# Extrait gratuit

# Le Gazogène, c’est l’autonomie énergétique avec la biomasse renouvelable

David Giquello - édition numérique du 25 octobre 2026

Cet aperçu réunit une couverture, le sommaire d’origine et une sélection de pages de l’édition complète. Les coupures entre les passages sont signalées ci-dessous. Les pages conservent leurs numéros d’origine.

Scénarios d’utilisation puis utilisation et sécurité : le passage consacré au monoxyde de carbone est inclus dans la sélection.

Pages physiques du PDF complet sélectionnées : 27 à 32, 41 à 44. La première de couverture est la page physique 1.

Le livre complet est proposé sur Tesla3.com en PDF couleur et EPUB. Le PDF garde la mise en page ; l’EPUB adapte le texte à votre écran.

Les sources, crédits et permissions de reproduction restent ceux de l’ouvrage. Les liens internes de retour au livre complet ont été retirés de cet extrait ; les liens externes utiles sont conservés.

# Le Gazogène,

## c'est l'autonomie énergétique avec la biomasse renouvelable



**Guide complet pour produire son électricité, se chauffer et rouler sans gaz naturel ni pétrole, mais avec le gaz de bois !**

Grand Format
A4
Couleur

par David Giquello

www.tesla3.com

+260 photos et schémas !

## Table des matières


Introduction ..... 3

**1/ BASES THEORIQUES ..... 5**

Contexte historique ..... 5
Plans nationaux, passes et modernes ..... 7
Principes techniques et modeles existants ..... 10
Extensions et ameliorations possibles ..... 20
Sechage de la biomasse ..... 20
Production de biochar ..... 20

**COMBUSTIBLES ET BIOMASSE UTILISABLES ..... 21**

1 hectare produit 2.000 € d'electricite ..... 23

**2/ SCENARIOS D'UTILISATION ..... 26**

Scenario maison – Ça charge au bois ! ..... 27
Scenario entreprise – Ça tourne au bois ! ..... 28
Scenario mobile – Ça roule au bois ! ..... 28

**SOLUTIONS DISPONIBLES A L'ACHAT ..... 32**

Gazogenes en Europe ..... 32
Gazogenes des USA ..... 33
Importation depuis l'Inde ..... 36
Importation depuis la Chine ..... 38

**UTILISATION ET SECURITE ..... 40**

**3/ FABRICATION ..... 44**

**PLANS PAYANTS MODERNES ..... 44**

A - PETERSON, 50 € sur Amazon ..... 44
B - HONKUS, 93 € sur Amazon ..... 50
C - MIKKONEN, gazo sur remorque ..... 53
D - KEITH, Pick-up à gazogène ..... 59

**PLANS GRATUITS ..... 62**

A - Gazo IMBERT, de 1920 ..... 62
B - Gazo SUEDOIS, de 1939-45 ..... 64
C - Gazo GREENPEACE ..... 66
D - Gazo NUNNIKHOVEN ..... 69
E - Gazo MISSOURI, de 1983 ..... 72
F - Gazo FAO 72, de 1986 ..... 74
G - Gazo FEMA, de 1988 ..... 76
H - Gazo WORLD BANK, de 1995 ..... 81
I - Gazo GEK, de 2013 ..... 83
J - Sans soudure, en 2021 ..... 85

**LES PIECES D'UN GAZOGENE ..... 87**

Gazogene type Imbert ..... 87
Le ventilateur de demarrage ..... 89
Le nettoyeur du gaz ..... 90
Le condenseur / refroidisseur ..... 91
La filtration du gaz ..... 91

**ELEMENTS DE CONSTRUCTION D'EPOQUE ..... 93**

**MOTORISATIONS ADAPTEES ..... 98**

Les 3 types de moteurs ..... 98
Moteurs a injection ..... 99
Kits de Bicarburation pour moteurs ..... 100

**4/ ANNEXES ..... 101**

**REGLEMENTATION ..... 101**

**LE MONDE SCIENTIFIQUE ..... 103**

2025, en Finlande ..... 103
2024, en France ..... 103
2021, aux USA ..... 104
2019, en Italie ..... 105
2015, en Thaïlande ..... 106
2006, en Afrique du Sud ..... 106

**NE PAS CONFONDRE BIOGAZ ET GAZ DE BOIS . 107**

**CONCLUSION GENERALE ..... 108**

**VIDEOS EN FRANÇAIS ..... 110**

**VIDEOS EN ANGLAIS ..... 111**

**FESTIVAL EN FRANCE ..... 117**

**GLOSSAIRE TECHNIQUE ..... 118**

**MES AUTRES LIVRES ..... 120**





**Avertissements :**
**Toutes les informations contenues dans ce livre sont fournies à titre informatif et éducatif, aucune responsabilité d'aucune sorte n'est acceptée par son auteur. Toutes expériences ou fabrications réalisées à partir de ces informations peuvent être dangereuses et sont sous votre seule responsabilité. Je recommande aux mineurs et aux personnes non qualifiées de ne pas pratiquer d'expérimentations avec ces systèmes et de se référer à des professionnels autorisés.**

**Les gaz produits par un gazogène sont toxiques et inodores dans certaines conditions, il y a des risques spécifiques au monoxyde de carbone (CO), à l'hydrogène, aux incendies et aux explosions potentielles lors du démarrage ou de la manipulation de gaz sous pression. Un détecteur de CO conforme à la norme NF EN 50291 est nécessaire, ainsi qu'une ventilation adéquate et une zone de sécurité autour de l'installation.**

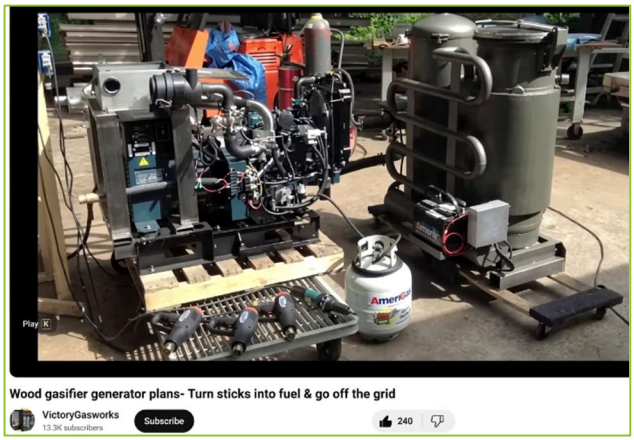
# 2/ Scénarios d'utilisation

## Cas d'utilisation

Le gazogène se distingue par sa remarquable polyvalence, offrant des solutions concrètes et immédiates dans de multiples contextes d'autonomie énergétique. Qu'il s'agisse de mobilité, de production électrique décentralisée ou de cogénération, cette technologie transforme des ressources locales renouvelables en énergie utile, tout en présentant des limitations techniques et opérationnelles qu'il convient de maîtriser. Ces cas d'utilisation illustrent avec force son potentiel pour les particuliers, les agriculteurs, les artisans et les collectivités en quête de résilience face à la volatilité des prix des hydrocarbures et aux aléas climatiques.

