

Détecter les chloramines dans l'air et dans l'eau

T-H. Nguyen, E. Chevallier, Cl. Beaubestre,
J-L. Derreumaux, L. Derreumaux et T-H. Tran-Thi

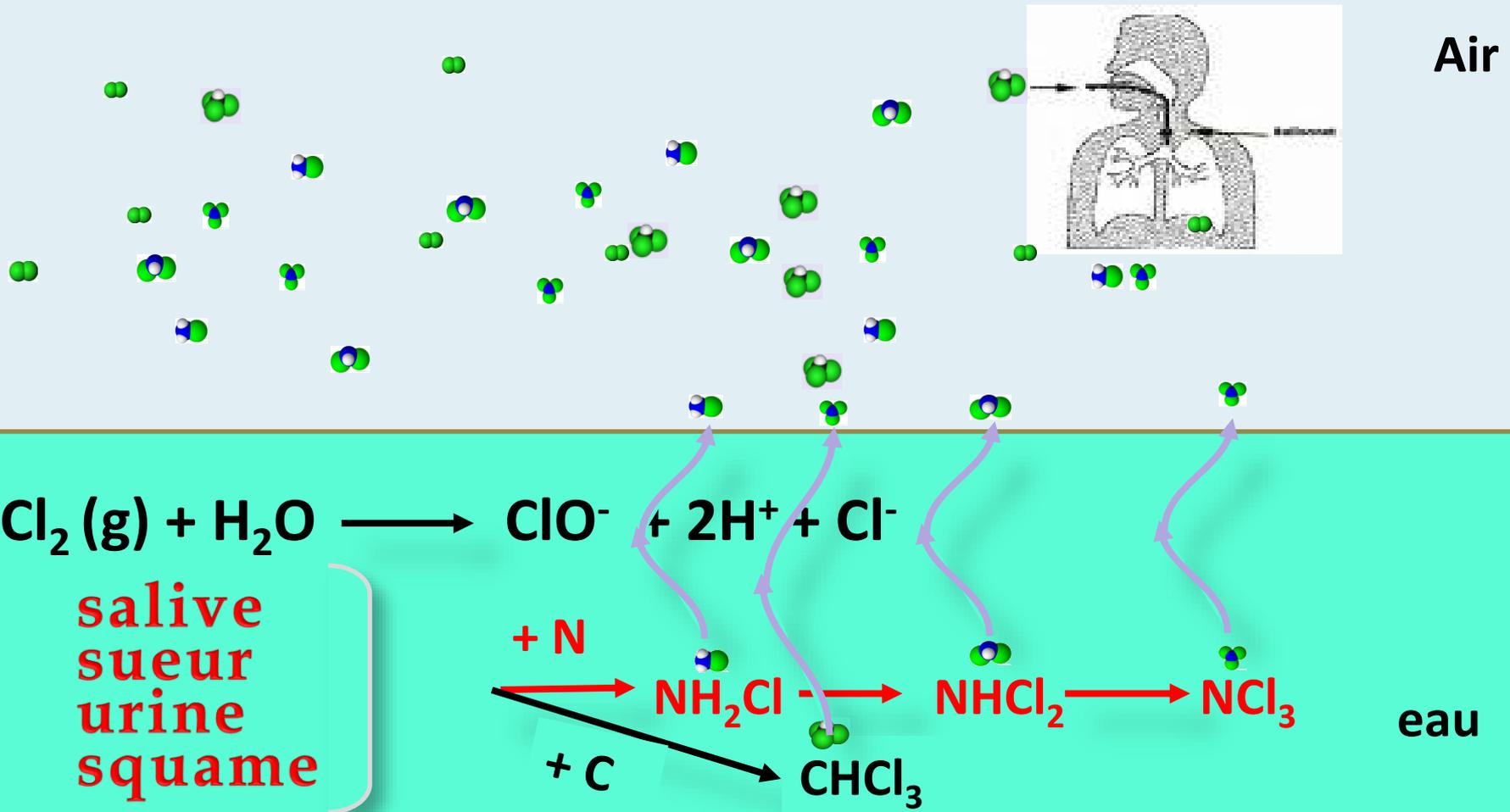
¹ NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, 91191 Gif sur Yvette

² ETHERA, 628 rue Charles de Gaulle, 38920 Crolles

³ Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, 11 rue George Eastman, 75013 Paris

⁴ CIFEC, 12 bis rue du Cdt Pilot, 92200 Neuilly-sur-Seine

Chloramines and Trihalomethanes



Chaque baigneur laisse à la piscine ~80 mL d'urine !

