



Aide à l'exécution UV-1319

Mesure des émissions des installations de combustion alimentées à l'huile, au gaz ou au bois

Recommandations sur la mesure des émissions des installations de combustion

État: 03/2026, valable dès le 01.01.2026
Versions précédentes: 01/2013, 12/2018

Bases légales: [OPair](#) art. 13, 14, annexe 3

Annexe 1: Formules et tableaux
Annexe 2: Collecte d'effluents gazeux à l'aide d'un sac d'échantillonnage
Annexe 3: Profils de formation pour le contrôle des installations de combustion
Annexe 4: Mesure des particules d'huile partiellement brûlées

Thématiques spécialisées concernées

Accidents majeurs	Air •	Biodiversité	Biotechnologie	Bruit	Climat	Dangers naturels	Déchets	Droit	Eaux	EIE	Electrosmog et lumière	Forêts et bois	Paysage	Produits chimiques	Sites contaminés	Sols
-------------------	-------	--------------	----------------	-------	--------	------------------	---------	-------	------	-----	------------------------	----------------	---------	--------------------	------------------	------

Impressum

Valeur juridique

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise les exigences du droit fédéral de l'environnement (notions juridiques indéterminées, portée et exercice du pouvoir d'appréciation) et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi admissibles dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur.

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Téléchargement au format PDF

<https://www.bafu.admin.ch/aides-execution-air>

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand et en italien.

La langue originale est l'allemand.

Table des matières

Abstracts	5
1 But et champ d'application	6
1.1 But	6
1.2 Champ d'application	6
1.3 Rapport avec les recommandations sur la mesure des émissions	6
2 Instruments de mesure	7
2.1 Instruments de mesure des effluents des installations de combustion	7
2.2 Mise sur le marché et contrôle des instruments de mesure	7
2.3 Instruments de mesure des effluents pour installations de combustion alimentées au bois	7
3 Orifice de mesure	8
3.1 Emplacement de l'orifice	8
3.2 Diamètre de l'orifice	10
4 Installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz	11
4.1 Régimes d'exploitation à contrôler	11
4.2 Nombre de mesures	11
4.3 Préparation de la mesure	11
4.4 Réalisation de la mesure	11
4.4.1 Déroulement d'une mesure	11
4.4.2 Check-list pour le déroulement des opérations	12
4.5 Traitement des données brutes et appréciation des résultats	13
4.5.1 Concentration de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote	13
4.5.2 Procédure en cas de dépassement des valeurs limites (nouvelles installations, première mesure)	14
4.5.3 Procédure en cas de dépassement des valeurs limites (installations existantes)	14
4.5.4 Concentration d'oxygène	14
4.5.5 Pertes par les effluents gazeux	15
4.5.6 Indice de suie (installations de combustion alimentées à l'huile)	16
4.6 Répétition des mesures	17
5 Installations de combustion alimentées au bois	18
5.1 Régimes d'exploitation à tester	18
5.1.1 Chaudières à chargement manuel	18
5.1.2 Chaudières à chargement automatique	18
5.1.3 Chauffages de locaux individuels à chargement manuel	18
5.1.4 Chauffages de locaux individuels à chargement automatique	18
5.2 Nombre de mesures	18
5.3 Préparation de la mesure	18
5.4 Réalisation de la mesure	19
5.4.1 Déroulement d'une mesure	19
5.4.2 Check-list pour le déroulement des opérations	19
5.5 Traitement des données brutes et appréciation des résultats	20
5.5.1 Concentration de monoxyde de carbone et de particules solides	20

5.5.2	Concentration d'oxygène	22
5.6	Répétition des mesures	22
Annexe 1	Formules et tableaux.....	23
A1.1	Calcul des pertes par les effluents gazeux.....	23
A1.2	Normalisation des concentrations mesurées des émissions par rapport à la concentration d'oxygène de référence	23
A1.3	Conversion des NO _x en NO ₂	24
A1.4	Autres conversions	24
Annexe 2	Collecte d'effluents gazeux à l'aide d'un sac d'échantillonnage.....	27
Annexe 3	Profils de formation pour le contrôle des installations de combustion	28
Annexe 4	Mesure des particules d'huile partiellement brûlées	31
Table des illustrations		32
Table des tableaux		32

Abstracts

These implementation guidelines describe how emissions from furnaces and stoves are to be measured and evaluated in accordance with the requirement of the Ordinance on Air Pollution Control. They provide directives for measurements of oil and gas furnaces up to 1 MW and for wood-fired stoves up to 70 kW. The measurement recommendations are primarily addressed to cantonal and municipal implementing authorities, as well as to private and public sector testing laboratories and other specialised interest groups.

Diese Vollzugshilfe zeigt auf, wie im Sinne der Luftreinhalte-Verordnung Schadstoff-Emissionen an Feuerungen zu messen und zu beurteilen sind. Sie beschreibt die Messung der Emissionen von Öl- und Gasfeuerungen bis 1 MW und von Holzfeuerungen bis 70 kW. Die vorliegenden Messempfehlungen Feuerungen richten sich in erster Linie an kantonale und kommunale Vollzugsbehörden, private und behördliche Messfachstellen sowie an interessierte Fachleute.

La présente aide à l'exécution montre comment déterminer et apprécier les émissions polluantes conformément à l'ordonnance sur la protection de l'air. Elle décrit la manière dont s'effectue la mesure des émissions pour les installations de combustion alimentée à l'huile et au gaz dont la puissance ne dépasse pas 1 MW et pour les installations de combustion alimentées au bois dont la puissance ne dépasse pas 70 kW. Les présentes Recommandations sur la mesure des émissions des installations de combustion sont en premier lieu destinées aux autorités cantonales et communales chargées de l'exécution, aux services de mesure privés et officiels, ainsi qu'aux spécialistes intéressés.

Il presente aiuto all'esecuzione spiega come misurare e analizzare conformemente all'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico le emissioni di inquinanti degli impianti di combustione. Descrive la misurazione delle emissioni degli impianti a combustione alimentati con gasolio o gas con una potenza fino a 1 MW e degli impianti a combustione alimentati con legna con una potenza fino a 70 kW. Il testo è destinato in primo luogo alle autorità esecutive cantonali e comunali, agli uffici di misurazione privati e ufficiali e agli esperti interessati

Keywords:

air pollution control, emissions, air pollutants, measurement sequence

Stichwörter:

Luftreinhaltung, Feuerung, Emissionen, Luftschadstoff, Emissionsmessung, Messablauf

Mots-clés :

protection de l'air, combustion, émissions, pollutant atmosphérique, déroulement de la mesure

Parole chiave:

protezione dell'aria, impianto di combustione, emissioni, inquinanti atmosferici, misurazione delle emissioni, metodo di misurazione

1 But et champ d'application

1.1 But

Les présentes recommandations reposent sur l'art. 14, al. 2, de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair)¹. Elles définissent la manière de mesurer les effluents gazeux d'une installation de combustion lors des contrôles périodiques de ces installations, effectués en vertu de l'art. 13, al. 3, OPair².

1.2 Champ d'application

Les présentes recommandations s'appliquent aux installations de combustion dont la puissance ne dépasse pas 1 MW et qui sont alimentées à l'huile de chauffage et/ou au gaz³. Elles s'appliquent également aux installations de combustion dont la puissance calorifique ne dépasse pas 70 kW et qui sont alimentées au bois à l'état naturel ou non traité⁴ ou aux résidus de bois⁵.

Pour toutes les autres installations de combustion, c'est l'aide à l'exécution «[Mesure des émissions des installations stationnaires \(UV-1320\)](#)» qui s'appliquent.

1.3 Rapport avec les recommandations sur la mesure des émissions⁶

En principe, les mesures des effluents gazeux au sens des présentes recommandations peuvent aussi être effectuées selon les recommandations sur la mesure des émissions.

¹ Ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air, y c. les modifications subséquentes (RS 814.318.142.1)

² Les mesures des effluents gazeux des installations de combustion nécessitent un important bagage de connaissances techniques. Pour pouvoir procéder au contrôle des installations de combustion, il faut justifier d'une formation de contrôleur de combustion (examen professionnel SEFRI) ou d'une formation jugée équivalente (cf. annexe A3). Les cantons peuvent fixer des critères plus élevés de qualification du personnel chargé des premières mesures et des contrôles périodiques des installations dont la puissance dépasse 350 kW.

³ Les émissions des chauffe-eau à réservoir ou à circulation alimentés au gaz ne sont pas soumises à mesure. Pour ces appareils atmosphériques, il n'existe aucune exigence en termes de valeur limite pour les oxydes d'azote dans l'OPair (cf. annexe 3, ch. 62, al. 3, OPair).

⁴ Bois de chauffage au sens de l'annexe 5, ch. 31, al. 1, let. a, b ou d, ch. 1, OPair

⁵ Bois de chauffage au sens de l'annexe 5, ch. 31, al. 1, let. c ou d, ch. 2, OPair

⁶ OFEV 2018 : Mesure des émissions des installations stationnaires. Recommandations sur la mesure des émissions. Édition actualisée, décembre 2018. 1ère édition 2013. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1320 : 155 p.