## A/ Production d'électricité

Une des utilisations les plus stratégiques consiste à coupler le gazogène à un groupe électrogène pour produire de l'électricité. Le gaz pauvre alimente directement un moteur à combustion interne relié à un alternateur, offrant une puissance stable et disponible à la demande. Cette solution permet de faire fonctionner des machines électriques, de charger des véhicules électriques ou de charger des batteries murales de grande taille pour alimenter toute une maison en cas de coupure ou pour optimiser l'autoconsommation.




*En photo ci-dessus le gazogène de Ben Peterson alimentant un groupe de 20 kWe.*

Les prix des systèmes de batterie de stockage ont considérablement chuté ces dernières années grâce à la surproduction de cellules lithium-fer-phosphate (LFP) et à la concurrence accrue. En 2026, un module plug-and-play comme la Marstek Venus E 3.0 qui a une capacité de 5,12 kWh ne coûte que 1 300 €, soit environ 250 € par kWh stocké – un prix qui baisse chaque année. Un ensemble de 15 kWh (trois modules empilables) peut ainsi être acquis pour 4 000 €. L'intérêt des micro-réseaux hybrides (gazogène + solaire) est majeur : le gazogène assure une production continue, même la nuit ou par mauvais temps, tandis que le solaire couvre les pics diurnes. Cette complémentarité renforce la résilience du système, réduit les cycles de charge/décharge des batteries et optimise le retour sur investissement.

## B/ Cogénération, électricité et chaleur

Le gazogène excelle aussi en cogénération (CHP), produisant simultanément électricité et chaleur utile pour le chauffage central ou l'eau chaude sanitaire. Le gaz de synthèse alimente un moteur ou une turbine, dont les gaz d'échappement chauds (environ 400-600 °C) sont récupérés via un échangeur pour chauffer un circuit d'eau glycolée. Cette configuration atteint un rendement global supérieur à 80 % lorsque la chaleur est valorisée, contre 25 % en production électrique seule. Idéale pour les habitations isolées, les fermes ou les petites entreprises, elle transforme un simple générateur en une centrale énergétique complète et économe. Les limitations principales portent sur la gestion thermique (nécessité d'un circuit bien dimensionné) et l'entretien accru du système de récupération.

## C/ Remorque à gazogène

Dans les années 1930-1940, Panhard (et d'autres) proposaient déjà des remorques gazogène pour ne pas défigurer les voitures de luxe : le gazogène était à l'arrière, et un tuyau souple amenait le gaz au moteur. C'était courant pendant la guerre pour rouler sans essence.



Aujourd'hui, cette solution se modernise en couplant le gazogène à un groupe électrogène et en l'associant à la propulsion électrique, combinant silence et efficacité en roulant avec l'autonomie « illimitée » du bois disponible localement. Bien sûr la remorque gazogène avec groupe électrogène intégré peux rester à la maison pour recharger la voiture au quotidien et servir de générateur électrique lorsqu'on ne fait que de petits trajets, et être accrochée pour les départs en vacances.




Si un jour l'achat d'électricité pose un problème, toutes les voitures électriques pourront continuer de rouler …
A LA BIOMASSE, le bilan carbone négatif, la biomasse repousse, pas le pétrole ni les éoliennes !
Cette approche offrira une autonomie étendue, indépendante des infrastructures de recharge publiques, particulièrement utile en zones rurales, lors de longs trajets ou dans des contextes où l'électricité est coûteuse ou indisponible. Avec une remorque de capacité modérée (200 à 400 kg de biomasse), **il est possible d'obtenir plusieurs centaines de kilomètres supplémentaires,** la consommation typique est de de 20 à 30 kg de bois sec pour 100 km d'un véhicule électrique moyen.



*Image composée par logiciel, d'une voiture électrique avec sa remorque à l'ancienne.*

Les principaux défis restent le poids additionnel, l'entretien (filtration des goudrons, vidange des cendres), la gestion de la chaleur, les temps de pause pour faire tourner le gazo et recharger, et la conformité réglementaire de la remorque. Néanmoins, cette extension illustre la complémentarité entre technologies anciennes et mobilités contemporaines.

## D/ Montage sur véhicule

Le gazogène trouve l'une de ses applications les plus emblématiques sur les véhicules. Il peut être monté directement sur une voiture, un camion, un tracteur, une machine agricole ou un engin de chantier, ou installé en remorque derrière le véhicule. Cette configuration permet une propulsion ou une alimentation auxiliaire sans dépendance au carburant fossile. Historiquement plébiscité pendant la Seconde Guerre mondiale, ce montage conserve toute sa pertinence aujourd'hui pour les usages agricoles, forestiers ou en zones isolées. Les avantages sont évidents : coût d'exploitation réduit (bois ou biomasse locale), autonomie totale et respect de l'environnement. Cependant, des limitations existent : le système nécessite un nettoyage régulier des filtres à goudron, une puissance légèrement inférieure au moteur diesel équivalent (perte de 15 à 25 % environ, sauf Wayne KEITH dont le gazogène augmente de 37% le rendement de son pickup) et une attention particulière au poids et à l'encombrement. Un gazogène bien conçu, avec un refroidisseur et un filtre efficace, assure néanmoins une fiabilité remarquable sur des milliers d'heures de fonctionnement.



*Image colorisée issue du document FEMA de 1989.*

Les cas d'utilisation du gazogène sont vastes et hautement motivants : ils offrent une véritable souveraineté énergétique avec des ressources locales abondantes. Les limitations – filtrage du gaz, maintenance régulière et adaptation du moteur – sont largement compensées par les gains économiques, écologiques et stratégiques. Associé à des batteries modernes et à des micro-réseaux hybrides, le gazogène devient un pilier robuste d'autonomie durable.

