



**Cercl'
Air**

Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute
Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air
Società svizzera dei responsabili della protezione dell'aria
Swiss society of air protection officers

Recommandation Cercl'Air n° 31r Fiches d'exécution « Surveillance des émissions »

Version avril 2024

Installations pour la carbonisation et la gazéification de bois et autre biomasse solide

Aide à l'exécution de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) pour les installations stationnaires

Installations pour la carbonisation et la gazéification du bois et d'autres biomasses solides

1 ORIENTATION

1.1 INTERPRÉTATION COMMUNE DES SERVICES SPÉCIALISÉS

Cette fiche d'exécution traite des installations de production de charbon végétal, d'énergie (électricité à partir de gaz de bois) et de chaleur utile. Ces installations ne sont pas explicitement définies dans l'OPair et doivent être évaluées au cas par cas. Les aspects techniques de telles installations sont décrits dans deux rapports.¹

La pyrolyse, la gazéification et la carbonisation sont des procédés thermochimiques de transformation d'un combustible solide. Selon le procédé, la production de charbon ou la gazéification est au premier plan du processus. Il existe en outre des processus de pyrolyse qui ont pour objectif la production d'hydrogène ou de gaz liquide. La distinction entre les procédés est floue et tous les procédés produisent, outre le produit principal, des produits secondaires. Comme la distinction entre les réacteurs de carbonisation, de pyrolyse et de gazéification est floue, on utilise également le terme général de réacteur de conversion.

Les principes suivants peuvent être retenus :

- a) Une qualité de combustible optimale et homogène est essentielle pour toutes les applications.
- b) Les premières expériences des autorités d'exécution montrent que l'exploitation correcte de telles installations stationnaires du point de vue de la protection de l'air est très coûteuse et exige un suivi important de la part de l'exploitant. Cela vaut aussi bien pour les installations de production de charbon végétal que pour les installations de gazéification ayant pour objectif la production de chaleur ou d'électricité.
- c) Les gaz de pyrolyse doivent être entièrement brûlés. Selon l'état technique de l'installation, ce n'est pas ou pas suffisamment le cas. Cela peut entraîner, outre les émissions de matières solides et d'oxydes d'azote, des émissions de COV, HAP, PCDD/F, HCl, etc. Celles-ci sont parfois nocives pour la santé, ont un impact sur le climat ou peuvent entraîner des immissions d'odeurs excessives.
- d) Les systèmes mobiles de production de charbon végétal, et en particulier les installations dont la pyrolyse n'est pas étanche à l'air, dont l'air vicié n'est ni capté ni évacué, dont l'épuration des gaz d'échappement (combustion des gaz de pyrolyse) est inexistante ou insuffisante et dont les phases de fonctionnement ne sont pas automatiquement régulées, ne sont pas considérés comme conformes à l'état de la technique en ce qui concerne les exigences en matière d'hygiène de l'air. L'exploitation de tels systèmes est critique du point de vue de l'hygiène de l'air et - dans le cas de « systèmes low-tech » - ne peut pas faire l'objet d'une autorisation (voir également l'annexe A1).

1.2 CHAMP D'APPLICATION

La présente fiche d'exécution s'applique aux installations de carbonisation et de gazéification du bois et d'autres biomasses solides (à l'exception des déchets biogènes qui doivent être valorisés dans des installations d'incinération des déchets au sens de l'annexe 2 OPair). La fiche d'exécution traite en premier lieu des installations de production de charbon végétal ainsi que de gaz de bois dont la combustion sert à produire de l'électricité ou de la chaleur utile.²

¹ Rapports de Verenum AG « Installations de gazéification et de carbonisation du bois et d'autres biomasses solides - Partie 1 - [Bases et recommandations pour l'application de l'ordonnance sur la protection de l'air](#) » (14 mars 2022) et Partie 2 – « [Étude pratique sur l'exploitation et l'application de l'ordonnance sur la protection de l'air](#) » (12 avril 2022)

² En revanche, les applications suivantes, entre autres, ne sont pas traitées :

- Installations qui produisent exclusivement de la chaleur, même si une gazéification est utilisée pour la transformation des matières solides, comme dans une « chaudière à gazéification de bois » ou lors de l'utilisation du gaz produit
- Procédés de gazéification à grande échelle, comme de procédé à lit fluidisé et à flux entraîné.

