



N° U 6365
Novembre 2020

Test de la MDU de Medclair pour le protoxyde d'azote

Test d'efficacité et de confort d'utilisation

Réalisé à la demande de Medclair

Kåre Tjus



Auteur : Kåre Tjus
Sur demande de : Medclair
Photographies : Medclair
Rapport N° : U 6365

© IVL Institut suédois de recherche sur l'environnement 2020

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.,
P.O. Box 210 60, S-100 31 STOCKHOLM, Suède
Téléphone : 0046-10 788 65 00 // www.IVL.se

Le présent rapport a été vérifié et approuvé conformément au système de gestion révisé et approuvé de l'IVL.

Table des matières

Sommaire	4
1 Test de la MDU de Medclair	5
1.1 Présentation.....	5
1.2 Dispositif expérimental.....	5
1.3 Consommation énergétique	6
2 Mesure du protoxyde d'azote sortant après destruction dans la MDU	9
3 Mesure des nuisances sonores et de la température	10
3.1 Mesure de la température ambiante	11
3.2 Évaluation des résultats.....	11
4 Appréciation générale	12
5 Annexe 1 : Procès-verbal de la mesure de la consommation énergétique.....	13

Sommaire

Pendant trois jours, nous avons testé au sein de l'IVL (Institut Suédois de recherche sur l'environnement) les performances d'une MDU (Mobile Destruction Unit), une Unité Mobile de Destruction du protoxyde d'azote.

Le protoxyde d'azote, de formule chimique N_2O , est souvent utilisé pour soulager la douleur dans des applications médicales. Toutefois, il a également un impact important sur l'environnement en tant que gaz à effet de serre. Il est donc important de le détruire lorsque cela est possible. La société Medclair a élaboré la MDU, une unité qui utilise un procédé catalytique, pour décomposer le protoxyde d'azote en oxygène et en azote gazeux. L'IVL a mesuré l'efficacité de la destruction du N_2O , la consommation énergétique, les nuisances sonores et les variations de température ambiante, en reproduisant les conditions réelles observées lors d'un accouchement et de soins dentaires.

Le résultat démontre que la destruction du protoxyde d'azote est toujours supérieure à 99,9 %. Le niveau sonore est inférieur à 35 décibels. La consommation énergétique calculée se situe dans une fourchette comprise entre 3,1 kWh et 14,2 kWh par kilo de N_2O , selon le nombre de patients et d'accouchements en cours. Aucune augmentation notable de la température n'a été constatée dans la pièce pendant la période de test.

1 Test de la MDU de Medclair

1.1 Présentation.

L'IVL a effectué, pour le compte de Medclair, une étude portant sur le fonctionnement d'une unité de destruction du protoxyde d'azote par catalyse, la MDU, du 25 au 27 août 2020.

1.2 Dispositif expérimental

L'équipement MDU (août 2020) de chez Medclair a été utilisé dans les locaux de l'IVL pendant trois jours. Pendant cette période, l'efficacité de destruction du protoxyde d'azote a été étudiée, ainsi que les émissions de protoxyde d'azote, la consommation énergétique, les nuisances sonores, l'augmentation de la température de la pièce pendant une simulation d'alimentation en protoxyde d'azote reproduisant les conditions réelles observées lors de soins dentaires et d'un accouchement.

Les émissions de protoxyde d'azote de la MDU ont été mesurées immédiatement dans le gaz de sortie à l'aide de deux analyseurs distincts : l'IR Sick Sidor et le Geotech G200. L'efficacité de destruction du protoxyde d'azote a été calculée à partir d'une mesure des rejets et d'une mesure connue d'entrée vers l'unité. L'unité a été alimentée par un débit constant d'air ambiant de 25 à 30 l/min. Pour simuler les conditions d'utilisation observables lors de soins dentaires et d'un accouchement, nous avons introduit du protoxyde d'azote pur dans le circuit d'alimentation. L'alimentation en protoxyde d'azote était contrôlée par un « régulateur » et mesurée avec un débitmètre massique Alicat (une précision de 0,2 %). L'ajout du protoxyde d'azote a été maintenu entre 2 et 10 g/min. Le fonctionnement est décrit plus précisément dans les différents chapitres. La figure 1 décrit le dispositif expérimental.