# Scénario maison – Ça charge au bois !

## Maison autonome et recharge de véhicules

**L'autonomie du particulier** : un gazogène compact pour charger batteries murales et véhicules électriques
**Puissance visée 2 à 20 kW électrique :** C'est l'échelle la plus accessible, celle du bricoleur motivé ou de la famille souhaitant s'affranchir du réseau électrique. Un gazogène fait maison ou importé d'Inde ou des USA, couplé à un groupe électrogène de 2 à 20 kWh suffit à couvrir les besoins courants d'une maison bien isolée qui fonctionne sur batteries

de stockage : éclairage, réfrigération, pompe à eau, électroménager de base, et même la recharge d'un véhicule électrique, pour une autonomie totale en énergie, à coût réduit en utilisant la biomasse locale. Avec possibilité de récupérer de la chaleur pour le chauffage de la maison.

**Stockage et lissage de l'énergie :** Pour éviter de faire tourner le gazogène en continu, on lui associe une grosse batterie murale. Le groupe fonctionne alors 4 à 6 heures par jour, de préférence en journée, et alimente les batteries qui restituent l'énergie au fil des besoins — y compris la nuit pour la recharge du VE. C'est l'idéal pour complémenter ou augmenter une installation solaire, en prenant beaucoup moins de place pour une telle puissance, et surtout sans nécessiter de permis de construire.

**Il suffit d'avoir du bois !** Comptez 1 à 2 stères par semaine selon la saison, l'isolation du logement et les usages.

Cogénération domestique : La chaleur dégagée par le gazogène et le groupe électrogène n'est pas perdue, elle peut chauffer l'eau sanitaire ou contribuer au chauffage de la maison, améliorant sensiblement le rendement global du système.

**Contraintes réalistes :**
- Entretien régulier du filtre à goudrons (nettoyage hebdomadaire ou plus fréquent en démarrage)
- Allumage quotidien : le gazogène ne se met pas en route instantanément
- Approvisionnement et séchage du bois : une réserve de plusieurs semaines est recommandée

# Scénario entreprise – Ça tourne au bois !

## Intermédiaire, pour PME, ferme, copropriété

L'autonomie de l'artisan, du fermier ou de l'usine : un gazogène pour faire tourner directement les machines thermiques au gaz de bois, ou les machines électriques en faisant tourner un groupe électrogène, et recharger les batteries et les véhicules électriques.

**Puissance visée 20 à 100 kW :** Quatre à six familles regroupées, une ferme diversifiée, un atelier artisanal ou une petite copropriété rurale, c'est l'échelle où le gazogène commence à révéler tout son potentiel. On mutualise un gazogène central, on partage un micro-réseau avec batteries communes, et les démarrages/arrêts fréquents — principal facteur d'usure — deviennent beaucoup moins nombreux.

**Ressources locales :** Les déchets agricoles (paille, tiges de maïs, broyat de haies) ou les coupes d'une forêt gérée localement alimentent le système, celui-ci étant choisi en fonction de ce qu'il va gazéifier le plus souvent. La chaleur résiduelle peut chauffer les ateliers, les serres de production ou les séchoirs à céréales.

**La dimension intensive ou communautaire :** On produit son énergie propre et à faible empreinte carbone. Ce modèle fonctionne d'abord sur l'organisation humaine : planning de ravitaillement en bois, tours de surveillance du gazogène, partage des coûts d'entretien. Il suppose une gouvernance simple mais réelle — et c'est souvent là que réside la vraie difficulté, bien plus que la technique.

## Industrielle, valorisation des déchets

**Puissance visée 100 kW à 1 MW :** Scierie, fromagerie, coopérative céréalière, usine agroalimentaire : nombreuses sont les entreprises qui disposent déjà d'un gisement de biomasse inexploité — sciures, copeaux, paille, marc de raisin, noyaux d'olives. Un gazéificateur industriel (types PRME, IED ou équivalents), il y en a des milliers en fonctionnement à travers l'Europe et le monde, transforme ces déchets en électricité et en chaleur de process.

**L'atout de la cogénération :** À cette échelle, la cogénération devient très rentable : l'électricité produite couvre tout ou partie des besoins du site, tandis que la chaleur alimente directement les process (séchage, pasteurisation, chauffage des locaux), alimentation des habitations ou villages voisins. Le retour sur investissement, souvent entre 5 et 10 ans selon les installations, est renforcé par les économies sur la facture énergétique et la valorisation des déchets.

**Le biochar, sous-produit précieux :** La gazéification produit du biochar, un charbon végétal stable qui peut être incorporé aux sols comme amendement, améliorant leur structure et leur capacité de rétention d'eau. Certaines exploitations en font un produit commercial à part entière.

**Contraintes spécifiques :**
- Investissement initial élevé (de 150 000 € à plusieurs millions selon la taille)
- Réglementation ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) à anticiper
- Approvisionnement en biomasse : la régularité est indispensable à la production continue
- Maintenance professionnelle et formation des opérateurs

# Scénario mobile – Ça roule au bois !

## Gazogène intégré au véhicule ou remorqué près d'engins thermiques.

Au cours du siècle passé, des gazogènes ont été installés sur tous les types de véhicules terrestres, du vélo à la moto, du karting à la voiture, du camion au bus, du tracteur à toutes sortes de machines agricoles, et sur de nombreux bateaux. Il y en a des photos comme preuves dans cet ouvrage.



*Petites et grosses machines agricoles au gazo*




WOOD POWERED LAWN MOWER
colinfurze
4,6 M de vues · il y a 5 ans

*Tondeuse au gazo, si en plus elle brûle l'herbe …*




**Nouveau réacteur pour le vélo à bois (gazo…**
@afondlesballons881 1 488 vues il y a 16 h …plus

*Vélo au gazo, il y en avait aussi en 1940*



*Motos au gazo, produites en série à l'époque !*




Facing U.S. Oil Blockade, Cuban Man Powers Car with Charcoal
Poland Daily Live · 95 k vues · il y a 2 semaines

*Mini et grosses voitures au gazo, c'est écolo !*



*Bus japonais au gazo, comme dans d'autres pays !*

Les machines de guerre, chars et autres, en étaient équipés durant la seconde guerre mondiale, vous en trouverez plein de photos sur internet, surtout sur les sites allemands. Il y en avait même d'installés sur des bateaux, photos à l'appui !



