électronique est un **dispositif**, composé d'un **réseau de capteurs non-spécifiques** associé à un de **système de reconnaissance de motif**, capable de reconnaître une ou des molécule(s) odorante(s) composant une odeur »

A brief history of electronic nose - JW Gardner et al. 199

Les 3 briques technologiques du nez électronique



Processus de détection d'une odeur

es capteurs

Oxydes métalliques
semi-conducteurs
(MOS)

substrat d'Alumine/partie
chauffante/isolant/Film
composé d'oxydes d'étain,
de zinc, de titane.../
électrodes

➤ **Résistance électrique**

Les

Macro
par



Non
spécifiques

Associés à
d'autres
capteurs

Différentes
réponses
intégrées

Analyse
d'un
mélange
complexe

Les microsystèmes
électromécaniques
(MEMS, MOEMS)

Eléments mécaniques,
sensibles à des
déformations mécaniques
couplés à des éléments
électroniques



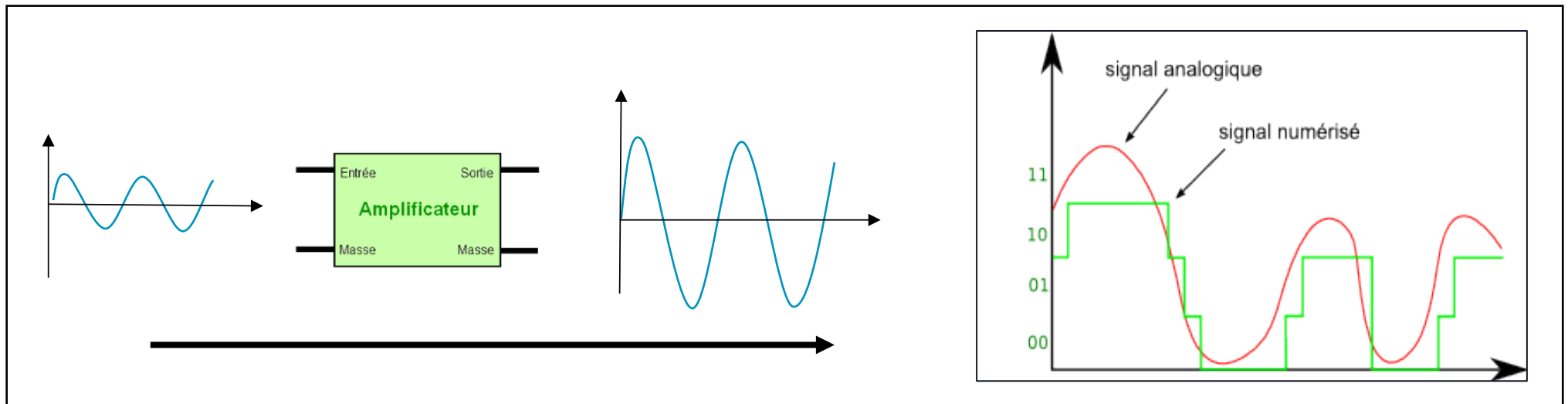
**Variable
électrique**

Coût / Encombrement / Précision / Robustesse / gamme de détection / sensibilité

Intégration du signal

Optimisation des caractéristiques du signal de sortie du capteur :

- Amplification du signal
- Filtrage
- Conversion analogique en numérique pour le traitement statistique du signal