2 Instruments de mesure

2.1 Instruments de mesure des effluents des installations de combustion

S'appliquent aux exigences techniques relatives aux systèmes et à la stabilité de mesure l'ordonnance sur les instruments de mesure⁷ et les dispositions d'exécution de l'ordonnance du Département fédéral de justice et police (DFJP) sur les instruments de mesure des effluents des installations de chauffage⁸.

2.2 Mise sur le marché et contrôle des instruments de mesure

Le DFJP règle les procédures de mise sur le marché des instruments de mesure des effluents pour installations de combustion ainsi que les procédures de maintien de la stabilité de leurs mesures.

2.3 Instruments de mesure des effluents pour installations de combustion alimentées au bois

En principe, les instruments homologués par l'Institut fédéral de métrologie (METAS) pour les mesures officielles des effluents des installations de combustion alimentées au bois qui sont entretenus et étalonnés peuvent être utilisés sans autre dilution des effluents gazeux (mesure directe).

Si le domaine de mesure ou la charge des instruments sont dépassés, la dilution des effluents de l'installation permet néanmoins d'obtenir des résultats (mesure indirecte). L'utilisation d'un sac d'échantillonnage des gaz, comme décrit dans l'annexe A2, est utile pour déterminer la concentration moyenne de polluants dans les effluents gazeux (hors particules solides). L'analyse du contenu du sac est relativement brève, ce qui ménage l'instrument de mesure.

En cas de mesure indirecte des effluents des installations de combustion alimentées au bois, il faut au préalable démontrer la comparabilité de la méthode avec la mesure directe au sens du point 1.

⁷ Ordonnance du 15 février 2006 sur les instruments de mesure (RS 941.210)

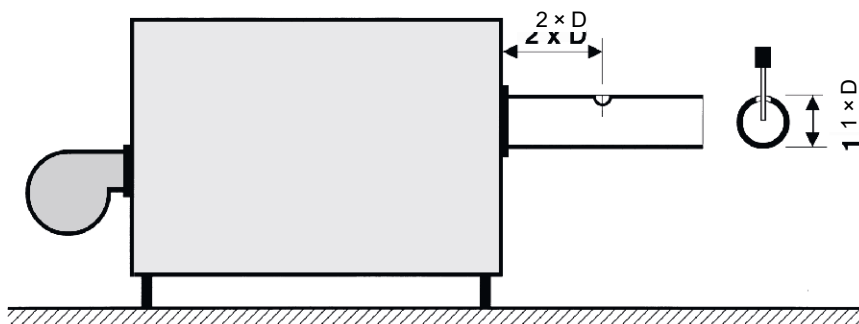
⁸ Ordonnance du DFJP du 22 avril 2011 sur les instruments de mesure des effluents par les installations de chauffage (RS 941.210.3)

3 Orifice de mesure

3.1 Emplacement de l'orifice

1. Si le fabricant du générateur de chaleur ou de l'installation d'évacuation des effluents gazeux n'a pas prévu d'orifice de mesure approprié, celui-ci devra être aménagé ultérieurement, conformément aux points 5 à 9⁹.
2. Pour les installations devant faire l'objet de mesures périodiques, il est recommandé d'utiliser un mamelon de mesure. L'accès à l'orifice doit être garanti même pour les conduits de fumée recouverts d'une isolation.
3. Les effluents gazeux doivent pouvoir être analysés séparément et sans dilution à la sortie de chaque générateur de chaleur. Il conviendra d'assurer en amont de l'orifice l'étanchéité des conduits de fumée qui fuient.
4. Dans le cas de générateurs de chaleur munis d'un amortisseur acoustique dans le conduit de fumée, l'orifice de mesure peut être percé après l'amortisseur acoustique.
5. L'orifice de mesure sera disposé à une distance correspondant à $2 \times D$ (D = diamètre intérieur du conduit de fumée, hors matériau d'isolation), mesurée depuis la sortie du générateur de chaleur (figure 1).
6. Si le conduit de fumée fait un coude ou est muni d'un amortisseur acoustique à une distance inférieure à $2 \times D$ après le générateur de chaleur, l'orifice de mesure sera disposé à $1 \times D$ après le coude ($2 \times D$ pour les installations de combustion alimentées au bois) (figures 2 et 3).
7. Pour les appareils à gaz dotés d'un coupe-tirage de sécurité, les mesures seront effectuées si possible à une distance de $2 \times D$ en aval du coupe-tirage de sécurité (figure 4).
8. Dans le cas des installations de combustion alimentées au bois, les coupe-tirage de sécurité situés dans le conduit d'évacuation ne doivent pas être fermés pour la mesure (modification du tirage de la cheminée). La mesure doit être effectuée, autant que faire se peut, en amont du coupe-tirage de sécurité.
9. Les distances indiquées seront mesurées sur le conduit de fumée, depuis l'enveloppe du générateur de chaleur¹⁰. Si le générateur de chaleur est suivi d'un récupérateur de chaleur ou d'un système d'épuration des fumées, les distances spécifiées se mesurent par rapport à ce dispositif complémentaire (attention aux entrées d'air parasite).
10. Pour les systèmes électrostatiques de captage des poussières, la mesure doit en principe être faite 1 m après le séparateur ou selon les indications du constructeur. Si cela n'est pas possible pour des raisons relevant de la technique ou de l'exploitation, la mesure sera réalisée avant le séparateur.

Figure 1: Mesure sur un conduit de fumée rectiligne suffisamment long avant un coude (installations de combustion alimentées à l'huile, au gaz ou au bois)



⁹ Les systèmes de tubes coaxiaux d'air et d'effluent (SAE) d'appareils à gaz muraux ou d'appareils raccordés à une conduite air/effluent ne doivent en aucun cas être percés ultérieurement. L'orifice de mesure doit être percé exclusivement par l'installateur.

¹⁰ Cela vaut aussi pour les conduits de fumée qui sont partiellement incorporés dans l'enveloppe.

Figure 2: Mesure sur un conduit de fumée rectiligne trop court avant un coude (installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz)

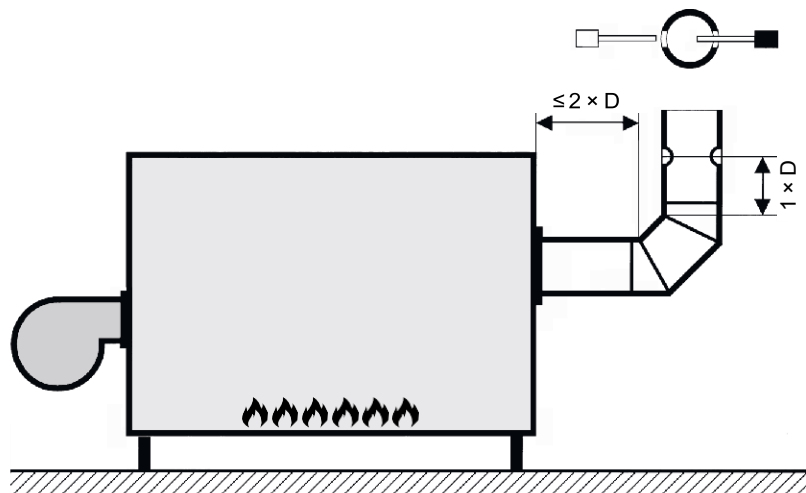


Figure 3: Mesure sur un conduit de fumée rectiligne trop court avant un coude (installations de combustion alimentées au bois)

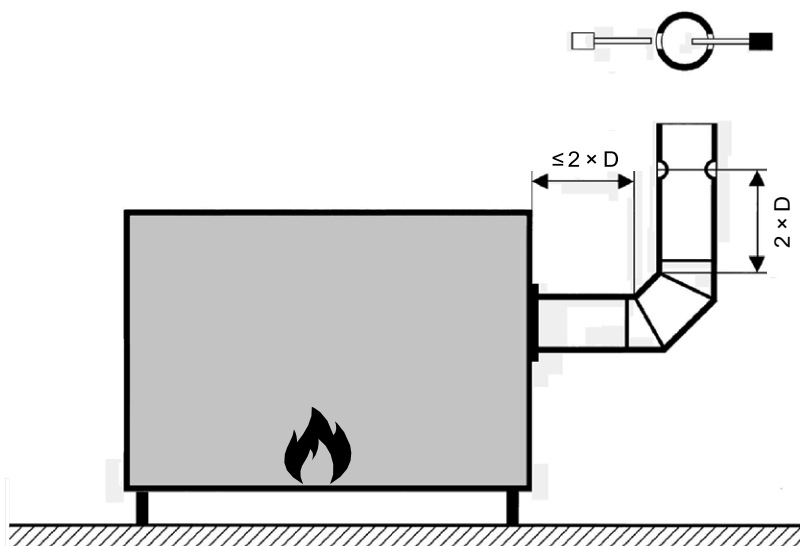
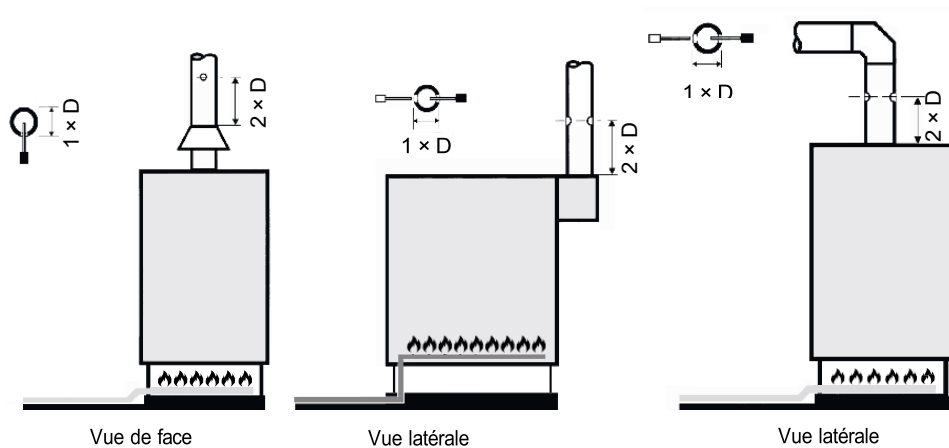