Dispositif expérimental

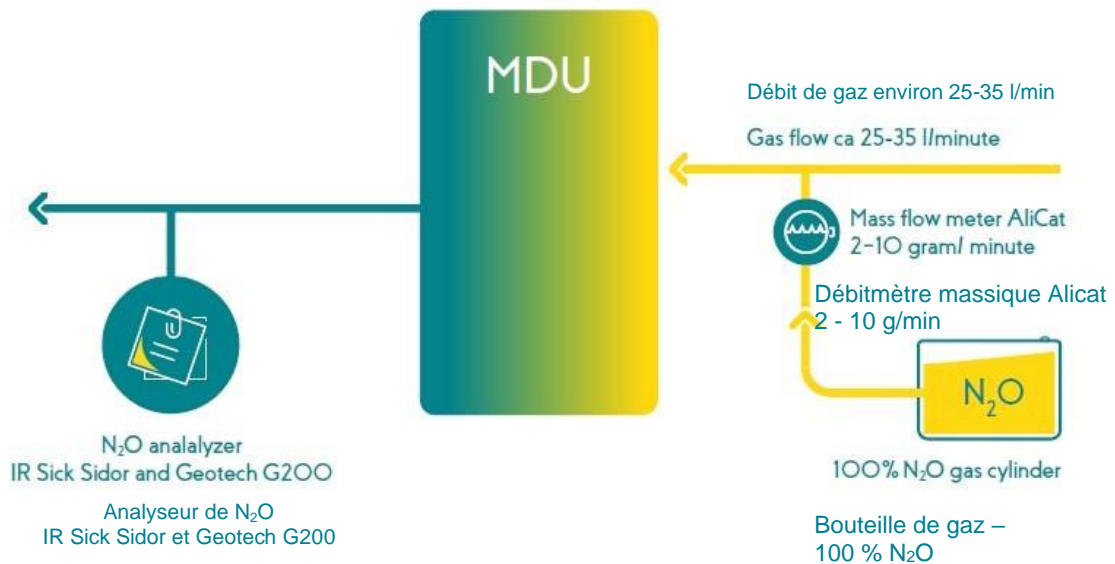


Figure 1. Dispositif expérimental et du fonctionnement de la MDU.

1.3 Consommation énergétique

Il faut de l'énergie pour chauffer le catalyseur et lui permettre d'atteindre une température comprise entre 400 et 600 °C, mais également pour maintenir cette température en mode pause et pendant le fonctionnement. La décomposition catalytique du protoxyde d'azote est une réaction exothermique qui réduit la consommation énergétique lors de l'étape de préchauffage pendant le fonctionnement jusqu'à 100 %, selon la concentration initiale. Lorsque l'équipement est en fonctionnement, l'énergie générée par la décomposition du protoxyde d'azote est réutilisée dans le système, ce qui permet de consommer moins d'énergie en marche qu'en mode pause, et plus la teneur en protoxyde d'azote est élevée, plus la consommation énergétique est faible. Lorsque le réchauffeur est complètement éteint, un peu d'énergie est encore nécessaire pour assurer la commande électronique, etc.

Pour couvrir différents types d'utilisation, certains modes de fonctionnement ont été identifiés et sont décrits brièvement ci-dessous.

Soins dentaires

Deux scénarios typiques des soins dentaires ont été identifiés et simulés, l'un avec une concentration plus faible de 5 g de N₂O/min et l'autre avec une concentration plus élevée de 8 g de N₂O/min. Lors des soins dentaires, une intervention typique dure environ 30 minutes et l'alimentation en N₂O est plutôt constante.

Accouchement

Une utilisation typique du N₂O lors de l'accouchement comprend à la fois des concentrations élevées et des périodes d'arrêt. Pour simuler cela, nous avons introduit dans l'équipement une concentration de 8,5 g de N₂O par intervalles de 3 minutes, puis cela a été suivi d'arrêts de 3 minutes, pendant une période totale de 90 minutes.

Mode pause

Entre les accouchements et les interventions dentaires, la machine doit maintenir le catalyseur en température pour être prête pour l'administration suivante. Ce mode a été calculé sur une base horaire.

Veille

Pour les périodes plus longues sans fonctionnement (nuits et les week-ends), il est bénéfique d'utiliser le mode veille du point de vue de la consommation énergétique. La consommation électrique en mode veille a été mesurée et calculée sur une base horaire.

Démarrage

Lorsque le mode veille est activé, un démarrage est nécessaire pour amener le catalyseur à la température requise pour le fonctionnement. Lors du démarrage, il faut compter environ 45 minutes avant de pouvoir utiliser la machine.

