



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Travaux INERIS

ETUDE SUR LES SECHEURS DES ANALYSEURS D'OXYDES D'AZOTE

Nathalie BOCQUET

Décembre 2015

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Nathalie BOCQUET	Caroline MARCHAND	Nicolas ALSAC
Qualité	Unité CIME Direction des risques chroniques	Responsable Unité CIME Direction des risques chroniques	Responsable du Pôle CARA Direction des risques chroniques
Visa			



LE LABORATOIRE CENTRAL DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué des laboratoires de Mines Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches à la demande du Ministère chargé de l'environnement, et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique ont été financés par la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (bureau de la qualité de l'air) du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE). Ils sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique au MEDDE et aux AASQA.

L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.

TABLE DES MATIERES

RESUME	7
1. INTRODUCTION	8
2. CONDITIONS OPERATOIRES.....	9
2.1 Rappel du fonctionnement d'un sécheur	9
2.2 Mode opératoire	9
3. TRAVAUX 2012 : ESSAIS SUR LES SECHEURS EN PRESENCE D'AIR ZERO	12
3.1 Tests réalisés sur analyseurs TEI 42c et TEI 42i équipé d'une boucle de retard.....	13
3.2 Tests réalisés sur analyseurs TEI 42C et TEI 42i non équipé d'une boucle de retard	16
3.3 Résultats.....	17
4. TRAVAUX 2013 : ESSAIS SUR LES SECHEURS EN PRESENCE D'OXYDES D'AZOTE	19
4.1 Résultats.....	19
5. MODE OPERATOIRE POUR LA REALISATION D'UN CONTROLE DE SECHEUR.....	23
6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	24
7. LISTE DES ANNEXES.....	25

L'objet de ce rapport est de dresser le bilan des travaux réalisés en 2012 et 2013 sur la caractérisation des sécheurs échantillon des analyseurs d'oxydes d'azote et sur l'étude du comportement de ces sécheurs en présence de NO humide, qui impacte directement les concentrations mesurées.

En effet, suite à l'observation de multiples reprises de comportements anormaux de quelques analyseurs d'oxydes d'azote lors des campagnes d'intercomparaison des moyens mobiles, l'influence du sécheur échantillon a été avancée comme explication. Les travaux, commencés en 2011, avaient montré que l'efficacité d'un sécheur neuf n'était pas forcément liée à son âge. Les travaux réalisés en 2012 avaient comme objectif la caractérisation de sécheurs (neufs et âge indéterminé) sur de l'air zéro à différents taux d'humidité mais lors des essais, un comportement inattendu a été observé : les sécheurs installés sur un analyseur équipé d'une boucle de retard présentaient un taux d'humidité systématiquement supérieur à celui que donnait le même sécheur installé dans un autre analyseur, sans boucle de retard. Du fait de ces résultats, des investigations supplémentaires ont été menées afin de mieux comprendre les phénomènes observés.

Ainsi, ces travaux ont été poursuivis en 2013 sur les mêmes appareils (analyseurs et sécheurs) mais avec des oxydes d'azote à différents taux d'humidité. Le phénomène observé en 2012 sur l'analyseur équipé d'une boucle de retard n'a pas été identifié lors de ces essais. Des trois types d'analyseurs testés, seul l'analyseur TEI 42C a donné une efficacité de séchage performante de l'ordre de 90% (7 sécheurs sur 8 testés donnaient une humidité inférieure à 10% en sortie) alors que les deux autres analyseurs (TEI 42i et TEI 42i BR) confirment les résultats de 2012 à savoir une efficacité de l'ordre de 70%, ce que, le fournisseur des appareils, contacté sur ce sujet, n'explique pas (les analyseurs de type C et i ont le même circuit fluide). Les écarts relatifs sur la mesure du NO en matrice gaz sec et gaz humide ont bien mis en évidence l'importance du rôle du sécheur sur la mesure du NO. Ces écarts sont d'autant plus élevés que la concentration en NO est importante.

Ainsi, l'efficacité des sécheurs n'est pas constante sans pour autant qu'on puisse l'expliquer. Les AASQA qui procèdent au contrôle des sécheurs ont, elles aussi, mis en évidence des problèmes d'efficacité pouvant interférer sur le bon fonctionnement de l'appareil (appareil ne répondant plus au critère d'interférence de l'humidité). Pour palier ceci, une méthodologie visant à tester l'efficacité des sécheurs a été proposée par le LCSQA, basée sur l'essai d'interférence de l'humidité de la norme NF EN 14211 « Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde d'azote et monoxyde d'azote par chimiluminescence ».

En 2016, le programme de travail du LCSQA prévoit de réaliser un retour d'expérience sur ce sujet auprès des AASQA qui réalisent des contrôles de leurs sécheurs afin de faire un bilan sur le parc français et d'harmoniser les pratiques.

1. INTRODUCTION

Suite à l'observation de multiples reprises de comportements anormaux de quelques analyseurs d'oxydes d'azote lors des campagnes d'intercomparaison des moyens mobiles, l'influence du sécheur échantillon (présence ou non, efficacité de séchage variable) a été avancée comme explication.

Les travaux, commencés en 2011, avaient identifié qu'un sécheur neuf n'était pas garant systématiquement d'un séchage élevé et qu'un sécheur usagé pouvait présenter une efficacité de séchage plus importante.

Les travaux réalisés en 2012 avaient comme objectif la caractérisation de sécheurs (neufs et âge indéterminé) sur de l'air zéro à différents taux d'humidité. Ces travaux ont été poursuivis en 2013 sur les mêmes appareils (analyseurs et sécheurs) mais avec des oxydes d'azote à différents taux d'humidité. Initialement, il était prévu réaliser tous ces tests sur la même année (2012), mais les résultats obtenus sur l'analyseur équipé d'une boucle de retard nous ont poussés à réaliser des investigations supplémentaires afin de mieux comprendre les phénomènes observés.

Les tests ont été réalisés sur des analyseurs TEI 42c et 42i, équipés ou non de boucle de retard.

Les travaux exécutés en 2012 et 2013 ont consisté à réaliser des tests afin de regarder le comportement des sécheurs en présence d'air zéro à des taux d'humidité d'environ 0%, 30%, 50% et 80% en 2012 et en présence d'oxyde d'azote à ces mêmes taux d'humidité en 2013. Suite à cette étude, une méthodologie de test des sécheurs a été proposée aux AASQA qui seraient amenées à vouloir vérifier l'efficacité des sécheurs en place dans les analyseurs.

A terme, ces travaux permettront d'estimer l'influence du système de séchage sur l'incertitude de mesure des analyseurs d'oxydes d'azote.

2. CONDITIONS OPERATOIRES

2.1 Rappel du fonctionnement d'un sécheur

Le sécheur, installé dans un analyseur d'oxydes d'azote (quelque soit la marque), est un sécheur Nafion Permapure avec passage à contre courant de gaz sec. Le gaz sec est, dans ce cas, le gaz séché qui est réintroduit à contre-courant. Le principe même de ce montage fait que rapidement, à température ambiante, le point de rosée en sortie de sécheur est limité par l'humidité du gaz entrant. L'efficacité du sécheur est aussi très dépendante de la qualité de l'air échantillonné. En effet, des traces d'hydrocarbures résiduels en phase vapeur peuvent déposer un film qui diminue l'échange entre l'air sec et l'air humide et entraîner une perte d'efficacité dans le temps.

La durée de vie du sécheur est donc dépendante de l'environnement dans lequel l'analyseur est utilisé : plus l'environnement sera chargé en polluants tels les hydrocarbures, moins la durée de vie du sécheur sera importante. La préconisation de MEGATEC (fournisseur des analyseurs TEI) est de changer le sécheur quand la couleur brune qui apparaît est visible sur la totalité du sécheur. Envicontrol (fournisseur des analyseurs API) ne donne aucune limite dans la durée de vie du sécheur. Horiba préconise un changement tous les 2 ans et dans la pratique conseille un changement du sécheur lorsque celui-ci est d'une couleur marron.

2.2 Mode opératoire

Les essais se sont déroulés dans une enceinte climatique réglée à 21°C.

En 2012, l'humidification de l'air zéro a été réalisée avec un générateur d'humidité Hovocal digital 411 (Figure 1). Cet air humide est introduit dans un réacteur (Figure 2) sur lequel sont reliés les analyseurs et les différents capteurs permettant de suivre les paramètres ambiant (température, pression, humidité). Ce générateur d'humidité est équipé d'un système de débitmètres massiques permettant de réaliser des mélanges de gaz et des dilutions à des concentrations connues. Les humidités générées étaient de l'ordre de 0% ; 30% ; 50% ; 70% et 90%.