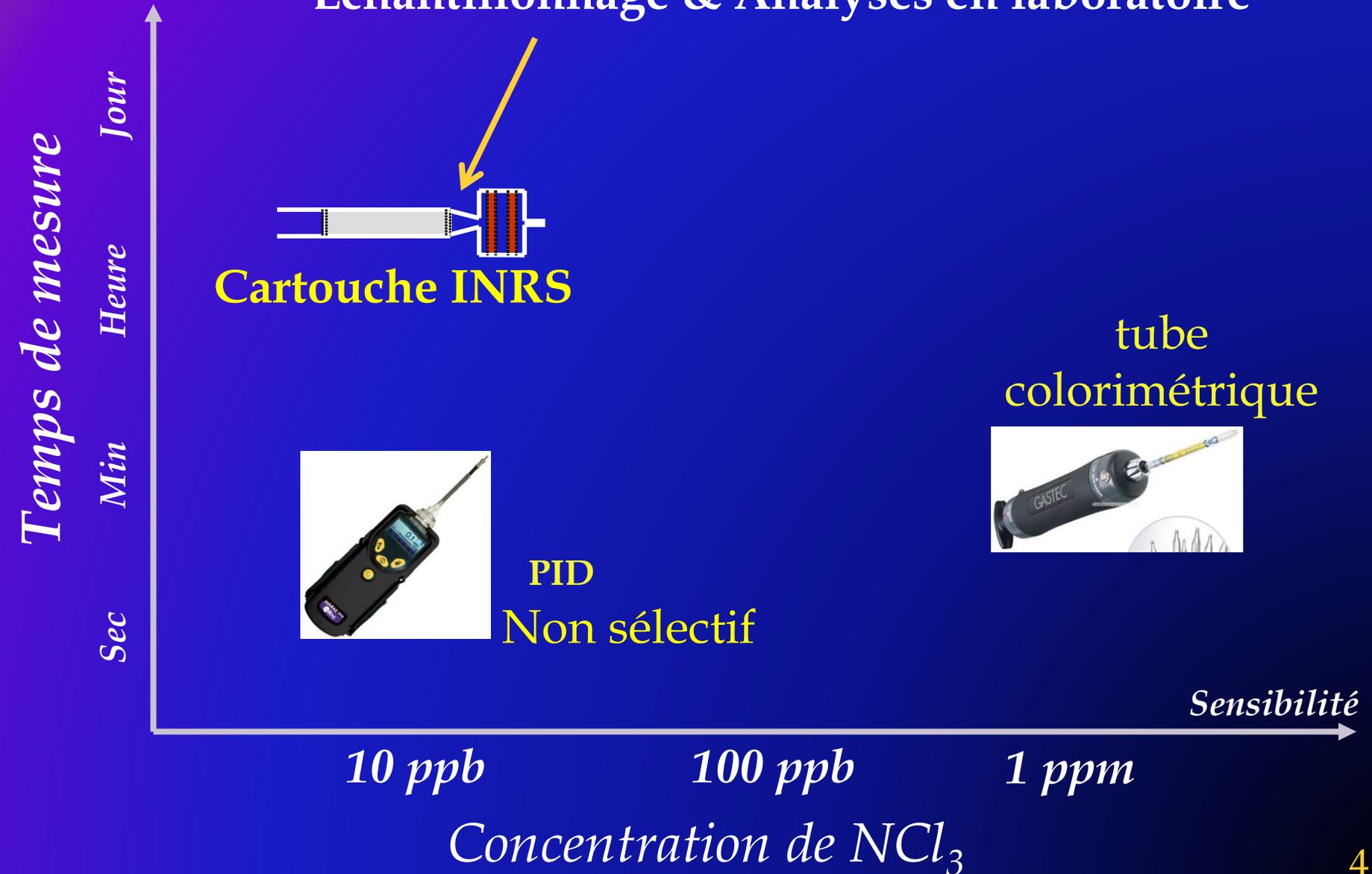
Toxicité de NCl_3

- Classé comme « irritant »
- Effets dus à l'exposition
 - à court terme : irritation des yeux & trouble respiratoire
 - à long terme : asthme
- Norme pour les professionnels (INRS, 2001)
 - 0,3 à 0,5 mg/m³ in air
 - **60 à 100 ppb**
- Concentration typiquement mesurée dans les piscines
 - **10 à 100 ppb** (selon nombre de nageurs & système de ventilation)

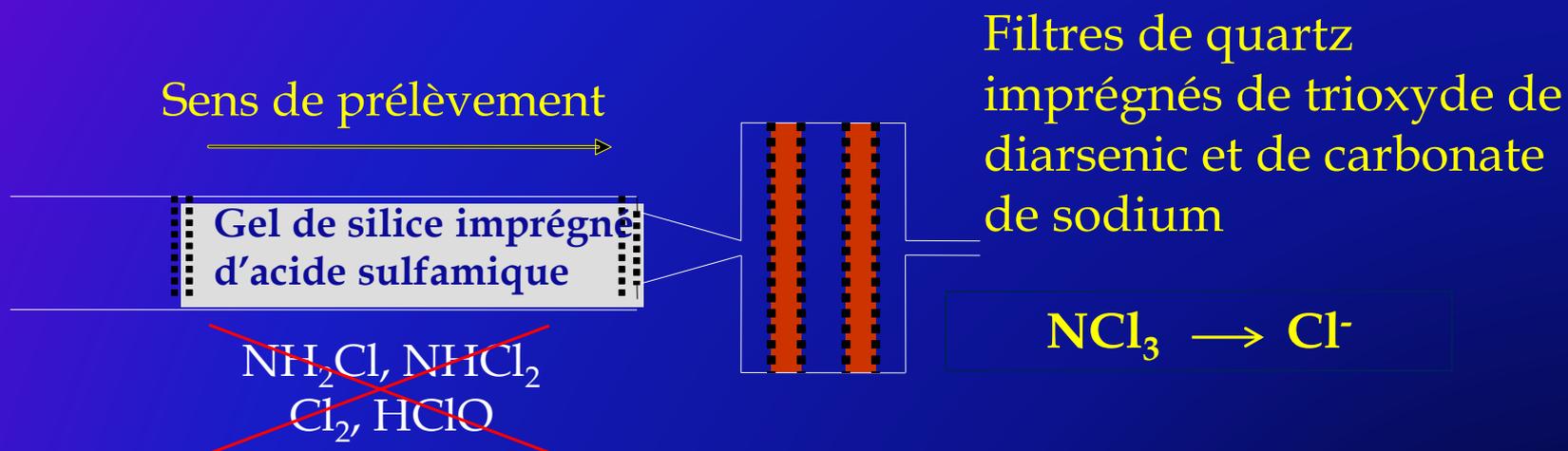
QAI: Pas de réglementation pour le NCl_3 pour le moment