Figure 4: Emplacement de l'orifice de mesure après un générateur de chaleur atmosphérique à gaz doté d'un coupe-tirage



3.2 Diamètre de l'orifice

L'orifice nécessaire pour effectuer les mesures à l'aide d'un instrument de mesure doit avoir un diamètre de 12 à 21 mm au maximum.

Si des raisons métrologiques l'exigent, l'autorité d'exécution peut imposer des orifices plus grands (p. ex. dans le cas d'un conduit de fumée à parois épaisses).

4 Installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz

4.1 Régimes d'exploitation à contrôler

1. Les mesures sur les installations de combustion seront effectuées aux températures de l'eau de la chaudière suivantes.
 - a. La température de l'eau de la chaudière à prendre en considération pour mesurer les effluents gazeux est dictée par la «température de consigne» (point de coupure).
 - b. Pour les chaudières à température constante, la température de consigne est dictée par la température de l'eau fixée en hiver par le thermostat ou par le régulateur «du point de coupure».
 - c. Pour les chaudières où la température de l'eau est modulée automatiquement, la température de consigne est dictée par la température réglée en fonction des conditions climatiques (température extérieure).
2. Le point 1 s'applique par analogie aux installations dotées de brûleurs à plusieurs allures ou modulants. En général, pour ces installations, les mesures doivent être effectuées à la charge minimale ainsi qu'à la charge la plus élevée possible.
3. En dérogation au point 2, s'agissant des installations atmosphériques alimentées au gaz et à l'huile, des installations alimentées au gaz et à l'huile à condensation avec brûleur à air pulsé ainsi que des brûleurs à évaporation d'huile dont la puissance calorifique ne dépasse pas 70 kW, les mesures ne doivent généralement être effectuées qu'à la charge la plus élevée possible. Si cette charge ne peut pas être sélectionnée au moyen d'un commutateur (touche du ramoneur), il y a lieu d'élever en conséquence la température de réglage du thermostat de la chaudière ou du local.
4. Quant aux mesures sur les installations bi-combustibles (huile et gaz), elles doivent être effectuées lors du fonctionnement aussi bien à l'huile qu'au gaz. Lors du contrôle périodique des installations de combustion, on renoncera à effectuer une mesure avec les deux combustibles s'il peut être démontré que l'un des deux est utilisé moins de 100 heures par an.

4.2 Nombre de mesures

Pour chaque régime considéré, on procédera à au moins deux mesures individuelles.

Si les résultats de chacune des deux mesures sont incontestablement inférieurs ou supérieurs à la valeur limite d'émission, il n'y a pas lieu de procéder à une mesure individuelle supplémentaire pour le même régime. Si ce n'est pas le cas, une troisième mesure individuelle permettra d'établir si la valeur limite est respectée ou dépassée.

4.3 Préparation de la mesure

Avant toute mesure, on contrôlera les éventuels défauts de fonctionnement de l'installation.

Avant le début des mesures, les instruments doivent être calibrés selon les indications du constructeur. On vérifiera également l'étanchéité des chemins suivis par l'effluent.

4.4 Réalisation de la mesure

4.4.1 Déroulement d'une mesure

1. Une mesure individuelle comprend la détermination des paramètres suivants:
 - concentration de monoxyde de carbone
 - concentration d'oxygène
 - température de l'air comburant

- température des effluents gazeux
 - concentration d'oxydes d'azote¹¹
 - pertes par les effluents gazeux
 - indice de suie (uniquement pour les installations de combustion alimentées à l'huile)
 - particules d'huile partiellement brûlées (en cas de suspicion d'odeurs, se référer à l'annexe A4).
2. Ces paramètres seront si possible mesurés simultanément ou successivement, à de courts intervalles. Le déroulement des opérations décrit au ch. 4.4.2 doit être respecté.
 3. L'intervalle de temps déterminant pour l'appréciation des émissions des installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz est de 3 minutes. Il commence 1 minute après la formation de la flamme¹² et se termine 4 minutes après celle-ci. Durant ce laps de temps, la température de l'eau de la chaudière ne doit s'écarter de ± 10 °C de la température de consigne, fixée par le thermostat ou le régulateur (cf. ch. 4.1).¹³
 4. Si la mesure individuelle sur une installation de combustion alimentée à l'huile et au gaz ne peut pas être achevée 4 minutes après la formation de la flamme, seules seront encore mesurées les paramètres qui ne se modifient pas sensiblement au-delà de cette durée (p. ex. l'indice de suie). En cas de doute, il y a lieu de répéter la mesure individuelle et de l'effectuer dans le temps imparti selon le point 3.
 5. Le réglage de l'installation de combustion ne doit pas être modifié pendant et après les mesures. En cas de modification du réglage après la mesure, il y a lieu de la répéter.

4.4.2 Check-list pour le déroulement des opérations

- ❶ Calibrer l'instrument de mesure avant chaque mesure dans le respect des bonnes pratiques consignées par le fabricant.
- ❷ Déterminer la température de consigne au thermostat de la chaudière selon le ch. 4.1 et mémoriser/noter cette température. La mesure commencera au plus tôt lorsque la température de la chaudière sera inférieure de 10 °C à la valeur de consigne et se terminera au plus tard lorsqu'elle sera de 10 °C supérieure à cette valeur.
- ❸ Mettre le brûleur en service et mesurer la température de l'air comburant. Endroits où mesurer la température de l'air comburant:
 - juste à côté de l'orifice d'aspiration du brûleur ou du capot du brûleur (ni dans l'orifice ni sous le capot !);
 - si le conduit d'amenée d'air est séparé: dans l'orifice de mesure prévu à cet effet ($2 \times D$ à partir du bâti de l'appareil);
 - **attention:** les parties chaudes de l'appareil et les flammes ouvertes diffusent de la chaleur et peuvent fausser le résultat.
- ❹ 1 minute après la formation de la flamme¹⁴, introduire la sonde dans l'orifice de mesure et chercher le centre du courant, c'est-à-dire la température la plus élevée (ou la plus faible concentration d'O₂). À cet effet, on déplacera lentement la sonde le long de l'axe de mesure en suivant l'indication de la température.¹⁵

¹¹ Les valeurs d'oxydes d'azote (NO_x) affichées correspondent à la somme des concentrations de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO₂). Si le NO₂ n'est pas mesuré il faut ajouter de 10 mg/m³ à la concentration de NO. Les instruments de mesure font cette opération automatiquement.

¹² Dans le cas de brûleurs à plusieurs allures ou modulants, c'est le moment de réglage de l'allure qui est déterminant et non le moment de formation de la flamme.

¹³ Cette règle n'est pas applicable aux appareils de chauffage dotés de brûleurs atmosphériques à huile. Ces appareils ne peuvent être mesurés que lorsqu'ils ont atteint leur état d'équilibre.

¹⁴ Le cas échéant, après réglage de l'allure déterminante, dans le cas d'un brûleur à plusieurs allures ou modulant

¹⁵ Attention : le centre du courant peut être déplacé latéralement par rapport à la direction de l'orifice ou varier dans sa position. Cela concerne surtout les brûleurs atmosphériques dotés de grands conduits de fumée.

- 5 Fixer la sonde et étancher l'orifice de mesure.
- 6 Commencer l'opération et effectuer toutes les mesures individuelles nécessaires. Dès que les indicateurs sont stabilisés, noter les résultats des mesures (ou les imprimer).
- 7 Achever la mesure individuelle des pertes par les effluents gazeux, la mesure du CO et des NO_x au plus tard 4 minutes après la formation de la flamme (cf. ch. 4.4.1, point 4). La sonde doit rester au moins 90 secondes dans les effluents gazeux avant la fin de la mesure individuelle.
- 8 Sitôt que la première mesure individuelle est achevée, retirer la sonde et arrêter le brûleur¹⁶.