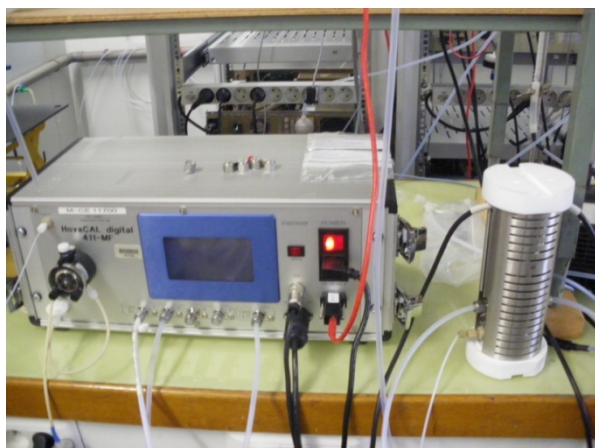


Figure 1 : Générateur d'humidité Hovocal digital 411

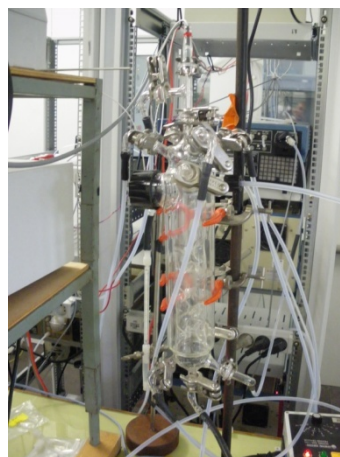


Figure 2 : Réacteur

En 2013, les essais ont porté sur l'influence de l'efficacité du sécheur sur la mesure du NO. Les tests ont été réalisés en générant successivement les concentrations de NO suivantes :

- 0 ppb
- 100 ppb
- 300 ppb
- 600 ppb

La génération d'humidité a été optimisée par rapport à 2012 par l'installation d'un système de génération d'eau à très bas débit, le Hovocal 421SP. L'humidification du gaz a ainsi été réalisée avec un générateur d'humidité Hovocal digital 411 (Figure 3) équipé d'un système d'alimentation en eau à très bas débit Hovocal 421SP (Figure 4). Contrairement au système précédent qui utilisait une pompe péristaltique (apport de gouttes d'eau à faible débit ce qui entraînait une évaporation saccadée), celui-ci est équipé de seringues qui alimentent l'évaporateur à tour de rôle à débit constant ce qui favorise une évaporation ininterrompue. Le gaz humide est introduit dans un réacteur sur lequel sont reliés les analyseurs et les différents capteurs permettant de suivre les paramètres ambiant (température, pression, humidité). Les taux d'humidité générés étaient de l'ordre de 40% ; 60% et 80%.

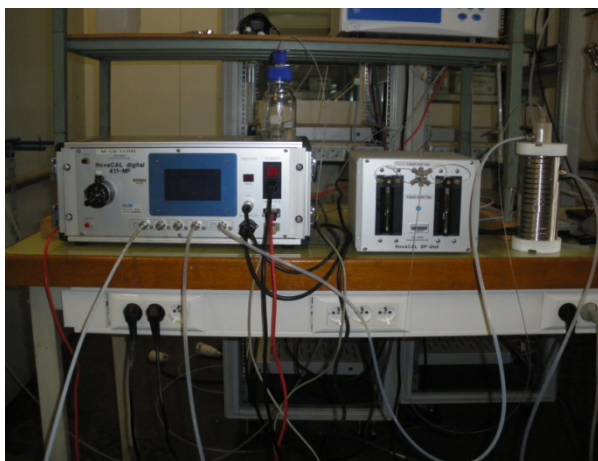


Figure 3 : générateur d'humidité Hovocal digital 411 équipé du système de génération d'eau à très bas débit

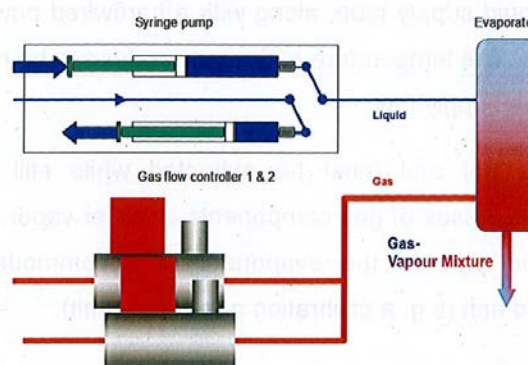
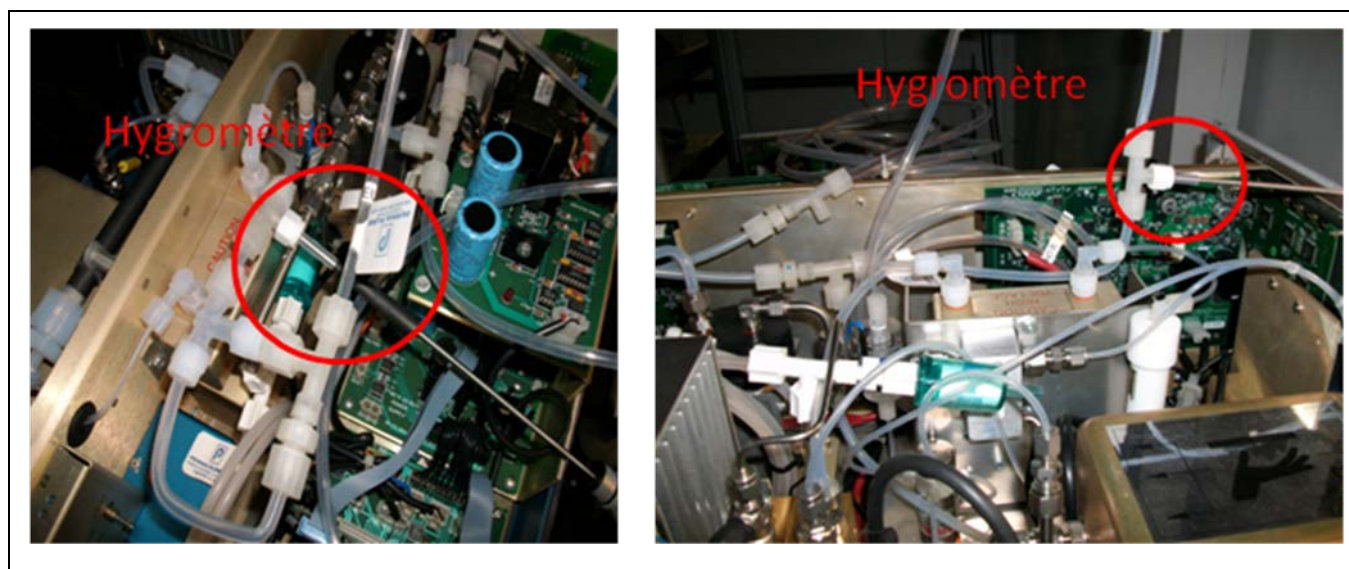


Figure 4 : Schéma du système de génération d'eau à très bas débit Hovocal 421SP

La mesure de l'hygrométrie ainsi que le suivi des différents paramètres physiques ont été réalisés de façon identique en 2012 et 2013.

L'hygrométrie des sécheurs a été mesurée :

- En amont des sécheurs, directement dans le réacteur avec un « hygromètre crayon »
- En aval des sécheurs, en introduisant une sonde d'hygrométrie dans le circuit fluide en sortie de sécheur en ajoutant un «T» (Figure 5).



Prise de l'hygrométrie en sortie de sécheur dans l'analyseur TEI 42C

Prise de l'hygrométrie en sortie de sécheur dans l'analyseur TEI 42i sans boucle de retard

Figure 5 : Mesure de l'humidité dans les analyseurs

Les analyseurs et capteurs étaient, quant à eux, reliés à une centrale d'acquisition permettant leur visualisation à distance, évitant ainsi toute intervention dans l'enceinte climatique durant les essais.

3. TRAVAUX 2012 : ESSAIS SUR LES SECHEURS EN PRESENCE D'AIR ZERO

En 2012, les tests ont été réalisés dans un premier temps sur les analyseurs du LCSQA/INERIS suivants:

- TEI type 42 C
- TEI type 42i équipé d'une boucle de retard

Les sècheurs utilisés pour cette première série de tests sont regroupés dans le Tableau 1. Les sècheurs usagés utilisés pour cette série d'essais sont les mêmes que ceux utilisés en 2011 (DRC-11-118194-13537A). Certains nous ont été fournis par Air Rhône Alpes, d'autres sont les sècheurs d'origine des analyseurs LCSQA/INERIS (âge indéterminé) et enfin, d'autres sont neufs.

Tableau 1 : Age des sècheurs et analyseur sur lesquels les tests ont été effectués

Sécheur	Age sécheur	Analyseur
1	Usagé	TEI 42i boucle de retard
2	Usagé	TEI 42 C
3	Neuf	TEI 42i boucle de retard
4	Usagé	TEI 42 C
5	Usagé	TEI 42i boucle de retard
6	Usagé	TEI 42 C
7	Usagé	TEI 42i boucle de retard
8	Usagé	TEI 42 C
9	Neuf	TEI 42i boucle de retard
9	Neuf	TEI 42 C
10	Neuf	TEI 42 C
11	Neuf	TEI 42 C
12	Neuf	TEI 42i boucle de retard

Puis, dans un second temps les tests ont été refaits sur les analyseurs TEI type 42 C et TEI type 42i (analyseur non équipé de boucle de retard) de l'INERIS avec un nombre restreint de sécheur (Cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Sècheurs testé sur l'analyseur 42i

Sécheur	Origine	Analyseur
1	Usagé	TEI 42i
3	Neuf	TEI 42i
5	Usagé	TEI 42i
7	Usagé	TEI 42i
9	Neuf	TEI 42i
12	Neuf	TEI 42i

3.1 Tests réalisés sur analyseurs TEI 42c et TEI 42i équipé d'une boucle de retard

Les analyseurs ont été alimentés en air zéro dont l'humidité varie par palier entre : 0%, 30%, 50% et 80%.