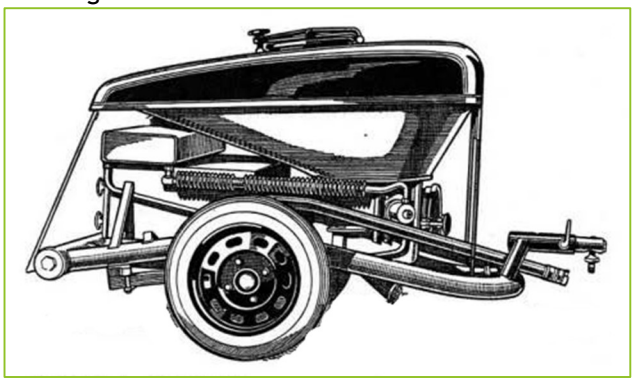


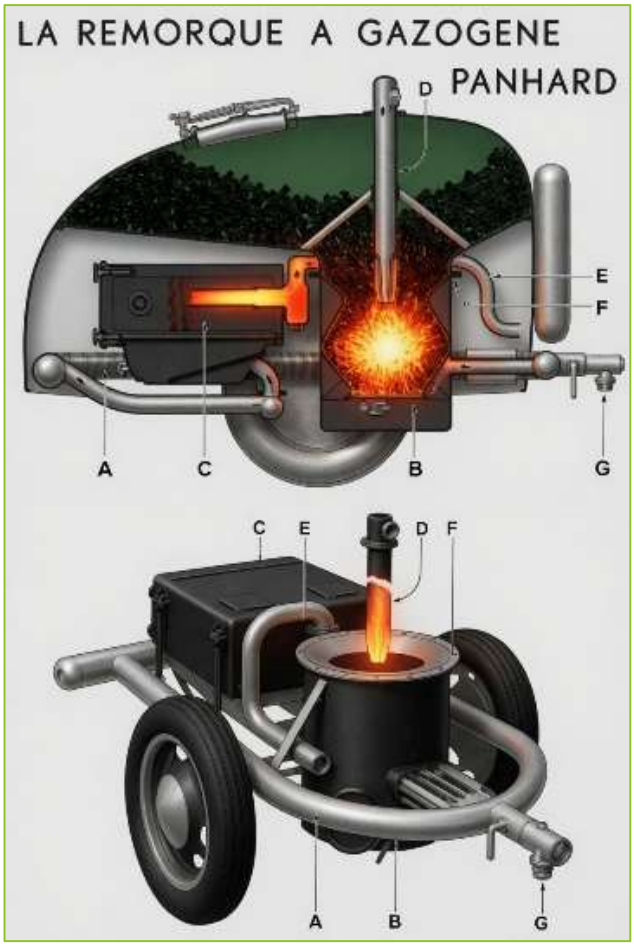
*Bateaux au gazo en Suisse.*

## Installation sur remorque

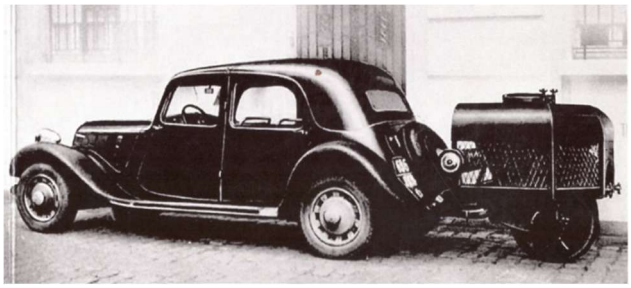
Parmi toutes les configurations possibles pour un gazogène facile à fabriquer, à tester et à utiliser au quotidien, la remorque est probablement le meilleur compromis aujourd'hui. Pour les trois points suivants : transportabilité, couplage véhicule et usage stationnaire en générateur d'électricité.

**Mobilité et polyvalence :** On peut la garer chez soi, la sortir quand on en a besoin, l'emmener sur un chantier, chez un copain, ou même en balade. Pas besoin de fixer définitivement le gazogène sur un véhicule (ce qui est compliqué pour l'esthétique, l'homologation et l'entretien). Un simple tuyau flexible bien conçu suffit pour alimenter soit le moteur d'une voiture/camion, soit un groupe électrogène de chantier.






**Historique et preuves concrètes :** Ce n'est pas une idée sortie de nulle part. Dans les années 1940, Panhard a littéralement commercialisé des remorques gazogènes (modèle 1941) attelées derrière des voitures de luxe pour ne pas les « enlaidir ». Il y en a encore au musée du poids lourd à Mondoubleau ou dans des collections privées. Sur les forums français de gazogènes (Superforum Gazogènes notamment https://gazogenes.superforum.fr/), plusieurs personnes ont déjà construit des remorques monoroue ou deux roues pour Juvaquatre, Peugeot ou même autorails Billard. Et en hors-réseau moderne, on voit des gazogènes sur remorque qui alimentent des groupes de 20 à 60 kW sans problème.



## Les petits pièges à éviter

**- Le tuyau de gaz :** C'est le point critique. Il doit être court (idéalement de 4-5 mètres max), isolé thermiquement, avec une légère pente pour évacuer la condensation, et équipé d'un raccord rapide étanche + vanne de sécurité. Gaz chaud + longue distance = perte de puissance et risque de condensation qui encrasse le carburateur ou le mélangeur du groupe électrogène.

**- Filtration et refroidissement :** Sur remorque, on a la place pour un bon cyclone + filtre à sciure + refroidisseur (échangeur air ou eau). Ne pas lésiner dessus, surtout pour l'usage véhicule : le gaz doit arriver propre et à moins de 40-50 °C.

**- Sécurité CO :** Évident, mais à rappeler. Le gazogène sur remorque est plus facile à ventiler (on le met dehors), mais il faut prévoir un détecteur CO dans la remorque et dans le véhicule/groupe. Et jamais faire tourner le gazogène dans un garage fermé.

**- Remorque elle-même :** Choisir une remorque homologuée (freinée si > 750 kg), avec bonne charge utile. Un modèle « bagagère » métallique fermé ou semi-fermé est parfait (protection pluie, discrétion). Poids total du gazogène + bois ≈ 200-350 kg selon la taille ; ça rentre largement sur une remorque 500-750 kg.

