



EIGA




AFGC

LIGNES DIRECTRICES POUR DEFINIR LES SPECIFICATIONS DES GAZ RESPIRABLES NON MEDICAUX

Doc 206/16

EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION AISBL



AVENUE DES ARTS 3-5 • B – 1210 BRUSSELS
Tel: +32 2 217 70 98 • Fax: +32 2 219 85 14
E-mail: info@eiga.eu • Internet: www.eiga.eu



LIGNES DIRECTRICES POUR DEFINIR LES SPECIFICATIONS DES GAZ RESPIRABLES NON MEDICAUX

Préparé par le groupe AD HOC WG- 7 Gaz Médicaux

Déclaration

Toutes les publications techniques éditées par EIGA ou sous son égide, et notamment ses codes de bonne pratique, les guides de procédures en matière de sécurité et toutes autres informations techniques contenues dans ces publications ont été élaborées avec le plus grand soin et établies avec les connaissances acquises des membres de EIGA ou de tiers à la date de leur publication. Elles n'ont la valeur juridique que de simples recommandations que les membres de EIGA ou les tiers ne sont pas tenus contractuellement de respecter. Elles ne peuvent faire l'objet vis-à-vis de quiconque, d'aucune garantie de la part d'EIGA.

EIGA n'a ni le pouvoir, ni les moyens de vérifier que les codes de bonne pratique et les guides de procédures sont effectivement et correctement interprétés et appliqués par l'utilisateur qui engage seul sa responsabilité à cet égard.

En conséquence, EIGA ne saurait en aucun cas être tenu pour responsable vis-à-vis de quiconque, de l'application par ses membres ou par toute autre personne, de ses codes de bonne pratique et guides de procédure.

Les publications d'EIGA font l'objet de révisions périodiques et il appartient aux utilisateurs de se procurer la dernière édition

© EIGA 2016

EIGA autorise la reproduction de cette publication à condition qu'il soit indiqué que l'Association en est à l'origine
Le présent document en français a été réalisé à partir du document original en anglais qui constitue la version officielle.
La traduction a été faite par l'AFGC



Table of Contents

1	Introduction	1
2	Champ d'application et objectifs	1
2.1	Champ d'application	1
2.2	Objectif.....	1
3	Définitions	1
3.1	Terminologie de la publication	1
3.2	Définitions Techniques	2
4	Règlementation et normes des gaz respirables	3
4.1	Règlementation Hygiène et Sécurité	3
4.2	Normes Européenne.....	3
4.3	Normes nationales.....	3
4.4	Référence des Associations de Gaz	3
4.5	Références militaires pour la plongée	3
4.6	Applications aéronautiques	3
5	Spécifications des gaz respirables	3
6	Gaz de Plongée	4
7	Méthode pour déterminer les limites d'exposition pour les impuretés nocives, valable pour la respiration et en fonction des conditions de plongée.....	5
7.1	Méthode pour l'air respirable utilisé en surface	5
7.2	Méthode pour les gaz de plongée	5
8	Bonnes pratiques	6
9	Références.....	6
	Annexe 1 Exemple des différences dans les normes et les spécifications pour les gaz de plongée	7
	Annexe 2 – Exemple de calculs des impuretés des gaz de plongée	8

1 Introduction

Il y a de nombreuses applications sur le marché mettant en œuvre des gaz respirables non-médicaux. Il peut être difficile pour l'industrie des gaz industriels, de connaître les exigences et comment les satisfaire.

Cette publication a pour but de fournir des lignes directrices à l'industrie des gaz industriels pour définir les spécifications des gaz respirables non médicaux.

2 Champ d'application et objectifs

2.1 Champ d'application

Les gaz respirables non-médicaux, utilisés dans des conditions hypo ou hyperbares comprennent notamment, mais non exclusivement :

- Les gaz de plongée (de loisir, professionnels et militaires) ;
- Les gaz pour l'aviation (de loisir, commerciale et militaire) ;
- L'air respirable pour les applications en surface telles que l'entrée dans des espaces confinés aussi bien que les activités de secours et de lutte contre l'incendie ; et
- Des mélanges de gaz pour la recherche de tests de simulation d'altitude et pour le sport.