Il est à signaler que les profils de génération d'humidité ne sont malheureusement pas reproductibles du fait de l'utilisation du générateur dans ses limites basses. Cette contrainte a été diminuée en allongeant la durée de certains paliers d'humidité afin de pouvoir comparer les essais entre eux.

Le Tableau 3 résume les caractéristiques des tests réalisés sur les sécheurs 1 à 12 ainsi que l'efficacité de séchage des sécheurs calculée selon la formule suivante :

$$Efficacité\ de\ séchage\ (\%) = 100 - \frac{(100 \times humidité\ mesurée)}{humidité\ générée}$$

Les profils d'humidité mesurée en sortie de chaque sécheur testé sont identiques à ceux représentés sur la Figure 6 selon le type d'analyseur sur lequel ils sont installés. En effet, le profil de l'humidité mesurée par la sonde 1 (installée en sortie de sécheur de l'appareil TEI 42i équipé de boucle de retard) est identique, quelque soit le sécheur utilisé, de même que le profil d'humidité mesuré par la sonde 2 (installée en sortie de sécheur de l'appareil TEI 42C). La sonde 1 mesure toujours un taux d'humidité d'environ 2.5 fois plus élevé que la sonde 2.

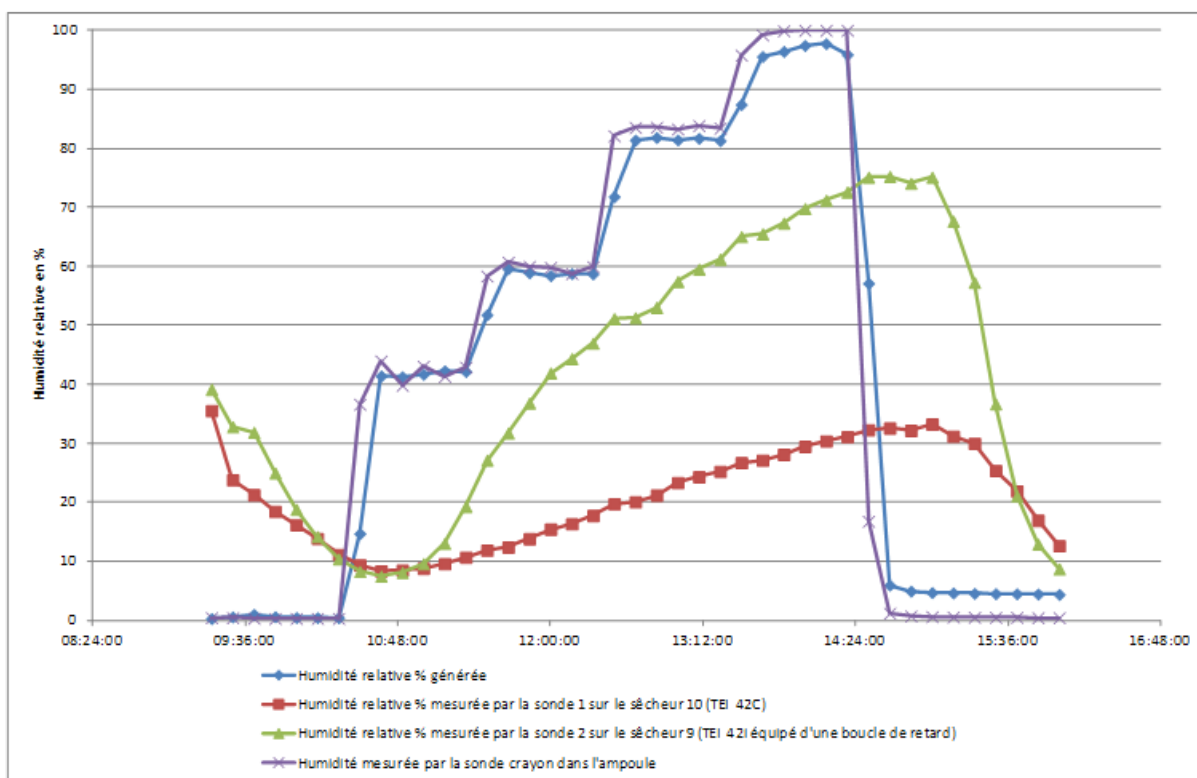


Figure 6 : Profil de réponse des sécheurs 1 et 2 (sécheurs usagés)

L'hypothèse d'un dysfonctionnement des sondes a été émise. Des essais ont donc été refaits en inversant les sondes sur les analyseurs (Tableau 3) et en passant les sécheurs selon les recommandations de Permapur. La passivation des sécheurs est obtenue en alimentant les analyseurs avec un air humide et stable (30%) pendant plusieurs heures avant de démarrer l'essai.

Les profils d'humidité ainsi obtenus ne changent pas. L'humidité la plus élevée est toujours mesurée, en sortie de sécheur installé sur l'analyseur équipé d'une boucle de retard. Ainsi, le bon fonctionnement des sondes a pu être prouvé de même que l'effet négligeable de la passivation des sécheurs sur leur efficacité.

Tableau 3 : Caractéristiques des tests réalisés sur les sécheurs

Analyseur	Sécheur	Sonde	Humidité mesurée en sortie de sécheur %	Humidité max générée %	Efficacité de séchage en %
42i BR*	1	1	71	100	29
42C	2	2	30		70
42i BR	3	1	71	91	22
42C	4	2	29		68
42i BR	5	1	46	56	17
42C	6	2	19		66
42i BR	7	1	77	22	
42C	8	2	30		
42i BR	9	1	77	100	23
42C	10	2	33		67
42C	9	1	34	80	57.5
42i BR	10	2	66		17.5
42i BR	12	2	70	80	12.5
42C	11	1	35		56

* BR signifie boucle de retard

Tableau 4 : Caractéristiques des tests réalisés en inversant les sondes d'humidité

Analyseur	Sécheur	Sonde	Humidité mesurée en sortie de sécheur %	Humidité max générée %	Efficacité de séchage en %
42i BR	7	2	72	81	11
42C	8	1	31		62
42i BR	9	2	75	100	25
42C	10	1	36		64

Cependant, les essais ont mis en évidence un effet probable des boucles de retard sur une diminution de l'efficacité des sécheurs. Afin d'investiguer cette supposition, une deuxième série de tests a été réalisée avec un analyseur TEI 42i non équipé de boucle de retard afin de vérifier si l'efficacité des sécheurs est liée ou pas au type d'analyseur.

3.2 Tests réalisés sur analyseurs TEI 42C et TEI 42i non équipé d'une boucle de retard

Afin de mettre en évidence l'influence de la boucle de retard sur la capacité de séchage des sècheurs échantillon, l'analyseur TEI42i équipé d'une boucle de retard a été remplacé par un analyseur identique mais sans boucle de retard.

Les premiers essais ont été faits sur les sècheurs 11 et 12. La comparaison des profils de mesure d'humidité en sortie de sécheur indique bien que lorsque le sécheur 12 est installé sur l'analyseur 42i équipé d'une boucle de retard (Figure 7), sa capacité de séchage est bien moindre que lorsqu'il est sur un 42i classique (Figure 8).

L'hypothèse émise précédemment quant à la responsabilité de la boucle de retard sur la capacité de séchage des sècheurs semble donc confirmée.

Des tests d'efficacité des sècheurs ont donc été refaits sur un analyseur TEI 42i non équipé d'une boucle de retard (Tableau 5). On observe une diminution de l'ordre de 50% de l'humidité mesurée en sortie de sécheur. La boucle de retard a donc une incidence non négligeable sur la capacité de séchage du sécheur, pour l'appareil utilisé.