Etat de l'art en 2008

Echantillonnage & Analyses en laboratoire



Méthode de mesure de NCl_3 dans l'air INRS



Cl^- dosé par chromatographie ionique → Dosage en différé

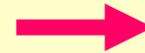
Valeurs moyennées sur 2H

Capteurs chimiques colorimétriques



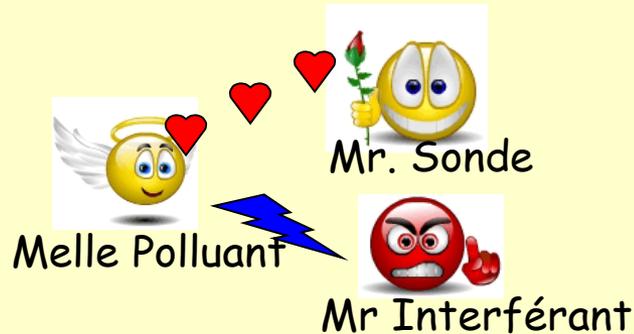
Eponge nanoporeuse

- Filtrer
- Concentrer



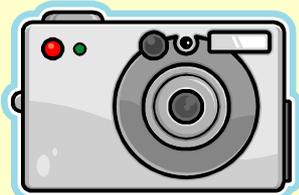
Sol-Gel

Synthèse aisée
Peu coûteux



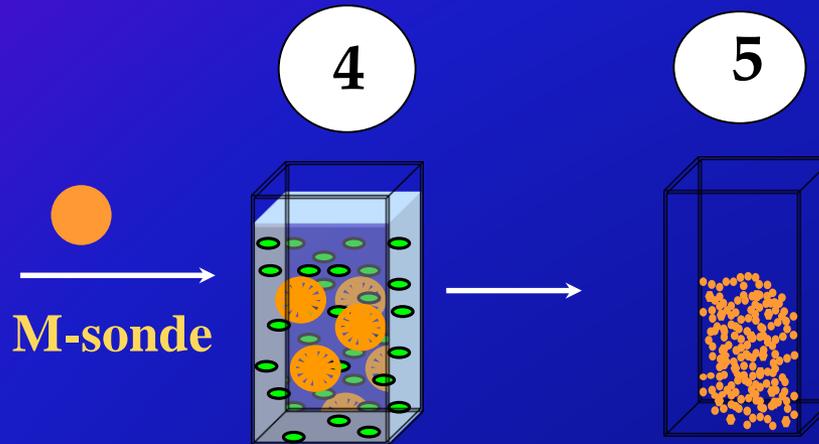
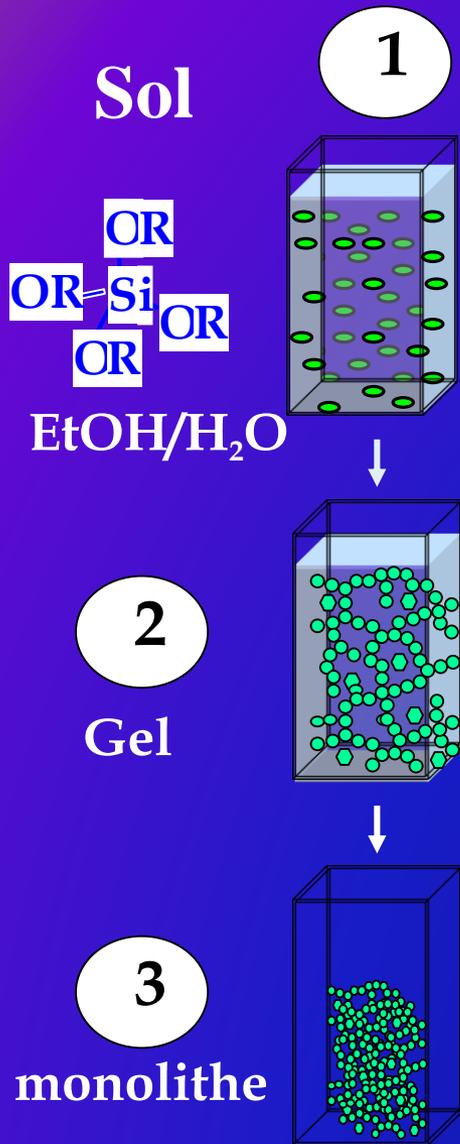
Sélectivité

Molécule-sonde/polluant-cible



Détection optique : rapidité

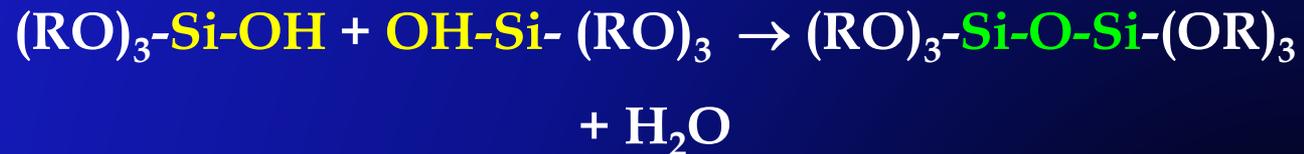
Détection visuelle



Monolithe
dopé

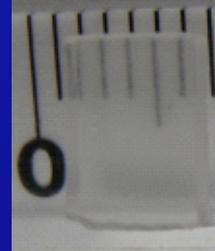
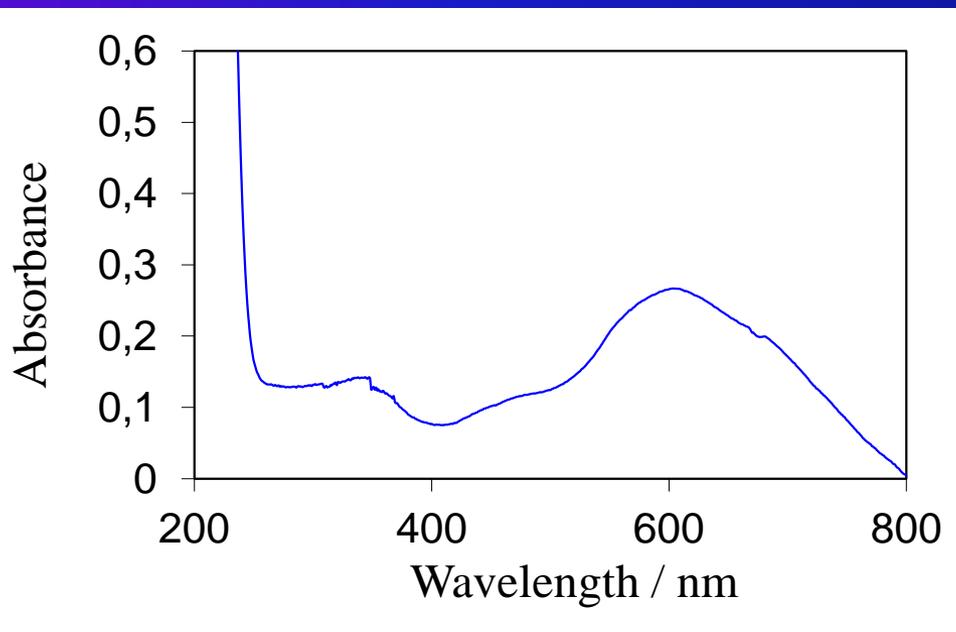
Procédé Sol-Gel

Hydrolyse et polycondensation



Quelle molécule-sonde pour NCl_3 ?