4.5 Traitement des données brutes et appréciation des résultats

4.5.1 Concentration de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote

Traitement des données brutes

1. Chaque valeur mesurée doit être ramenée à l'effluent gazeux sec à l'état normal (0 °C, 1013 hPa ou 1013 mbar) ainsi qu'à une concentration en volume d'oxygène de référence de 3 % et tronquée à l'unité. Les instruments de mesure effectuent ces opérations automatiquement.
2. Les valeurs mesurées imprimées ou affichées par l'instrument de mesure doivent être consignées dans le protocole de mesure.
3. La comparaison avec la valeur limite doit tenir compte des incertitudes de mesure (valeurs F) selon le tableau 1.

Tableau 1: Incertitudes de mesure pour le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote (installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz)

Valeur mesurée	Incertitude de mesure (F)
jusqu'à 200 mg/m ³	± 20 mg/m ³
plus de 200 mg/m ³	± 10 % de la valeur mesurée

Appréciation des résultats

4. La valeur limite est considérée comme respectée et le contrôle est donc considéré comme réussi si, après deux mesures individuelles à chaque régime et après déduction de l'incertitude F, aucun des résultats ne dépasse cette valeur limite.
5. La valeur limite est considérée comme dépassée si, après deux mesures individuelles au même régime et après déduction de l'incertitude F, les deux valeurs mesurées lui sont supérieures.
6. Si, à un régime donné et après déduction de l'incertitude F, la valeur mesurée d'une mesure individuelle dépasse la valeur limite, il est nécessaire de procéder à une troisième mesure individuelle, pour déterminer si la valeur limite est respectée ou dépassée.

Tableau 2: Tableau des cas possibles (appréciation des installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz)

Cas 1

1 ^{re} mesure: $(x_1 - F) \leq \text{VLE}$	→ après 2 mesures, la valeur limite est respectée
2 ^e mesure: $(x_2 - F) \leq \text{VLE}$	

¹⁶ Ou remettre en mode automatique dans le cas d'un brûleur à plusieurs allures ou modulant.

Cas 2

1 ^{re} mesure: $(x_1 - F) > VLE$	→ après 2 mesures individuelles, la valeur limite est dépassée
2 ^e mesure: $(x_2 - F) > VLE$	

Cas 3a

1 ^{re} mesure: $(x_1 - F) \leq VLE$	→ après 3 mesures, la valeur limite est respectée
2 ^e mesure: $(x_2 - F) > VLE$	
3 ^e mesure: $(x_3 - F) \leq VLE$	

Cas 3b

1 ^{re} mesure: $(x_1 - F) \leq VLE$	→ après 3 mesures individuelles, la valeur limite est dépassée
2 ^e mesure: $(x_2 - F) > VLE$	
3 ^e mesure: $(x_3 - F) > VLE$	

Où:

$\bar{x}_{1,2,3}$ = valeurs mesurées des mesures individuelles 1, 2 ou 3, en mg/m^3
(normalisées selon le ch. 4.5.1, point 1)

F = incertitude de mesure pour l'instrument de mesure, en mg/m^3 selon le tableau 1

VLE = valeur limite d'émission

7. Pour les instruments de mesure en continu, on déterminera la moyenne pour chaque régime qui a fait l'objet d'une mesure et on la comparera avec les valeurs limites. Pour l'appréciation du résultat, on procédera de la même manière que pour les mesures indépendantes.

4.5.2 Procédure en cas de dépassement des valeurs limites (nouvelles installations, première mesure)

Si une valeur limite d'émission est dépassée, l'installation doit être mise en état dans un bref délai.

4.5.3 Procédure en cas de dépassement des valeurs limites (installations existantes)

Si une valeur limite d'émission est dépassée et que l'installation ne peut être mise en état dans un bref délai, elle doit être assainie.

Si le contrôle périodique suivant montre que la valeur limite est respectée ou que l'installation peut être mise en état dans un bref délai, l'ordre d'assainissement est annulé.

Si durant plusieurs années la valeur limite est successivement respectée puis dépassée, l'autorité rend une décision au cas par cas.

4.5.4 Concentration d'oxygène

Traitement des données brutes

Les concentrations d'oxygène mesurées sont arrondies à un chiffre après la virgule pour les calculs ultérieurs et consignées ainsi dans le protocole de mesure.

4.5.5 Pertes par les effluents gazeux

1. Les pertes par les effluents gazeux (q_p) seront calculées à un chiffre après la virgule et consignées ainsi dans le protocole de mesure (cf. les formules de calcul à l'annexe A1).
2. Lors de la comparaison avec la valeur limite, il y a lieu de prendre en compte les incertitudes de mesure (valeurs F) selon le tableau 3.

Tableau 3: Incertitudes de mesure pour les pertes par les effluents gazeux (dans les installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz)

Concentration d'oxygène mesurée (vol.)	Incertitude de mesure (F)
jusqu'à 13,0 %	± 0,5 % pertes par effluent
13,1 – 16,0 %	± 1,0 % pertes par effluent
au-delà de 16,0 %	± 2,0 % pertes par effluent

Appréciation des résultats

3. La valeur limite est considérée comme respectée si, après deux mesures individuelles et après déduction de l'incertitude F, les deux valeurs obtenues ne dépassent pas cette valeur limite¹⁷.
4. La valeur limite est considérée comme dépassée si, après deux mesures individuelles et après déduction de l'incertitude F, les deux valeurs mesurées lui sont supérieures.
5. Si, après deux mesures individuelles et après déduction de l'incertitude F, une seule des deux valeurs obtenues dépasse la valeur limite, il est nécessaire de procéder à une troisième mesure individuelle, pour déterminer si la valeur limite est respectée ou dépassée.

Tableau 4: Exemples (installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz)

cf. aussi tableau 2

Cas 1

Valeur limite O_{Pair}: 4,0 %

Mesure	Concentration d'O ₂	q_p	Incertitude F
1	5,6 %	4,3 %	0,5 %
2	5,8 %	4,5 %	0,5 %
Traitement des données brutes		Appréciation des résultats	
1 ^{re} mesure: 4,3 % – 0,5 % = 3,8 %		→ après 2 mesures individuelles, la valeur limite de 4,0 % est respectée	
2 ^e mesure: 4,5 % – 0,5 % = 4,0 %			

¹⁷ La valeur limite est en principe considérée comme respectée seulement si les dispositions du point 1 sont remplies pour chaque régime. Cependant, pour déterminer les pertes par les effluents gazeux, il suffit en général d'effectuer les mesures au régime maximal.

Cas 2

Valeur limite OPair: 7,0 %

Mesure	Concentration d'O ₂	q _p	Incertitude F
1	5,6 %	7,3 %	0,5 %
2	5,8 %	7,5 %	0,5 %
Traitement des données brutes		Appréciation des résultats	
1 ^{re} mesure: 7,3 % – 0,5 % = 6,8 %		→ après 2 mesures individuelles, la valeur limite de 7,0 % est respectée	
2 ^e mesure: 7,5 % – 0,5 % = 7,0 %			

Cas 3

Valeur limite OPair: 6,0 %

Mesure	Concentration d'O ₂	q _p	Incertitude F
1	4,8 %	6,6 %	0,5 %
2	4,7 %	6,7 %	0,5 %
Traitement des données brutes		Appréciation des résultats	
1 ^{re} mesure: 6,6 % – 0,5 % = 6,1 %		→ après 2 mesures individuelles, la valeur limite de 6,0 % est respectée	
2 ^e mesure: 6,7 % – 0,5 % = 6,2 %			

Cas 4

Valeur limite OPair: 8,0 %

Mesure	Concentration d'O ₂	q _p	Incertitude F
1	6,6 %	8,5 %	0,5 %
2	6,8 %	8,7 %	0,5 %
3	6,3 %	8,4 %	0,5 %
Traitement des données brutes		Appréciation des résultats	
1 ^{re} mesure: 8,5 % – 0,5 % = 8,0 %		→ après 3 mesures individuelles, la valeur limite de 8,0 % est respectée	
2 ^e mesure: 8,7 % – 0,5 % = 8,2 %			
3 ^e mesure: 8,4 % – 0,5 % = 7,9 %			

4.5.6 Indice de suie (installations de combustion alimentées à l'huile)¹⁸**Traitement des données brutes**

- Après la mesure, le rond de papier filtre¹⁹ portant la tache de suie est plié de manière à placer une deuxième couche de papier blanc sous la tache. Ensuite, on évalue la tache à l'aide de l'échelle des gris de l'OFEV²⁰, dans des conditions équivalentes à la lumière du jour.
- Un papier filtre roussi ou humide ne peut pas être évalué.

Appréciation des résultats

- La valeur limite est considérée comme respectée si, après deux mesures individuelles effectuées à chaque régime, aucun indice de suie ne dépasse cette valeur limite.
- La valeur limite est considérée comme dépassée si, pour un régime, les deux indices de suie lui sont supérieurs.

¹⁸ L'indice de suie ne doit être mesuré que pour les installations de combustion alimentées à l'huile.

¹⁹ Les exigences relatives au papier filtre sont précisées à l'annexe A4 de la norme SN EN 267.

²⁰ Commande : Office fédéral des constructions et de la logistique (OFCL), 3003 Berne

5. Lorsque, pour un des régimes, un des deux indices de suie dépasse la valeur limite, il est nécessaire d'effectuer une troisième mesure individuelle, pour déterminer si la valeur limite est respectée ou dépassée à ce régime.