En principe, aucun droit ne peut être déduit de cette fiche d'exécution. Les autorités d'exécution peuvent définir des mesures dérogoires, comme un renforcement des valeurs limites.

1.3 TERMES ET ASPECTS PERTINENTS POUR L'ÉVALUATION ET L'AUTORISATION

Utilisation du produit gazeux

Pour la classification des installations selon l'OPair, on distingue si et comment le gaz produit est utilisé. Au chapitre 1.4, les différents types d'installations sont catégorisés en fonction de leur utilisation primaire. Différentes valeurs limites sont appliquées en fonction du type d'installation.

Démarrage/fonctionnement d'urgence

Comme les gaz de pyrolyse contiennent des substances cancérigènes, le principe de minimisation s'applique. Il faut donc éviter de laisser s'échapper des gaz de pyrolyse non brûlés. Les moteurs fonctionnant au gaz de bois (moteur à combustion stationnaire) devraient donc être équipés d'une torche à gaz.³

Combustibles

L'assortiment de combustibles qui peut être utilisé dépend à la fois du réacteur de conversion et de l'autorisation d'exploitation. L'expérience acquise avec les gazéificateurs à courant continu montre que, pour un fonctionnement fiable de l'installation, des exigences élevées sont posées à la qualité et à l'homogénéité du combustible et que les déchets biogènes et les produits issus de l'agriculture sont moins adaptés à une utilisation dans des réacteurs de gazéification que les combustibles de type bois. Seuls les bois à l'état naturel peuvent être utilisés pour la gazéification du bois, l'utilisation de résidus de bois et de bois usagé n'est pas autorisée.

Séchage et transbordement des combustibles et du charbon végétal

Le séchage préalable du combustible sur l'installation peut en outre générer des émissions et des odeurs intenses, qui s'échappent généralement de manière diffuse. Des émissions de poussières se produisent également lors de l'évacuation et du transport du charbon végétal produit (par ex. par des vis sans fin et des bandes transporteuses). Selon l'emplacement de l'installation, cela est plus ou moins critique. L'évaluation d'une installation doit donc aussi se faire en fonction du site et des matières à sécher. Des mesures de réduction des poussières doivent être exigées pour que les exigences de l'annexe 1, ch. 4, OPair soient respectées.

Remarque sur l'utilisation du charbon végétal

L'OFEV a publié une fiche technique intitulée « [Utilisation du charbon végétal dans l'agriculture en Suisse. Risques et opportunités pour les sols et le climat](#) » sur le site web [CO₂-Enlèvement et stockage](#). En résumé, il est précisé qu'à titre de précaution, il est déconseillé d'utiliser le charbon végétal à grande échelle tant que des effets nocifs ne peuvent être exclus, par exemple sur les organismes du sol.

1.4 TYPES D'INSTALLATIONS, COMBUSTIBLES ET BASES LÉGALES

S'il y a un séchage du combustible, les valeurs limites indiquées au chapitre 1.5 doivent être appliquées pour cette partie de l'installation.

Il existe des types d'installations très différents pour la fabrication de charbon végétal ou la pyrolyse ou la gazéification du bois suivie de l'utilisation du gaz. Les installations qui servent en premier lieu à la production de charbon végétal et pour lesquelles la production de gaz dans le processus joue un rôle très secondaire ne sont pas spécifiquement réglementées dans les annexes de l'OPair et sont en principe évaluées selon l'annexe 1

- Installations pour l'utilisation de gaz dans des systèmes autres qu'un moteur à combustion interne, tels qu'une turbine à gaz ouverte ou une pile à combustible Installations pour l'utilisation de gaz dans des systèmes autres qu'un moteur à combustion interne, tels qu'une turbine à gaz ouverte ou une pile à combustible.

³ Pour les installations sans torche à gaz, le fonctionnement en by-pass doit être surveillé et limité selon l'état de la technique. En l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de recommander des directives générales à ce sujet.