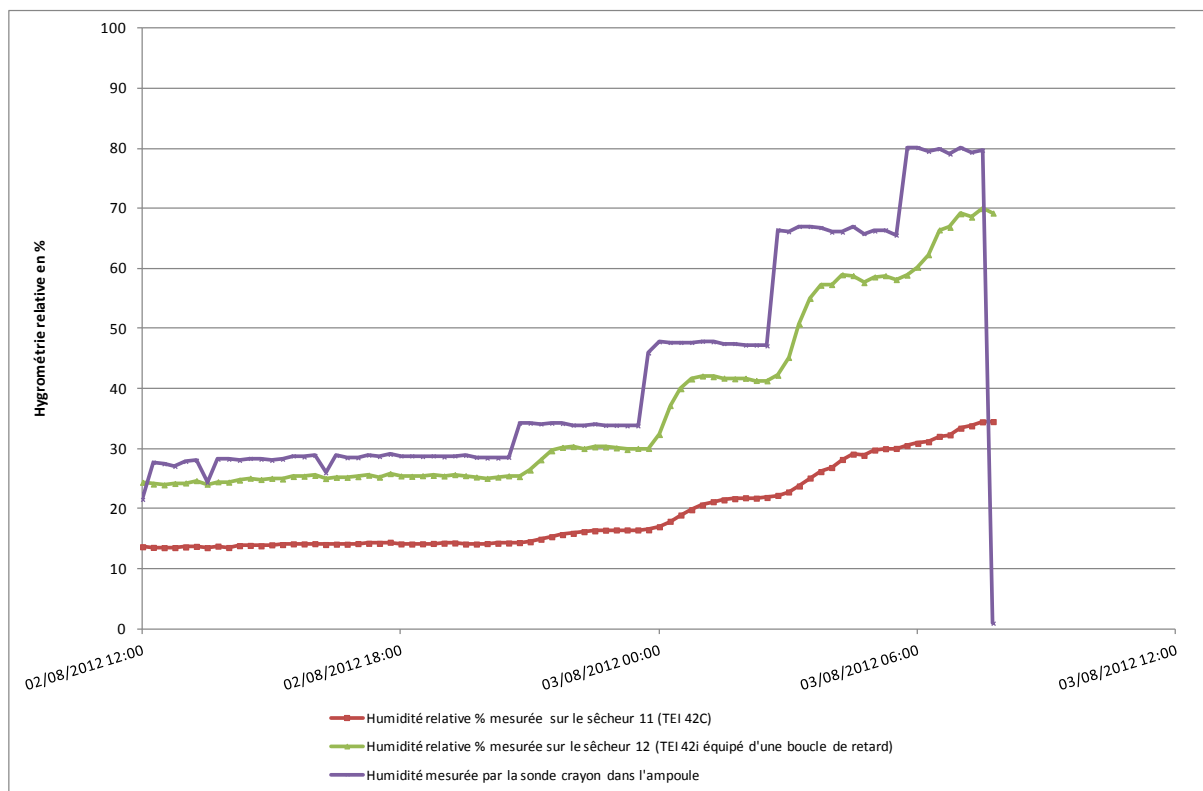


Figure 7 : Sècheurs 11 et 12 sur analyseurs 42C et 42i BR

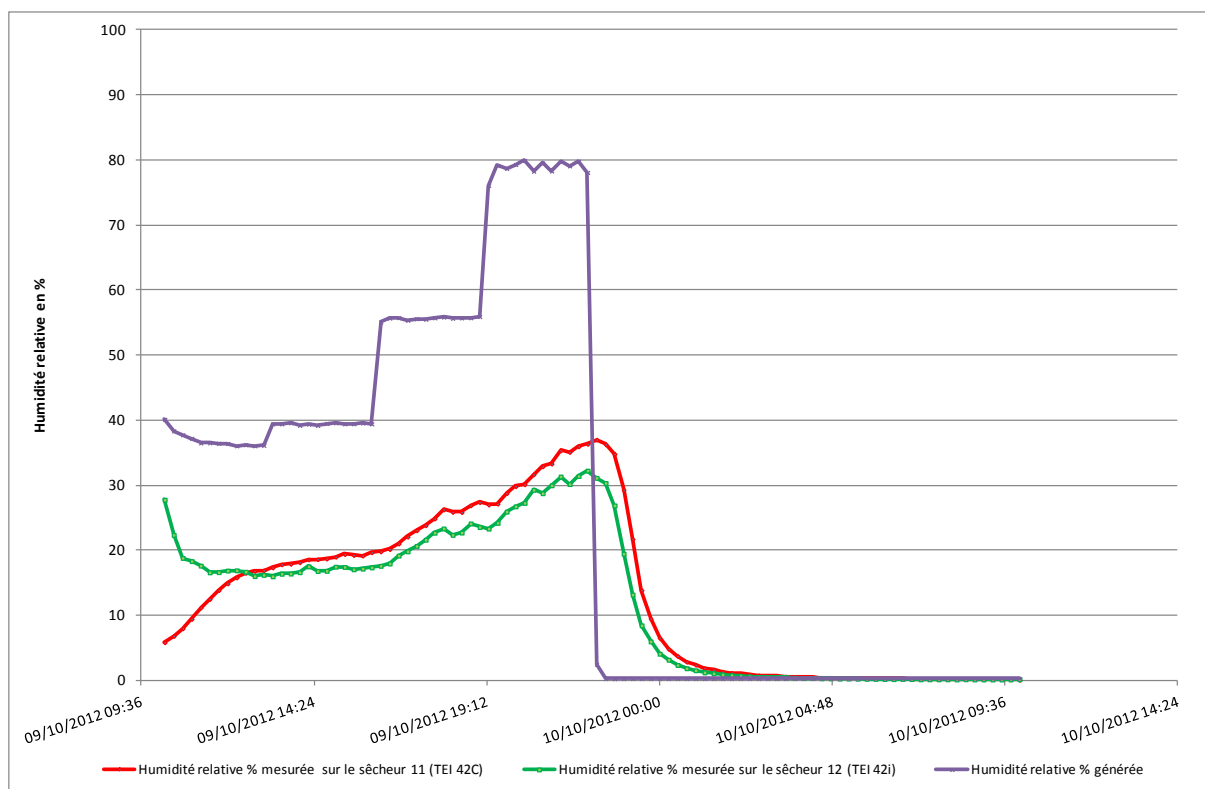


Figure 8 : Sécheurs 11 et 12 sur analyseurs 42C et 42i

Tableau 5 : Caractéristiques des tests réalisés sur les sécheurs équipant un 42i sans boucle de retard

Analyseur	Sécheur	Humidité mesurée en sortie de sècheur %	Humidité max générée %	Efficacité de séchage en %
42i sans boucle de retard	1	30	77	61
	3	23	80	71
	5	42	100	58
	7	20	62	68
	12	32	85	62

3.3 Résultats

Le Tableau 6 résume l'efficacité des sécheurs testés lors des essais réalisés au laboratoire.

Tableau 6 : Efficacité des sécheurs mesurée avec un analyseur TEI 42i sans boucle de retard

N° sécheur	Etat	Humidité maximum générée (%)	Humidité mesurée en sortie de sécheur (%)	Efficacité de séchage (%)
1	usagé	77	30	61
2	<i>usagé</i>	<i>100</i>	<i>30</i>	<i>70</i>
3	neuf	80	23	71
4	usagé	91	29	68
5	usagé	100	42	58
6	usagé	56	19	66
7	usagé	62	20	68
8	usagé	80	30	63
9	neuf	80	33	59
10	neuf	100	33	67
11	neuf	80	35	56
12	neuf	85	32	62

L'efficacité des sécheurs, lorsqu'ils sont installés sur des analyseurs non équipés de boucle de retard, varie de 56% pour la plus faible à 71% pour la plus élevée. Elle ne semble pas liée à l'âge des sécheurs : en moyenne l'efficacité de séchage d'un sécheur usagé de 65% et l'efficacité de séchage d'un sécheur neuf est de 63%. L'efficacité de séchage est donc, en moyenne, identique que le sécheur soit neuf ou pas et se situe entre 60 et 70%.

4. TRAVAUX 2013 : ESSAIS SUR LES SECHEURS EN PRESENCE D'OXYDES D'AZOTE

En 2013, les travaux ont été réalisés sur les analyseurs suivants :

- TEI type 42 C
- TEI type 42i sans boucle de retard
- TEI type 42i équipé d'une boucle de retard.

Les sècheurs utilisés lors des essais sont les mêmes sècheurs que ceux utilisés précédemment (Tableau 2). Initialement, il était prévu de tester chaque sécheur dans les 3 analyseurs mai cela n'a pu être le cas : des problèmes liés à la récupération de données d'humidité nous ont conduits à ne pas exploiter les résultats des tests concernés.

4.1 Résultats

Les données complètes sont disponibles en annexe 1.

Les figures 9, 10 et 11 illustrent la réponse des 3 analyseurs lorsqu'ils sont équipés du même sécheur et qu'ils suivent le même programme (0% ; 40% ; 60% ; 80% d'humidité et 3 concentrations de NO : 100 ; 300 et 600 ppb).