La consommation énergétique a été mesurée avec un compteur d'énergie standard qui a été placé entre la prise de la MDU et une prise murale de 220 V. Le tableau ci-dessous présente la consommation énergétique mesurée lors de différents cas et modes de fonctionnement en se basant sur les mesures d'énergie présentées à l'Annexe 1. La consommation énergétique moyenne a été calculée à partir de la consommation énergétique pendant la période typique de fonctionnement.

Dans le Tableau 1 ci-dessous, la consommation énergétique des modes de fonctionnement est calculée à partir de nos mesures, voir Annexe 1.

Tableau 1 - Consommation énergétique pour les différents modes de fonctionnement

Mode de fonctionnement	Durée typique de fonctionnement [heure]	Consommation [watt]	Consommation énergétique mesurée par durée typique de fonctionnement [watt/heure]
Soins dentaires 5 g de N₂O/min pendant 30 minutes	0,5	82	41
Soins dentaires 8 g de N₂O/min pendant 30 minutes	0,5	44	22
Accouchement 8,5 g de N₂O/min pendant 45 minutes + 45 minutes de pause	1,5	149	223
Mode pause pendant 1 heure	1	240	240
Mode veille pendant 1 heure	1	29	29
Démarrage pendant 45 minutes	0,75	436	233

2 Mesure du protoxyde d'azote sortant après destruction dans la MDU

Pour les modes de fonctionnement qui ajoutent du protoxyde d'azote, la réduction du protoxyde d'azote est toujours supérieure à 99,9 % pendant la période d'évaluation de trois jours.

Tableau 2 - Concentrations de protoxyde d'azote en sortie

		N ₂ O ajouté par minute [g]	Flux entrant dans la MDU, [l/min]	Concentration estimée [ppm]	Concentration de N ₂ O en sortie mesurée par SICK* [ppm]	Concentration de N ₂ O en sortie mesurée par Geotech G200* [ppm]
Mode pause 1	13 h 10 à 13 h 46 25 août	0	19,5	0	Pas de mesure	Pas de mesure
Soins dentaires simulés 1	14 h 14 à 14 h 46 25 août	5	19,5	141 00 0	<100	Pas de mesure
Soins dentaires simulés 2	10 h 39 à 11 h 7 26 août	8,30	24,25	188 00 0	<100	Pas de mesure
Accouchement simulé	13 h 35 à 15 h 16 26 août	8,81	28,67	169 00 0	<100	<15
Mode pause 2	9 h 30 à 10 h 39 26 août	0	Pas de mesure	0	Pas de mesure	Pas de mesure

- Attention : la limite de détection de l'analyseur SICK Sidor est de 100 ppm, l'intervalle de mesure est de 0 à 20 000 ppm et le Geotech G200 a un intervalle de mesure de 0 à 1 000 ppm et une limite de 10 ppm.

Les valeurs ci-dessus sont des moyennes sur les trois jours de durée de l'étude.

3 Mesure des nuisances sonores et de la température

La MDU a été placée dans une pièce calme d'un volume de 60 m³ (20 m² de surface au sol) et la ventilation de la pièce était d'environ 70 m³/heure. Le bruit a été mesuré avant et après le démarrage de la MDU et avec la machine en fonctionnement et entièrement préchauffée. Les mesures ont été prises à un mètre de la machine.

Tableau 3 – Mesure du bruit généré par la MDU

	Nombre de mètres de la machine	Décibels mesurés
MDU éteinte	1	29,4
MDU allumée	1	33,5
MDU allumée	1	33,4
MDU allumée	1	33,3
MDU allumée	1	33,5
MDU allumée	1	32,8
MDU allumée	1	33,3
MDU allumée	1	32,7
MDU allumée	1	32,4
MDU allumée	1	32,8
MDU allumée	0,5	32,5
MDU éteinte		29,5

3.1 Mesure de la température ambiante

Lorsque la MDU est en température, on ajoute 3,5 g de protoxyde d'azote par minute pendant un peu plus de 2 heures (le volume de la pièce est de 60 m³ et la ventilation de la pièce est de 70 m³/heure.). Le flux d'air au travers de la MDU est constant : 30 litres par minute. La température de la pièce est surveillée avant et après l'apport de protoxyde d'azote à la MDU. Aucune augmentation importante de température n'a été observée.

