

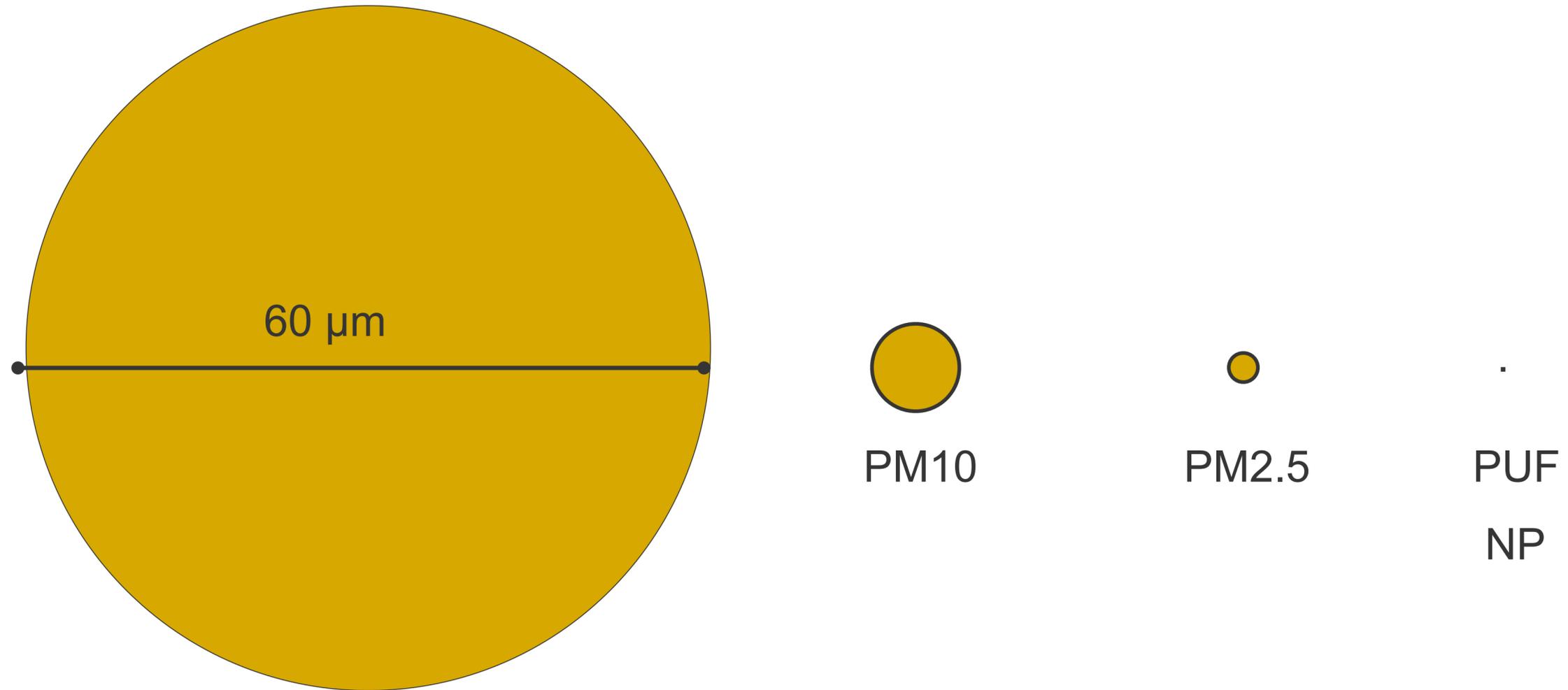
Caractérisation et maîtrise de l'exposition professionnelle aux nanoparticules et particules ultrafines (0099-7890)

IRSST et NanoQuébec

Maximilien Debia
Charles Beaudry
Scott Weichenthal
Robert Tardif
André Dufresne

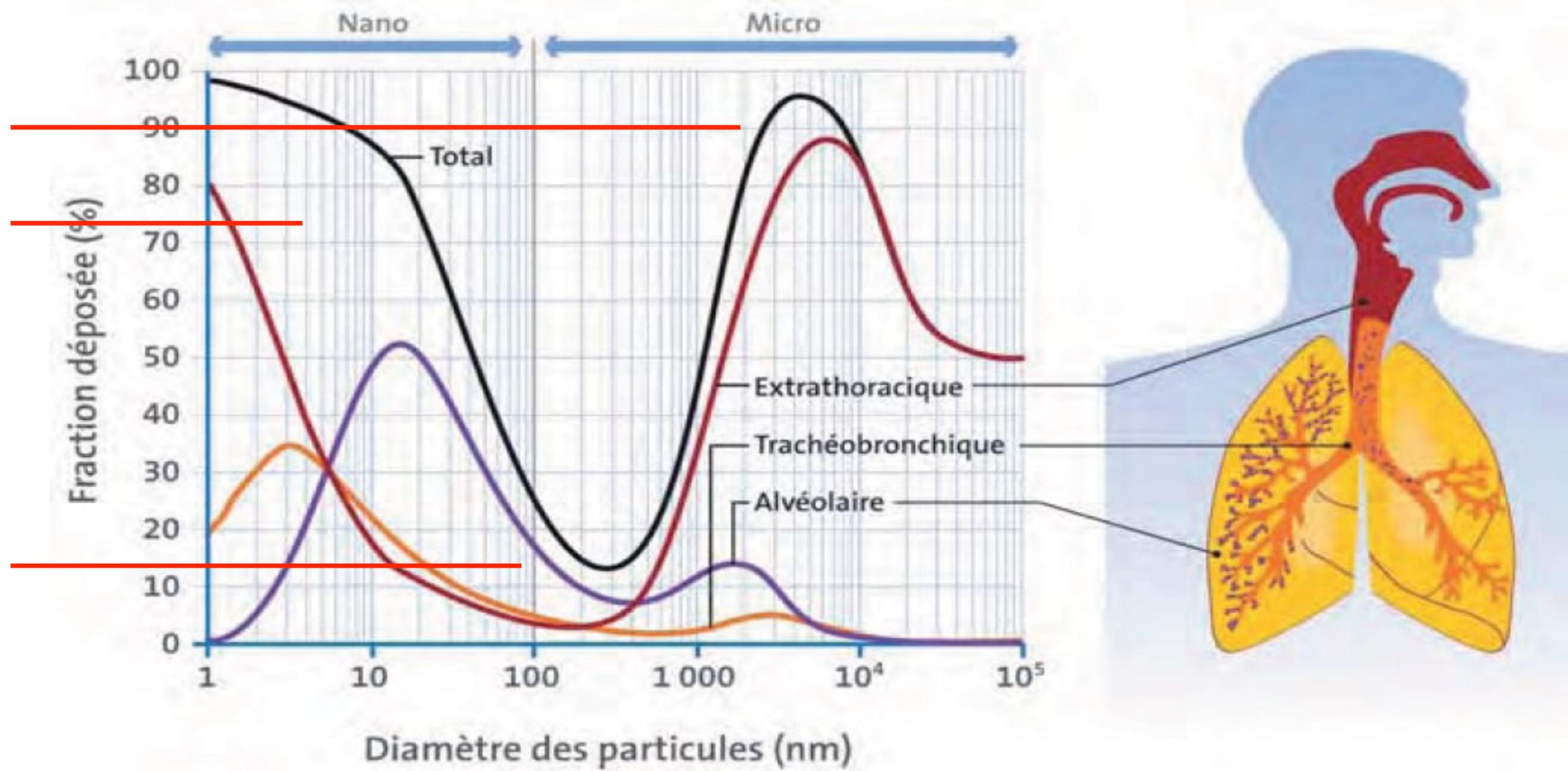


Particules ultrafines (PUF) et nanoparticules (NP)



1 PUF est 600 fois plus petite qu'un cheveu humain...

Courbes de dépôt



Problématiques spécifiques PUF/NP

Exposition

- Concentrations élevées
 - Dépôt important
 - Persistance dans les alvéoles
 - Pénétration de certaines NP jusqu'au cerveau
- Peu de données spécifiques sur l'exposition des travailleurs, mais de nombreuses situations à risque :
- fonderies, soudages, combustions, alimentaires, travaux publics, construction...
 - Nanotechnologie

Toxicité

- Stress oxydatif
- Atteintes respiratoires et cardiovasculaires
- Toxicités spécifiques de certaines NP (nanotubes de carbone) *Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study* (Poland et coll., 2008) (cité 1 000 fois ! En date du 25 mars 2013)

Problématiques spécifiques (suite)

- L'évaluation massique « classique » des contaminants comporte des limites pour évaluer les PUF et les NP (Park et coll., 2010).
- Relations entre les concentrations en nombre de particules et certains symptômes respiratoires (Penttinen et coll., 2001).
- Absence de valeur limite d'exposition spécifique.