Fiches d'exécution « surveillance des émissions Installations pour la gazéification et la carbonisation du bois et d'autres biomasses solides	Cercl'Air Société suisse des professionnels de l'hygiène de l'air
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

OPair ou l'article 4 OPair. Il existe une certaine marge de manœuvre dans l'évaluation de l'installation, à savoir "production de charbon végétal (avec chambre de combustion) ou gazéification (avec combustion de gaz)". Il est de la compétence de l'autorité d'exécution de procéder à la classification correspondante. Si les gaz de bois produits sont brûlés dans un moteur à combustion stationnaire, les exigences de l'annexe 2, chiffre 82, OPair s'appliquent. Si les gaz de bois sont brûlés dans un chauffage au gaz destiné à produire de la chaleur ou de la vapeur, l'évaluation se fait selon l'annexe 3, chiffre 6, OPair. Les dispositions de l'annexe 5, chiffre 41, OPair doivent également être respectées.

Les différents types d'installations sont catégorisés dans le tableau ci-dessous en fonction de leur utilisation primaire. Selon le type d'installation, différentes valeurs limites sont appliquées. La présentation tient compte pour l'essentiel des types d'installations connus à ce jour et n'est pas exhaustive.

Type d'installation	Production de charbon végétal		Gazéification		Pyrolyse
Type de combustion du gaz	Système ouvert («low tech»)	Chambre de combustion (réacteur), brûleur	Moteur à gaz	Chauffage au gaz	Divers ^a
Type d'utilisation					
Charbon végétal	Oui	Oui	possible	possible	possible
Utilisation de la chaleur	Non	Oui ^b	Oui	Oui	Selon l'installation
Électricité	Non	Non	Oui	Non	Selon l'installation
Huile de pyrolyse	Non	Non	à peine	à peine	Selon l'installation
Exemples (non exhaustifs)	KonTiki, entre autres	SPSC Vario, Pyreg, Pyrofarm, Biomacon, etc.	Syncraft, Glock, Spanner, etc.		Installations pilotes PSI, entre autres
Matériau de base admissible	Installation non éligible (voir annexe A1 / conclusion)	Bois à l'état naturel			Déchets naturels prov. des forêts et des jardins
		Déchets biogènes et des produits issue de l'agriculture ^c			Déchets biogènes et des produits issue de l'agriculture ^c
Matériaux de base non autorisés		déchets naturels provenant des forêts, des champs et des jardins (pour autant qu'ils ne correspondent pas à du bois à l'état naturel)			
			Déchets biogènes et des produits issue de l'agriculture ^c		
		Résidus de bois, bois usagé			
Bases légales (OPair)	Art. 4	Bois à lét. nat. : Annexe 1 / Art. 4 (VLE en référence à l'annexe 3, ch. 522) Déchets biog. : annexe 2 ch. 74	Annexe 2, ch. 82 Si d'autres émissions sont pertinentes : Annexe 1, art. 4	Annexe 3, ch. 6 Si d'autres émissions sont pertinentes : Annexe 1, art. 4	Annexe 1, Art. 4
Remarques	En règle générale, de telles installations ne peuvent <u>pas</u> être autorisées (voir	Voir chapitre 1.5	voir recommandation Cercl'Air n° 31f « Moteurs à		Évaluation au cas par cas en tenant compte du matériau

Fiches d'exécution « surveillance des émissions Installations pour la gazéification et la carbonisation du bois et d'autres biomasses solides	Cercl'Air Société suisse des professionnels de l'hygiène de l'air
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

Type d'installation	Production de charbon végétal		Gazéification		Pyrolyse
Type de combustion du gaz	Système ouvert («low tech»)	Chambre de combustion (réacteur), brûleur	Moteur à gaz	Chauffage au gaz	Divers ^a
	annexe A1 / Conclusion).		combustion stationnaires »		de base (voir chapitre 1.5)

^a Il existe plusieurs installations envisageables : production de H₂, gaz liquide, turbine à gaz, etc.

^b Pour la plupart de ces installations, une utilisation de la chaleur est disponible ou possible en option (par exemple SPSC Vario).