Ceci inclut les gaz fabriqués par l'industrie des gaz industriels pour leurs clients finaux ainsi que les matières premières destinées à être utilisées par les fabricants et les clients pour produire leurs propres mélanges.

Les gaz et les mélanges médicaux produits par des tiers sont exclus de cette publication.

2.2 Objectif

Donner aux membres de l'EIGA des lignes directrices sur les normes applicables aux gaz respirables non-médicaux et l'interprétation de ces normes.

3 Définitions

Pour cette publication les définitions ci-après sont applicables.

3.1 Terminologie de la publication

3.1.1 Doit

Indique que la procédure est obligatoire. Le terme est utilisé partout où le critère de conformité à la recommandation spécifique ne tolère pas de déviation.

3.1.2 Devrait

Indique que la procédure est recommandée.

3.1.3 Peut

Indique que la procédure est optionnelle.

3.1.4 Will –

Utilisé uniquement pour indiquer le futur et non un degré.

NDT Le terme “will” défini dans l’original en anglais n’a pas d’usage en français ou chaque verbe se conjugue au futur à cet effet.

3.1.5 Peut

Indique une possibilité ou une capacité.

3.2 Définitions Techniques

3.2.1 Gaz respirable

Mélange d’éléments chimiques gazeux, tels que l’oxygène et l’azote et ou l’hélium, et des composants utilisés pour la respiration humaine dans des applications qui ne sont pas médicales.

3.2.2 Matières premières

Gaz d’une spécification, telle qu’elle permette au mélange de produire un gaz respirable. La matière première elle-même peut être directement un gaz respirable.

3.2.3 Gaz de plongée de loisir

Gaz ayant une spécification conforme à la plongée effectuée par des utilisateurs non-professionnels. Il a des limites concernant la profondeur et la durée des plongées compatibles avec celles permises par le brevet de plongée non-professionnel.

NOTE : La plongée de loisir ou plongée sportive est un type de plongée qui utilise un appareil respiratoire SCUBA (de l’anglais self-contained underwater breathing apparatus) ou CMAS en français Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques..

La définition de la plongée de loisir varie suivant les organisations de formation SCUBA. En général la plongée de loisir peut être définie par les paramètres suivants :

- Pas plus profond que 40 m.
- Permettre une remonté en surface directe et presque verticale durant toute la plongée, et
- Rester dans les limites de non décompression (LND).

3.2.4 Gaz de plongée technique

Le gaz ayant cette spécification est conforme pour la plongée par des utilisateurs professionnels conformément à la norme NF EN 12201 « Appareils de protection respiratoire - Gaz comprimés pour appareil de protection respiratoire ». ¹ [1].

NOTE La plongée technique exige une grande expérience, une formation poussée et des équipements spécialisés. La plongée technique requière souvent des gaz respirables autres que l’air ou que des mélanges standards d’oxygène et d’azote.

3.2.5 Gaz respirables pour l’aviation

Les gaz respirables utilisés par l’aviation commerciale ou militaire.

3.2.6 Les gaz respirables en surface

Les gaz respirables qui ne sont utilisés ni sous l’eau ni pour l’aviation (p.ex. dans les espaces confinés).

¹ Les références indiquées par des nombres entre parenthèses sont énumérés dans l’ordre d’apparition dans le chapitre référence.

4 Règlementation et normes des gaz respirables

Il y a différentes normes et réglementations suivant l'application de l'utilisateur. Des exemples sont cités ci-après, la liste n'est pas exhaustive et les versions sont les dernières publiées lors de la préparation de ce guide.

4.1 Règlementation Hygiène et Sécurité

- En France, la réglementation sur la protection des travailleurs 1990.03.28 Décret_n°90-277_du_28_mars_1990 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare (l'article 6 définit les conditions du gaz à inhaler. [2].
- Au Royaume-Uni, La "Safety Executive Diving Information Sheet N° 9 *Diver's breathing air standard and the frequency of examination and tests* [3].
- Au Royaume-Uni, par le ministère de la défense, *Compressed Breathing Gases for Aircraft, Diving and Marine Life-Support Applications. Defence Standard 68-284* [4].

4.2 Normes Européenne

La norme Européenne pour les gaz respirables est EN 12021 [1] et elle n'inclut pas les applications médicales et aéronautiques.