[**Projet de recherche (2009-2012)**]

- « *Caractérisation et contrôle de l'exposition professionnelle aux particules ultrafines et nanoparticules* »
- Objectif principal :
 - évaluer les expositions professionnelles aux PUF et aux NP chez des travailleurs d'aluminerie, des apprentis soudeurs et des producteurs et intégrateurs de nanoparticules manufacturées.
- Objectif secondaire :
 - tester globalement les capacités d'évaluation des expositions professionnelles aux NP et aux PUF dans un contexte industriel et de laboratoire.

Échantillonnage - Milieux d'étude

Description	Type de particules	Mesures effectuées
École de soudage A	PUF	Concentration/Distribution
École de soudage B	PUF	Concentration
Aluminerie	PUF	Concentration/Distribution/MET-EDS
Thermoplastique	PUF et NTC	Concentration
Laboratoire A/production NP	NP aluminium/cuivre	Concentration
Laboratoire B/nanocomposites	NTC	Concentration
Laboratoire C/nanocomposites	NTC	Concentration

PUF : particules ultrafines

NP : nanoparticules

NTC : nanotubes de carbone

MET-EDS : microscopie électronique à transmission couplée à un spectromètre dispersif en énergie des rayons-X

Échantillonnage - Stratégies

- **Aluminerie**
 - Cartographie
 - « Quasi personnelle »
 - Méthode du marcheur (de 30 min à 2 h)
 - Statique : dans les différents types de camions (de 1 h à 3 h)
- **Soudage**
 - Statique dans cabines de soudage
- **Thermoplastique**
 - « Quasi personnelle »
- **Laboratoire**
 - Statique

Échantillonnage - Instrumentation

- P-Trak 8525 (TSI)

- Concentrations numériques (particules/cm³)
- 20 nm à 1 µm



- Dust-Trak 8520 (PM1) (TSI)

- Concentrations massiques (mg/m³)
- 100 nm à 10 µm

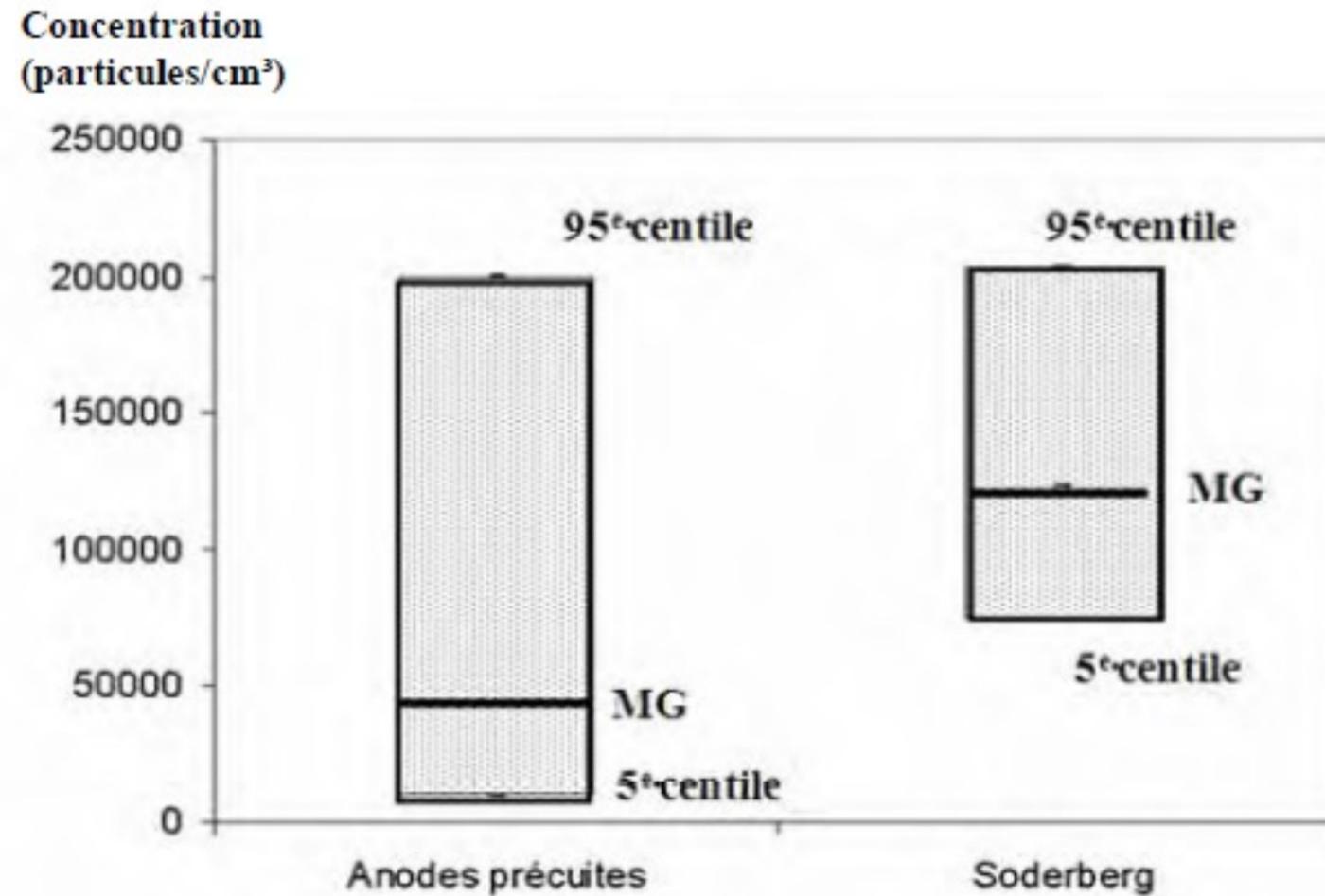


- Electrical low pressure impactor (ELPI) (Dekati Ltd.)

- Impacteur en cascade en échelle nanométrique
- Sélection : diamètre aérodynamique



Résultats - Aluminerie



MG : Moyenne géométrique

Figure 7 - Concentrations de particules dans les procédés Soderberg et anodes précuites

Résultats – Aluminerie (2)

Tableau 5 - Statistiques descriptives des concentrations de particules (particules/cm³) mesurées avec les P-Trak lors des mesures quasi-personnelles dans i) le procédé Soderberg et ii) le procédé des anodes précuites

i		Soderberg				
Métiers	Opérateur pont roulant	Maintenance	Casseur de croûtes	Conducteur Releveur de cadres	Conducteur Briquettes	
N	4	11	3	5	4	
Moyenne	16 000	123 000	186 000	100 000	67 000	
Maximum	22 000	209 000	251 000	131 000	159 000	
Minimum	14 000	53 000	125 000	70 000	14 000	
MG	16 000	113 000	178 000	97 000	47 000	
ETG	1,2	2,0	1,4	1,3	2,7	

ii		Anodes précuites				
Métiers	Opérateur pont roulant	Maintenance	Conducteur « mules »	Conducteur transport d'anodes	Scellement	Nettoyeur d'hexapode
N	3	12	6	5	10	7
Moyenne	29 000	99 000	74 000	17 000	62 000	79 000
Maximum	46 000	217 000	113 000	31 000	131 000	133 000
Minimum	10 000	16 000	28 000	6000	27 000	25 000
MG	24 000	83 000	66 000	14 000	55 000	70 000
ETG	2,2	2,0	1,7	1,9	1,7	1,8

* Les concentrations de bruit de fond étaient inférieures à 7000 particules/cm³

MG : moyenne géométrique

ETG : écart type géométrique

Résultats – Aluminerie (4)