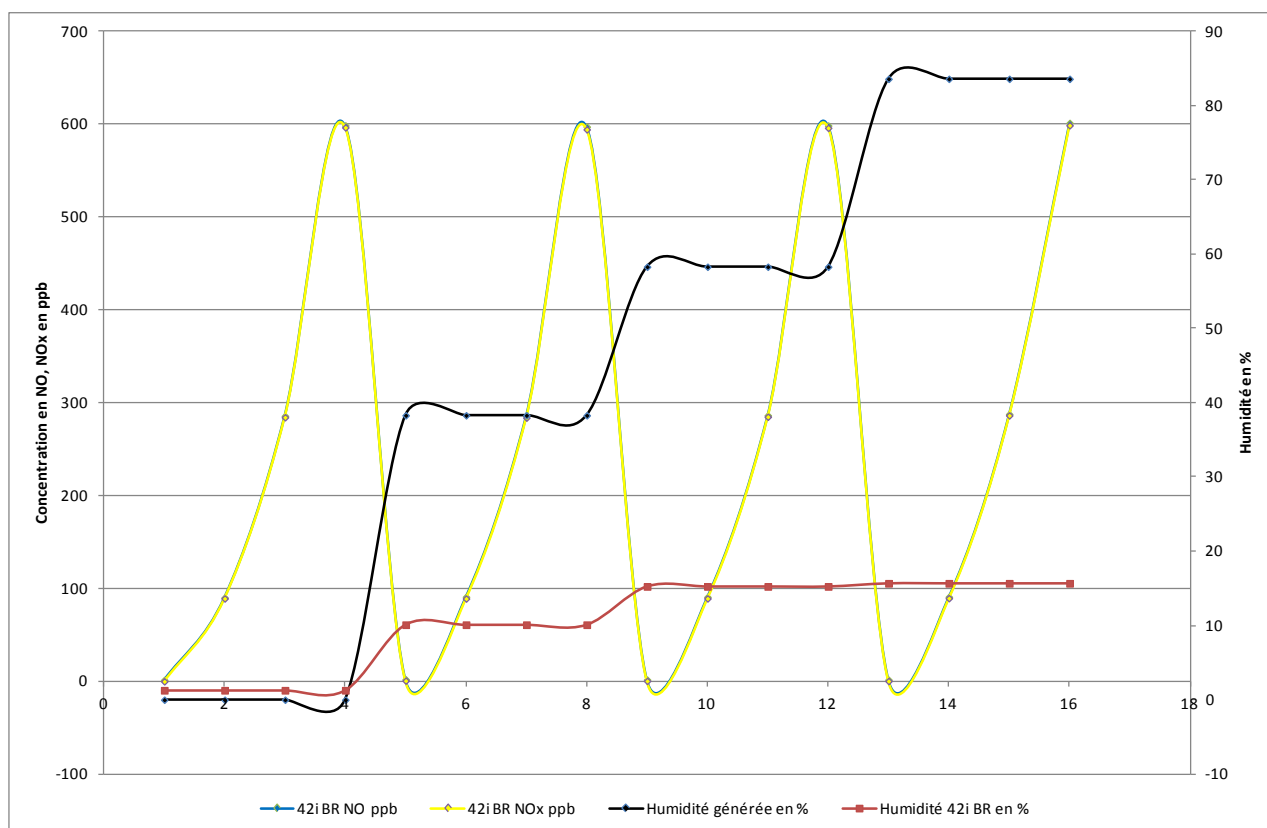


Figure 9 : Illustration de la réponse de l'analyseur 42i BR avec le sécheur 3

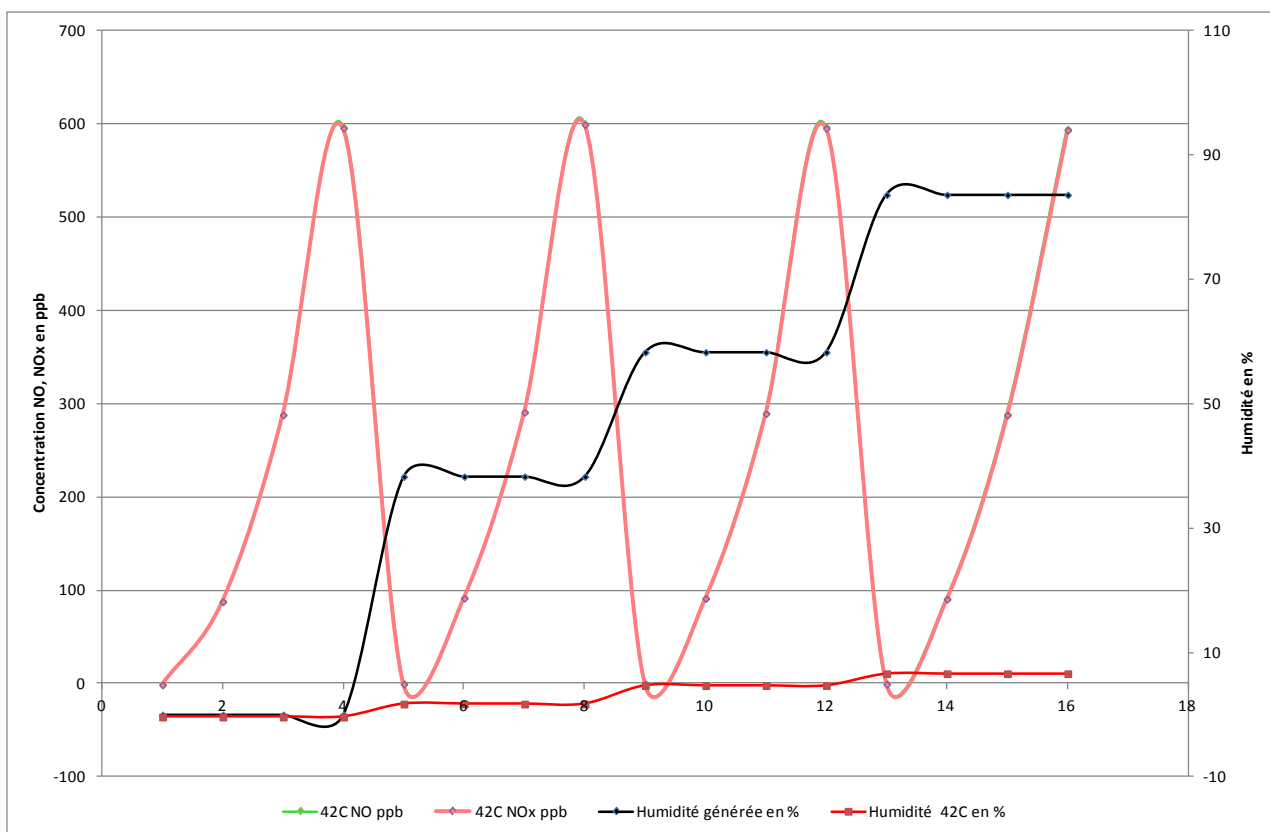


Figure 10 : Illustration de la réponse de l'analyseur 42C avec le sécheur 3

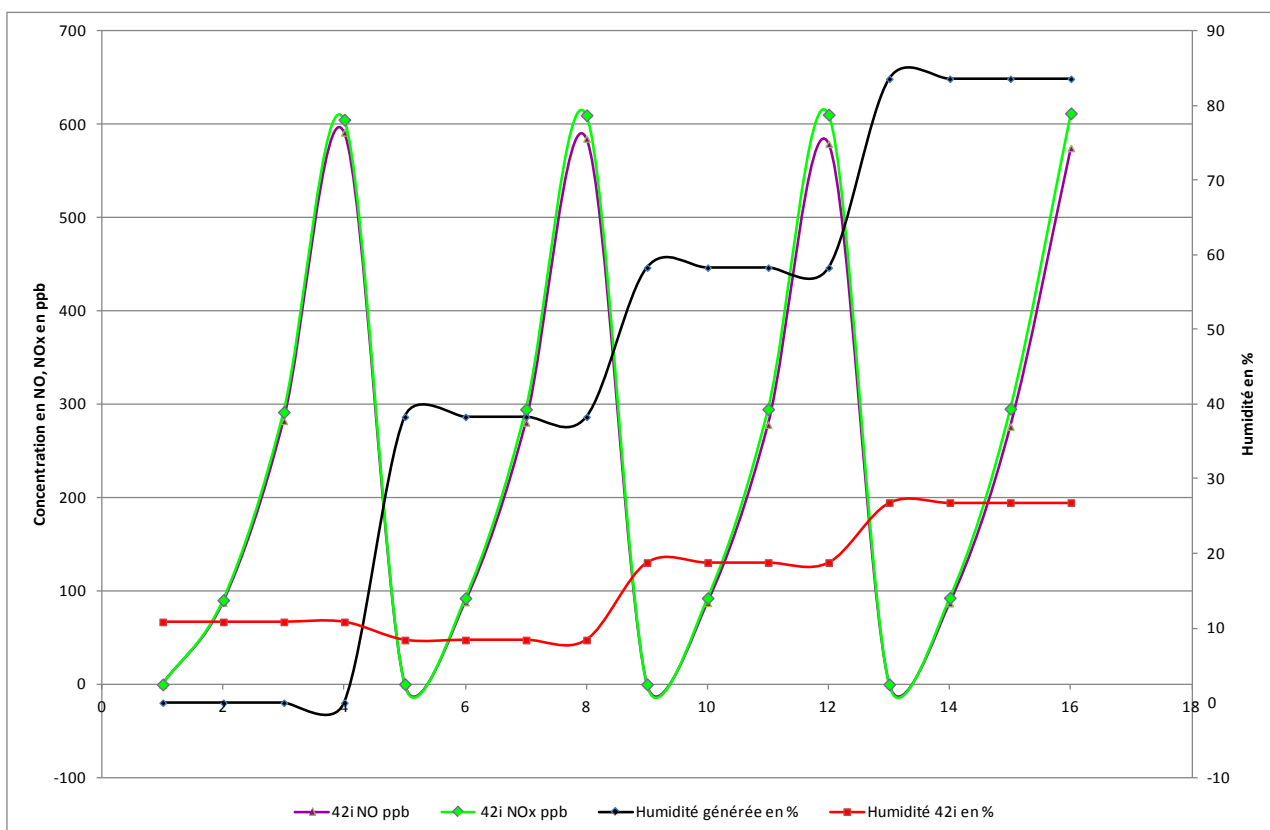


Figure 11 : Illustration de la réponse de l'analyseur 42i avec le sécheur 3

L'efficacité du sécheur apparaît dépendante de l'analyseur dans lequel il est installé. Ainsi l'efficacité de séchage est systématiquement plus importante lorsque le sécheur est installé dans l'analyseur 42C. Le phénomène observé en 2012 sur l'analyseur 42i équipé d'une boucle de retard (42i BR) ne s'est pas reproduit en 2013. Les résultats sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus avec l'analyseur 42i (entre 25 et 30% d'humidité en sortie de sécheur) sauf sur 4 sécheurs (sécheurs 3 ; 9 ; 12 et 13). Les sécheurs 3 ; 9 et 12 montés sur le 42i BR, donnent des taux d'humidité en sortie d'environ 10% (11,1 ; 12,1 ; 10) plus bas que lorsqu'ils sont installés sur le 42i. Pour le sécheur 13, la différence est de 13.7%, le 42i BR séchant moins bien que le 42i. Au vu de ces résultats, la boucle de retard ne semble pas avoir d'impact sur l'efficacité de séchage des sécheurs.