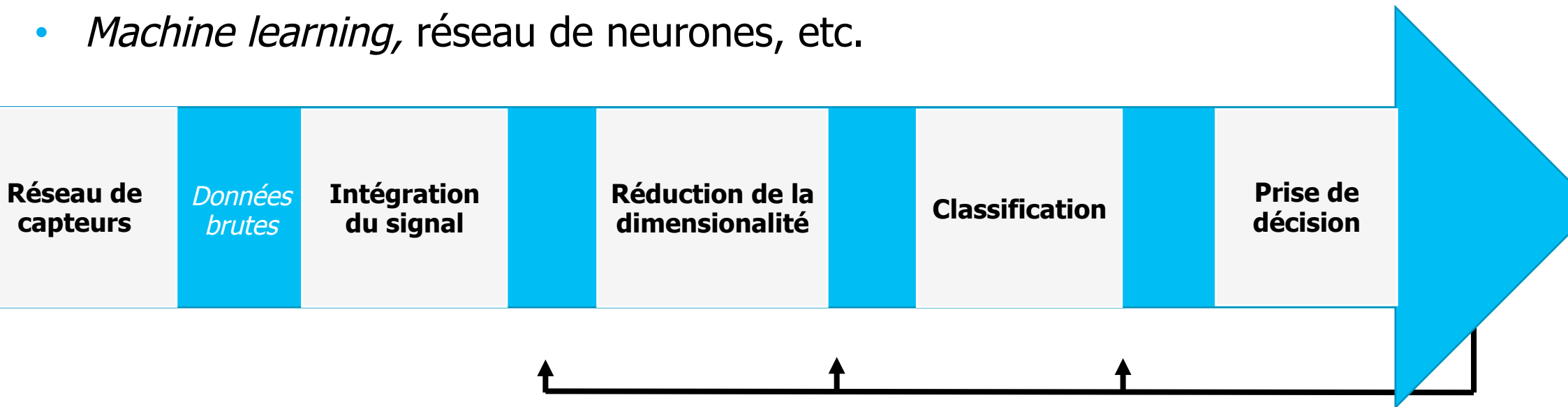


traitement du signal

analyse du signal par comparaison à une base de données.

méthodes employées :

- Analyse en composantes principales, méthode des k plus proches voisins, etc.
- *Machine learning*, réseau de neurones, etc.



après : *Electronic Nose Based on Independent Component Analysis
Combined with Partial Least Squares and Artificial Neural Networks for
the Prediction* Aguilera et al. 2012

Feedback

étapes incontournables

Calibration => ajustement et optimisation des résultats

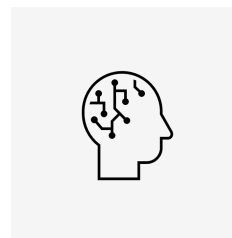
Apprentissage => identification des odeurs

2 étapes : au laboratoire puis sur le terrain



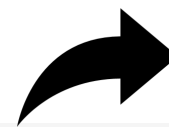
Calibration

- Périodique
- Prise en compte des effets de la température et de l'humidité
- Prise en compte du vieillissement des capteurs/choix de remplacement
- Chronophage, coûteux, main d'œuvre spécialisée
- Nombreuses méthodes développées
- Secteur de recherche dynamique



Apprentissage

- Par comparaison avec les résultats de l'olfactométrie dynamique
- Durée et fréquence sont fonctions de la variabilité des conditions environnementales et des mélanges gazeux à analyser
- Intérêt d'une stratégie multiparamétrique
- Chronophage, coûteux