**- Démarrage et régulation :** Pour le générateur, un mélangeur gaz/air bien réglé (ou kit conversion gazogène) + un petit ventilateur de tirage au démarrage facilite la vie.




*Illustration à caractère humoristique, le gazo serait plus petit !*

## Gazogène sur 2CV Fourgonnette

Le dimensionnement suit la même méthodologie que celle appliquée précédemment à la Peugeot 205 GTI (références FAO, Gengas 1950 et manuels Imbert) : débit de gaz requis déterminé à partir de la cylindrée, du régime de puissance maximale et du rendement volumétrique, puis dimensionnement de la gorge via la charge de foyer admissible.

### Caractéristiques du moteur AK400

- Cylindrée : $V_d = 602\,\text{cm}^3 = 0{,}000602\,\text{m}^3$
- Régime de puissance maximale : 6 750 tr/min (valeur SAE/DIN confirmée pour le moteur 602 cm³ des versions AK/AKS 400)
- Puissance nominale : environ 28,5 à 33 ch (21 à 24 kW)
- Rendement volumétrique sur gaz de bois (conservateur) : $\eta_v = 0{,}80$

### Calcul du débit de gaz requis (à pleine charge)

Volume de mélange air + gaz aspiré par heure (conditions normales) :

$$V_{\text{mix}} = V_d \times N \times 30 \times \eta_v = 0{,}000602 \times 6\,750 \times 30 \times 0{,}80 = 97{,}52\,\text{Nm}^3/\text{h}$$

Rapport volumique air/gaz stœchiométrique ≈ 1,1 : 1 → facteur total = 2,1

Débit de gaz producteur nécessaire : $V_g = \frac{V_{\text{mix}}}{2{,}1} \approx 46{,}44\,\text{Nm}^3/\text{h}$

### Dimensionnement du réacteur (gorge)

Section de gorge : $A_t = \frac{V_g}{G_H} = \frac{46{,}44}{0{,}9} \approx 51{,}6\,\text{cm}^2$

Diamètre de gorge (throat) :

$d_t = 2 \times \sqrt{\frac{A_t}{\pi}} \approx 8{,}11\,\text{cm}$ (arrondi à 8,5 cm en pratique pour une fabrication robuste)

### Dimensions principales du gazogène Imbert

- Hauteur du plan de buses au-dessus de la gorge : $h \approx 1{,}2 \times d_t \approx 10{,}2\,\text{cm}$
- Diamètre du foyer (firebox) : $d_f \approx 3{,}2 \times d_t \approx 26{,}0\,\text{cm}$
- Diamètre de la couronne de buses : $d_{nr} \approx 2{,}3 \times d_t \approx 18{,}7\,\text{cm}$
- Nombre et diamètre des buses : 4 à 5 buses, section totale ≈ 6 à 8 % de $A_t$
- Hauteur de la zone de réduction : > 20 cm (idéalement 25–30 cm)
- Diamètre extérieur du réacteur (avec isolation réfractaire) : ≈ 32–35 cm
- Hopper : diamètre 40–50 cm, hauteur 0,8–1,2 m (autonomie 1,5–2 h à pleine charge, soit 25–35 kg de bois sec)

### Consommation de bois estimée : 19 kg de bois sec à l'heure

**Consommation de bois estimée** : ≈ 18,6 kg/h de bois sec (relation $B_g = 2{,}5 \times B_s$, avec $B_s \approx 0{,}36\,\text{kg/h\cdotpcm}^2$).

Sur remorque, ce gazogène est très compact (poids total estimé 120-200 kg avec bois, filtres et refroidisseur), idéal pour un attelage léger derrière une 2CV. Le circuit gaz (tuyau flexible court < 4 m, isolé, avec pente d'évacuation des condensats) reliera le gazogène au mélangeur du véhicule.

**Remarque sur la puissance effective** : en raison de la densité énergétique inférieure du gaz de bois, le moteur atteindra environ 65-75 % de sa puissance nominale (soit 18-24 ch réels) sans modification majeure. Le dimensionnement ci-dessus correspond à la capacité maximale d'aspiration du moteur.

**Puissance de générateur électrique que ce gazogène peut alimenter**

Le même gazogène, utilisé en stationnaire, fournit un débit maximal de 46,4 Nm³/h.

Pouvoir calorifique typique du gaz : ≈ 5 MJ/Nm³ → puissance thermique ≈ 64,5 kW.

Pour un groupe électrogène bien adapté (moteur à allumage commandé ou bicarburation, régime constant, rendement thermique global gaz → électricité de 20-25 %) :

### Puissance électrique utilisable : 13 à 16 kW

(Valeur nominale continue recommandée : 12-14 kW avec marge de sécurité).

**Règle empirique :** 0,75-0,85 kWh électrique par kg de bois sec → 18,6 kg/h × 0,80 kWh/kg ≈ 14,9 kW.

Ce gazogène est donc parfaitement dimensionné pour un groupe de chantier de 12-15 kW, offrant une excellente polyvalence (traction de la fourgonnette + production électrique autonome).

*Guide complet du gazogène pour produire notre énergie propre.*

# Utilisation et sécurité

Rédigé sur la base des informations techniques des pages de la FAO.

## Choix et préparation du combustible

Avant tout démarrage, le choix du bon combustible est fondamental. Il faut s'assurer que le combustible utilisé correspond bien au type de gazéifieur dont on dispose — un gazéifieur à courant descendant (downdraught) n'acceptera pas les mêmes matériaux qu'un gazéifieur à courant ascendant (updraught) ou à lit fluidisé.

**Humidité :** Sécher le combustible avant utilisation est une étape indispensable. Pour un gazéifieur à courant descendant alimentant un moteur, la teneur en humidité doit rester en dessous de 25 % (base sèche). Un combustible trop humide produit un gaz de mauvaise qualité, chargé en goudrons, et peut endommager le moteur. Le stockage du combustible à l'abri de la pluie, dans un endroit ventilé, est fortement recommandé.