Le Tableau 7 présente, pour chaque sécheur, les résultats de l'humidité mesurée en sortie de sécheur ainsi que l'écart relatif entre la mesure de NO en gaz sec et la mesure de NO en gaz humide (80% d'humidité) pour les trois concentrations générées (100 ppb, 300 ppb et 600 ppb).

L'examen de ces résultats montre que l'écart relatif entre la réponse des analyseurs sur matrice gaz sec et la réponse des analyseurs sur matrice gaz humide augmente avec le taux d'humidité mesuré en sortie de sécheur. Ceci est particulièrement vrai pour les concentrations de 300 ppb et 600 ppb de NO. Pour les concentrations de 100 ppb, le phénomène est peu visible, l'écart reste globalement constant. Mais trois sécheurs (sécheurs 4, 5, 9) présentent un écart relatif à 100 ppb de NO de l'ordre de 15 à 20% que l'on pourrait assimiler à une mise en régime du sécheur. Ce phénomène se retrouve (pour ces trois sécheurs) sur tous les analyseurs sur lesquels ils ont été testés. Le sécheur 13 qui présente ce même phénomène lorsqu'il est monté sur l'analyseur 42i BR, ne donne pas les mêmes résultats avec l'analyseur 42i. L'efficacité de séchage est meilleure sur l'analyseur 42i (évolution de 0% à 9,4%) alors que sur l'analyseur 42i BR le séchage évolue de 1,4% à 23%.

Tableau 7

Concentration en NO générée ppb	Nom sécheur	Analyseur 42i BR		Analyseur 42C		Analyseur 42i	
		Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
100 300 600	Sécheur 1	33,6	0,7 -3,0 -3,1	8	2,0 1,1 0,7	28,1	0,0 -3,8 -4,3
100 300 600	Sécheur 2	26,4	-3,0 -2,9 -3,2	24,9	18,8 0,9 1,0		
100 300 600	Sécheur 3	15,7	0,9 0,7 0,4	6,6	3,3 0,1 -0,3	26,8	-0,5 -2,2 -2,8
100 300 600	Sécheur 4	24,5	16,5 -1,8 -2,0	7,3	24,6 1,1 0,7	29,45	20,5 -1,3 -1,4
100 300 600	Sécheur 5	30,1	17,5 -2,1 -2,5	8	18,6 -0,5 -0,4	27,6	-2,0 -2,3 -2,8
100 300 600	Sécheur 6		-1,7 -2,2 -2,6			24,9	17,0 -2,0 -1,8
100 300 600	Sécheur 7			8,13	2,7 1,2 1,1	28,4	-3,5 -2,5 -2,8
100 300 600	Sécheur 8	29,36	-0,4 -1,9 -2,7			26,94	-0,1 -2,0 -2,6
100 300 600	Sécheur 9	15,6	19,9 0,5 0,3	5,58	23,0 1,7 1,6	27,1	15,8 -3,3 -4,1
100 300 600	Sécheur 10			9,3	2,0 1,2 1,1	31,2	-1,2 -1,9 -2,5
100 300 600	Sécheur 11	31,1	-0,9 -1,5 -1,8				
100 300 600	Sécheur 12	21,3	0,7 -0,6 -1,5			31,3	-2,6 -3,3 -3,3
100 300 600	Sécheur 13	23,1	15,3 -1,4 -1,5			9,4	0,0 0,3 0,2

5. MODE OPERATOIRE POUR LA REALISATION D'UN CONTROLE DE SECHEUR

Le mode opératoire décrit ci-dessous a été mis au point lors des tests réalisés pour cette étude et il est inspiré par l'essai d'interférence de l'humidité de la norme NF EN 14211 « Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde d'azote et monoxyde d'azote par chimiluminescence ».

Le matériel utilisé est le suivant :

- générateur d'humidité Hovocal digital 411
- système de génération d'eau à très bas débit Hovocal 421SP
- « T » installé en sortie de sécheur à contrôler
- hygromètre installé sur le « T » en sortie de sécheur
- hygromètre permettant de suivre la teneur en humidité générée

Les étapes à suivre pour la réalisation du contrôle d'un sécheur sont :

1. Installer le « T » en sortie de sécheur à contrôler
2. Programmer le générateur de gaz humide afin qu'il délivre :
 - 0 ppb de NO à 80% d'humidité pendant 30 minutes
 - 500 ppb de NO à 80% d'humidité pendant 30 minutes
3. Ajuster l'analyseur au zéro et au point d'échelle
4. Connecter l'analyseur au réacteur et lancer le programme de génération de gaz
5. Effectuer un mesurage indépendant suivi de 2 mesurages élémentaires
6. Calculer l'influence de l'humidité sur la concentration selon la norme NF EN 14211

$$X_{int,z} = x_z$$

$$X_{int,C_t} = x_{C_t} - C_t$$

Où :

$X_{int,z}$ est l'influence de l'humidité au zéro, en ppb

X_z est la moyenne des mesurages de NO au zéro, en ppb

X_{int,C_t} est l'influence de l'humidité à la concentration C_t , en ppb

X_{C_t} est la moyenne des mesurages de NO à la concentration C_t , en ppb

C_t est la concentration en NO appliquée, en ppb

L'influence de l'humidité doit être inférieure ou égale à 5ppb afin de respecter le critère de la norme.

6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les tests réalisés en 2012 et 2013 ont confirmé les observations faites en 2011, à savoir que les sécheurs usagés avaient une efficacité de séchage globalement identique à celle d'un sécheur neuf.

Lors de la réalisation des essais de 2012, un comportement inattendu des sécheurs installés sur un analyseur équipé d'une boucle de retard a été observé : les sécheurs installés sur l'analyseur TEI 42i équipé d'une boucle de retard présentaient un taux d'humidité systématiquement supérieur à celui que donnait le même sécheur installé dans un autre analyseur.

En 2013, des essais en laboratoire en présence de NO humide ont été menés. Le phénomène observé en 2012 sur l'analyseur équipé d'une boucle de retard n'a pas été identifié lors de ces essais. L'analyseur TEI 42C est celui pour lequel les sécheurs ont la meilleure capacité de séchage. Les analyseurs TEI 42i et TEI 42i BR, globalement identiques sur leur capacité de séchage, donnent les écarts relatifs en NO les plus élevés (écarts relatifs entre la mesure du NO en matrice sèche et la mesure du NO en matrice humide). Ce qui peut être mis directement en lien avec la capacité de séchage des analyseurs. Le fournisseur des appareils, contacté sur ce sujet, n'explique pas le phénomène observé : les analyseurs (type C et i) ont le même circuit fluidique.

L'efficacité des sécheurs n'est pas constante sans pour autant qu'on puisse l'expliquer. Les AASQA qui procèdent au contrôle des sécheurs ont, elles aussi, mis en évidence des problèmes d'efficacité pouvant interférer sur le bon fonctionnement de l'appareil (appareil ne répondant plus au critère d'interférence de l'humidité). Pour palier ceci, une méthodologie visant à tester l'efficacité des sécheurs a été proposée par le LCSQA, basée sur l'essai d'interférence de l'humidité de la norme NF EN 14211 « Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde d'azote et monoxyde d'azote par chimiluminescence ».

Il est proposé au programme de 2016 de réaliser un REX sur ce sujet auprès des AASQA qui réalisent les tests sur les analyseurs (méthodologie mise en œuvre, appareils testés, etc.) afin de faire un bilan sur le parc français et d'harmoniser les pratiques.