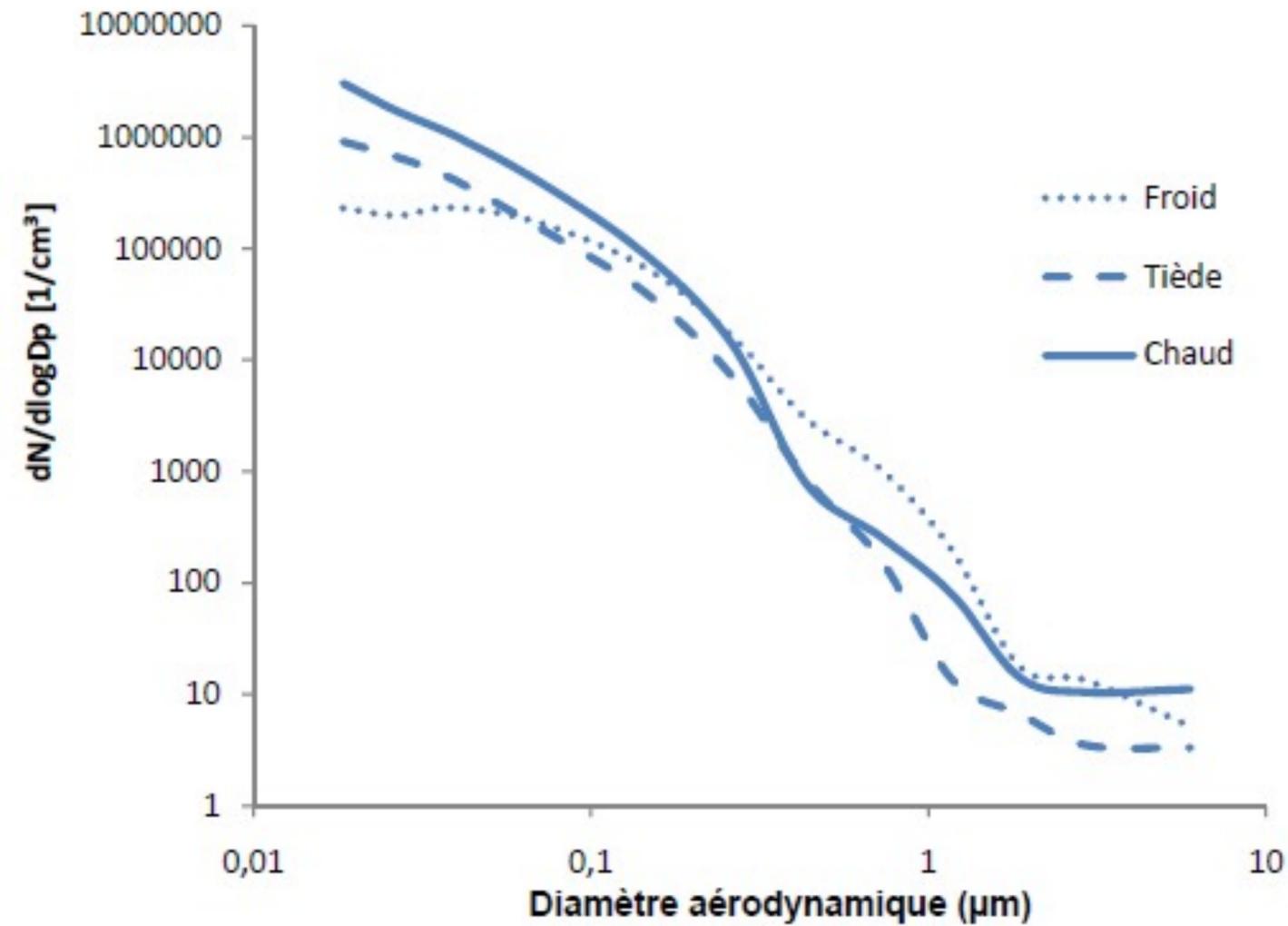


Figure 9 - Comparaison des distributions granulométriques des particules en fonction de la température des anodes dans les salles de refroidissement

Résultats – Aluminerie (5)

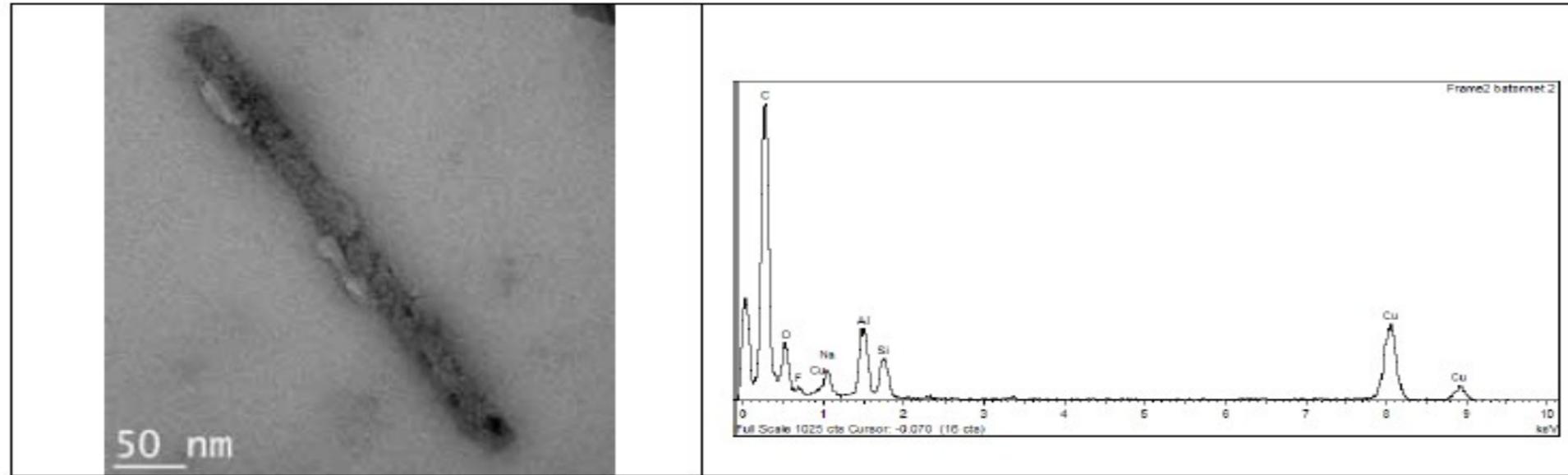


Figure 10 - Échantillon du procédé des anodes précuites sur l'étage 28 nm de l'ELPI

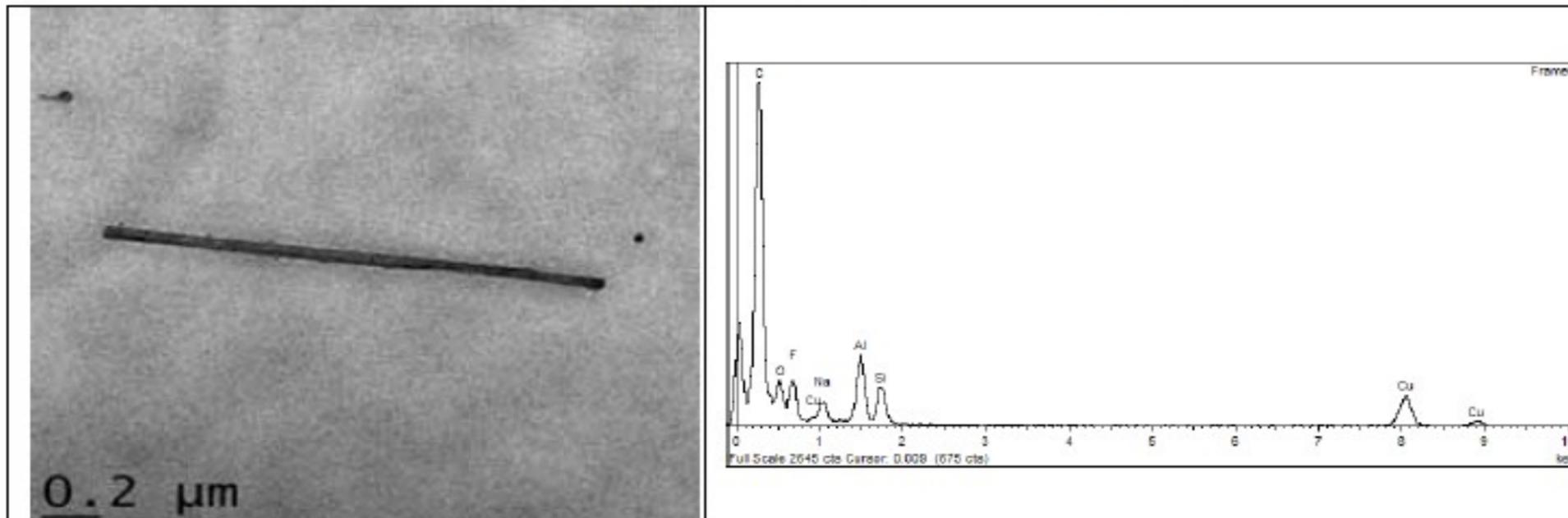


Figure 12 - Échantillon du procédé des anodes précuites sur l'étage 93 nm de l'ELPI