**Granulométrie :** Veiller à utiliser des morceaux de taille homogène et adaptée à l'équipement. Pour les gazéifieurs à bois, des blocs ou copeaux compris entre 1×0,5×0,5 cm et 8×4×4 cm sont généralement requis. Pour le charbon de bois, des morceaux de 1 à 3 cm de côté sont préférables. Éviter les particules fines (sciure, poussière) dans les gazéifieurs à lit fixe : elles provoquent des chutes de pression excessives et des problèmes d'écoulement.

**Cendres :** Privilégier des combustibles à faible teneur en cendres (moins de 5 à 6 %). Au-delà de 12 %, des mâchefers se forment rapidement et peuvent bloquer le réacteur. Si vous utilisez des résidus agricoles, vérifiez au préalable leur comportement à la fusion des cendres.

## Démarrage du gazogène

Le démarrage est une phase délicate qui demande attention et méthode :

**Vérifier l'état du lit de combustible avant chaque démarrage :** s'assurer qu'il n'y a pas de résidus de la session précédente (cendres accumulées, mâchefers, charbons agglomérés) susceptibles de bloquer l'écoulement du gaz ou de l'air.

**Remplir la trémie** avec un combustible sec et de granulométrie homogène, en évitant de trop compacter le matériau.

**Procéder à l'allumage progressivement,** en laissant le temps à la zone de pyrolyse de se stabiliser avant de mettre le gaz produit en service.

**Purger les conduites de gaz** avant de connecter le moteur ou le brûleur, afin d'évacuer les premiers gaz de mauvaise qualité ou les condensats accumulés.

**Surveiller la montée en température** dans la zone d'oxydation : une température insuffisante indique une humidité trop élevée du combustible ou un débit d'air mal réglé, et se traduit par une production excessive de goudrons.

## Surveillance en fonctionnement

**Contrôler régulièrement le niveau de combustible** dans le bunker pour éviter les ruptures d'alimentation, qui peuvent provoquer des entrées d'air non contrôlées et des risques d'explosion (notamment dans les gazéifieurs à courant ascendant).

**Vérifier l'absence de pontage dans la trémie :** certains combustibles (coques de noix de coco, bois tropicaux comme le teck) ont tendance à former des voûtes qui interrompent l'écoulement par gravité. Un léger débourrage mécanique peut être nécessaire.

**Surveiller la qualité du gaz produit :** un gaz trouble, malodorant ou chargé en condensats indique un dysfonctionnement (humidité excessive, température de gazéification trop basse, encrassement du filtre).

**Vérifier les pertes de charge à travers le réacteur :** une augmentation anormale de la pression différentielle signale un colmatage par des fines particules ou la formation de mâchefer.

## Nettoyage et entretien régulier

**Cendres et mâchefers :** Évacuer régulièrement les cendres de la zone de combustion. La fréquence dépend du combustible utilisé : le bois et le charbon de bois de bonne qualité produisent peu de résidus, tandis que les résidus agricoles (paille, balles de riz) en génèrent beaucoup plus. Un nettoyage insuffisant conduit à des obstructions et à une dégradation rapide des performances.

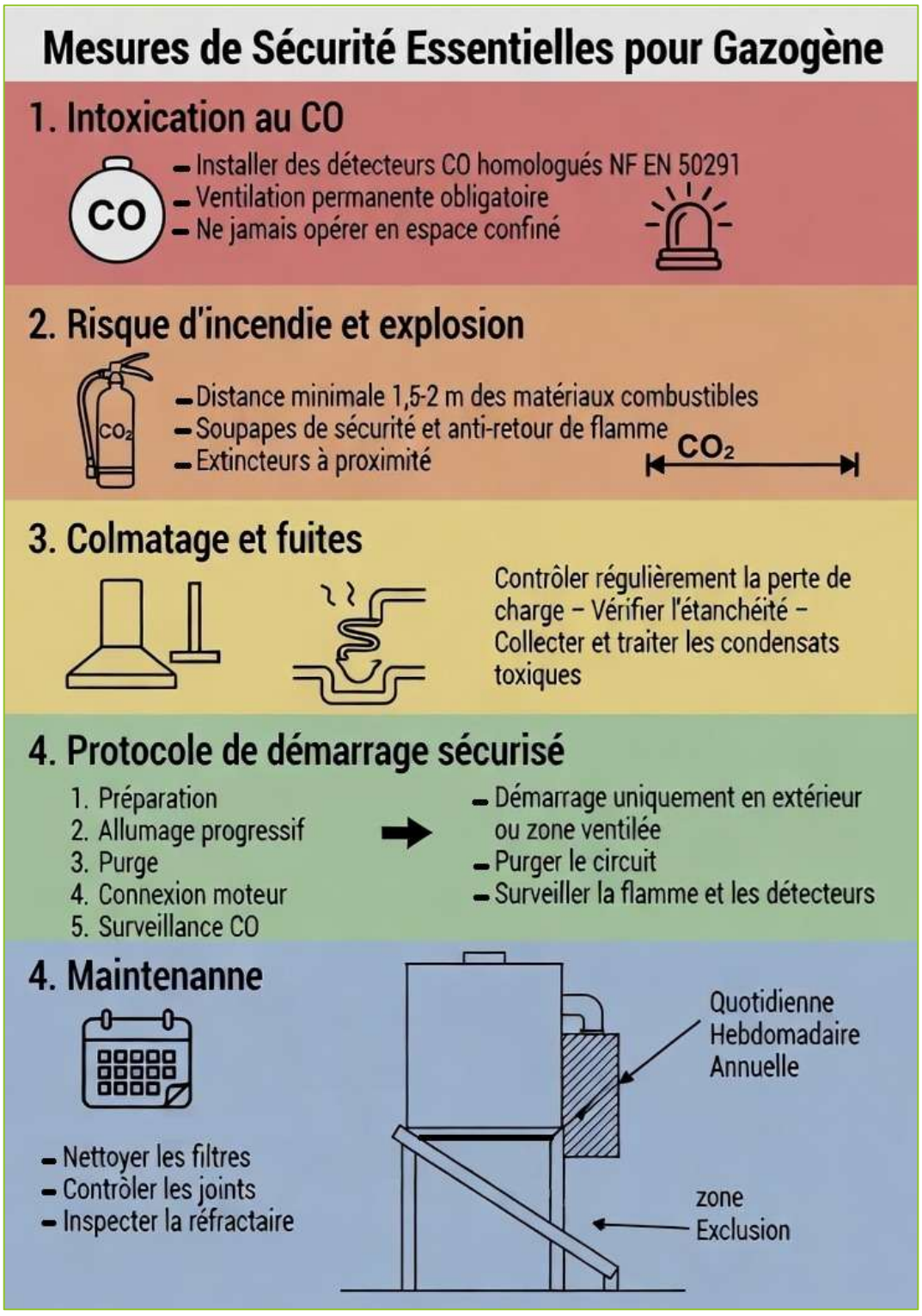
**Filtre à gaz :** Le filtre est un élément critique, surtout lorsque le gaz est destiné à un moteur. Inspecter et nettoyer le système de filtration après chaque utilisation prolongée. Les goudrons condensés doivent être éliminés avec soin — leur élimination est à la fois un enjeu technique et environnemental (ne pas les rejeter dans la nature).