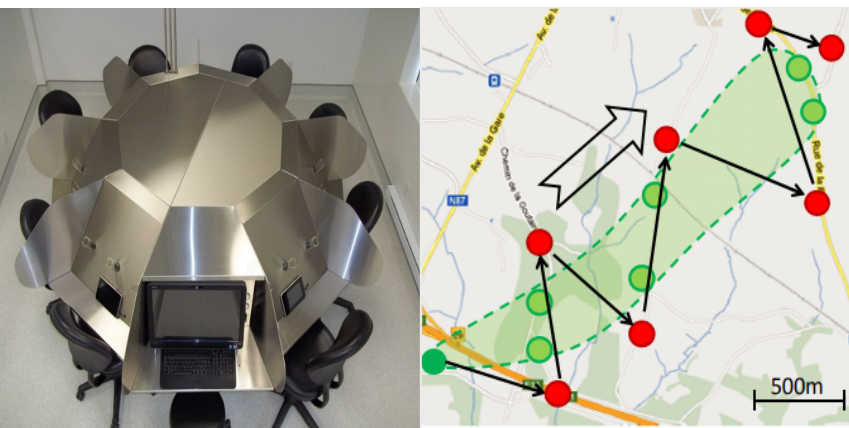


Les nez électroniques sont des appareils dont les performances sont évolutives

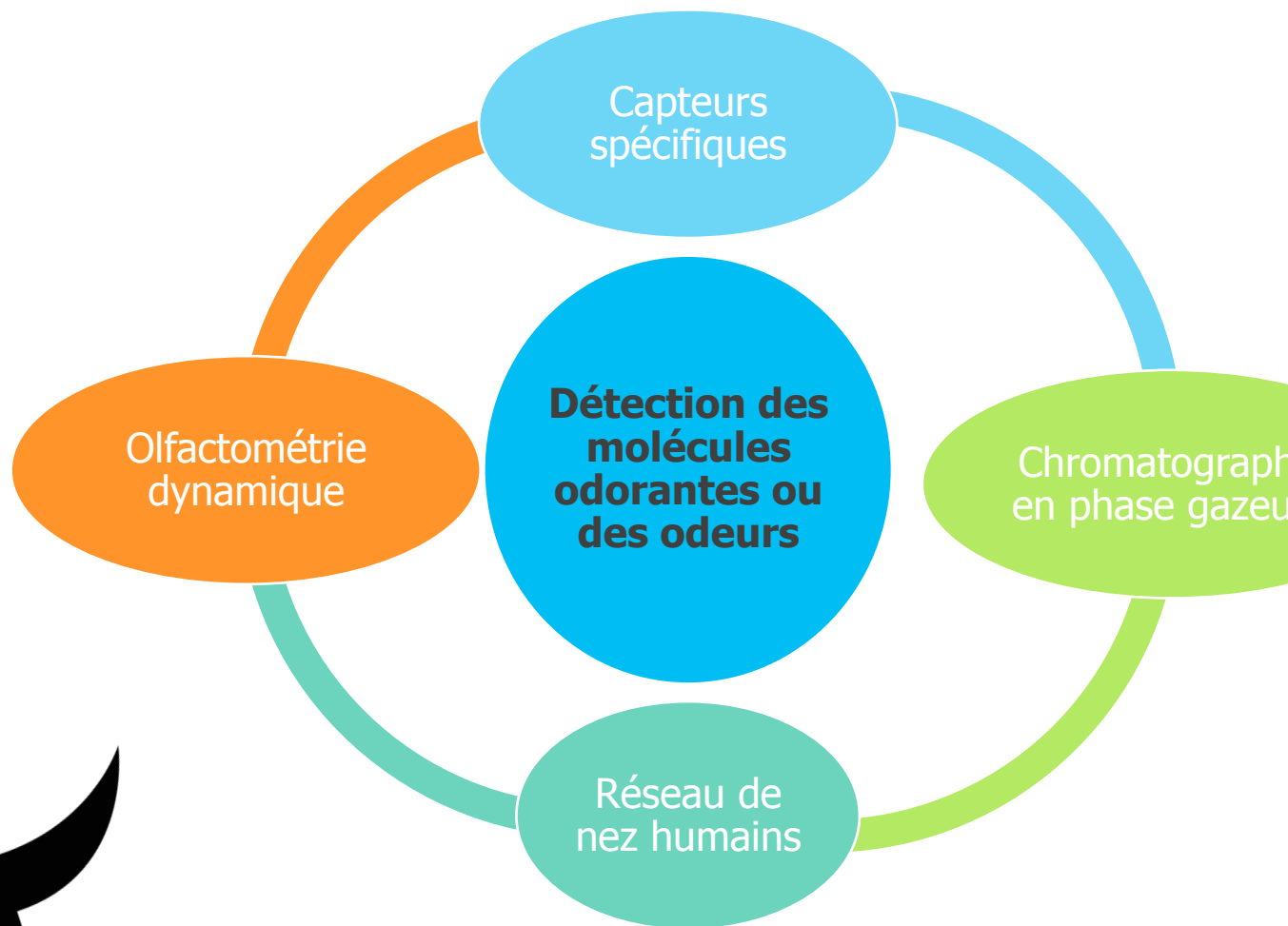
Les autres méthodes de mesure

La méthode de référence :