4.3 Normes nationales

- En Italie : UNI 11366 *Hygiène et Sécurité dans les activités de plongée et des activités professionnelles en milieu hyperbare - procédures opérationnelles.* [5]
- En Norvège : *NORSOK U-100N Opérations humaines subaquatiques [6] et NORSOK U-101 Equipements respiratoires pour la plongée [7].*

4.4 Référence des Associations de Gaz

- Compressed Gas Association - CGA G-7.1 *Commodity Specification for Air* [8]

4.5 Références militaires pour la plongée

- United States Navy Diving manual SS521-AG-PRO-010 [9]
- Normes OTAN - STANAG 1458 Ed.1, Diving gas quality, [10]

4.6 Applications aéronautiques

Les normes utilisées les plus courantes sont les normes militaires de l'aviation.

MIL PRF 27210H, *Performance specification: oxygen, aviator's breathing, liquid and gas - Spécifications de performance : oxygène, respiration du pilote, liquide et gaz* ; SAE AS8010 *Aviator's Breathing Oxygen Purity Standard – Norme Pureté de l'oxygène respirable des pilotes* ;STANAG 7106E *Characteristics of gaseous breathing oxygen, liquid breathing oxygen and supply pressures, hoses and replenishment couplings - Caractéristiques de l'oxygène gazeux respirable, de l'oxygène liquide respirable et de la pression de fourniture, des raccords de flexibles et de réapprovisionnement* ;et l'ISO 2046 *Alimentation en oxygène respirable pour aéronefs.* [11, 12, 13, 14]

5 Spécifications des gaz respirables

Sauf en cas d'existence de restrictions ou de réglementations locales les normes applicables sont :

- Gaz de plongée (loisirs, techniques et militaires) : EN 12021[1] s'applique bien que cette publication donne une méthodologie optionnelle au paragraphe 7, et
- Air respirable pour les applications en surface telles que l'entrée en espaces confinés de même que les activités d'incendie et de secours : EN 12021 [1] peut s'appliquer bien que cette publication donne une méthodologie optionnelle au paragraphe 7

Le document du Royaume Uni "UK HSE Diving Information Sheet" mentionne qu'une analyse de risque doit être effectuée pour déterminer si tout autre contaminant devrait être contrôlé en plus de ceux mentionnés dans la norme EN 12021 [1]. Il y a deux autres éléments à noter :

- La fiche de données de sécurité du lubrifiant et/ou le manuel de conduite et maintenance du compresseur doivent être contrôlés afin de voir s'il y a des substances spécifiques qui devraient être testées.
- La localisation de l'entrée d'air du compresseur devrait être positionnée afin de rendre improbable l'aspiration de contaminant. Les sources locales de contamination, telles que les refoulements de ventilation à l'atmosphère, devraient être identifiés et les propriétaires interrogés sur ce qui est rejeté à l'atmosphère. En cas de doute de contamination éventuelle des tests additionnels pourraient être nécessaires.

Les mélanges de gaz pour la recherche pour des tests de simulation d'altitude et de sport sont aussi des gaz respirables pour les applications en surface en conséquence EN 12021[1] peut s'appliquer bien que cette publication donne une méthodologie optionnelle à l'alinéa 7.

Les gaz pour l'aviation (commerciale et militaire) : Aviation MIL PRF 27210H - SAE AS8010 – STANAG 7106E and ISO 2046 [11, 12, 13, 14]

6 Gaz de Plongée

L'édition 2014 de EN 12021 [1] définit des tables spécifiant la composition des gaz de plongée suivants :

- Table 4 – Oxygène compatible air
- Table 5 – Air appauvri en azote et air enrichi en oxygène
- Table 6 – Oxygène respirable
- Table 7 – Mélange gazeux d'oxygène et d'azote
- Table 8 – Mélange gazeux d'oxygène et d'hélium
- Table 9 – Mélange gazeux d'oxygène, d'hélium et d'azote
- Table 10 – Hélium

L'alinéa 6.1 d'EN 12021: 2014 [1] indique :

“Les gaz comprimés respirables ne doivent pas contenir de contaminants à des concentrations qui peuvent avoir des effets toxiques ou nocifs. En toute circonstances tous les contaminants doivent être gardés à un niveau aussi bas que possible et doivent être inférieurs à un dixième de la limite d'exposition nationale de 8 heures. Pour la respiration seule la limite doit être moins d'un sixième d'une limite d'exposition nationale de 8 heures. Pour la respiration en conditions hyperbares plus hautes que 10 bar ou pour des expositions supérieures à 8h, les niveaux doivent être révisés pour tenir compte de l'effet des temps d'exposition.