Résultats - Soudage

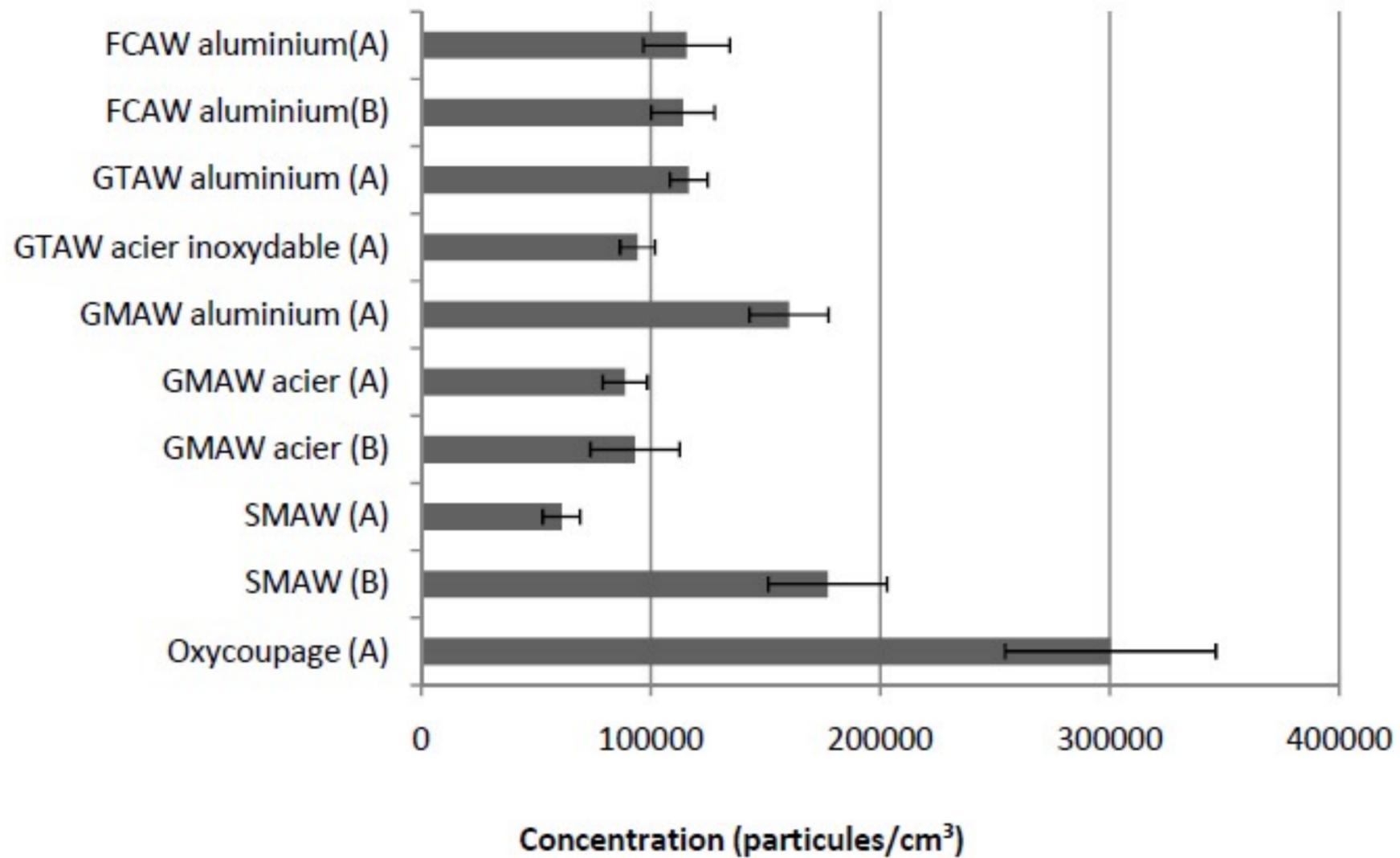


Figure 1 - Concentrations moyennes et erreurs types mesurées avec les P-Trak pour les procédés de soudage des écoles A et B (école indiquée entre parenthèses)

Résultats – Soudage (2)