^c les matières issues de la production végétale, telles que la biomasse provenant de cultures secondaires, les résidus de récolte et les déchets de récolte (herbes, grains, tubercules), ainsi que les coquilles de noix, les cerneaux et autres. Les déchets biogènes et des produits issue de l'agriculture comprennent également les déchets d'élevage, tels que l'herbe, la litière ou les aliments pour animaux. N'en font pas partie une grande partie des engrais de ferme provenant de l'élevage (lisier, fumier ; voir art. 14 de la loi sur la protection des eaux (LEaux) et art. 14 de l'ordonnance sur les déchets (OLED)) et d'autres déchets odorants.

Remarque : Pour les chauffages au bois classiques destinés à la seule production de chaleur sans production de charbon végétal, la recommandation Cercl'Air n° 31p « Chauffages au bois de plus de 70 kW » s'applique.

1.5 VALEURS LIMITES

Les termes utilisés dans le tableau ci-dessous pour désigner les types d'installations correspondent à ceux du tableau du chapitre 1.4.

Type d'installation	Polluant	Valeur	OPair	Remarque
Séchage du combustible	Poussière, odeurs	Annexe 1, ch. 41 (poussière) OPair, exigences selon la recommandation relative aux odeurs		
Chambre de combustion (réacteur), brûleur	CO, poussière ^a	selon l'annexe 3, ch. 522 OPair	Art. 4	Bois naturel
	autres	voir « Divers » ci-dessous	Annexe 1	
	CO, poussière, NO _x	voir annexe 2, ch. 742 OPair	annexe 2, ch. 74	Déchets biogènes et des produits issue de l'agriculture
	autres	voir « Divers » ci-dessous	Annexe 1	Autorisé uniquement dans les installations de 70 kW et plus
Moteur à gaz	différents	Annexe 2, point 82, OPair, Annexe 1 OPair voir recommandation Cercl'Air n° 31f « Moteurs à combustion stationnaires »		
Chauffage au gaz	différents	Annexe 3, ch. 61 OPair, annexe 1 OPair		
Divers	CO, poussière ^a	CCL selon SdT	Art. 4	
	NO _x	250 mg/m ³ (à partir de 2,5 kg/h)	Annexe 1, point 6	Généralement non pertinent en raison du débit massique
	SO _x	250 mg/m ³ (à partir de 2,5 kg/h)	Annexe 1, point 6	En cas de besoin
	HCl	30 mg/m ³ (à partir de 300 g/h)	Annexe 1, point 6	Si nécessaire ; si des composés chlorés sont présents dans le matériau de base
	Matières organiques ^b	20 mg/m ³ (à partir de 100 g/h)	Annexe 1, point 7	Classe 1
		150 mg/m ³ (à partir de 3 kg/h)	Annexe 1, point 7	Total classes 1 à 3
	Benzène	5 mg/m ³ (à partir de 25 g/h)	Annexe 1, point 8	
HAP	0,1 mg/m ³ (à partir de 0,5 g/h)	Annexe 1, point 8	Si nécessaire, en combinaison avec les PCDD/F	

Fiches d'exécution « surveillance des émissions Installations pour la gazéification et la carbonisation du bois et d'autres biomasses solides	Cercl'Air Société suisse des professionnels de l'hygiène de l'air
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

Type d'installation	Polluant	Valeur	OPair	Remarque
		20 mg/m ³ (à partir de 100 g/h)	Annexe 1, point 7	
	PCDD/F	0,1 ng/m ³	Art. 4	Si nécessaire ; si des composés chlorés sont présents dans le matériau de base
^a Annexe 1, ch. 41 OPair : 20 mg/m ³ (à partir de 200 g/h) s'applique aux poussières inertes ^b selon la recommandation Cercl'Air n° 29 « Check-list mesures des émissions » : Facteur de conversion C total en COV = 3				

Remarque : L'évaluation des valeurs limites selon l'annexe 1 OPair se fait en principe sans référence à l'oxygène. Si, sur la base de l'art. 4 OPair, des valeurs limites sont exigées en référence à l'annexe 2 ou à l'annexe 3 OPair, les références à l'oxygène correspondantes s'appliquent à tous les polluants du type d'installation.