7. LISTE DES ANNEXES

Annexes	titres
Annexe 1	Résultats des tests réalisés sur chaque sécheur
Annexe 2	Calculs des écarts relatifs entre la mesure de NO en gaz sec et la mesure de NO en gaz humide

ANNEXE 1

Sécheur 1	Analyseur 42i BR			Analyseur 42C			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	1,6	1,6 86,6 279,3 577,5	-0,5 86,2 279,0 578,2	0,7	-0,4 90,9 291,3 602,7	-1,5 90,0 291,1 603,3	-0,1	-1,6 83,0 280,2 590,8	1,5 85,9 281,8 592,5
38,3		2,1 89,0 276,7 570,8	0,3 87,4 275,8 570,8	4,4	0,4 92,5 293,1 604,9	-0,7 91,8 293,1 605,0	8,1	-1,2 86,3 279,3 583,8	2,0 88,2 279,0 582,9
58,3	23,0	1,8 88,0 273,2 564,7	0,0 86,5 272,7 564,4	6,8	-0,2 92,6 293,5 605,0	-1,3 91,8 293,2 605,1	19,8	-1,3 84,5 273,3 573,0	1,9 87,2 274,6 573,4
83,6	33,6	1,9 87,3 270,8 559,5	-0,1 85,8 270,1 559,8	8,0	-0,4 92,7 294,5 606,9	-1,5 92,0 294,3 607,4	28,1	-1,2 83,0 269,5 565,6	1,9 85,9 270,8 566,8

Sécheur 2	Analyseur 42i BR			Analyseur 42C		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	2,0	1,3 91,0 285,6 597,7	-0,3 89,5 284,8 595,3	-0,2	-0,5 76,9 287,6 594,4	-1,5 75,8 286,8 593,1
38,3	13,5	1,9 90,1 283,7 590,6	0,8 88,4 281,1 586,9	6,1	0,1 90,8 289,5 598,0	-0,8 90,3 288,3 596,6
58,3	22,0	1,6 88,9 279,9 583,4	0,4 87,6 278,8 581,9	17,0	-0,4 90,8 288,9 599,1	-1,5 90,0 288,5 597,9
83,6	26,4	1,5 88,2 277,4 578,5	0,2 87,0 276,6 577,2	24,9	-0,4 91,4 290,3 600,2	-1,5 90,5 289,5 598,9

Sécheur 3	Analyseur 42i BR			Analyseur 42C			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	1,3	1,3 90,0 285,7 598,6	-0,2 89,1 284,3 596,5	-0,4	-0,4 88,6 288,7 596,7	-1,4 87,7 288,1 595,5	10,8	-0,6 87,3 282,2 591,4	-0,4 90,1 291,6 605,0
38,3	10,1	2,0 90,8 285,7 597,3	0,6 89,0 283,9 594,4	1,7	0,6 92,5 291,7 600,5	-0,5 91,6 290,9 599,3	8,4	-0,2 87,9 280,5 584,8	0,0 92,1 294,6 609,8
58,3	15,3	1,6 90,7 286,3 598,5	0,3 89,1 284,8 596,0	4,7	0,6 92,2 290,2 596,8	-0,5 91,3 289,4 595,3	18,8	-0,2 87,2 278,1 579,2	-0,2 92,2 294,7 610,5
83,6	15,7	1,6 90,9 287,7 601,3	0,2 89,4 286,3 598,8	6,6	0,6 91,6 289,0 594,7	-0,5 90,5 287,9 593,4	26,8	-0,2 86,8 276,0 574,7	-0,3 92,5 295,2 611,9

Sécheur 4	Analyseur 42i BR			Analyseur 42C			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	0,2	1,6 76,7 286,0 596,2	0,1 81,0 284,3 592,9	2,2	-0,3 73,4 287,7 597,0	-5,4 68,8 286,3 595,8	1,71	-1,5 69,9 278,9 589,5	1,6 79,2 281,0 591,2
38,3	8,0	2,1 91,2 285,4 592,1	0,8 89,2 282,6 587,9	2,6	0,2 91,1 290,6 601,3	-4,9 86,4 289,5 600,2	12,48	-0,9 86,6 279,5 586,9	2,3 88,6 279,6 585,7
58,3	17,6	1,9 90,1 282,2 586,7	0,6 88,6 280,4 583,9	5,5	0,0 91,4 290,9 600,8	-5,2 86,5 289,3 599,7	23,23	-1,2 84,9 278,2 584,5	1,9 87,3 278,6 583,7
83,6	24,5	1,9 89,4 280,8 584,4	0,6 87,9 279,3 581,8	7,3	-0,1 91,4 290,9 601,2	-5,2 86,3 289,7 600,7	29,45	-1,2 84,2 275,2 581,2	1,9 87,0 276,8 580,9

Sécheur 5	Analyseur 42i BR			Analyseur 42C			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	-0,1	1,7 75,7 285,2 594,3	0,0 80,7 284,9 594,5	-0,4	-0,4 76,5 289,3 596,8	-1,2 75,7 289,6 597,4	-0,1	-1,8 86,3 281,5 595,6	1,5 89,3 283,4 597,8
38,3	9,4	2,2 90,6 283,6 589,2	1,3 89,0 281,9 587,2	3,2	0,6 91,7 289,9 595,5	-0,4 91,4 290,2 596,4	13,8	-0,8 86,2 280,5 588,8	2,5 88,3 280,1 588,0
58,3	21,0	1,9 89,7 280,8 583,4	0,6 88,3 280,1 583,1	6,8	0,1 90,6 287,3 592,0	-0,6 90,3 287,5 594,0	19,3	-1,3 85,2 277,0 583,3	2,0 87,8 278,2 583,8
83,6	30,1	1,9 88,9 279,2 579,5	0,4 87,8 278,9 579,9	8,0	-0,3 90,7 287,9 594,4	-0,8 90,0 288,3 595,3	27,6	-1,4 84,6 275,0 579,2	1,8 87,5 276,6 580,3

Sécheur 6	Analyseur 42i BR			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	3,8	1,6 97,5 299,4 607,3	0,0 95,5 298,1 605,4	0,2	-1,5 72,0 278,1 587,0	1,6 80,7 279,8 588,5
38,3	9,9	1,9 98,3 298,4 601,0	0,3 96,4 296,2 597,8	6,1	-0,8 85,3 277,9 584,7	2,3 87,4 278,2 583,6
58,3	20,5	1,9 96,6 294,4 593,8	0,4 95,0 292,4 591,3	17,0	-1,2 84,3 274,0 579,1	1,9 86,6 275,1 578,7
83,6		2,0 95,9 292,8 591,6	0,6 94,4 291,0 589,1	24,9	-1,4 84,3 272,6 576,6	1,8 87,1 274,2 576,7

Sécheur 7	Analyseur 42C			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	6,17	-0,36 90,06 291,60 605,05	-5,5 85,6 290,8 605,3	1,5	-1,3 86,7 280,7 592,9	1,7 89,7 281,7 593,7
38,3	3,71	-0,03 92,15 294,61 609,81	-5,2 87,2 294,0 609,7	12,5	-0,6 86,0 280,1 588,7	2,5 87,9 278,9 585,6
58,3	6,41	-0,25 92,22 294,72 610,46	-5,3 87,7 294,1 609,9	22,3	-1,0 84,7 275,6 580,4	2,1 87,1 276,0 579,4
83,6	8,13	-0,27 92,49 295,17 611,90	-5,4 87,8 294,3 611,7	28,4	-1,2 83,7 273,7 576,1	1,9 86,6 274,7 575,5

Sécheur 8	Analyseur 42i BR			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	6,54	1,5	0,4	-0,15	-1,4	1,7
		88,5	1,4		85,4	89,3
		281,7	2,6		281,8	283,8
		589,1	4,6		595,6	598,0
38,3	8,59	1,9	0,4	7,50	-0,6	2,5
		89,6	1,0		87,0	89,0
		281,1	1,5		281,4	280,9
		583,9	3,4		589,4	588,3
58,3	20,32	1,8	0,5	18,45	-0,9	2,2
		88,7	1,1		85,7	88,5
		278,0	2,2		277,9	278,7
		577,8	3,8		583,2	583,7
83,6	29,38	1,8	0,5	26,94	-1,1	2,0
		88,2	1,3		85,4	87,9
		276,3	2,0		276,1	277,6
		573,2	3,8		579,9	581,3

Sécheur 9	Analyseur 42i BR			Analyseur 42C			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	2,0	1,6	-0,1	-0,39	-0,4	-1,5	-0,1	-1,5	1,6
		75,1	77,0		74,4	74,0		71,4	80,1
		283,1	282,2		287,6	287,9		280,0	282,2
		592,7	591,4		594,4	595,5		590,1	592,7
38,3	12,3	2,0	0,4	1,73	0,1	-0,6	6,7	-0,9	2,3
		89,9	88,3		91,6	91,0		85,7	87,6
		283,3	282,2		290,5	291,0		277,9	278,1
		591,9	590,2		598,3	600,5		581,5	580,8
58,3	13,7	1,9	0,4	4,32	-0,3	-1,3	18,4	-1,2	1,9
		89,9	88,5		91,2	90,9		83,7	86,0
		283,4	282,5		291,3	292,0		271,7	273,1
		592,5	591,3		601,9	603,6		570,7	571,6
83,6	15,6	1,9	0,3	5,58	-0,4	-1,5	27,1	-1,2	1,9
		90,1	88,7		91,5	90,8		82,7	85,3
		284,5	283,5		292,5	292,9		270,6	272,2
		594,3	593,3		604,1	605,4		566,0	567,4