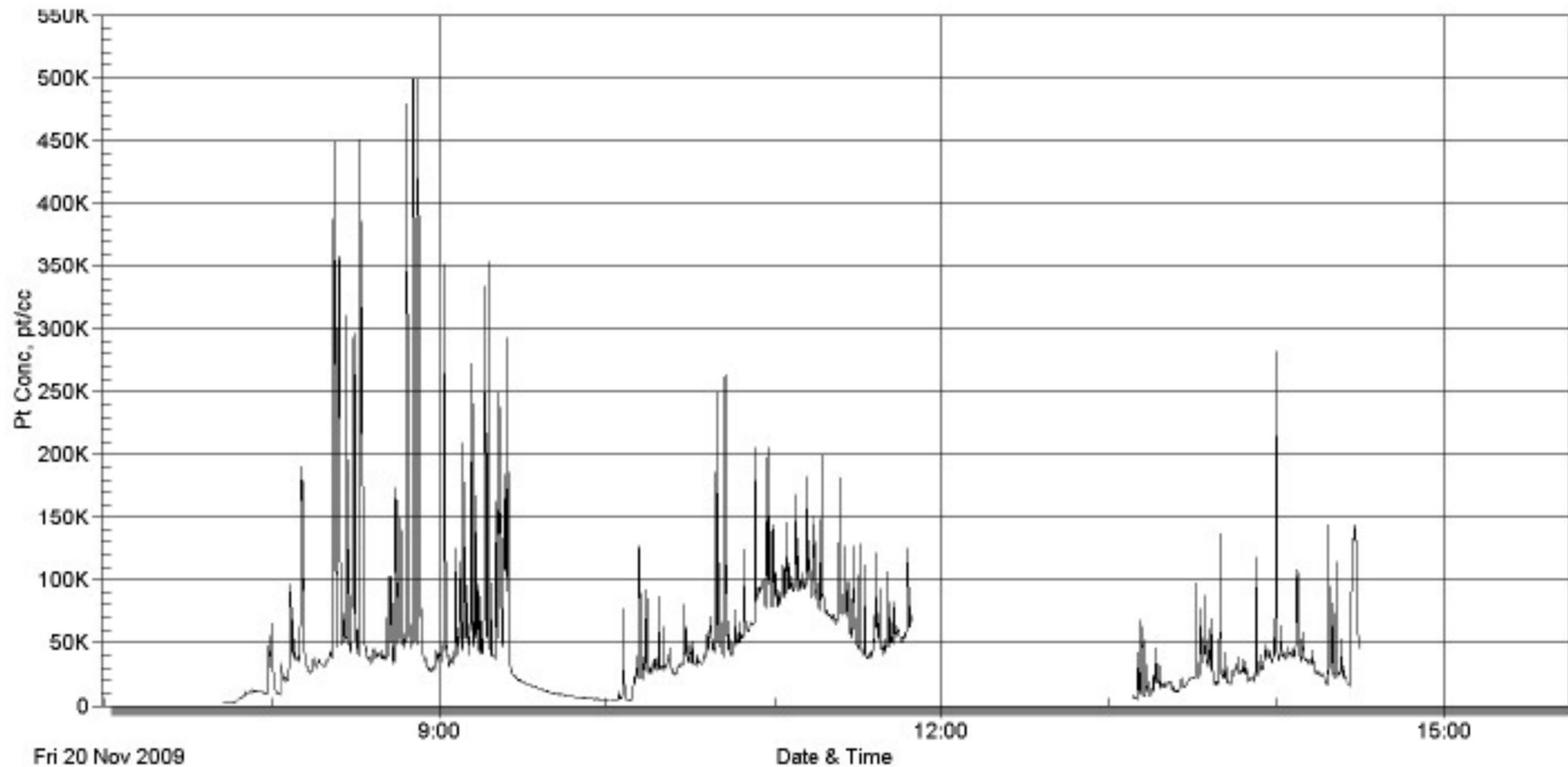
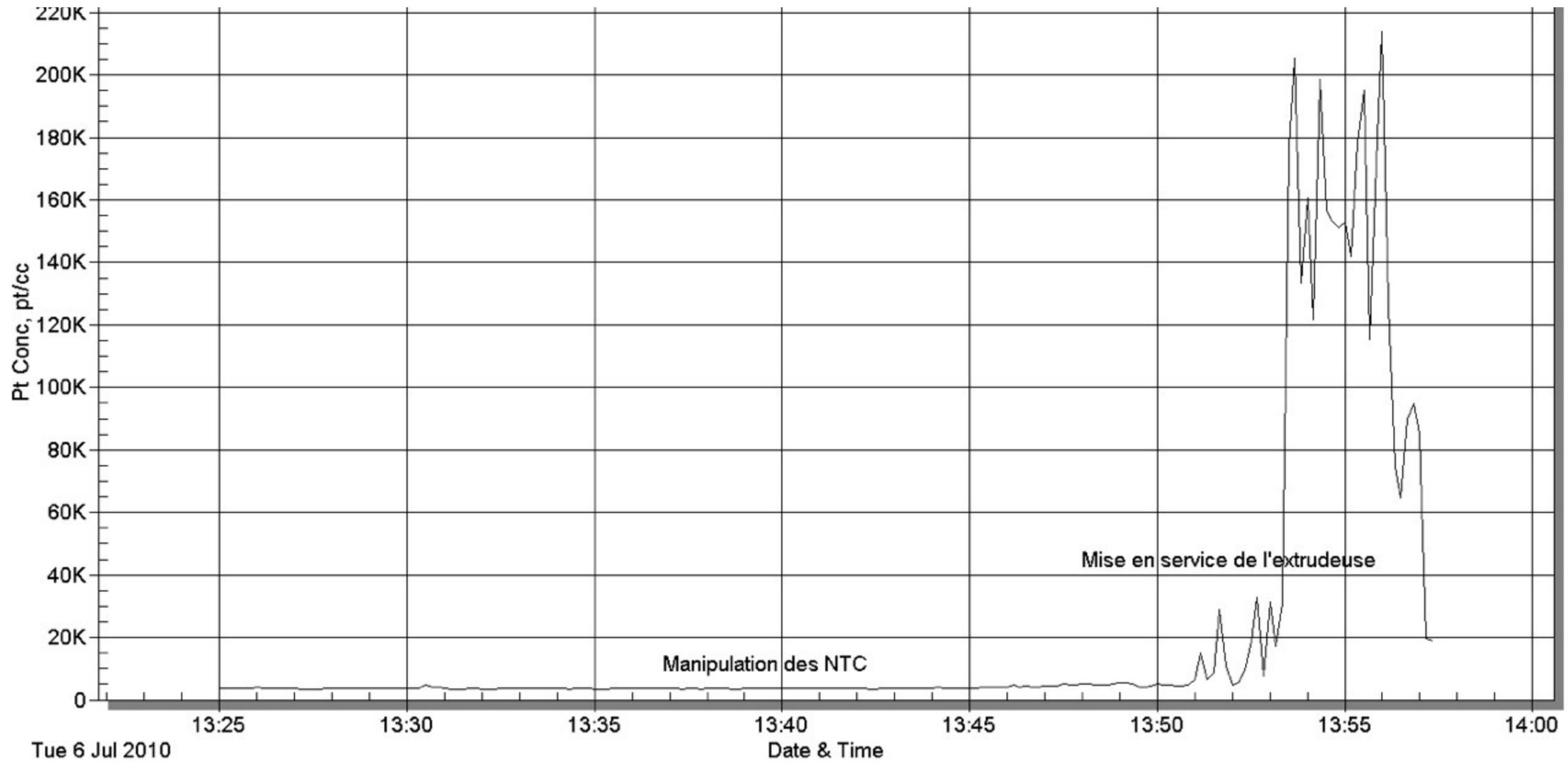
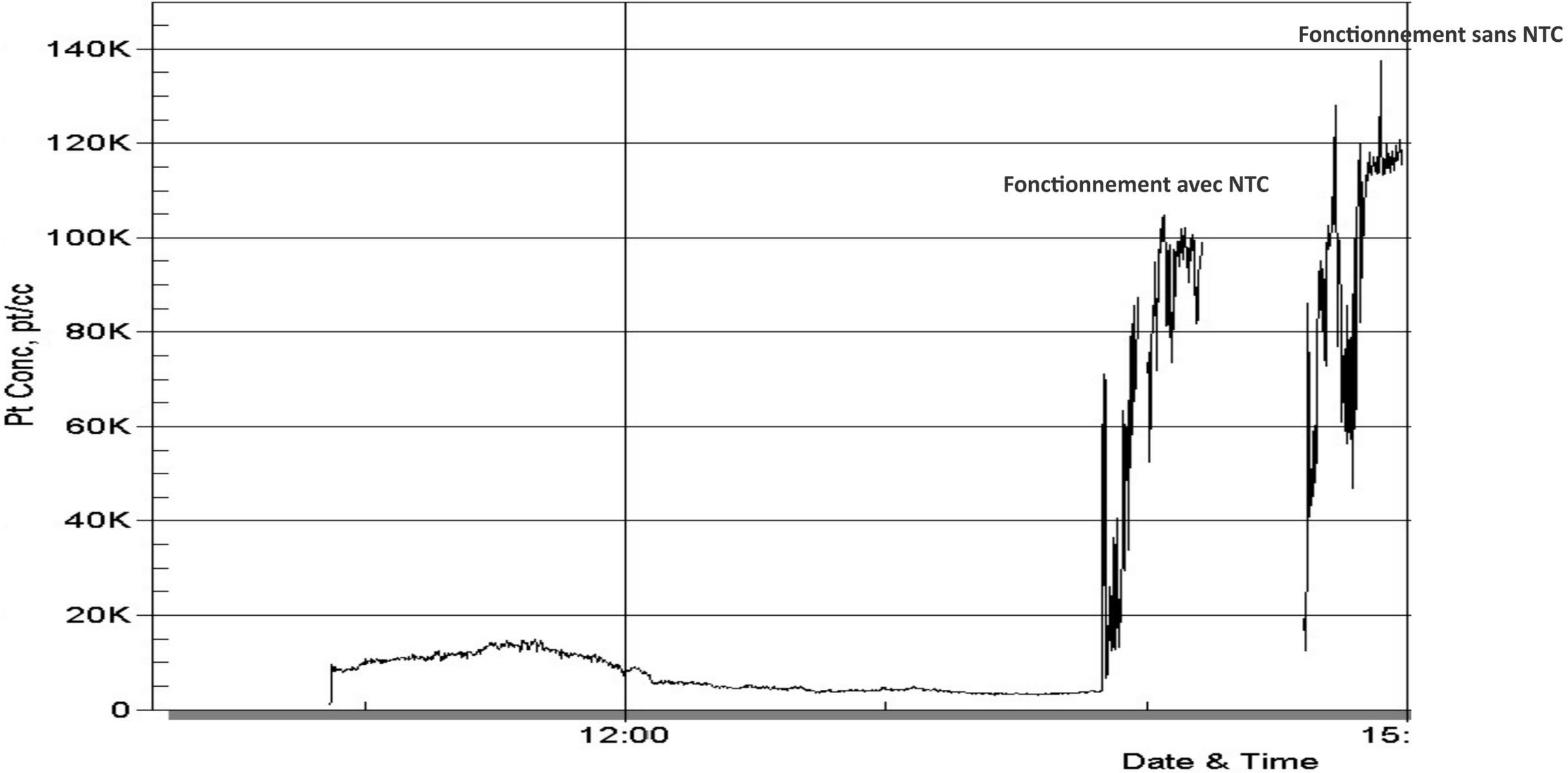


Figure 2 - Profil des concentrations enregistré durant une journée d'échantillonnage pendant le procédé SMAW de l'école de soudage A

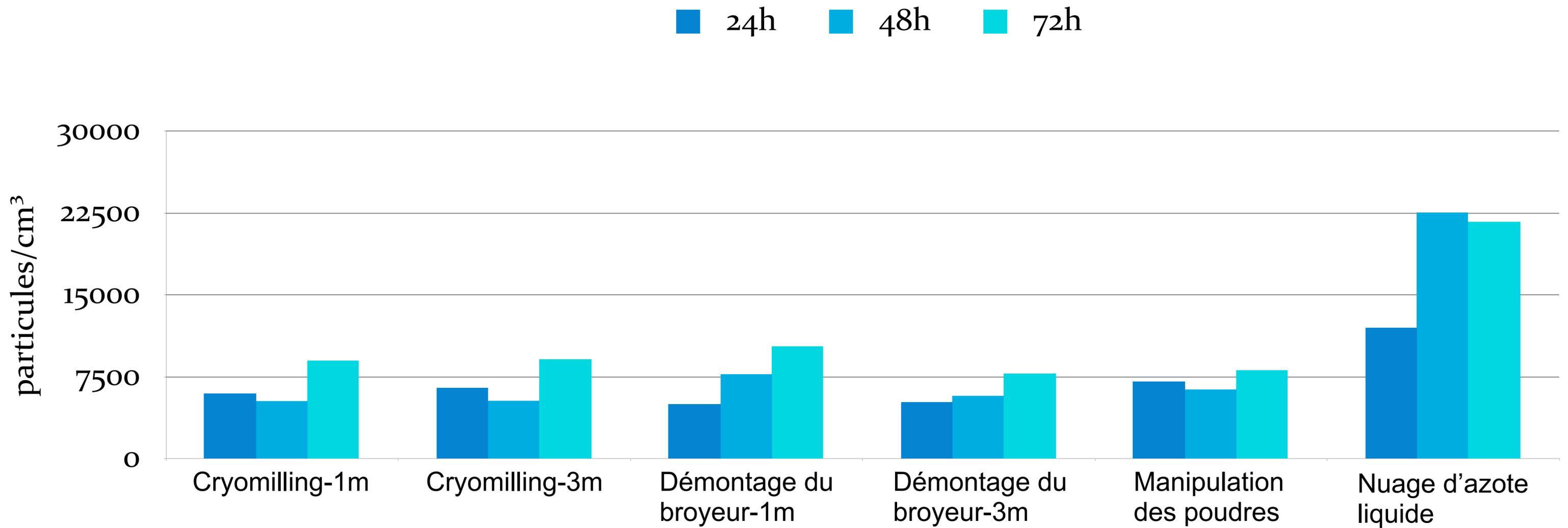
Résultats – Thermoplastique (1)