NaI & Amylose

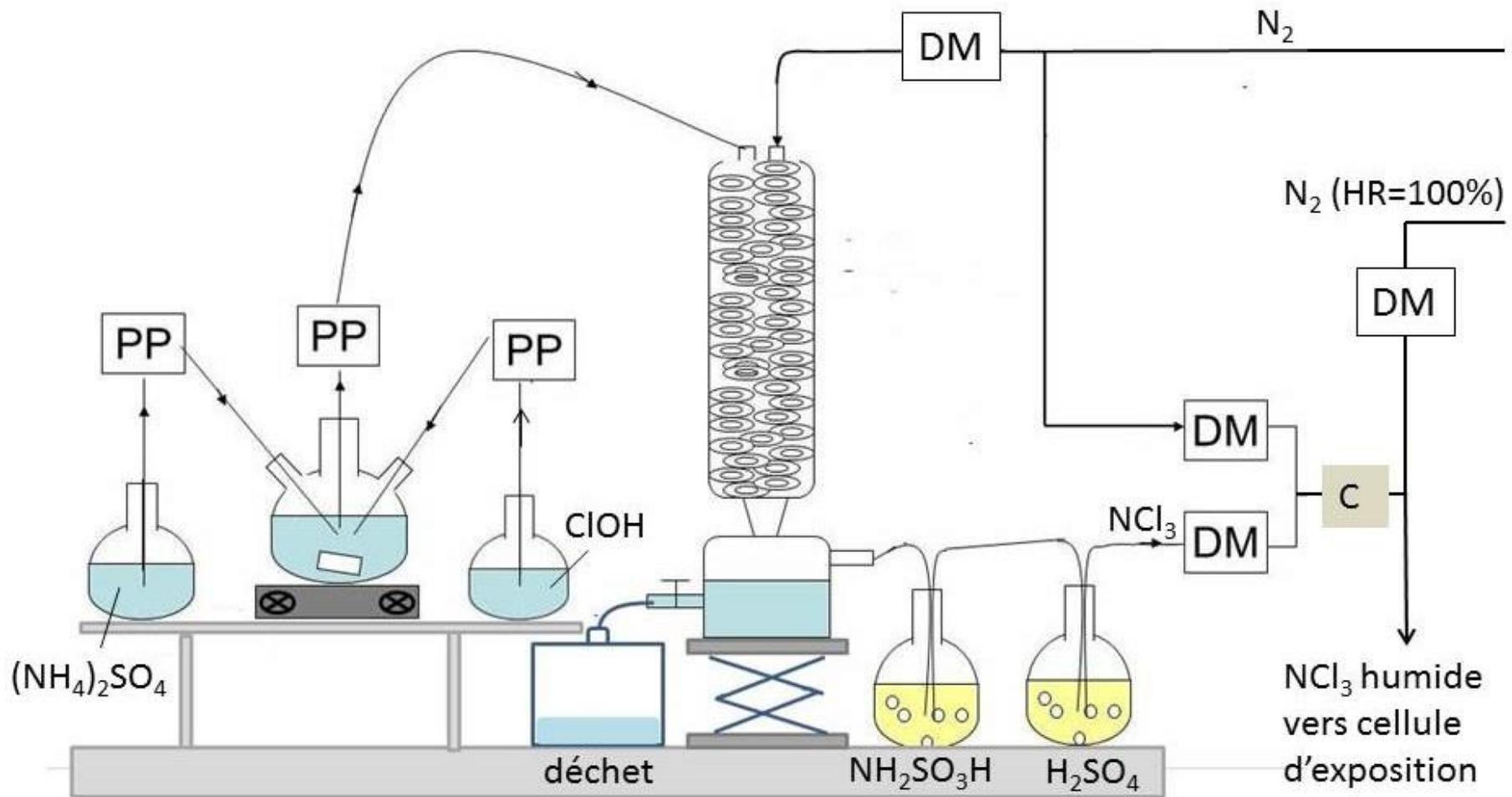


$$S_{\text{ads}} = 700 \pm 100 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