**Conduites et raccords :** Contrôler périodiquement l'étanchéité de l'ensemble du circuit de gaz. Une fuite peut non seulement réduire l'efficacité du système, mais aussi présenter un risque d'incendie ou d'intoxication.

**Zone de réduction et grilles :** Inspecter l'état des grilles et de la zone de réduction à intervalles réguliers. Les grilles encrassées ou déformées par la chaleur doivent être nettoyées ou remplacées pour garantir une bonne circulation de l'air et du gaz.

## Arrêt et stockage

À l'arrêt, laisser le système se refroidir naturellement avant toute intervention dessus. Évacuer les cendres une fois le réacteur refroidi. Si le gazéifieur doit rester inactif plusieurs jours, vider le bunker et protéger l'équipement de l'humidité extérieure. Ne jamais laisser un combustible humide stagner dans le bunker, ce qui favoriserait la corrosion et la dégradation des parois internes.




## Précautions de sécurité

- Le gaz produit par un gazogène (gaz de synthèse) contient du monoxyde de carbone (CO), gaz inodore et toxique et mortel. Toute utilisation en espace confiné nécessite une ventilation suffisante.
- Ne jamais intervenir sur un gazéifieur en fonctionnement ou encore chaud.
- Tenir les zones de stockage du combustible à l'écart des sources de chaleur.

En cas de doute sur la réactivité d'un nouveau combustible, effectuer des tests à petite échelle avant toute mise en exploitation régulière.
La sécurité constitue un aspect fondamental dans la conception, la fabrication et l'utilisation des gazogènes. Ces systèmes, qui produisent un gaz de synthèse (syngaz) riche en monoxyde de carbone (CO), hydrogène et autres composés inflammables à partir de biomasse, présentent des risques inhérents liés à la combustion incomplète, aux températures élevées et à la manipulation de gaz toxiques et inflammables.

Le respect des normes françaises et européennes (notamment les exigences ICPE pour les installations de combustion, les normes NF pour les appareils et la directive RED III pour la durabilité) est impératif. Toute installation doit faire l'objet d'une analyse de risques préalable, idéalement formalisée par un professionnel qualifié. **Les accidents historiques liés aux gazogènes anciens (intoxications, incendies, explosions) soulignent que la négligence en matière de sécurité peut entraîner des conséquences graves, voire mortelles.**

## Risques principaux et mécanismes

**1. Intoxication au monoxyde de carbone (CO)**
Le CO est le risque le plus critique des gazogènes. Gaz incolore, inodore et non irritant, il résulte d'une combustion incomplète de la biomasse. Il se fixe sur l'hémoglobine 200 à 300 fois plus fortement que l'oxygène, provoquant une hypoxie tissulaire. Les symptômes débutent par des maux de tête, nausées, vertiges et fatigue (concentrations faibles, autour de 50-100 ppm). À plus forte dose, ils évoluent vers un coma, des convulsions et la mort (1 % de CO peut être mortel en 15 minutes).
Les sources principales incluent : fuites au niveau du réacteur, du circuit de filtration ou du moteur ; démarrage ou arrêt mal contrôlés ; fonctionnement en espace confiné ; ou encrassement des filtres réduisant la qualité du gaz. Les applications sur tracteurs agricoles ou générateurs stationnaires en milieu rural augmentent le risque si l'installation n'est pas parfaitement étanche ou ventilée. En France, les intoxications au CO restent la première cause de mortalité accidentelle par intoxication, avec environ 1 300 épisodes annuels et une centaine de décès.

**Mesures de prévention :**
- nstaller des détecteurs de CO homologués NF EN 50291 (pré-alarme à 50 ppm, alarme à 100 ppm ou plus selon les seuils). Placer plusieurs détecteurs : près du gazogène, dans la zone du moteur/générateur et dans les espaces habités adjacents.
- Assurer une ventilation permanente et suffisante (air frais entrant et extraction des gaz brûlés). Ne jamais faire fonctionner un gazogène ou un moteur alimenté en intérieur ou en espace semi-clos sans extraction mécanique.
- Vérifier l'étanchéité du système par tests de pression (fumée ou surpression contrôlée) avant chaque mise en service.
En cas de suspicion d'exposition : sortir immédiatement à l'air libre, ne pas retourner, appeler les secours (15 ou 112) et mentionner explicitement une possible intoxication au CO.

**2. Risque d'incendie et d'explosion**
Le syngaz est hautement inflammable (limites d'explosivité typiques : LEL environ 12 %, UEL 60-70 % selon la composition). Les risques surviennent lors de fuites, de retours de flamme, de surchauffe du réacteur ou d'accumulation de gaz lors du démarrage/arrêt. Les températures internes (800-1 200 °C dans la zone de réduction) peuvent provoquer l'auto-inflammation de matériaux combustibles proches ou de goudrons accumulés.
Pour les véhicules agricoles, les vibrations et les déplacements augmentent le risque de desserrage des joints. Pour les générateurs stationnaires, le stockage prolongé de biomasse peut entraîner un auto-chauffage ou une fermentation produisant des gaz supplémentaires.

**Mesures de prévention :**
- Utiliser des matériaux réfractaires de qualité et des joints haute température (silicone, graphite ou métalliques).
- Installer des soupapes de sécurité, disques de rupture et systèmes anti-retour de flamme.
- Maintenir une distance de sécurité avec tout matériau combustible (minimum 1-2 mètres selon la puissance). Équiper le site d'extincteurs adaptés (poudre ABC, $CO_2$) et d'un point d'eau.
- Éviter toute source d'ignition (étincelles, cigarettes) à proximité pendant le fonctionnement ou la maintenance. Classer les zones ATEX si applicable pour les installations industrielles ou semi-professionnelles.