En règle générale tous les contaminants nocifs devraient être maintenus à un niveau aussi bas que possible. Ceci garantissant que le temps d'exposition, une fois corrigé des conditions spécifiques, comme les conditions hyperbares et le temps d'exposition, l'exposition de l'utilisateur final (c'est-à-dire la personne qui respire le gaz respirable) restera inférieure à la limite habituelle de 8h de Moyenne Pondérée dans le Temps (MPT) (en anglais TWA Time Weighted Average) Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP) (en anglais WELs Workplace Exposition Limits).

Comme il y a diverses spécifications pour chaque utilisation de gaz de plongée référencées dans ce document au paragraphe 4, cette publication explique une méthode générale pour déterminer la limite d'exposition maximale pour les impuretés nocives en fonction de la profondeur et autres conditions d'utilisation, dans le cas où EN12012 [1] ne serait pas appliquée les valeurs sont dérivées et basées sur les conditions les plus sévères d'utilisation et autres considérations. La méthode est conforme aux exigences générales de la norme EN12012 [1].

C'est pourquoi cette publication fournit des directives aux fabricants de gaz pour informer leurs clients pour permettre à l'utilisateur final de définir par lui-même l'utilisation sûre pour la plongée en fonction de ses conditions de plongée et du temps passé sous l'eau.

Quelques exemples de différences dans les normes et les spécifications sont donnés en Annexe 1

7 Méthode pour déterminer les limites d'exposition pour les impuretés nocives, valable pour la respiration et en fonction des conditions de plongée.

La Moyenne Pondérée dans le Temps (MPT/WELs) est exprimée en Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP/TWA). La référence de limite d'exposition est la VLEP de 8h.

7.1 Méthode pour l'air respirable utilisé en surface

EN 12021 [1] donne dans les Tables 1 à 3 la composition de l'air respirable comprimé pour les applications en surface. Pour cette raison une concentration maximale en huile est donnée mais pas de niveaux pour les toxiques.

Si des compresseurs à air non lubrifiés sont utilisés le test de l'huile peut être omis comme dans la Pharmacopée pour l'air médical (air comprimé), la même règle doit s'appliquer pour l'air synthétique.

Pour cette raison pour l'air synthétique respirable en surface qui est un mélange à 21% d'oxygène avec de l'oxygène pur et de l'azote pur, la composition ci-dessous qui est conforme avec la norme EN peut être appliquée.

Air respirable synthétique (1) (EN 12021 :2014 [1])	21% O2 dans N2	± 1% O2	CO < 5 ppm CO2 < 500 ppm H2O < 25 ppm
---	----------------	---------	---

7.2 Méthode pour les gaz de plongée

Pour l'air utilisé pour la plongée, les limites d'exposition aux impuretés nocives peuvent être définies comme un sixième de l'exposition limite qui est la limite nationale d'exposition de 8h comme indiqué dans, EN12021 [1].

Pour les autres gaz de plongée, les limites d'exposition aux gaz nocifs doivent être réglés à la valeur la plus faible entre les des calculs suivants :

1. Un dixième de la valeur limite d'exposition de référence (correspondant à des conditions de plongée limitées à une pression de 10 bar, qui équivaut à une profondeur de plongée de 90m et le standard de 8h maximum de temps de plongée par jour de travail). ou
2. La valeur calculée avec la formule suivante, basée sur publication HSE *Occupational exposure limits for hyperbaric conditions- fourth edition* [15], dans le cas où les conditions de plongée dévient des conditions du point 1 ci-dessus (*):

$$\text{Limite maximale} = (\text{limite d'exposition de référence} \times 8 \times 5) / (\text{ET} \times P_{\text{plonge}})$$

Où

- ET représente les heures maxi d'exposition dans une semaine
- P_{Plonge} représente la pression à la profondeur maxi de plongée

* : en accord avec la définition de l'EN 12021 [1] : Pour la respiration aux pressions hyperbares supérieures à 10 bar ou pour les temps d'exposition supérieurs à 8h le niveau doit être révisé pour prendre en compte l'effet des temps d'exposition.