L'olfactométrie dynamique (Norme européenne EN 13725)



Modèles de dispersion



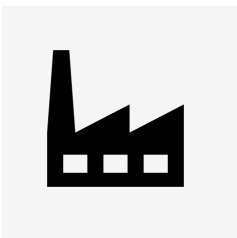
. Retours d'expérience et secteurs d'applications



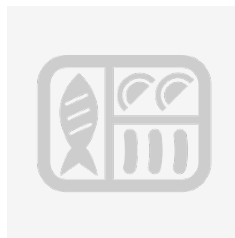
Secteurs d'application



Traitement des
déchets et
assainissement



Industries





Port de Rotterdam

L'agence de protection environnementale néerlandaise surveille les pollutions olfactives depuis 2010

=> Réseau de **250 nez électroniques**



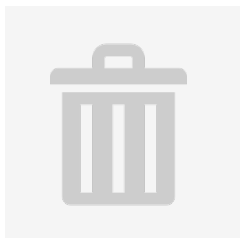
Composition du nez électronique Common Invent :

- 4 à 8 capteurs MOS
- Capteurs de température et d'humidité relative
- Base de données standard

Retours d'expérience :

- Outils d'alerte précoces
- Associés à un système performant de gestion des pollutions olfactives
- Puissance financière du Port de Rotterdam

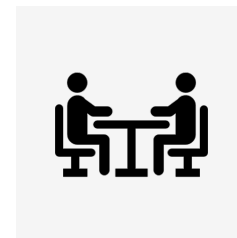
secteurs d'application



Traitement des
déchets et
assainissement



Médical



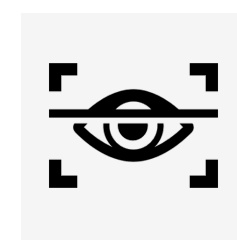
Surveillance de la
qualité de l'air
intérieur



Industries



Industrie
agroalimentaire



Sécurité civile et
surveillance des
fraudes

I. Avantages et inconvenients



Principaux avantages et limites des nez électroniques

Avantages

Appareil installé sur site ou portable

Mesure en temps réel et en continu

Résultat rapide

Transmission des données à distance

Caractérisation possible des odeurs

Pas de problème de subjectivité

→ Outil d'alerte

Analyse des mélanges gazeux complexes dont la composition est inconnue.

Limites

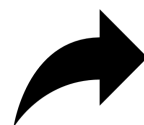
- Faible robustesse des résultats (faible répétabilité, reproductibilité)

- Sensibilité aux gaz poisons, à l'humidité et aux particules

- Difficulté de la calibration

- Influence de la méthode d'échantillonnage sous-estimée

- Difficulté à mesurer et contrôler les incertitudes



Difficultés si les mélanges gazeux sont très variables et/ou très similaires

Principales opportunités et menaces au déploiement des nez électroniques

Opportunités

Forte demande sociétale et commerciale
(objets connectés, véhicules autonomes)

Coût raisonnable

Intégrable à une solution globale de gestion
des odeurs

Menaces

- Analogie trompeuse avec le sens de l'olfaction
- Olfactométrie dynamique reste la méthode de référence
- Sensibilité exprimée en ppm n'est pas significative pour une odeur

V. Perspectives et conclusion



Perspectives liées aux avancées technologiques

Recherches liées à la détection

- Les nez bioélectroniques (biocapteurs): une approche biomimétique
- Amélioration des performances des capteurs (nouvelle génération de capteurs MOS, ...)
- Apport des nanotechnologies

Recherches liées au traitement du signal

Apport de l'intelligence artificielle

- Développement des réseaux de neurones
- *Deep learning, machine learning, etc.*