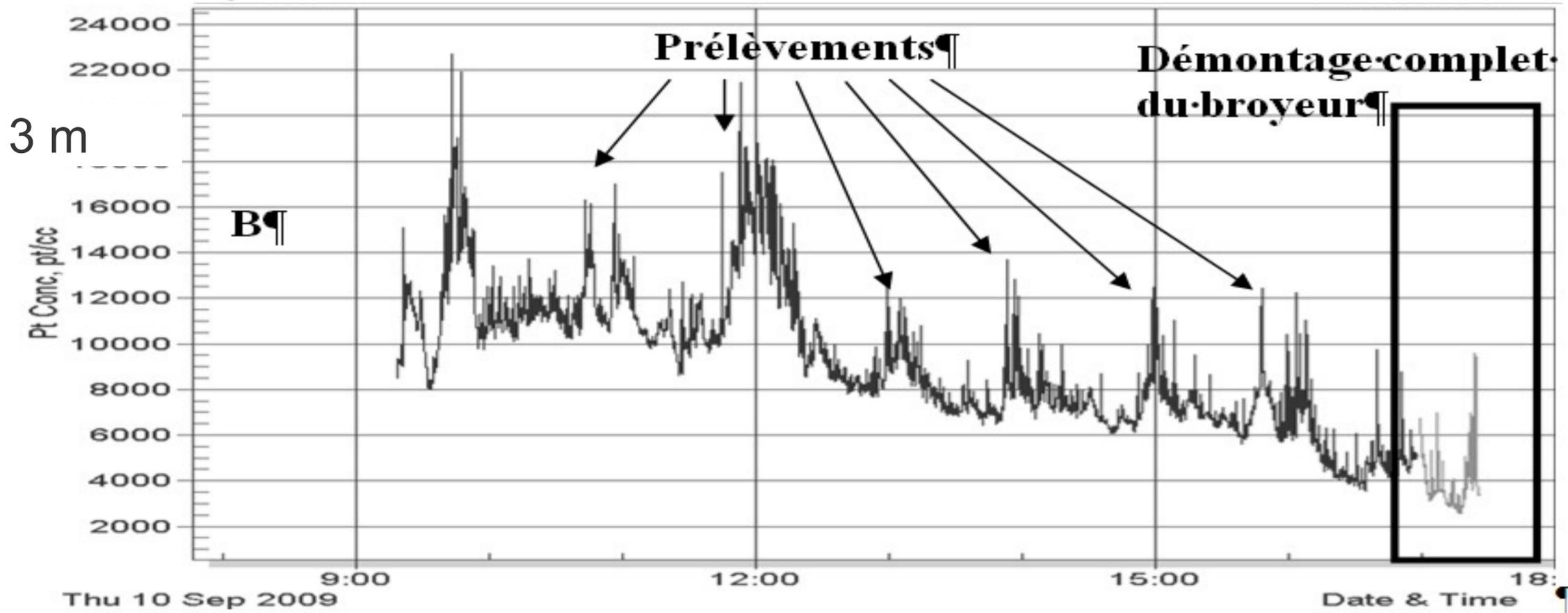
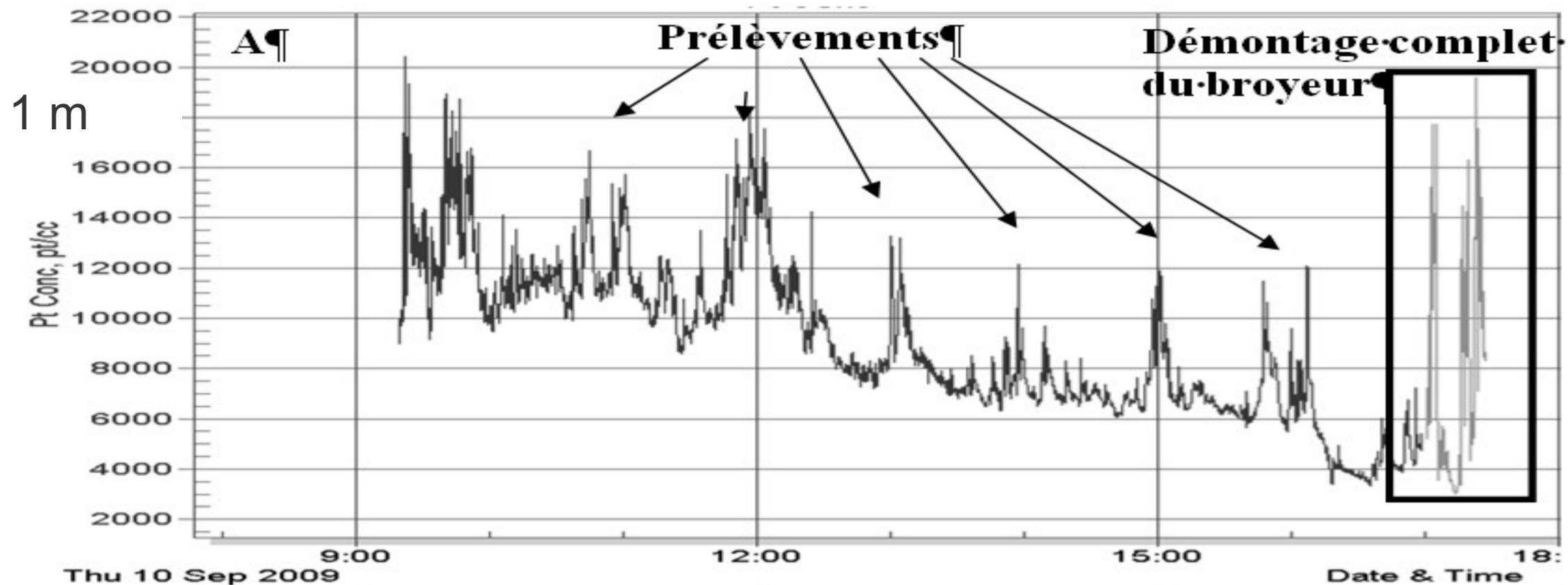


Résultats – Thermoplastique (2)