Tableau 4 - Température mesurée dans la pièce

Heure	Apport de N ₂ O en g/minute	Température ambiante en °C
10h30	0	20,5
10h37	0	20,6
11h29	3,5	21,2
12h12	3,5	20,9
13h47	3,5	20,7

3.2 Évaluation des résultats

Le N₂O (le protoxyde d'azote) présent dans la pièce est surveillé pendant une période plus courte avec le G200 et s'avère être inférieur au seuil de détection de 10 ppm. Le protoxyde d'azote a aussi été mesuré immédiatement à la sortie de la MDU. Son niveau était toujours inférieur à 100 ppm (sous le seuil de détection) avec le SICK et inférieur à 15 ppm avec le Geotech G200. Cela signifie que la purification est supérieure à 99,9 %.

À partir de ces expériences, le besoin en énergie par kilo de protoxyde d'azote détruit peut être calculé pour différents cas de fonctionnement. Dans les calculs, il est supposé que 65 % de tout le protoxyde d'azote est collecté par le masque utilisé par les patients lors des soins dentaires et pendant l'accouchement et que 35 % ressort dans la pièce.

1) On suppose que deux séances de soins dentaires sont effectuées chaque jour, cinq jours par semaine, et que la MDU démarre automatiquement à 7 heures et s'éteint à 16 heures et qu'elle est en mode veille la nuit et les week-ends.

2) On suppose que cinq séances de soins dentaires sont effectuées chaque jour, cinq jours par semaine, et que la MDU démarre automatiquement à 7 heures et s'éteint à 16 heures et qu'elle est en mode veille la nuit et les week-ends.

3) On suppose que la MDU est utilisée pour des accouchements avec un apport périodique de protoxyde d'azote quatre fois par jour pour une durée totale de 90 minutes (45 minutes allumé et 45 minutes en pause) à chaque fois. L'équipement est disponible 24h/24, 7 j/7.

Tableau 5 - Hypothèse de consommation énergétique dans différents cas

Cas supposés	Quantité de N ₂ O [kg/semaine]	N ₂ O collecté 65 % de l'apport [kg/semaine]	Consommation énergétique [kWh/semaine]	N ₂ O détruit [kWh/kg]
Deux soins dentaires par jour (30 minutes par traitement), cinq jours par semaine, 5 g de N ₂ O/min	1,50	0,98	13,82	14,18
Cinq soins dentaires par jour (30 minutes), cinq jours par semaine, 8 g de N ₂ O/min	6,00	3,90	12,17	3,12
Accouchements, quatre fois par jour (45 minutes de fonctionnement par session), sept jours par semaine, 8 g de N ₂ O/min	10,08	6,55	36,48	5,57

4 Appréciation générale

L'équipement est petit, maniable et facile à déplacer grâce à de bonnes roulettes. Il ne produit aucune nuisance sonore gênante et aucune augmentation de température notable pendant les expériences. La purification du protoxyde d'azote a été très élevée et stable pendant les expériences. La consommation énergétique par kilo de protoxyde d'azote se situe entre 1,5 et 7 kWh/kg, soit 5 et 24 kWh/tonne d'équivalent CO₂ séparé, (1 kg de N₂O équivaut à 298 kg de dioxyde de carbone)

La MDU a déjà été testée dans un environnement réel il y a cinq ans, et on déplorait alors des hausses de température et des nuisances sonores : il semble que ces problèmes soient désormais corrigés.

5 Annexe 1 : Procès-verbal de la mesure de la consommation énergétique

Tableau 6 : Mesure de la consommation énergétique

Heure	Période de mesure de la consommation énergétique [Minutes]	Consommation énergétique moyenne calculée [Watt]	Énergie à l'heure spécifiée [Wh]	Heure de mesure
Démarrage + Mode pause (45 + 52 minutes)	97		550	11 h 33 à 13 h 10 le 25 août
Mode pause	36	267	160	13 h 10 à 13 h 46 le 25 août
Soins dentaires simulés 5 g/min, mesure pendant 24 d'un total de 30 minutes	22	82	30	14 h 14 à 14 h 46 le 25 août
Mode veille + Démarrage + Mode pause	1 123	46	869	De 14 h 46 le 25 août à 9 h 30 le 26 août
Mode intermédiaire	69	226	260	9 h 30 à 10 h 39 le 26 août
Soins dentaires simulés, 8 g/min, mesure pendant 28 d'un total de 30 minutes	28	44	21	10 h 39 à 11 h 7 le 26 août

Accouchement simulé, 8 g/min, 15 fois avec 3 minutes d'alimentation et 15 fois avec 3 minutes de pause	101	149	250	13 h 35 à 15 h 16 le 26 août
Mode veille	1039	29	500	15 h 26 le 26 août à 8 h 45 le 27 août
Démarrage 45 minutes	32	436	233	8 h 46 à 9 h 18 le 27 août