Nouvelles méthodes statistiques

Perspectives liées à l'évolution de la réglementation

Révision de la norme
européenne EN 13725 - CEN/
TC264 2003

CEN/TC264 /WG2

Concerne l'échantillonnage,
le stockage des échantillons,
le matériel de référence, la
dilution dynamique, le calcul
des incertitudes, les
méthodes de réponses des
panélistes, la santé et la
sécurité des opérateurs

Elaboration d'une nouvelle
norme

- CEN/TC264 /WG41
- 2 textes fondateurs
 - Norme nationale allemande VDI/VDE 3518 Part 3 relative aux techniques instrumentales
 - Accord technique néerlandais NTA-9055 (NEN 2012) relatif aux nez électroniques



- 4 domaines d'application
- Définition des capacités et limites des instruments
- Amélioration de la répétabilité des résultats
- Etablissement et validation de la relation entre l'odeur mesurée et l'odeur perçue
- Vocabulaire et définitions
- Revue des technologies appropriées (capteurs...)
- Réflexion sur le système d'assurance qualité pouvant s'appliquer aux nez électroniques

onclusion

Enjeu majeur et croissant de la surveillance de la qualité de l'air et des odeurs.

Malgré des déceptions, les nez électroniques sont des outils intéressants si ils sont employés à bon escient et intégrés dans une méthode globale de gestion des odeurs.

La recherche devrait permettre de dépasser certaines limites technologiques.

L'évolution de la réglementation (nouvelle norme) devrait permettre de lever les incertitudes liées à l'usage des nez électroniques mais, en retour, complexifiera son usage.

Conclusion

Pour plus d'informations :

<https://www.record-net.org/catalogue/222>



ETUDE N° 18-0167/1A

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

ÉVALUATION DU POTENTIEL D'USAGE DES NEZ
ELECTRONIQUES DANS LE SUIVI DES ODEURS


EVALUATION OF THE POTENTIAL USE OF ELECTRONIC
NOSES IN THE MONITORING OF ODORS

mai 2020

E. LEFRANÇOIS – ECO in'EAU
N. BALGOBIN, J. GARMALO – CNRS - C'NANO
C. CHANEAG – Sorbonne université – C'NANO



www.record-net.org



**Merci de votre
attention!**

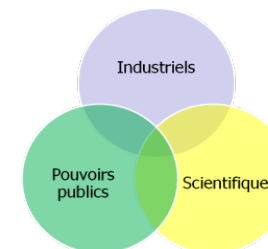
seau coopératif de recherche sur les déchets et l'environnement

Accroître les connaissances appliquées et le partage d'expérience autour des produits en fin de vie,
des déchets, des sols pollués et de l'utilisation efficace des ressources
dans une perspective d'Economie Circulaire



L'association RECORD est un réseau ouvert à toute organisation publique ou privée. Il permet la réalisation d'études et de recherches dans le cadre d'une coopération tripartite tout à fait originale entre **industries, institutionnels et chercheurs**.

Cette coopération fait de RECORD un lieu privilégié d'**échanges** ainsi qu'un outil de **veille technologique et scientifique**.



Financement de projets (seul ou en partenariat)

(Bibliographie - Etudes terrains (métrologie, essais, etc.) - Etats de l'art techniques - Benchmark UE/ réglementation ...)

Programmes soutenus par l'ADEME

de l'état de l'art ---> à la thèse

Thématiques d'études et de recherche de RECORD

- ❖ Connaissance et caractérisation – méthodes et outils (métrologie, connaissance des gisements, etc.)
- ❖ Développement des filières de valorisation et de traitement (procédés, traitement des effluents, etc.)
- ❖ Evaluation des impacts et des risques sanitaires et environnementaux (amélioration des méthodes ER « S » et « E », santé des populations, santé des opérateurs, à venir : ingénierie écologique)
- ❖ Evaluation des dimensions économiques et sociales (économie, droit – réglementation, externalités, etc.)

➤ En savoir plus : www.record-net.org

Les membres de RECORD :