Pour des exemples de calculs voir l'Annexe 2.

7.2.1 Systèmes avec recycleur

Un recycleur (ou circuit fermé) est un système SCUBA dans lequel le plongeur recycle les gaz exhalés à travers un média absorbeur de dioxyde de carbone et le système complète l'oxygène. Dans un recycleur il y a possibilité de l'accumulation et de la concentration d'impuretés qui peut être difficile à évaluer et quantifier. Pour chercher à simplifier le problème du cas spécifique de l'utilisation de recycleurs, il faut préférer se conformer strictement à la spécification de l'oxygène donné dans la norme EN 12021 [1] au lieu de l'application de la méthode du paragraphe 7.

8 Bonnes pratiques

L'information à donner aux clients doit toujours permettre à l'utilisateur de contrôler que le gaz convient pour l'utilisation envisagée. Il est important pour l'Industrie des gaz de faire état dans sa documentation d'une limitation de sa responsabilité pour la fourniture de gaz et de fournir les spécifications du produit au client, pour lui permettre de définir l'utilisation en sécurité de l'application. Ceci aidera le client à définir les limites de spécification du mélange et l'utilisation en sécurité dans son application particulière. Les Sociétés de Gaz peuvent décider d'appliquer la norme NF qui conduit à une seule catégorie de qualité ou appliquer la méthode du paragraphe 7 qui peut mener à plusieurs catégories de qualité applicables.

9 Références

La dernière édition doit s'appliquer sauf si autre chose est spécifié.

- [1] EN 12021:2014 *Respiratory equipment. Compressed gases for breathing apparatus* www.cen.eu
NF EN 12201 « Appareils de protection respiratoire - Gaz comprimés pour appareil de protection respiratoire » <https://www.boutique.afnor.org>
- [2] Décret_n°90-277_du_28_mars_1990 **relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare** www.legifrance.gouv.fr
- [3] United Kingdom Health and Safety Executive Diving Information Sheet N° 9 *Diver's breathing air standard and the frequency of examination and tests* www.hse.gov.uk
- [4] United Kingdom Ministry of Defence, *Compressed Breathing Gases for Aircraft, Diving and Marine Life-Support Applications. Defence Standard 68-284*
- [5] UNI 11366 *Health and safety in diving and hyperbaric professional activities for industry Operating Procedures* www.uni.com
- [6] NORSOK U-100N (2009) *Manned underwater operations* www.standard.no
- [7] NORSOK U-101 *Diving respiratory equipment* www.standard.no
- [8] Compressed Gas Association - CGA G-7.1 *Commodity specification for air* www.cganet.com
- [9] United States *Navy diving manual* -AG-PRO-010
- [10] NATO Standard STANAG 1458 Ed.1, *Diving gas quality*
- [11] MIL PRF 27210H Performance specification: oxygen, aviator's breathing, liquid and gas
- [12] SAE AS 8010 *Aviator's Breathing Oxygen Purity Standard* www.sae.org
- [13] STANAG 7106E *Characteristics of gaseous breathing oxygen, liquid breathing oxygen and supply pressures, hoses and replenishment couplings*
- [14] ISO 2046 *Gases breathing oxygen supplied for aircraft* www.iso.org
- [15] United Kingdom Health and Safety Executive *Occupational exposure limits for hyperbaric conditions- fourth edition* www.hse.gov.uk
- [16] Directive 2009/161/UE de la Commission, du 17 décembre 2009, établissant une troisième liste de valeurs limites indicatives d'exposition professionnelle en application de la directive 98/24/CE du Conseil et portant modification de la directive 2000/39/CE de la Commission.

EC www.europa.eu

Annexe 1 Exemple des différences dans les normes et les spécifications pour les gaz de plongée

- La direction Hygiène et Sécurité du Royaume Uni exige que pas plus de 10% de la limite de TWA (MPT) ne soit trouvé dans l'air respirable
- La norme EN 12021:2014 [1] définit des limites pour les impuretés pour chaque type de gaz respirable. Ces limites sont définies pour certaines de ces impuretés comme le monoxyde carbone après calcul des conditions les plus restrictives du temps d'exposition à respirer le gaz dans des conditions de profondeur (pression) extrême

Les niveaux de qualité pour d'autres impuretés sont définis dans l' EN 12021 [1] par d'autres critères comme les bonnes pratiques dans le processus de fabrication, par exemple pour le dioxyde de carbone.