4.6 Répétition des mesures

1. Chaque paramètre doit faire l'objet d'au moins deux mesures individuelles.
2. Lors de la répétition de la mesure, il est impératif de reprendre le procédé à partir du point 1 du ch. 4.4.2 (tenir compte de la température de l'eau de la chaudière).
3. Les instruments de mesure doivent être calibrés avant chaque mesure dans le respect des bonnes pratiques consignées par le fabricant.

5 Installations de combustion alimentées au bois

5.1 Régimes d'exploitation à tester

5.1.1 Chaudières²¹ à chargement manuel

Les installations sont allumées à froid – en général par l'exploitant – conformément au mode d'emploi.

L'accumulateur de chaleur doit avoir une capacité suffisante pour absorber la chaleur dégagée.

Pour les installations à fonctionnement automatique, celui-ci doit être enclenché.

La mesure débute 15 minutes après le lancement à froid et dure 30 minutes selon les indications du ch. 5.2.

5.1.2 Chaudières à chargement automatique

La mesure s'exécute automatiquement dans l'installation chaude.

Pour les installations qui nécessitent le maintien d'un lit de braises, la mesure débute au plus tard 15 minutes après l'initiation de l'alimentation du combustible.

La mesure individuelle dure 30 minutes selon les indications du ch. 5.2.

5.1.3 Chauffages de locaux individuels²² à chargement manuel

Les installations sont allumées à froid – en général par l'exploitant – conformément au mode d'emploi.

La mesure débute 15 minutes²³ après le lancement à froid et dure 15 minutes (une mesure individuelle).

5.1.4 Chauffages de locaux individuels à chargement automatique

Les installations sont allumées à froid conformément au mode d'emploi.

La mesure débute 15 minutes après le lancement à froid et dure 15 minutes (une mesure individuelle).

5.2 Nombre de mesures

Pour les chaudières, il convient de procéder à une mesure individuelle de 30 minutes et de comparer la moyenne avec la valeur limite d'émission. On peut également procéder à deux mesures individuelles successives de 15 minutes chacune. L'intervalle entre les deux mesures individuelles ne doit pas dépasser 5 minutes. Dans ce cas, on calculera la valeur moyenne des moyennes des deux mesures individuelles de 15 minutes, qu'on comparera avec la valeur limite d'émission.

Pour les chauffages de locaux individuels, il convient de procéder à une mesure individuelle de 15 minutes et de comparer la moyenne avec la valeur limite d'émission.

5.3 Préparation de la mesure

Avant toute mesure, on contrôlera les éventuels défauts de fonctionnement de l'installation.

Avant le début des mesures, les appareils doivent être calibrés à l'air ambiant selon les indications du constructeur. On vérifiera également l'étanchéité des chemins suivis par l'effluent.

Si les chemins suivis par l'effluent ont fait l'objet de manipulations (p. ex., changement des filtres) entre deux mesures individuelles, alors il convient de vérifier à nouveau l'étanchéité.

²¹ Chaudières de chauffage central notamment

²² Chauffages de locaux, fourneaux, poêles à accumulation, foyers ouverts et inserts ainsi que poêles à granulés (y c. installations hydrauliquement intégrées)

²³ Lorsque la quantité de bois est inférieure à 4 kg, on peut déjà commencer après 5 minutes, afin de pouvoir procéder à la mesure pendant 15 minutes avant la phase finale de la combustion ; cf. ch. 5.4.1, point 5.

5.4 Réalisation de la mesure

5.4.1 Déroulement d'une mesure

1. Une mesure individuelle comprend la détermination des éléments suivants:
 - concentration de monoxyde de carbone
 - concentration de particules solides (pour les mesures de réception au sens de l'art. 13, al. 2, OPair, pour le contrôle périodique des installations qui sont alimentées aux résidus de bois²⁴, ainsi qu'en cas de nécessité – p. ex. en cas de recours ou de plainte)
 - concentration d'oxygène
 - concentration de dioxyde de carbone (facultatif)
 - température des effluents gazeux (facultatif).
2. Ces valeurs seront si possible mesurées simultanément ou successive- ment, à de courts intervalles. Le déroulement des opérations décrit au ch. 5.4.2 doit être respecté.
3. Pour les installations de combustion alimentées au bois, le protocole de mesure doit en outre com- porter les données suivantes:
 - catégorie de combustible prévue par l'annexe 5, ch. 31, al. 1, OPair et caractère approprié, con- formément à l'annexe 3, ch. 521, OPair (type, qualité et humidité)
 - catégorie de combustible et caractère approprié constatés
 - puissance calorifique selon la plaquette d'identité²⁵
 - description/indication du régime mesuré
 - tension de service du système électrostatique de captage des poussières (lorsqu'il y en a un) avant, pendant et après la mesure
 - présence du monteur (oui/non)
4. Le réglage de l'installation de combustion ne doit pas être modifié pendant et après les mesures. En cas de modification du réglage après la mesure, il y a lieu de la répéter.
5. Si, dans une installation de combustion à bûches, la phase finale de la combustion²⁶ débute au cours de la mesure, il y a lieu d'interrompre celle-ci et d'évaluer la mesure abrégée. Le critère de début de cette phase finale peut être une concentration en volume d'O₂ qui dépasse 18 %, une concentration de CO₂ inférieure à 2,5 % ou une baisse de la température des effluents gazeux.

5.4.2 Check-list pour le déroulement des opérations

- ❶ Calibrer l'instrument de mesure dans le respect des bonnes pratiques consignées par le fabricant.
- ❷ Définir le point de départ:
 - chaudières à chargement manuel: allumer;
 - chaudières à chargement automatique hors fonctionnement: allumer;
 - chaudières à chargement automatique à chaud: sans importance;
 - chaudières à chargement automatique avec maintien du lit de braises: allumer et attendre la fin du fonctionnement en mode «maintien du lit de braises»;
 - chauffages de locaux individuels à chargement manuel: allumer;
 - chauffages de locaux individuels à chargement automatique: allumer.

²⁴ Installations alimentées au bois de chauffage au sens de l'annexe 5, ch. 31, al. 1, let. c ou d, ch. 2 OPair

²⁵ Si seule la puissance nominale est indiquée : puissance calorifique = 1,15 × puissance nominale.

²⁶ Lors de la phase finale de la combustion intégrale, les flammes ne sont presque plus visibles.

- ③ Fixer la sonde et étancher l'orifice de mesure. La sonde est disposée au milieu de la section du conduit de fumée (ne pas chercher le centre du courant avec la température la plus élevée).
- ④ Respecter l'intervalle entre le point de départ et le début de la mesure :
 - chaudières à chargement manuel: 15 minutes;
 - chaudières à chargement automatique après allumage: dès que l'appareil est chaud;
 - chaudières à chargement automatique à chaud: à tout moment;
 - chaudières à chargement automatique avec maintien du lit de braises: maximum 15 minutes
 - chauffages de locaux individuels à chargement manuel: 15 minutes (lorsque la quantité de bois chargée est inférieure à 4 kg, on peut commencer la mesure après 5 minutes; cf. ch. 5.4.1, point 5);
 - chauffages de locaux individuels à chargement automatique: 15 minutes après la formation de la flamme.
- ⑤ Procéder aux mesures requises.
- ⑥ Sitôt que la mesure est achevée, retirer la sonde et purger l'appareil à l'air frais jusqu'à ce qu'il revienne aux valeurs initiales.

5.5 Traitement des données brutes et appréciation des résultats

5.5.1 Concentration de monoxyde de carbone et de particules solides

Traitement des données brutes

1. Chaque valeur mesurée doit être ramenée à l'effluent gazeux sec à l'état normal (0 °C, 1013 hPa ou 1013 mbar) ainsi qu'à une concentration en volume d'oxygène de référence de 13 %, et arrondie à l'unité mg/m³. Les instruments de mesure effectuent ces opérations automatiquement.
2. Les valeurs imprimées ou affichées par l'instrument de mesure doivent être consignées dans le protocole de mesure.
3. La comparaison avec la valeur limite doit tenir compte des incertitudes de mesure (valeurs F) selon le tableau 5.

Tableau 5: Incertitudes de mesure pour le monoxyde de carbone et les particules solides

Polluant	Incertitude de mesure (F)
Monoxyde de carbone	± 25 % de la valeur mesurée
Particules solides	± 40 % de la valeur mesurée

Appréciation des résultats

4. La valeur limite est considérée comme respectée et l'installation n'est donc pas contestée si, après déduction de l'incertitude F, la moyenne d'une mesure individuelle de 30 minutes ou de deux mesures individuelles de 15 minutes (chaudières) ou le résultat d'une seule mesure individuelle (chauffages de locaux individuels) ne dépasse pas cette valeur limite.
5. La valeur limite est considérée comme dépassée si, après déduction de l'incertitude F, la moyenne d'une mesure individuelle de 30 minutes ou de deux mesures individuelles de 15 minutes (chaudières) ou le résultat d'une mesure individuelle de 15 minutes (chauffages de locaux individuels) lui sont supérieurs²⁷.