Résultats – Laboratoire 1

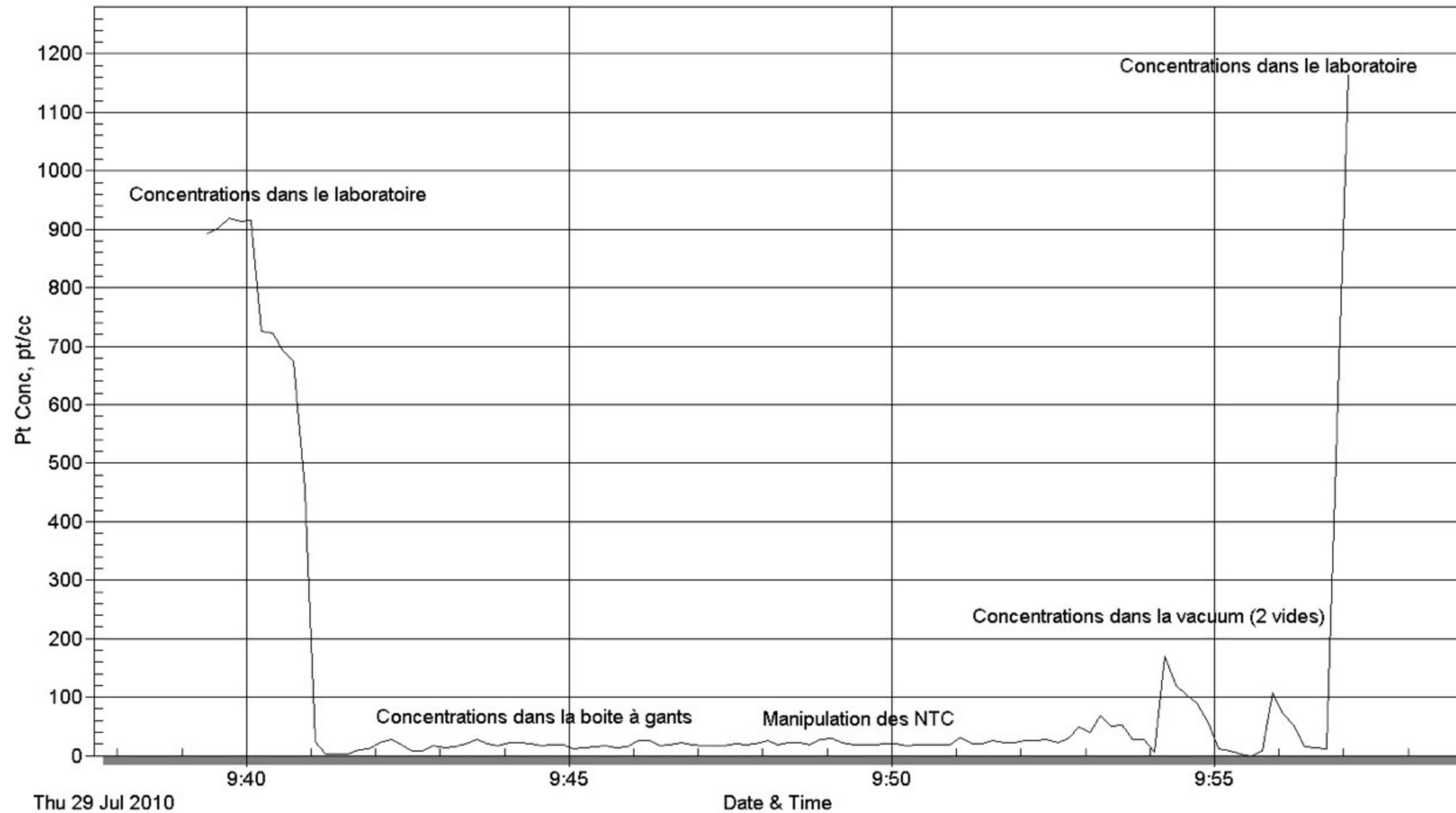




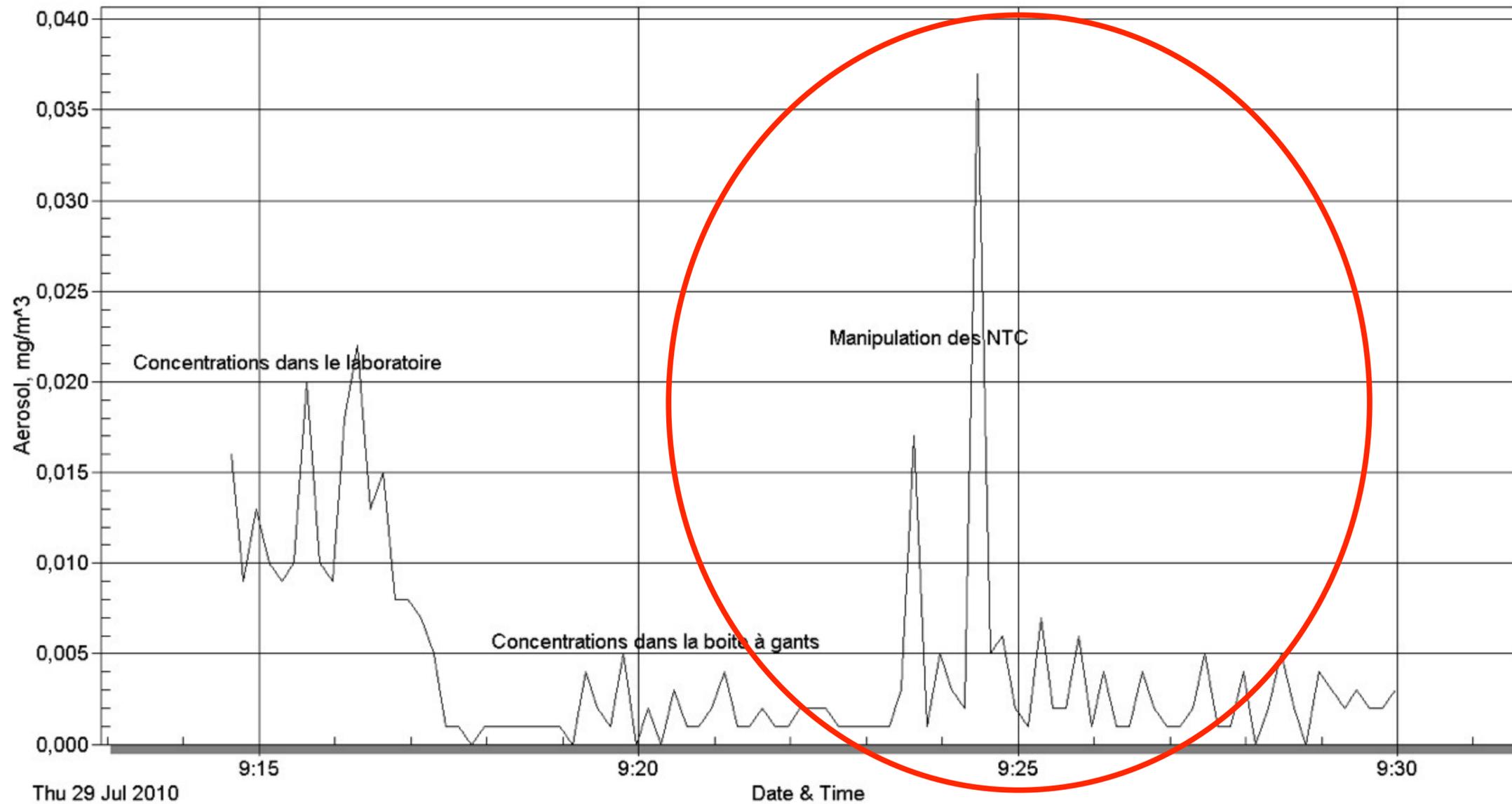
[Résultats – Laboratoire 3]



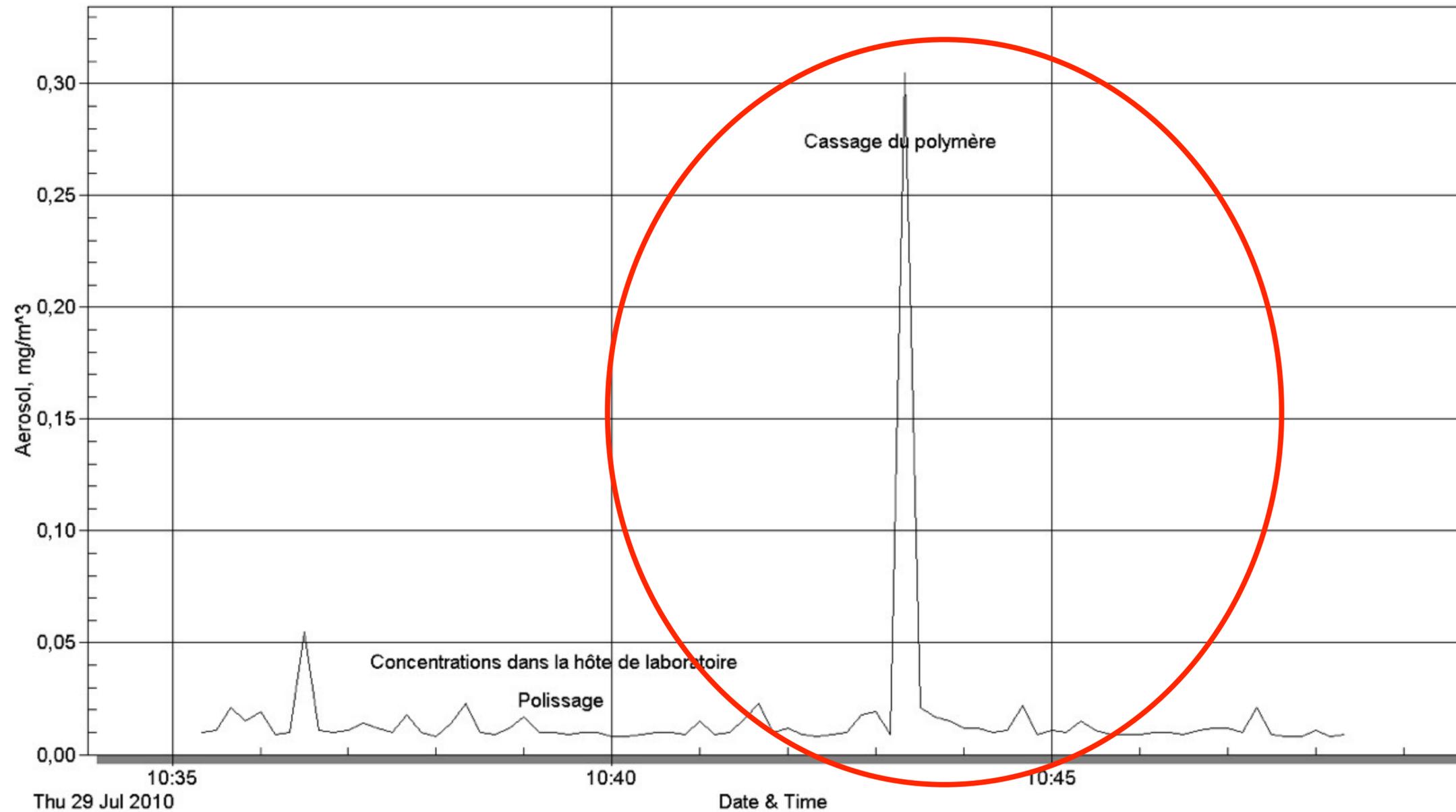
Résultats – Laboratoire 3 (boîte à gants)