Par exemple l'impureté de monoxyde carbone dans l'hélium prend en compte des facteurs de saturation dépendant de la profondeur (à 300m la pression est 31 fois plus forte qu'à la surface donc on devrait diminuer avec le même facteur le niveau d'impuretés acceptable) et un temps d'exposition plus long, par exemple 24 heures 7 jours par semaine au lieu de 8 heures 5 jours par semaine avec une marge de sécurité additionnelle.

$$0,2 \text{ ppm CO} = 30 \text{ ppm} / (31 \text{ fois} \times 4,2 \text{ exposition plus longue } 24/7)$$

NOTE: EN 12021 [1] utilise 5 au lieu de 4,2 comme facteur d'incertitude

C'est moins de 1% dans 30ppm TWA 8h 5 jours par semaine. Directive 2009/161/UE de la Commission, du 17 décembre 2009, établissant une troisième liste de valeurs limites indicatives d'exposition professionnelle en application de la directive 98/24/CE du Conseil et portant modification de la directive 2000/39/CE de la Commission [16].

NOTE L'hélium est habituellement utilisé pour plonger plus bas que 50 m et a pour but de couvrir les conditions extrêmes comme de rester longtemps en plongée profonde.

- Le STANAG 1458 Ed1 [10] définit des grades A et B différents pour chaque gaz de plongée. Le grade B est défini pour les limites maximales d'impuretés acceptable pour le gaz ou mélange alors que le A est celui qui est préféré dans cette norme. La norme STANAG est similaire à l'EN 12021 [1].
- La législation française comme le décret n°90-277 [2] ne définit pas les limites de spécification des gaz. L'Article 6 définit les conditions du gaz devant être respiré par exemple pour le monoxyde de carbone dans le mélange respiré, la pression partielle devrait être inférieure à 0,05 mbar.

En résumé EN 12021[1] définit une seule spécification basée sur les plus mauvaises conditions, STANAG 1458 [10] définit des recommandations similaires pour tous types de situations mais une autre plus flexible dans laquelle sont établies des limites maximales autorisée pour les situations intermédiaires, et le Décret français ajuste les limites de qualité du gaz lors l'utilisation, spécifique du gaz de plongée.

Annexe 2 – Exemple de calculs des impuretés des gaz de plongée

Exemple de calcul pour le monoxyde de carbone (CO) :

Cas 1 :

- Limite d'exposition de référence : 30 ppm
- Temps d'exposition : Semaine complète, temps plein
- Profondeur maximale : 60 mètres → 7 bar

Limite maximale = $(30 \cdot 8 \cdot 5) / (7 \cdot 24 \cdot 7) = 1,02$ ppm, moins de 3 ppm (un dixième), donc la limite d'exposition dans ces conditions est $CO < 1$ ppm

Cas 2 :

- Limite d'exposition de référence : 30 ppm
- Temps d'exposition : 12 heures par jour, 5 jours
- Profondeur maximale : 40 mètres → 5 bar

Limite maximale = $(30 \cdot 8 \cdot 5) / (5 \cdot 12 \cdot 5) = 4$ ppm, plus que 3 ppm, donc la limite d'exposition dans ces conditions est $CO < 3$ ppm

Concernant la consistance de l'approche des exigences du décret français.

Profondeur maximale couvert par le Décret : 60 m

Prenant en compte le cas de deux impuretés (CO and CO₂)

- La pression partielle de CO doit être inférieure à 0,05 mbar

La valeur maximale obtenue avec la méthode ci-dessus est de 3 ppm à la profondeur maximale (pression 7 bar), la pression partielle de CO est de 0,21 mbar, significativement plus basse que 0,05 mbar

- Pression partielle de CO₂ doit être inférieure à 10 mbar

La valeur maximale obtenue avec la méthode ci-dessus est de 500 ppm à la profondeur maximale (pression 7 bar), la pression partielle de CO₂ est de 3.5 mbar, significativement plus basse que 10 mbar.

Donc la formule couvre aussi le décret français.