1.6 ÉTAT DE LA TECHNIQUE

État de la technique pour le traitement des combustibles

- Confinement
- Évacuation de l'air sortant du séchoir et des gaz de combustion par une cheminée selon les recommandations sur les cheminées de l'OFEV
- Si nécessaire, système de filtrage des poussières fines

État de la technique pour les installations de production de charbon

- Fonctionnement automatique, imperméable à l'air avec alimentation continue en matériau d'entrée⁴
- Évacuation des gaz de combustion par une cheminée selon les recommandations de l'OFEV relatives aux cheminées
- Utilisation de la chaleur résiduelle produite
- Contrôle des émissions par des mesures de réception et des mesures périodiques des émissions

État de la technique pour les installations de production d'électricité

- Post-traitement des gaz d'échappement pour la réduction des NO_x
- Évacuation des gaz de combustion par une cheminée selon les recommandations de l'OFEV relatives aux cheminées
- Contrôle des émissions par des mesures de réception et des mesures périodiques des émissions, complétées par des mesures de service intermédiaires (voir l'aide à l'exécution Cercl'Air n° 31f)
- Utilisation de la chaleur résiduelle produite (fonctionnement de l'installation en fonction de la chaleur)

Purification du gaz produit

Pour le fonctionnement des moteurs à gaz, la concentration de matières solides et de goudron dans le gaz produit doit être bas et le gaz soit froid. C'est pourquoi une purification du gaz est généralement nécessaire. Les procédures suivantes sont utilisées à cet effet :

- Filtres à gaz chauds (par ex. filtres à manches ou en céramique) pour la séparation des matières solides
- Laveur humide ou condenseur pour la réduction du goudron et le refroidissement du gaz (partiellement avec séparation simultanée des gaz nocifs comme l'ammoniac)
- Electrofiltre par vois humide pour la réduction des matières solides, du goudron et le refroidissement du gaz. Ils ne sont généralement utilisés que dans les grandes installations

⁴ Les phases de fonctionnement stationnaire pour la combustion complète des gaz de pyrolyse sont interrompues lors du fonctionnement par lots.

Torchère

Une torchère est considérée comme un dispositif de sécurité et doit, selon la fiche technique de la SUVA, être équipée d'un dispositif de surveillance de la flamme afin d'éviter les accidents professionnels. Si, dans les installations de pyrolyse ou de gazéification, les gaz produits ne sont pas suffisamment brûlés pendant le démarrage et l'arrêt ou en mode bypass, une torchère à gaz fixe avec compteur d'heures de fonctionnement doit être installée. La durée maximale de fonctionnement de la torchère par an ne doit pas dépasser 100 h/a.

2 EXÉCUTION**MESURES DES ÉMISSIONS, CONTRÔLES ET DÉLAIS D'ASSAINISSEMENT**

En principe, une mesure de réception doit toujours être effectuée dans le cadre de la procédure d'autorisation. Des mesures effectuées sur différents types d'installations montrent qu'en dehors de la fenêtre de fonctionnement optimale, les émissions peuvent augmenter fortement. La phase d'exploitation optimale est généralement extrêmement étroite, en particulier pour les moteurs régulés par une sonde lambda. Les premières expériences des autorités d'exécution montrent que l'exploitation correcte de telles installations stationnaires du point de vue de l'hygiène de l'air est très coûteuse et exige un suivi très important de la part de l'exploitant. Dans ce contexte, il convient d'examiner si le cycle de contrôle et/ou de mesure doit être raccourci ou si une surveillance en continue doit être exigée.

Le délai d'assainissement résulte de l'art. 10 OPair et est fixé au cas par cas.

Annexe

A1 INSTALLATIONS MOBILE

Selon l'art. 2, al. 1, let. c, les appareils et les machines sont considérés comme des installations fixes. En principe, les installations de pyrolyse simples et mobiles sont également concernées. C'est principalement dans le milieu agricole que des tentatives ont été faites pour produire du charbon bio à partir de bois dans des « systèmes low-tech » ouverts, exploités manuellement au moyen d'une technique de carbonisation rudimentaire. Ce qui est caractéristique, c'est que tous les gaz de bois du processus sont inutilisés sur le plan énergétique et rejetés ouvertement à proximité immédiate sous forme d'émissions non traitées. Typiquement, le processus est arrêté avec de l'eau. Dans les processus de gazéification non automatisés et non régulés, il faut s'attendre à des concentrations élevées de HAP et de COV dans les gaz d'échappement diffus. Les HAP et les COV peuvent contenir des polluants atmosphériques multiples et extrêmement variés, dont certains sont cancérigènes (p. ex. le benzène).