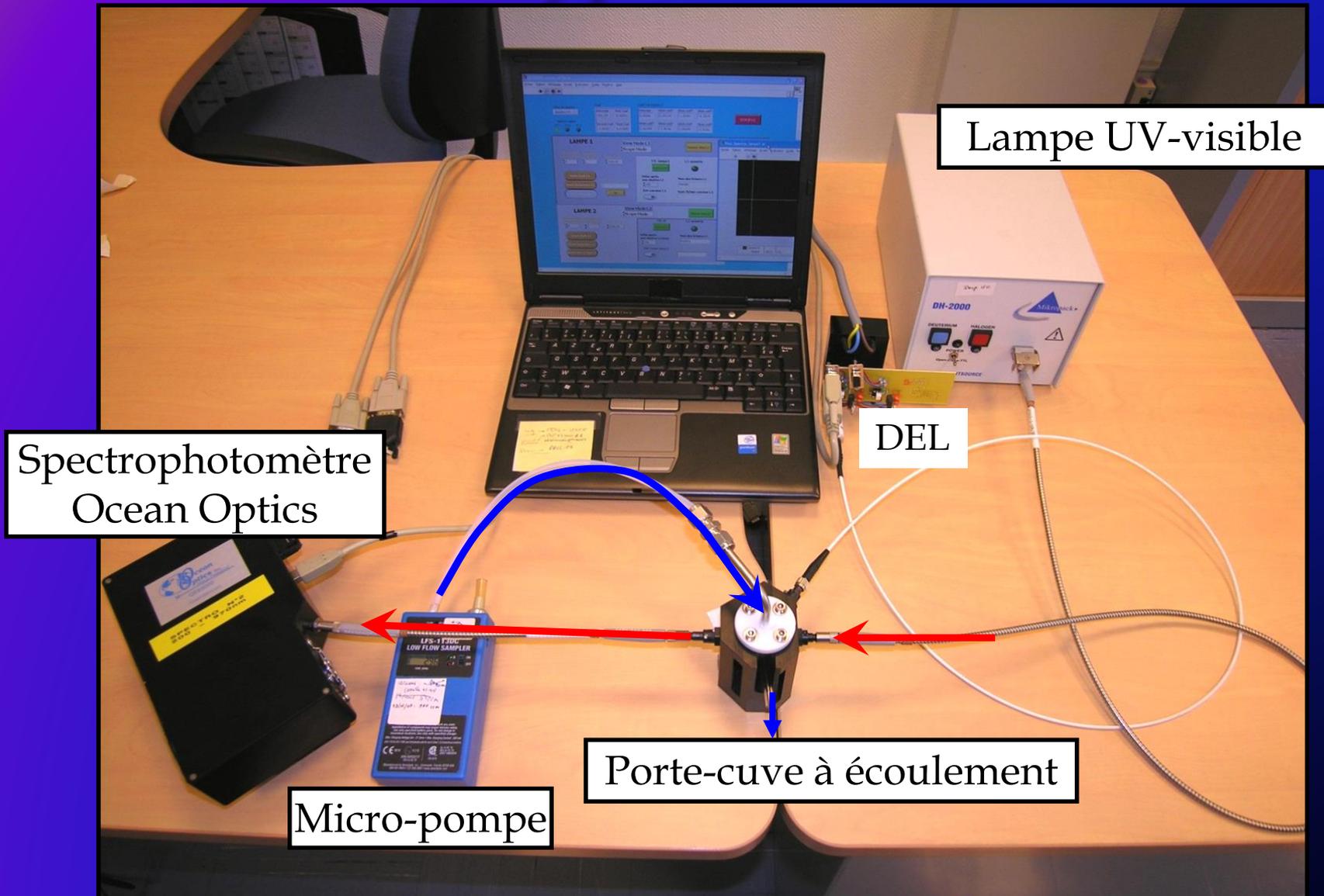


Génération des mélanges gazeux calibrés de NCl_3

Méthode adaptée de l'INRS- Fabien GERARDIN

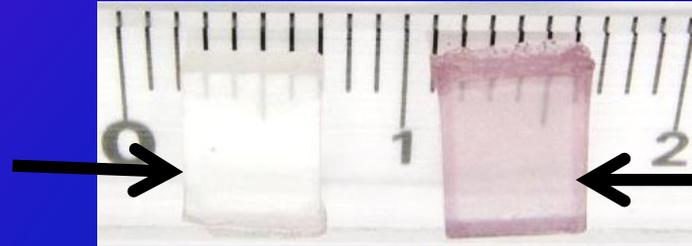


Prototype de détection

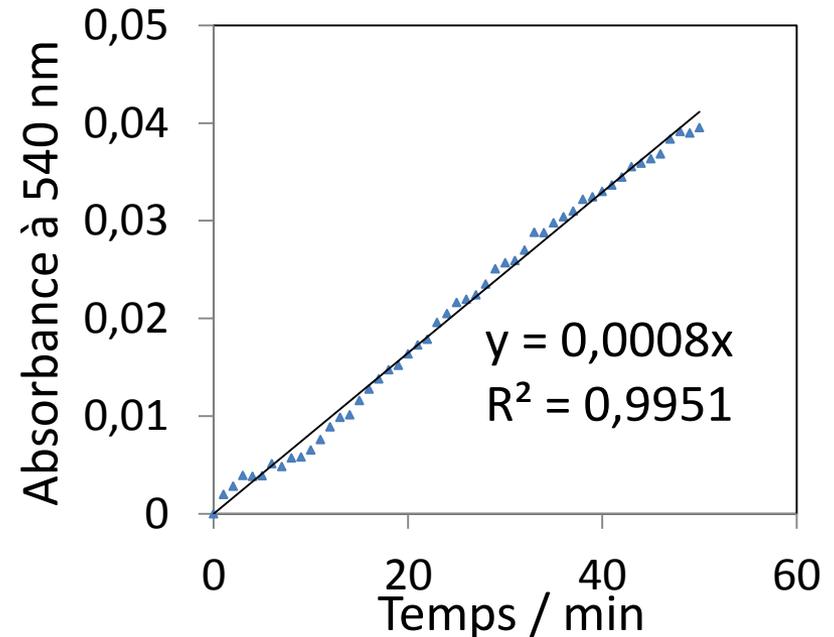
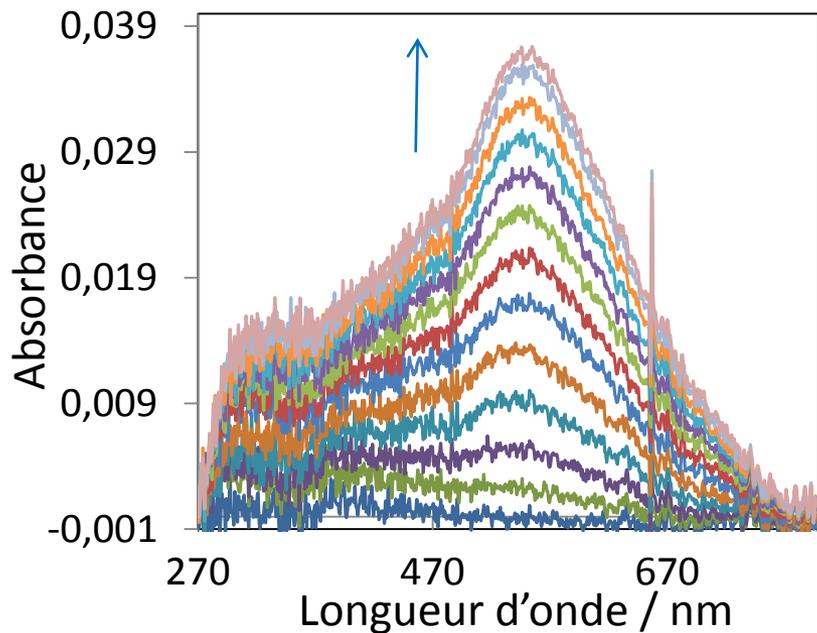


Exposition d'un capteur à NCl_3 $200 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 50 ppb