Sécheur 10	Analyseur 42C			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	1,2	-2,3 85,8 281,7 587,6	-7,3 80,9 280,0 585,6	0,8	-1,2 84,8 277,7 588,5	1,8 89,1 283,5 599,1
38,3	5,0	-2,4 86,8 284,0 591,2	-7,2 82,2 282,0 589,6	7,2	-0,9 85,1 276,6 582,0	2,2 88,7 280,9 589,4
58,3	7,8	-2,5 86,9 283,7 592,3	-7,2 82,1 282,5 590,5	20,9	-1,0 84,1 273,4 575,6	2,2 88,3 278,5 584,4
83,6	9,3	-2,6 87,4 285,1 594,0	-7,3 82,6 283,7 592,0	31,2	-1,0 83,8 272,4 573,7	2,2 88,1 277,7 583,0

Sécheur 11	Analyseur 42i BR		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	0,6	1,7 96,4 295,2 598,2	0,1 96,6 298,8 606,4
38,3	8,5	2,0 97,0 295,0 595,1	0,7 96,8 297,2 601,3
58,3	21,1	1,9 96,0 291,7 589,4	0,6 96,2 295,2 597,2
83,6	31,1	1,9 95,5 290,9 587,5	0,6 95,9 294,1 594,9

Sécheur 12	Analyseur 42i BR			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	3,5	1,7 88,1 279,3 585,2	0,1 86,3 277,4 582,5	2,6	-1,5 84,9 279,8 591,9	1,6 87,7 281,4 593,7
38,3	24,6	1,9 88,9 279,8 582,2	0,3 86,8 277,2 577,8	9,9	-1,2 85,3 276,8 581,8	1,9 87,7 277,5 581,3
58,3	25,4	1,8 88,5 277,9 578,1	0,5 86,9 275,9 575,1	22,2	-1,2 83,4 272,2 574,7	1,9 86,2 273,5 575,2
83,6	21,3	1,9 88,7 277,7 576,4	0,6 87,2 276,0 574,1	31,3	-1,1 82,7 270,7 572,4	2,0 85,7 272,3 573,5

Sécheur 13	Analyseur 42i BR			Analyseur 42i		
Humidité générée en %	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb	Humidité en %	NO ppb	NOx ppb
0	1,4	1,7 78,0 286,1 596,6	0,0 82,6 285,2 595,5	-0,1	-0,45 91,52 290,06 599,58	-1,57 90,72 289,67 599,78
38,3	10,1	2,3 90,6 284,3 592,7	0,8 88,9 282,4 590,3	3,4	0,31 91,77 291,57 600,38	-0,94 90,88 291,38 601,30
58,3	17,6	1,9 90,2 283,1 589,8	0,6 88,7 281,9 588,4	7,5	-0,31 91,30 291,02 599,77	-1,53 90,42 290,65 600,20
83,6	23,1	1,9 89,9 282,2 587,8	0,4 88,4 281,4 586,8	9,4	-0,42 91,54 290,99 600,65	-1,58 90,62 290,79 600,96

ANNEXE 2

		Sécheur 1					
		Analyseur 42i BR		Analyseur 42C		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100		2,8	4,4	1,8	8,1	3,9
	300		-0,9		0,6		-0,3
	600		-1,2		0,4		-1,2
58,3	100	23	1,6	6,8	1,9	19,8	1,8
	300		-2,2		0,8		-2,5
	600		-2,2		0,4		-3,0
83,6	100	33,6	0,7	8	2,0	28,1	0,0
	300		-3,0		1,1		-3,8
	600		-3,1		0,7		-4,3

		Sécheur 2			
		Analyseur 42i BR		Analyseur 42C	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	13,5	-1,0	6,1	18,0
	300		-0,7		0,7
	600		-1,2		0,6
58,3	100	22	-2,4	17	18,0
	300		-2,0		0,5
	600		-2,4		0,8
83,6	100	26,4	-3,0	24,9	18,8
	300		-2,9		0,9
	600		-3,2		1,0

		Sécheur 3					
		Analyseur 42i BR		Analyseur 42C		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	10,1	0,9	1,7	4,3	8,4	0,7
	300		0,0		1,0		-0,6
	600		-0,2		0,6		-1,1
58,3	100	15,3	0,7	4,7	4,0	18,8	-0,1
	300		0,2		0,5		-1,5
	600		0,0		0,0		-2,1
83,6	100	15,7	0,9	6,6	3,3	26,8	-0,5
	300		0,7		0,1		-2,2
	600		0,4		-0,3		-2,8

		Sécheur 4					
		Analyseur 42i BR		Analyseur 42C		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	8,0	18,8	2,6	24,2	12,48	23,9
	300		-0,2		1,0		0,2
	600		-0,7		0,7		-0,4
58,3	100	17,6	17,5	5,5	24,6	23,23	21,4
	300		-1,3		1,1		-0,3
	600		-1,6		0,6		-0,9
83,6	100	24,5	16,5	7,3	24,6	29,45	20,5
	300		-1,8		1,1		-1,3
	600		-2,0		0,7		-1,4

		Sécheur 5					
		Analyseur 42i BR		Analyseur 42C		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	9,4	19,8	3,2	20,0	13,8	-0,1
	300		-0,6		0,2		-0,4
	600		-0,9		-0,2		-1,1
58,3	100	21	18,5	6,8	18,5	19,3	-1,2
	300		-1,5		-0,7		-1,6
	600		-1,8		-0,8		-2,1
83,6	100	30,1	17,5	8	18,6	27,6	-2,0
	300		-2,1		-0,5		-2,3
	600		-2,5		-0,4		-2,8

		Sécheur 6			
		Analyseur 42i BR		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	9,9	0,8	6,1	18,4
	300		-0,3		-0,1
	600		-1,0		-0,4
58,3	100	20,5	-1,0	17	17,0
	300		-1,7		-1,5
	600		-2,2		-1,3
83,6	100		-1,7	24,9	17,0
	300		-2,2		-2,0
	600		-2,6		-1,8

		Sécheur 7			
		Analyseur 42C		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	3,71	14,6	12,5	-0,9
	300		-1,5		-0,2
	600		11,7		-0,7
58,3	100	6,41	5,3	22,3	-2,4
	300		-3,9		-1,8
	600		20,2		-2,1
83,6	100	8,13	11,9	28,4	-3,5
	300		2,4		-2,5
	600		9,1		-2,8

		Sécheur 8			
		Analyseur 42i BR		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	8,59	1,2	7,5	1,8
	300		-0,2		-0,2
	600		-0,9		-1,0
58,3	100	20,32	0,2	18,45	0,4
	300		-1,3		-1,4
	600		-1,9		-2,1
83,6	100	29,36	-0,4	26,94	-0,1
	300		-1,9		-2,0
	600		-2,7		-2,6

		Sécheur 9					
		Analyseur 42i BR		Analyseur 42C		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	12,3	19,8	1,73	23,2	6,7	20,1
	300		0,1		1,0		-0,7
	600		-0,1		0,7		-1,5
58,3	100	13,7	19,7	4,32	22,7	18,4	17,3
	300		0,1		1,3		-3,0
	600		0,0		1,3		-3,3
83,6	100	15,6	19,9	5,58	23,0	27,1	15,8
	300		0,5		1,7		-3,3
	600		0,3		1,6		-4,1

		Sécheur 10			
		Analyseur 42C		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	5,0	1,3	7,2	0,3
	300		0,8		-0,4
	600		0,6		-1,1
58,3	100	7,8	1,4	20,9	-0,8
	300		0,7		-1,6
	600		0,8		-2,2
83,6	100	9,3	2,0	31,2	-1,2
	300		1,2		-1,9
	600		1,1		-2,5

		Sécheur 11	
		Analyseur 42i BR	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	8,5	0,7
	300		-0,1
	600		-0,5
58,3	100	21,1	-0,4
	300		-1,2
	600		-1,5
83,6	100	31,1	-0,9
	300		-1,5
	600		-1,8

		Sécheur 12			
		Analyseur 42i BR		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	24,6	0,9	9,9	0,4
	300		0,2		-1,1
	600		-0,5		-1,7
58,3	100	25,4	0,5	22,2	-1,8
	300		-0,5		-2,7
	600		-1,2		-2,9
83,6	100	21,3	0,7	31,3	-2,6
	300		-0,6		-3,3
	600		-1,5		-3,3

		Sécheur 13			
		Analyseur 42i BR		Analyseur 42i	
Humidité générée %	Concentration en NO générée ppb	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)	Humidité en sortie de sécheur %	Ecart relatif sur la concentration en NO (%)
38,3	100	10,1	16,2	3,4	0,3
	300		-0,6		0,5
	600		-0,7		0,1
58,3	100	17,6	15,7	7,5	-0,2
	300		-1,0		0,3
	600		-1,1		0,0
83,6	100	23,1	15,3	9,4	0,0
	300		-1,4		0,3
	600		-1,5		0,2



direction et secrétariat du LCSQA

INERIS - parc technologique Alata - BP 2 - F60550 Verneuil-en-Halatte
tél. 03 44 55 64 04 - www.lcsqa.org