L'OPair ne connaît actuellement pas de limitations d'émissions spécifiques aux installations pour de tels appareils destinés à la production de charbon végétal. Les principes et prescriptions suivants doivent être respectés :

- Une installation qui sert uniquement à la production de charbon végétal sans utilisation de la chaleur n'est pas une installation de combustion au sens de l'annexe 3 OPair.
- L'article 6 de l'OPair stipule que les émissions doivent être captées et évacuées le plus près possible de leur lieu de production (recommandations de l'OFEV relatives aux cheminées concernant la hauteur minimale des cheminées au-dessus du toit). Une installation qui évacue les gaz de combustion / pyrolyse de manière ouverte et non traitée ne répond pas à ces exigences.
- Par analogie, les valeurs limites générales de l'annexe 1 OPair s'appliquent, en particulier le chiffre 8, selon lequel le principe de minimisation s'applique aux substances cancérigènes, indépendamment du risque.
- Pour les polluants qui ne sont pas réglementés à l'annexe 1, l'autorité compétente peut, sur la base de l'art. 4 OPair, fixer des limitations préventives des émissions en fonction de l'état de la technique (p. ex. monoxyde de carbone, poussières).

État de la technique des systèmes mobiles

Les systèmes « low tech » sont des solutions qui ne peuvent pas être considérées comme l'état de la technique en matière d'installations de pyrolyse. Notamment parce que :

- la plupart du temps, il n'existe pas de système étanche à l'air ;
- il n'y a pas d'alimentation régulée automatiquement du matériau d'entrée et, par conséquent, il n'est pas possible de faire fonctionner l'installation en continu ;
- il n'y a pas de possibilité de contrôle une fois que le processus de pyrolyse a démarré ;
- les gaz de bois issus des processus de gazéification ne sont pas utilisés thermiquement et sont rejetés sous forme de gaz bruts non brûlés et non traités avec des concentrations élevées de polluants ;
- des émissions de HAP et de COV sont à prévoir ;
- les gaz d'échappement ne sont pas captés et ne sont pas évacués avec une hauteur suffisante ;
- selon le système, le processus de carbonisation est stoppé avec de l'eau (pas de traitement des eaux usées) ;
- une preuve de qualité selon « [Utilisation du charbon végétal dans l'agriculture en Suisse. Risques et opportunités pour les sols et le climat](#) » n'est généralement pas réalisable dans la pratique pour les installations mobiles.

Conclusion

Les installations mobiles de pyrolyse sont soumises à autorisation⁵, même si elles sont exploitées de manière temporaire-, par exemple dans une ferme ou dans un champ. Cela signifie que le requérant doit prouver que l'installation est conforme aux exigences de l'OPair. Dans le cas contraire, de telles installations ne peuvent pas être autorisées. Les « systèmes low-tech » ne peuvent pas respecter ces exigences (voir ci-dessus) et ne peuvent pas être autorisés.

A2 FABRICATION DE CHARBON DE BOIS

- L'exploitation de charbonnières ne doit être autorisée que dans le contexte de manifestations coutumières.
- En principe, les nouvelles demandes pour des manifestations coutumières qui ne sont pas encore établies ne doivent pas être acceptées.

⁵ Extrait de [1C 431/2018 16.10.2019 - Tribunal fédéral suisse \(bger.ch\)](#) :

2.1 Selon l'art. 22 al. 1 LAT (RS 700), les constructions et installations ne peuvent être érigées ou modifiées qu'avec une autorisation officielle. Les constructions mobilières qui sont utilisées de manière fixe pendant une période non négligeable sont également soumises à l'obligation de permis de construire (**ATF 113 Ib 314** consid. 2b p. 316). Le critère pour déterminer si une mesure de construction est suffisamment importante pour être soumise à la procédure d'autorisation de construire est la question de savoir si la réalisation de la construction ou de l'installation a, en général et selon le cours ordinaire des choses, des conséquences spatiales si importantes qu'il existe un intérêt du public ou des voisins à un contrôle préalable (cf. **ATF 139 II 134** consid. 5.2 p. 139 s. avec renvois).