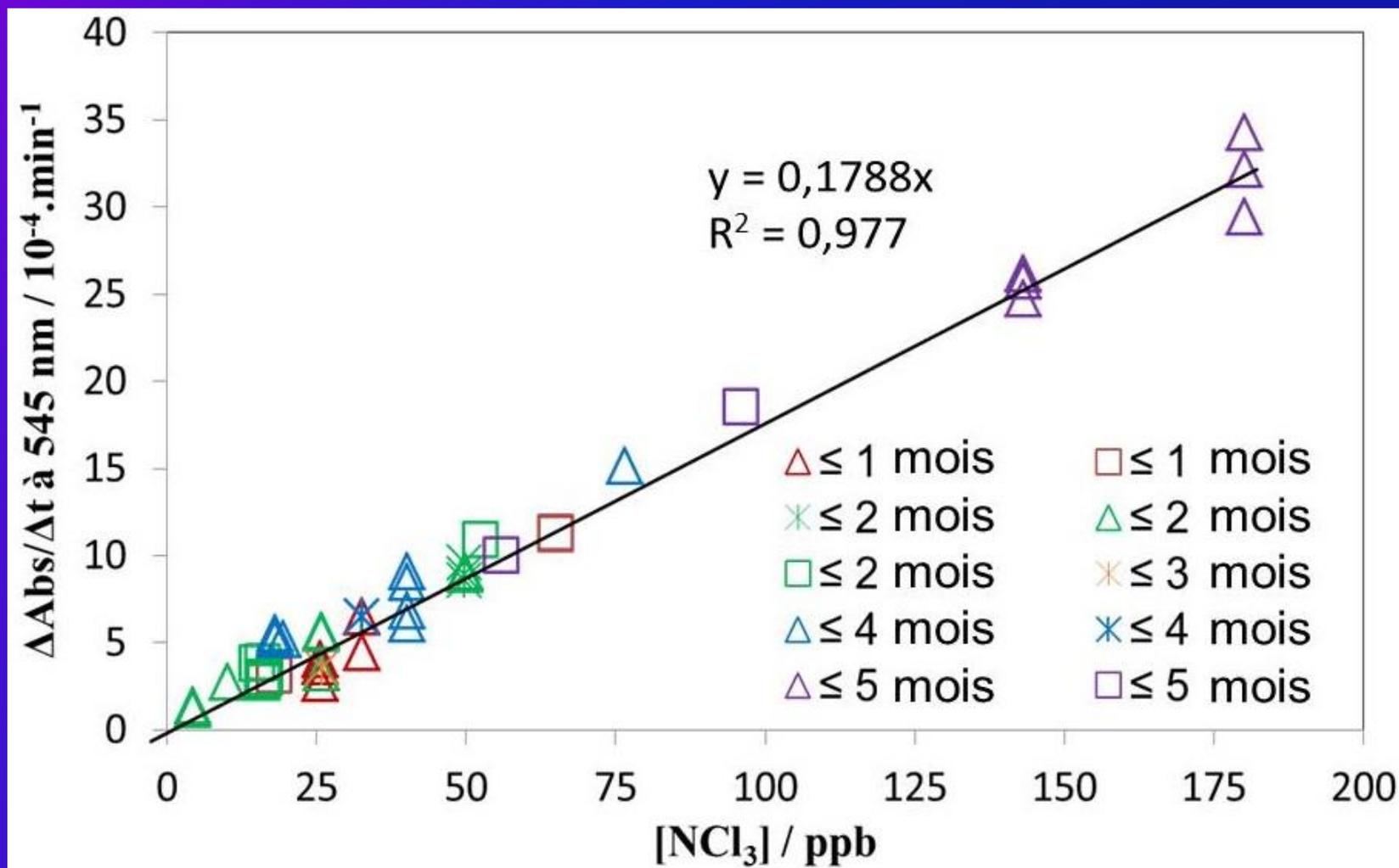
Avant



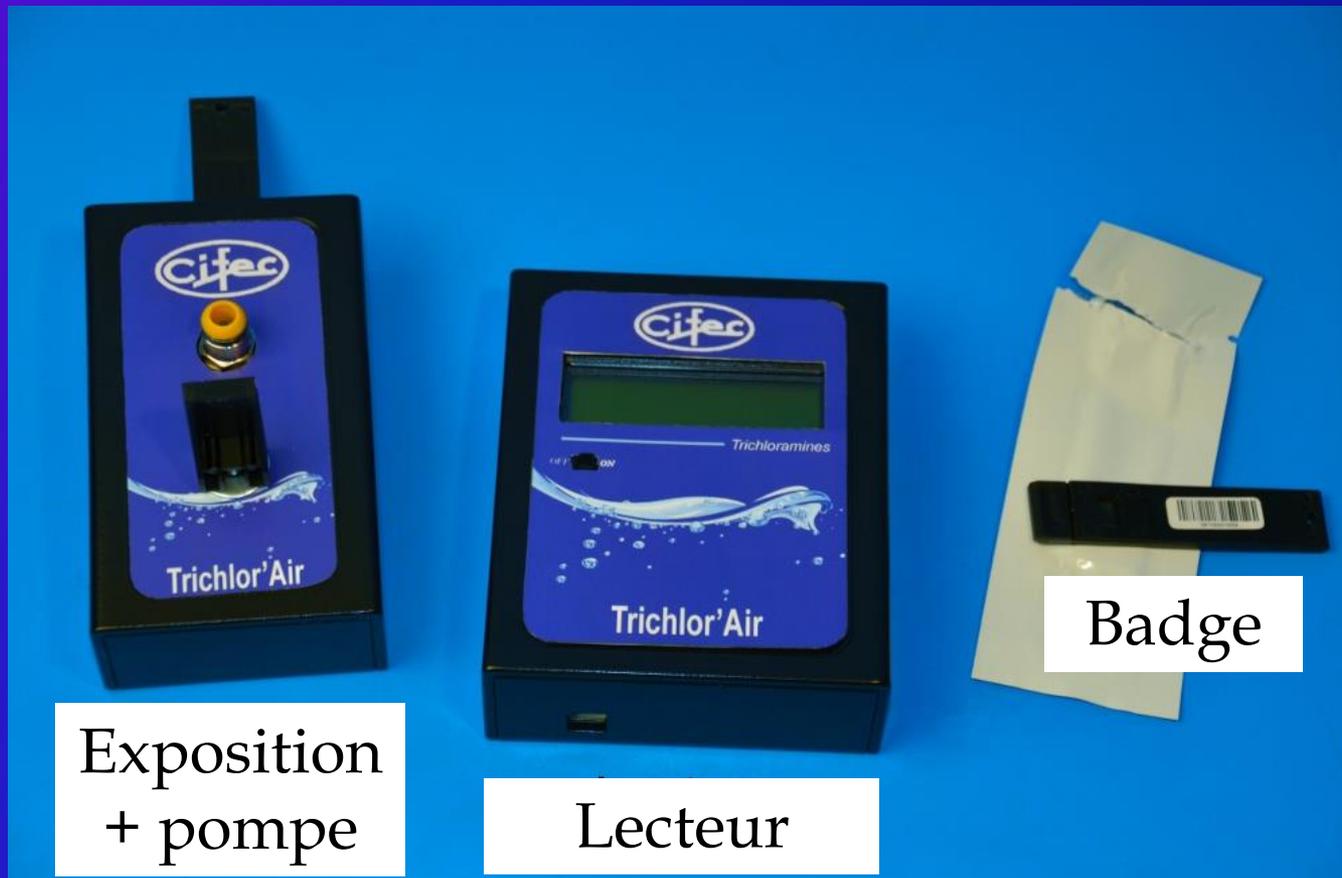
Après 50 min
d'exposition



Courbe de calibration pour la détection de NCl_3 200 mL.min⁻¹, différents batchs de capteurs (5 mois)



Transfert technologique à ETHERA commercialisation par CIFEC (2013)



Campagnes de mesure de NCl₃ dans une piscine parisienne

Date	Durée	LHVP	ETHERA		Population ds H ₂ O	ETHERA moyenne	BRA
			ppb	Temps			
March 28	10H-12H	19.1	14.8	10:58	17 enfants	18.3	4.2%
			21.9	11:32	17 enfants		
	12H-14H	21.3	18.0	12:00	0	22.0	3.3%
			18.9	12:35	0		
	14H-16H	19.3	29.1	12:52	12 adultes aquagym	18.3	5.2%
			26.8	14:10	11 adultes aquagym		
			13.3	14:36	11 adultes aquagym		
			14.7	15:18	14 enfants		
April 04	10H-12H	16.7	20.7	10:55	18 enfants	18.6	11.4%
			19.8	11:27	18 enfants		
			15.3	11:56	12 enfants		