**3. Colmatage (encrassement par goudrons, particules et condensats)**
Les goudrons (composés aromatiques lourds) et les particules fines produites lors de la gazéification se condensent en refroidissant et obstruent les filtres, tuyauteries, échangeurs et admission moteur. Cela provoque une perte de puissance, une combustion incomplète accrue (plus de CO), une surchauffe locale et un risque accru de fuites ou d'incendie. Le colmatage est particulièrement problématique avec une biomasse humide (>15-20 % d'humidité) ou mal calibrée.

**Mesures de prévention :**
- Sélectionner une biomasse sèche, homogène (plaquettes, copeaux calibrés < 20 % humidité).
- Concevoir un système de refroidissement et de filtration efficace (cyclone + filtres secs/humides + scrubber si nécessaire).
- Surveiller en continu la perte de charge (ΔP) aux filtres : un accroissement signale un colmatage imminent.

**4. Fuites de gaz et de liquides**
Les fuites de syngaz (CO, $H_2$, $CH_4$) ou de condensats (eaux chargées en goudrons, phénols, acides) peuvent provenir de joints défectueux, de corrosion, de vibrations (tracteurs) ou de surpression. Les condensats sont corrosifs et toxiques (phénols cancérigènes ou irritants).

**Mesures de prévention :**
- Utiliser des tuyauteries et raccords adaptés (acier inox ou matériaux compatibles).
- Effectuer des contrôles visuels et de pression réguliers.

- Collecter et traiter les condensats dans des récipients étanches avant élimination conforme (déchets dangereux si applicable).
- Éviter les zones de stagnation d'eau ou d'humidité qui accélèrent la corrosion.

## Protocoles de démarrage sécurisé

Le démarrage est la phase la plus risquée (accumulation de gaz, retours de flamme). Un protocole strict doit être suivi :

**1- Préparation :** Vérifier l'étanchéité du système, le niveau d'eau des joints hydrauliques (si présents), la propreté des filtres et l'absence de fuites. Contrôler les détecteurs de CO. Préparer la biomasse sèche et calibrée. S'assurer d'une ventilation maximale et d'une zone dégagée. Porter EPI (gants, lunettes, masque respiratoire si nécessaire).
**2- Allumage initial :** Effectuer le démarrage à l'extérieur ou en zone bien ventilée. Allumer un petit feu de démarrage avec du combustible sec (bois fin, allume-feu) en bas du réacteur (conception downdraft privilégiée pour limiter les goudrons). Laisser monter en température progressivement sans forcer l'air.
**3- Purge et mise en gaz :** Purger le circuit avec de l'air ou du gaz inerte si possible. Allumer le flare (torche) pour brûler le gaz produit jusqu'à obtention d'une flamme stable et propre (bleuâtre, sans fumée excessive). Contrôler la température et la composition du gaz (si analyseur disponible).
**4- Transfert vers le moteur :** Une fois le gaz de qualité suffisante, connecter progressivement au moteur (mode dual-fuel si applicable). Surveiller en continu CO, température, pression et signes de colmatage. Ne jamais laisser le système sans surveillance pendant les premières minutes.
**5- Arrêt :** Réduire progressivement la charge, purger le circuit, laisser refroidir naturellement. Éteindre complètement et ventiler avant toute intervention.
Pour les générateurs stationnaires, intégrer un automatisme de sécurité (arrêt d'urgence, coupure air/biomasse en cas d'anomalie). Pour les tracteurs agricoles, adapter le protocole aux conditions de champ (vent, poussière).

## Maintenance préventive

Une maintenance rigoureuse et documentée (carnet de bord) est indispensable pour maintenir la sécurité et les performances :

**- Quotidienne :** Vider les condensats et cendres, vérifier les joints et étanchéités, contrôler les détecteurs de CO et la ventilation. Nettoyer les filtres grossiers.

**- Hebdomadaire ou après 20-50 heures :** Inspecter visuellement le réacteur (usure réfractaire, pontage), remplacer ou nettoyer les médias filtrants, vérifier la corrosion des tuyauteries.

**- Mensuelle ou après 200 heures :** Démonter et nettoyer en profondeur les filtres, refroidisseurs et scrubbers. Contrôler l'étanchéité globale par test de pression. Vérifier le moteur (admission, bougies, valves) pour encrassement par goudrons.

**- Annuelle :** Inspection complète par un professionnel qualifié (soudure, réfractaire, instrumentation). Ramonage ou équivalent pour les conduits d'échappement. Mise à jour de l'analyse de risques.

Remplacer systématiquement les pièces usées (joints, vannes). **Former les opérateurs à reconnaître les signes d'anomalie** (odeur inhabituelle, perte de puissance, hausse de température, alarme CO). Tenir un registre des interventions.

## Bonnes pratiques générales et recommandations

**- Conception :** Privilégier les conceptions downdraft ou imbert améliorées pour minimiser les goudrons. Intégrer des sécurités redondantes (soupapes, capteurs).

**- Formation et usage :** Ne jamais confier l'installation ou l'exploitation à des personnes non formées. Pour les usages agricoles ou privés, limiter les puissances et privilégier les sites isolés.

**- Conformité réglementaire :** Pour les installations au-dessus d'un certain seuil de puissance, respecter les rubriques ICPE (déclaration ou autorisation). Pour les véhicules, homologation ou réception à titre isolé.
Les gazogènes modernes exigent des compétences en chaudronnerie, thermique et sécurité des procédés. En cas de doute, consulter un ingénieur ou un fabricant spécialisé. Le respect strict des consignes ci-dessus ne dispense pas d'une responsabilité individuelle et civile.

**En conclusion, la sécurité des gazogènes repose sur trois piliers :** une conception robuste et étanche, des protocoles opérationnels rigoureux et une maintenance préventive disciplinée. Le respect de ces principes transforme un système potentiellement dangereux en une solution fiable et économiquement avantageuse, particulièrement dans le contexte de la tarification carbone renforcée (MACF et ETS 2).

**Toute personne envisageant de construire ou d'utiliser un gazogène devrait prioriser la sécurité sur la performance et consulter les autorités locales ou des experts qualifiés avant mise en service.**