²⁷ Le principe « faire la moyenne puis normaliser » s'applique à l'interprétation des résultats. En d'autres termes, le calcul se fait de la manière suivante : on calcule d'abord la moyenne des concentrations mesurées de CO et d'O₂ avant de normaliser les concentrations en volume d'oxygène de référence de 13 %. L'ordre inverse (normaliser les concentrations mesurées avant

6. S'il existe un système électrostatique de captage des poussières et que, pour des raisons relevant de la technique ou de l'exploitation, la mesure doit être réalisée avant le séparateur, le taux de séparation doit être pris en compte pour l'appréciation du respect de la valeur limite (cf. tableau 6).

Tableau 6: Tableau des cas possibles (installations de combustion alimentées au bois)

Avec une mesure individuelle:

Cas 1

$\bar{x} \times (1 - F) \leq \text{VLE}$	→ après une mesure individuelle, la valeur limite est respectée
------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

Cas 2

$\bar{x} \times (1 - F) > \text{VLE}$	→ après une mesure individuelle, la valeur limite est dépassée
---------------------------------------	----------------------------------------------------------------

Avec deux mesures individuelles:

Cas 1

$(\bar{x}_1 + \bar{x}_2) / 2 \times (1 - F) \leq \text{VLE}$	→ après 2 mesures individuelles, la valeur limite est respectée
--------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

Cas 2

$(\bar{x}_1 + \bar{x}_2) / 2 \times (1 - F) > \text{VLE}$	→ après 2 mesures individuelles, la valeur limite est dépassée
-----------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

Avec deux mesures individuelles avant système de captage des poussières:

Cas 1

$(\bar{x}_1 + \bar{x}_2) / 2 \times (1 - \eta) \times (1 - F) \leq \text{VLE}$	→ après 2 mesures individuelles, la valeur limite est respectée
--------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

Cas 2

$(\bar{x}_1 + \bar{x}_2) / 2 \times (1 - \eta) \times (1 - F) > \text{VLE}$	→ après 2 mesures individuelles, la valeur limite est dépassée
-----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

Où:

\bar{x} = moyenne d'une mesure individuelle, en mg/m³ (normalisée selon ch. 5.5.1, point 1)

$\bar{x}_{1,2}$ = moyenne des mesures individuelles 1 et 2, en mg/m³ (normalisées selon ch. 5.5.1, point 1)

Moyenne = moyenne arithmétique de \bar{x}_1 et de \bar{x}_2

η = taux de séparation du séparateur de poussières, en % (exprimé sous forme décimale: 10 % = 0,1)

F = incertitude de mesure, en % (exprimé sous forme décimale) (cf. ch. 5.5.1)

VLE = valeur limite d'émission²⁸

d'en calculer la moyenne) serait correct d'un point de vue mathématique, mais pourrait entraîner d'importantes erreurs sur le plan métrologique (car le capteur d'O₂ réagit beaucoup plus rapidement que le capteur de CO).

²⁸ Les valeurs limites d'émission sont définies selon l'OPair sur la base de la puissance calorifique. La puissance calorifique déterminante résulte de la puissance nominale et d'une perte supplémentaire de 15 % (puissance calorifique = 1,15 × puissance nominale), ce qui correspond à une chaudière d'un rendement de 87 % (puissance calorifique = puissance nominale / 0,87)

5.5.2 Concentration d'oxygène

Les concentrations d'oxygène mesurées sont arrondies à un chiffre après la virgule pour les calculs ultérieurs et consignés ainsi dans le protocole de mesure.

5.6 Répétition des mesures

1. Chaque paramètre doit être mesuré durant au moins 30 minutes (ou durant deux fois 15 minutes dans le cadre de deux mesures individuelles se suivant ou, pour les chauffages de locaux individuels, durant 15 minutes, cf. ch. 5.2).
2. Lors de la répétition de la mesure, il est impératif de reprendre le procédé à partir du point 1 du ch. 5.4.2.
3. Les instruments de mesure doivent être calibrés avant chaque mesure selon les indications du constructeur.

Annexe 1 Formules et tableaux

A1.1 Calcul des pertes par les effluents gazeux

Le calcul des pertes par les effluents gazeux doit se faire selon la formule suivante:

$$q_P = (t_g - t_{ac}) \times \left[\frac{A}{21 - O_2} + B \right]$$

Où:

- q_P = pertes par les effluents gazeux, en %
- t_g = température des effluents gazeux, en °C
- t_{ac} = température de l'air comburant à l'aspiration du brûleur, en °C
- O_2 = concentration en volume d'oxygène de l'effluent gazeux sec, en %
- 21 = concentration maximale en volume d'oxygène dans l'air, en %
- $A + B$ = paramètres tirés du tableau 7

Tableau 7: Valeurs des paramètres A et B (pertes par les effluents gazeux)

	Huile EL	Gaz naturel	Gaz liquide et mélange air-gaz	Bois
A	0,68	0,66	0,63	0,74
B	0,007	0,009	0,008	0,008

A1.2 Normalisation des concentrations mesurées des émissions par rapport à la concentration d'oxygène de référence

Le calcul destiné à rapporter les émissions mesurées à la concentration en volume d'oxygène de référence sera effectué selon la formule suivante:

$$E_r = E_M \times \frac{21 - O_{2\text{réf}}}{21 - O_{2\text{mes}}}$$

Où:

- E_r = concentration des émissions, en mg/m³, rapportée à une concentration en volume d'oxygène de référence de 3 % (installations de combustion alimentées au bois: 13 %)
- E_M = concentration des émissions mesurée, en mg/m³
- $O_{2\text{mes}}$ = concentration en volume d'oxygène mesurée, en %
- $O_{2\text{réf}}$ = concentration en volume d'oxygène de référence selon l'OPair, en %:
3 % (huile, gaz) / 13 % (bois)
- 21 = concentration en volume d'oxygène dans l'air, en %

A1.3 Conversion des NO_x en NO₂

La conversion des ppm de NO_x en mg/m³ de NO₂ se calcule selon la formule suivante:

$$C_{NO_2} \left[\frac{mg}{m^3} \right] = 2,054 \times C_{NO_x} [ppm]$$

Où:

C_{NO_2} = concentration de NO_x, en mg/m³, exprimée en NO₂ et rapportée à l'effluent sec aux conditions normales (0 °C, 1013 mbar)

C_{NO_x} = concentration de NO_x, en ppm, rapportée à l'effluent sec

2,054 = facteur de conversion

A1.4 Autres conversions

Tableau 8: Facteurs de conversion pour l'huile «extra-légère»

Conversion de	en		ppm	mg/m ³	mg/MJ*	mg/kWh*	mg/kg*
CO	1 ppm	→	1	1,250	0,364	1,310	15,503
CO	1 mg/m ³	→	0,800	1	0,291	1,048	12,402
CO*	1 mg/MJ	→	2,748	3,435	1	3,600	42,600
CO*	1 mg/kWh	→	0,763	0,954	0,278	1	11,833
CO*	1 mg/kg	→	0,065	0,081	0,023	0,085	1
NO ₂	1 ppm	→	1	2,054	0,598	2,152	25,469
NO ₂	1 mg/m ³	→	0,487	1	0,291	1,048	12,402
NO ₂ *	1 mg/MJ	→	1,673	3,435	1	3,600	42,600
NO ₂ *	1 mg/kWh	→	0,465	0,954	0,278	1	11,833
NO ₂ *	1 mg/kg	→	0,039	0,081	0,023	0,085	1

) Remarque: ces facteurs de conversion () valent seulement pour les effluents gazeux ayant une concentration en volume d'oxygène de référence de 3 %.

Exemples pour le monoxyde de carbone (CO):

- 1 ppm CO (concentration de polluant dans l'effluent gazeux, en ppm) correspond à 1,250 mg/m³ (concentration de polluant dans l'effluent gazeux, en mg/m³)
- 1 ppm CO correspond à 1,310 mg/kWh CO (mg par quantité d'huile «extra-légère» brûlée exprimée en kWh)
- 1 ppm CO correspond à 15,503 mg/kg CO (mg par kg d'huile de chauffage brûlée)

Tableau 9: Facteurs de conversion pour le gaz naturel

Conversion de	en	ppm	mg/m ³	mg/MJ*	mg/kWh*	mg/kg*	
CO	1 ppm	→	1	1,250	0,352	1,267	12,778
CO	1 mg/m ³	→	0,800	1	0,282	1,014	10,222
CO*	1 mg/MJ	→	2,841	3,551	1	3,600	36,300
CO*	1 mg/kWh	→	0,789	0,986	0,278	1	10,083
CO*	1 mg/m ³ _{Gas}	→	0,078	0,098	0,028	0,099	1
NO ₂	1 ppm	→	1	2,054	0,578	2,082	20,992
NO ₂	1 mg/m ³	→	0,487	1	0,282	1,014	10,222
NO ₂ *	1 mg/MJ	→	1,729	3,551	1	3,600	36,300
NO ₂ *	1 mg/kWh	→	0,480	0,986	0,278	1	10,083
NO ₂ *	1 mg/m ³ _{Gas}	→	0,048	0,098	0,028	0,099	1

*) Remarque: ces facteurs de conversion valent seulement pour les effluents gazeux ayant une concentration en volume d'oxygène de référence de 3 %.