	12H-14H	22.4	16.5	12:33	0	16.5	26.3%
	14H-16H	22.8	20.0	14:15	10 adultes aquagym	19.8	13.2%
			21.8	14:50	10 adultes aquagym		
			17.5	15:35	5 enfants+3 bébés		
			19.9	15:37	2 ^{ème} mesure		

Biais relatif absolu (BRA) = $\left| \frac{([\text{NCl}_3]_{\text{LHVP}} - [\text{NCl}_3]_{\text{Ethera}})}{([\text{NCl}_3]_{\text{LHVP}})} \right|$

AQUAGYM

Mesures réalisées par CIFEC

Heure de mesure	Emplacement	[NCl ₃] μg/m ³	[NCl ₃] ppb
12:05	Grand bassin	125	25
12:31	Petit bassin	167	34
12:54	Petit bassin	285	58
13:18	Petit bassin	269	55
13:45	Petit bassin	179	36
14:12	Local technique	774	157

Etat de l'art en 2014

Echantillonnage & Analyses en laboratoire





Pas de réglementation pour l'air intérieur

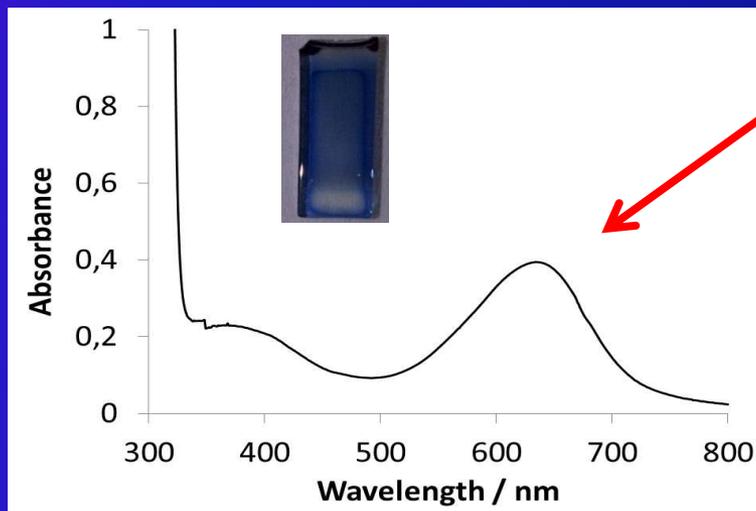
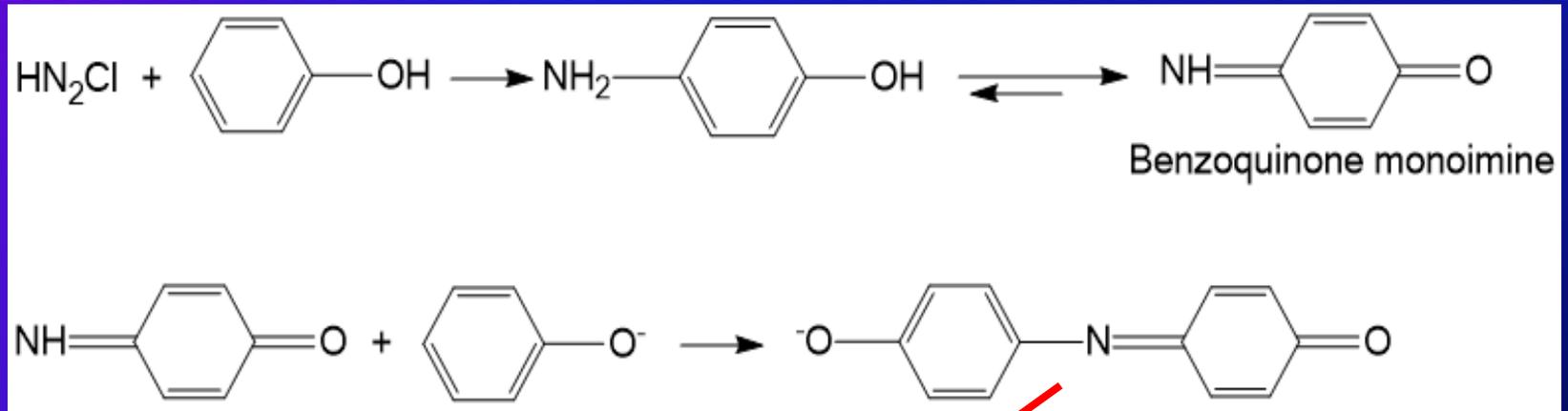
Dans l'eau potable : 0.5 – 2 mg/L
175 – 700 ppb