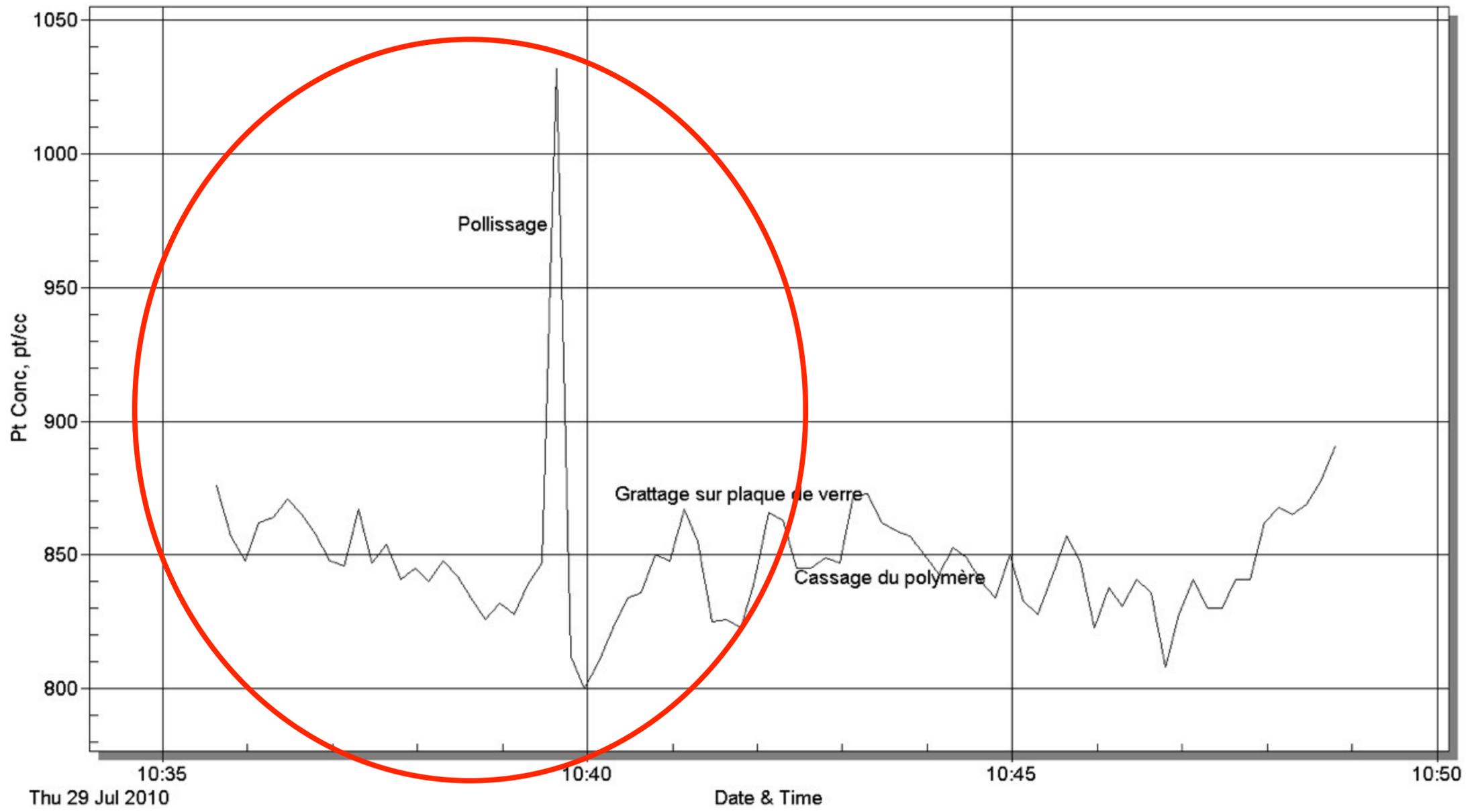
Résultats – Laboratoire 3 (boîte à gants)



Résultats – Laboratoire 3 (hotte de laboratoire)



Résultats – Laboratoire 3 (hotte de laboratoire)



Conclusions

- Travailleurs exposés aux PUF dans les alumineries, les écoles de soudage et l'industrie des thermoplastiques.
- Pas d'exposition significative à des particules nanométriques ou fines durant la manipulation des NP (MWCNT).
- Exposition potentielle lors de la production de NP d'aluminium/cuivre par broyage.

Recommandations

- P-trak adapté à la problématique des PUF.
- Limites possibles du P-trak dans l'évaluation des NP manufacturées.
- Évaluation de l'exposition aux PUF et NP devrait intégrer une évaluation :
 - des concentrations massique et numérique;
 - de la distribution granulométrique et;
 - une caractérisation par microscopie électronique.

Perspectives de recherche

- « **Bonification et mise à jour du *Guide de bonnes pratiques favorisant la gestion des risques liés aux nanoparticules de synthèse*** » projet IRSST (projet en cours)
- « **Élaboration d'un *Guide de bonnes pratiques permettant la manipulation sécuritaire des nanotubes de carbone monoparoi*** », projet en collaboration Mitacs/RRSSTQ/Ne3LS/Raymor (projet en cours)
- **Projet *MétroPuf*** - demande en cours ANSES / Région Aquitaine / IRSST
- **Développement et validation de méthodes de prélèvement et de caractérisation de nanomatériaux manufacturés dans l'air et sur des surfaces des milieux de travail** (demande en cours IRSST/NanoQuébec)

[Présentations conférences]

- 2012. *Évaluation de l'exposition aux nanoparticules de synthèse dans trois laboratoires de recherche du Québec.* Congrès 2012 de l'AQHSST, Gatineau, 16-18 mai.
- 2012. *Évaluation des expositions aux particules ultrafines chez des travailleurs de fonderies d'aluminium et des apprentis soudeurs,* Séminaire IRSPUM, Montréal.
- 2011. *Ultrafine Particle (UFP) Exposures in the Soderberg and Prebake Processes of an Aluminium Smelter.* AIHce 2011. Portland, 14-19 Mai.
- 2011. *Évaluation de l'exposition aux particules ultrafines des apprentis soudeurs.* Congrès 2011 de l'AQHSST, Trois-Rivières, 11-13 mai.
- 2010. *Exposition et caractérisation des particules ultrafines lors de la production primaire d'aluminium utilisant le procédé Soderberg et celui des anodes précuites -* Congrès 2010 de l'AQHSST, Lévis, 12-14 mai.
- 2010. *Évaluation de l'exposition professionnelle aux particules ultrafines.*
In : Colloque en hygiène du travail - L'hygiène du travail : Pour des milieux d'aplomb. CSSS de la Montagne, 25 mars 2010, Montréal, QC.

[Présentations affiches]

- 2011. *Workplace Safety in Polymer Nanocomposite Research*. 2011 MRS Fall Meeting Symposium. Safety and Toxicity Control of Nanomaterials, Instruments and equipments for nanomaterials safety and toxicity characterization. Novembre 28 - Décembre 2, Boston, MA
- 2011. *Ultrafine Particle (UFP) Exposures During Different Welding Processes in a Welding Training School in the Soderberg and Prebake processes of an Aluminium Smelter*. AIHce 2011. Portland, OR, 14-19 Mai 2011.
- 2010. *Nanocomposites and Workplace Safety*. Vie colloque du Centre de recherche en plasturgie et composites (CREPEQ) 9 décembre 2010, Montréal, QC.

Publications

- Debia, M; Beaudry, C; Weichenthal, S; Tardif, R; Dufresne, A. (2012) *Caractérisation et contrôle de l'exposition professionnelle aux nanoparticules et particules ultrafines*. Études et recherches / Rapport R-746, Montréal, IRSST, 2012, 66 pages.
- Version en anglais à venir...
- Debia, M, Beaudry, C., Weichenthal, S., Tardif, R., Dufresne, A. (2012) *Exposition aux particules ultrafines dans le procédé des anodes précuites d'une aluminerie*. *Travail & Santé*. 28:4, 21-26.
- Cattin, C., Debia, M., Dufresne, A., Hubert, P. (2012) Workplace Safety in Polymer Nanocomposite Research. *MRS Proceedings*, 1413 (6p).
- Debia, M, Weichenthal, S., Tardif, R., Dufresne, A. (2012) Ultrafine Particle (UFP) *Exposures in an Aluminium Smelter : Soderberg vs. Prebake Potrooms*. *Environment and Pollution*. 1(1) : 2:12.
- Debia, M, Weichenthal, S., Dufresne, A. (2013) Ultrafine Particle (UFP) *Exposures in two welding training schools*. *En cours*.

[Merci !]