Tableau 10: Facteurs de conversion pour les installations de combustion alimentées au bois

Conversion de	en	ppm	mg/m ³	mg/MJ*	mg/kWh*	mg/kg*	
CO	1 ppm	→	1	1,25	0,84	3,03	14,3
CO	1 mg/m ³	→	0,80	1	0,67	2,40	11,4
CO*	1 mg/MJ	→	1,19	1,49	1	3,60	16,7
CO*	1 mg/kWh	→	0,33	0,41	0,28	1	4,7
CO*	1 mg/kg	→	0,07	0,09	0,06	0,21	1
Staub	1 mg/m ³	→	–	1	0,67	2,40	11,4
Staub*	1 mg/MJ	→	–	1,49	1	3,60	16,7
Staub*	1 mg/kWh	→	–	0,41	0,28	1	4,7
Staub*	1 mg/kg	→	–	0,09	0,06	0,21	1

*) Remarque: ces facteurs de conversion valent seulement pour les effluents gazeux ayant une concentration en volume d'oxygène de référence de 13 %.

Les tables de conversion ci-dessus se basent sur la formule de conversion suivante:

$$Conc. \left[\frac{mg}{m^3} \right] = Conc. [ppm] \times \frac{Masse\ molaire \left[\frac{g}{mol} \right]}{Masse\ molaire \left[\frac{l}{mol} \right]}$$

Où:

- Conc. Concentration dans l'effluent gazeux, soit en mg/m³, soit en ppm
- Masse molaire du CO 28 g/mol
- Masse molaire du NO₂ 46 g/mol
- Volume molaire 22,4 l/mol

Autres données:

- Pouvoir calorifique inférieur (PCI) pour l'huile «extra-légère» 42,60 MJ/kg = 11,83 kWh/kg
- Pouvoir calorifique inférieur (PCI) pour le gaz naturel 36,30 MJ/m³ = 10,08 kWh/m³
- Pouvoir calorifique inférieur (PCI) pour le bois env. 15 MJ/kg = 4,2 kWh/kg
- Volume spécifique de l'effluent pour l'huile «extra-légère» 12,40 m³/kg
(Concentration en volume d'O₂ de référence = 3 %)
- Volume spécifique de l'effluent pour le gaz naturel 10,22 m³/m³
(Concentration en volume d'O₂ de référence = 3 %)
- Volume spécifique de l'effluent pour le bois env. 10 m³/kg
(Concentration en volume d'O₂ de référence = 3 %)

Tous les calculs de conversion sont valables pour un effluent sec, aux conditions normales (0 °C, 1013 hPa).

Annexe 2 Collecte d'effluents gazeux à l'aide d'un sac d'échantillonnage

Cette méthode permet de prélever des échantillons d'effluents gazeux (composants sous forme de gaz, hors particules solides). Après le prélèvement, l'analyse est effectuée sur le gaz récolté au moyen d'un instrument de mesure au sens du ch. 2.3, point 1. Le résultat obtenu correspond à la moyenne sur la durée du prélèvement.

Le dispositif de remplissage du sac collecteur de gaz (ci-après dispositif) doit comprendre une sonde de prélèvement permettant de collecter le gaz sans le diluer et de filtrer efficacement les particules solides. Le sac est rempli à l'aide d'un débitmètre. Il doit se fermer hermétiquement. Il faut le purger avant le prélèvement. À cette fin, le sac est rempli d'air ambiant via le dispositif, puis vidé complètement. Ce processus de purge doit être répété deux fois. Avant le prélèvement, il faut aussi contrôler l'étanchéité du dispositif. Pour ce faire, fermer la sonde de prélèvement et actionner la pompe à pleine puissance. Le dispositif est étanche si le débitmètre ne mesure aucun débit. Immédiatement avant le début du prélèvement, le volume mort du dispositif est purgé durant deux minutes avec le gaz à échantillonner. Le sac est alors raccordé au dispositif, la pompe de prélèvement restant enclenchée.

Le débit doit être constant durant tout le prélèvement. Dans le cas contraire, l'échantillon obtenu risque de ne pas être représentatif en raison des fluctuations des concentrations d'oxygène et de monoxyde de carbone dans les effluents gazeux. Il faut choisir un débit permettant de collecter un échantillon d'un volume suffisant pour la mesure qui suivra. Le débit ne doit pas être inférieur à 1 litre par minute à la sonde de prélèvement. La durée du prélèvement est régie par le ch. 5.1. À l'issue du prélèvement, équilibrer le gaz durant au moins 5 minutes dans le sac collecteur avant d'effectuer la mesure au moyen de l'instrument de mesure. Apprécier les résultats conformément au ch. 5.5.1.

Annexe 3 Profils de formation pour le contrôle des installations de combustion

La formation pour le contrôle des installations de combustion au sens de l'art. 13 OPair est modulaire. La priorité est donnée à l'acquisition de **compétences opérationnelles**. L'enseignement est modulaire : chaque module constitue une unité autonome, cohérente sur le plan technique et sanctionnée par l'obtention d'un certificat de compétence. L'achèvement d'un ensemble de modules mène à une compétence professionnelle ou habilité à passer un examen final. La réussite de l'examen professionnel permet d'obtenir le titre de «contrôleuse / contrôleur de combustion avec brevet fédéral»²⁹. À partir du 1^{er} janvier 2026, il sera possible d'obtenir ce brevet dans deux orientations³⁰:

Orientation «huile et gaz»

- BP1 Bases de la technique de mesure des émissions dans le domaine de l'hygiène de l'air
- BP2 Évaluation et conseil
- BP3 Hygiène de l'air et droit de l'environnement
- OG1 Autorisation de mesure des installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz

Orientation «bois»

- BP1 Bases de la technique de mesure des émissions dans le domaine de l'hygiène de l'air
- BP2 Évaluation et conseil
- BP3 Hygiène de l'air et droit de l'environnement
- H1 Autorisation de mesure des installations de combustion alimentées au bois
- H2 Contrôle visuel des cendres et des combustibles

Compétences techniques des contrôleuses / contrôleurs

En vertu de l'art. 43 de la loi sur la protection de l'environnement les autorités exécutives peuvent confier à des particuliers l'accomplissement de diverses tâches d'exécution. Les cantons font depuis longtemps usage de cette possibilité pour le contrôle des installations de combustion au sens de l'art. 13 OPair. Comme leurs pratiques d'exécution et leurs modes de délégation différents, les personnes chargées des contrôles peuvent disposer des compétences techniques et des profils de formation présentés ci-après.

Contrôles des installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz (jusqu'à 1 MW)

Domaine de compétences opérationnelles: Effectuer des mesures des émissions et des paramètres énergétiques sur des installations de combustion simples alimentées à l'huile et au gaz de même que sur des installations de combustion plus complexes, conformément aux recommandations de l'OFEV sur le contrôle des installations de combustion. Traiter les données de mesure brutes et apprécier les résultats. Sensibiliser les exploitants des installations de combustion à la pollution de l'air et à ses effets. Si le respect des valeurs limites est contesté, procéder à des entretiens commercialement neutres sur les possibilités d'assainissement. En cas de plaintes du voisinage liées à la qualité de l'air, établir les faits objectifs.

Profil de formation: Suivre les modules BP1 / BP2 / BP3 / OG1 (certificat) et réussir l'examen professionnel (contrôleuse / contrôleur de combustion avec brevet fédéral orientation huile et gaz).

²⁹ Les exigences formelles relatives au brevet fédéral sont définies dans le « Règlement concernant l'examen professionnel de contrôleuse de combustion / contrôleur de combustion orientation bois et orientation huile et gaz » ainsi que dans les directives correspondantes.

³⁰ Les brevets fédéraux et les autorisations de mesure obtenus selon les anciens règlements d'examen (PO 2012) restent valables. Les dispositions transitoires figurent dans le « Règlement concernant l'examen professionnel de contrôleuse de combustion / contrôleur de combustion orientation bois et orientation huile et gaz » ainsi que dans les directives correspondantes.

Mesures des émissions des installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz avec transmission des résultats à l'autorité d'exécution compétente (jusqu'à 1 MW) (Autorisation de mesure huile et gaz)

Domaine de compétences opérationnelles: Effectuer des mesures des émissions et des paramètres énergétiques sur des installations de combustion simples alimentées à l'huile et au gaz de même que sur des installations de combustion plus complexes, conformément aux recommandations de l'OFEV sur le contrôle des installations de combustion. Transmettre les résultats à l'autorité d'exécution compétente.

Profil de formation: Suivre les modules BP1 / OG1 (certificat)

Contrôles des installations de combustion alimentées au bois (jusqu'à 70 kW)

Domaine de compétences opérationnelles: Effectuer des mesures des émissions sur des installations de combustion alimentées au bois conformément aux recommandations de l'OFEV sur le contrôle des installations de combustion. Traiter les données de mesure brutes et apprécier les résultats. Expliquer aux propriétaires le fonctionnement correct de leurs installations de combustion et les sensibiliser à la pollution de l'air et à ses effets. Si le respect des valeurs limites est contesté, procéder à des entretiens commercialement neutres sur les possibilités d'assainissement. En cas de plaintes du voisinage liées à la qualité de l'air, établir les faits objectifs.