WHO : 3 mg/L (~1 ppm)

Détection de NH_2Cl dans l'eau

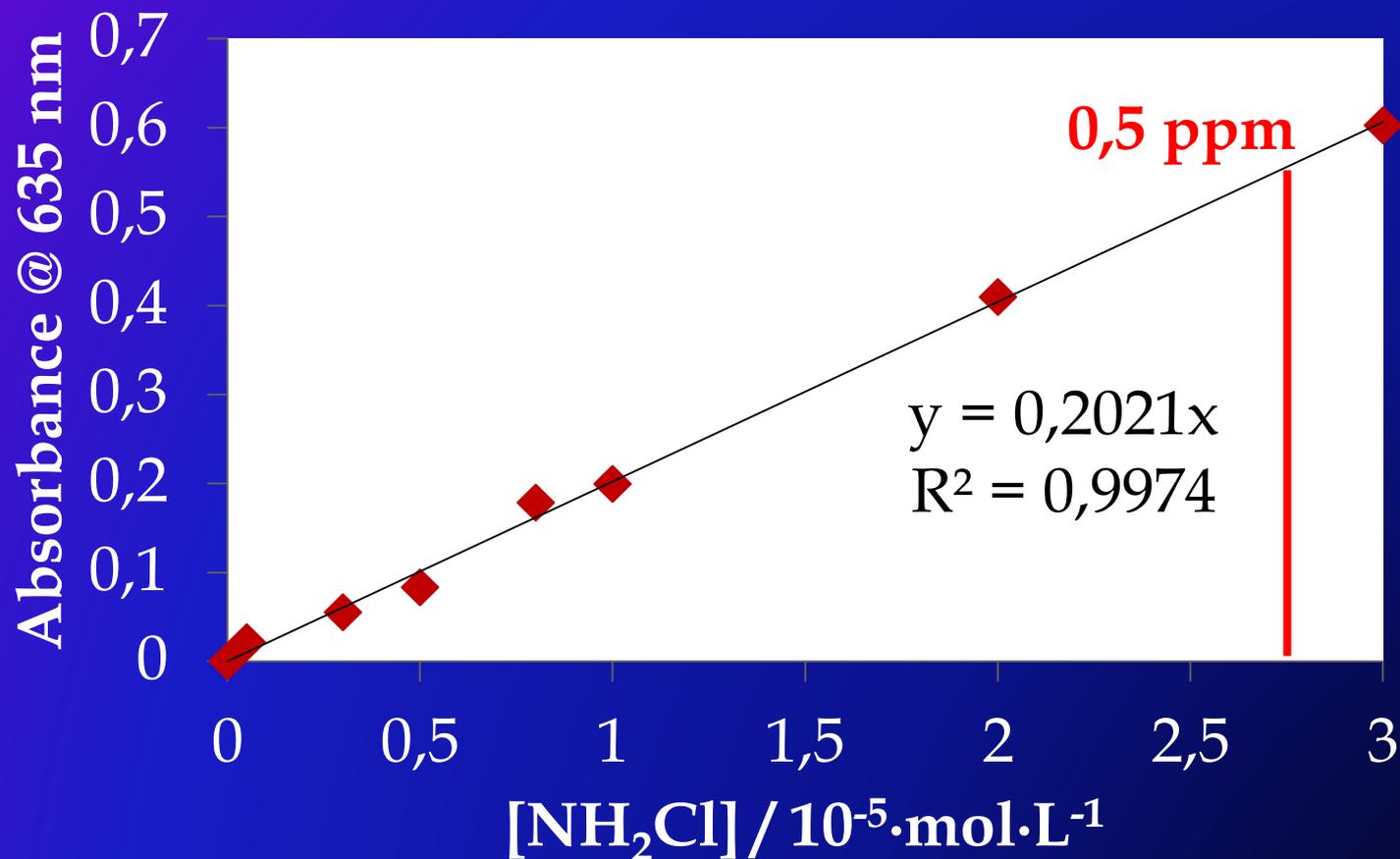
Réaction de Berthelot

Phénol + nitroprussiate de sodium (NP) ($\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$)



Détection de NH_2Cl dans l'eau

1 capteur concassé + 3 mL d'eau + 2 H d'imprégnation



Limite de détection = $10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\sim 2 \text{ ppb}$)

Conclusion

- ▣ **Matériaux nanoporeux :**
 - bonnes éponges pour concentrer les polluants
 - Nanoréacteurs efficaces

- ▣ **Capteurs solides**
 - Usage pratique
 - Méthode simple de mesure
 - Rapidité de la mesure

- ▣ **Large éventail d'applications**
 - Formaldéhyde, phénol, ozone...

- ▣ **Il faut éduquer le public qui fréquente les piscines**



T-H Nguyen E. Chevallier
ETHERA

C. Beaubestre A-M. Laurent
LHVP

J-L. Derreumaux L. Derreumaux
CIFEC



J. Garcia T-D. Nguyen C. Rivron G. Le Chevallier
CEA-CNRS

Projet CAPCHLORE: ANSES, N° EST-2008-2011
CIFEC: 2010-2011
ANRT/ETHERA: 2011-2014



LHVP

Merci pour votre attention