Profil de formation: Suivre les modules BP1 / BP2 / BP3 / HG1 / HG2 (certificat) et réussir l'examen professionnel (contrôleuse / contrôleur de combustion avec brevet fédéral orientation bois).

Mesures des émissions des installations de combustion alimentées au bois (jusqu'à 70 kW) avec transmission des résultats à l'autorité d'exécution compétente (Autorisation de mesure bois)

Domaine de compétences opérationnelles: Effectuer des mesures des émissions sur des installations de combustion alimentées au bois conformément aux recommandations de l'OFEV sur le contrôle des installations de combustion et transmettre les résultats à l'autorité d'exécution compétente.

Profil de formation: Suivre les modules BP1 / H1 (certificat)

Contrôle visuel des cendres et des combustibles

Domaine de compétences opérationnelles: Effectuer des contrôles visuels pour lutter contre l'incinération illégale des déchets dans les installations de combustion alimentées au bois avec conseil spécialisé aux exploitants.

Profil de formation: Suivre le module H2 (certificat)

Équivalences:

La commission chargée de l'assurance qualité de l'examen professionnel fédéral de contrôleuse / contrôleur de combustion (QSK-FK) statue sur l'attribution d'équivalences pour des certificats obtenus à l'étranger.

Profils de formation en Suisse romande:

En Suisse romande, les contrôleurs sont formés par l'ARPEA (Association romande pour la protection des eaux et de l'air). Les contrôleurs des installations à huile et à gaz doivent être en possession du «Certificat ARPEA de contrôleur de combustion pour les chauffages au gaz et à l'huile», qui couvre les modules BP1 et OG1. Les contrôleuses / contrôleurs des installations au bois doivent être en possession du «Certificat ARPEA de contrôleur de combustion pour les chauffages au bois», qui couvre les modules BP1 et H1.

Reconnaissance des diplômes obtenus selon les règlements d'examen antérieurs à 2026

Les diplômes professionnels conformes aux REG antérieurs à 2026 correspondent au diplôme orientation huile et gaz. Si les personnes titulaires d'un brevet fédéral antérieur à 2026 ont suivi les modules AT3, MT3, AB3 pour les chauffages au bois au cours des années précédentes, le contenu de ces modules correspond au brevet fédéral orientation bois (BF OR bois). Pour être habilité à porter le titre de «Contrôleuse/contrôleur de combustion avec brevet fédéral orientation bois», une demande correspondante peut être déposée auprès de la Commission AQ au plus tôt après la réalisation du premier examen final en automne 2026 (ch. 9.22 REG).

Reconnaissance des autorisations de mesures antérieurs au 1.1.2026

Les personnes ayant obtenu l'autorisation de mesure pour les chauffages à l'huile et au gaz avant le 1.1.2026 peuvent faire valoir les modules BP1 et OG1. Jusqu'au 31.12.2025, l'autorisation de mesure pour les chauffages à l'huile et au gaz comprenait l'achèvement avec succès des modules AT1, MT1 et MT2.

Les personnes qui ont obtenu l'autorisation de mesure pour les chauffages au bois avant le 1.1.2026 peuvent faire valoir les modules BP1 et H1. Jusqu'au 31.12.2025, l'autorisation de mesure bois comprenait l'achèvement avec succès des modules AT3, MT1 et MT3.

Remarque finale

Les personnes ne correspondant pas aux profils de formation requis ne sont en principe pas habilitées à effectuer des mesures.

Les personnes qui ont réussi la formation de base (certificat du module de base BP1) et se préparent à suivre le module spécialisé OG1 ou H1 ou à passer l'examen professionnel correspondant (p. ex. contrôleuse / contrôleur de combustion avec brevet fédéral) peuvent procéder à des mesures pendant deux ans au plus (autorisation provisoire). Si elles ne réussissent pas leur formation complémentaire dans ce délai, l'autorisation provisoire est caduque.

Annexe 4 Mesure des particules d'huile partiellement brûlées

1. Au besoin, les autorités peuvent exiger la détermination des particules d'huile partiellement brûlées.
2. Les effluents gazeux sont généralement réputés exempts de particules d'huile incomplètement brûlées lorsque, dans le cadre des contrôles périodiques des installations de combustion, les valeurs limites appliquées au monoxyde de carbone sont respectées. En cas de suspicion d'odeurs, on effectuera un test complémentaire au moyen de solvants (test d'éluion).
3. Pour déterminer les particules d'huile partiellement brûlées retenues sur le filtre chargé de suie, on effectuera un test d'éluion avec de l'éthanol (alcool éthylique), substance qui permet de déceler les particules d'huile retenues sur le filtre.
4. Ce procédé convient pour tous les filtres, quelle que soit leur taille. Matériel nécessaire pour l'exécution du test:
 - 1 flacon d'éthanol (alcool éthylique); en vente dans le commerce comme alcool industriel ou alcool à brûler concentration massique requise: 96 %
 - 1 paire de ciseaux
 - 1 petit miroir ou plaque de verre, etc.
 - 1 pipette
5. La détection des particules d'huile partiellement brûlées doit se faire sitôt après la détermination de l'indice de suie.
6. Le test d'éluion doit être accompli pour chaque charge considérée et sur les deux taches de suie.
7. Les papiers filtres ne doivent être ni roussis ni humides.
8. Déroulement des opérations:
 - À l'aide des ciseaux, découper une bande dans le papier filtre comme indiqué à la figure 5 et la plier vers l'arrière à angle droit, sans toucher la tache de suie.
 - Verser 1 à 2 gouttes d'éthanol sur le miroir posé à plat.
 - Tremper le bas de la bande pliée dans l'éthanol et laisser l'éluant monter le long du papier jusqu'à ce qu'il dépasse la tache de suie.
 - Dès que l'éthanol a dépassé la tache de suie, retirer le papier et le laisser sécher.
9. Une éventuelle nette coloration jaune à jaune-brun sur le bord de la tache de suie après évaporation de l'éluant indique la présence de particules d'huile partiellement brûlées dans les effluents.

Figure 5: Découpage des bandes dans le papier filtre

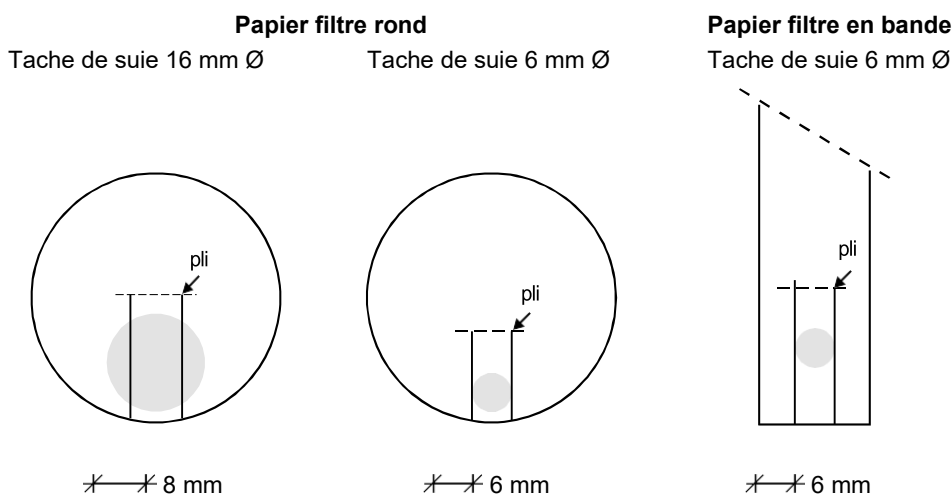


Table des illustrations

Figure 1: Mesure sur un conduit de fumée rectiligne suffisamment long avant un coude (installations de combustion alimentées à l'huile, au gaz ou au bois)	8
Figure 2: Mesure sur un conduit de fumée rectiligne trop court avant un coude (installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz)	9
Figure 3: Mesure sur un conduit de fumée rectiligne trop court avant un coude (installations de combustion alimentées au bois)	9
Figure 4: Emplacement de l'orifice de mesure après un générateur de chaleur atmosphérique à gaz doté d'un coupe-tirage	9
Figure 5: Découpage des bandes dans le papier filtre.....	31

Table des tableaux

Tableau 1: Incertitudes de mesure pour le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote (installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz)	13
Tableau 2: Tableau des cas possibles (appréciation des installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz)	13
Tableau 3: Incertitudes de mesure pour les pertes par les effluents gazeux (dans les installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz)	15
Tableau 4: Exemples (installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz)	15
Tableau 5: Incertitudes de mesure pour le monoxyde de carbone et les particules solides	20
Tableau 6: Tableau des cas possibles (installations de combustion alimentées au bois)	21
Tableau 7: Valeurs des paramètres A et B (pertes par les effluents gazeux)	23
Tableau 8: Facteurs de conversion pour l'huile «extra-légère»	24
Tableau 9: Facteurs de conversion pour le gaz naturel	25
Tableau 10: Facteurs de conversion pour les installations de combustion alimentées au bois	25