

Deuxième édition  
2016-07-01

---

---

---

**Biocombustibles solides — Conversion  
de résultats analytiques d'une base en  
une autre base**

*Solid biofuels — Conversion of analytical results from one basis to  
another*

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO 16993:2016](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73b92899-0aa6-4e09-bcd3-f23914565d49/iso-16993-2016>



Numéro de référence  
ISO 16993:2016(F)

© ISO 2016

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 16993:2016](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73b92899-0aa6-4e09-bcd3-f23914565d49/iso-16993-2016>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2016, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401  
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland  
Tel. +41 22 749 01 11  
Fax +41 22 749 09 47  
copyright@iso.org  
www.iso.org

## Sommaire

	Page
<b>Avant-propos.....</b>	<b>iv</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>v</b>
<b>1      Domaine d'application.....</b>	<b>1</b>
<b>2      Références normatives.....</b>	<b>1</b>
<b>3      Symboles et abréviations.....</b>	<b>1</b>
<b>4      Principe.....</b>	<b>2</b>
<b>5      Calculs pour les analyses des biocombustibles solides.....</b>	<b>2</b>
5.1    Généralités.....	2
5.2    Autres calculs de valeur de l'hydrogène, de l'oxygène et du pouvoir calorifique inférieur .....	2
5.2.1    Hydrogène .....	2
5.2.2    Oxygène .....	3
5.2.3    Pouvoir calorifique inférieur .....	3
5.3    Formules générales de conversion d'une base en une autre base.....	3
<b>Annexe A (informative) Outils destinés aux vérifications d'intégrité.....</b>	<b>5</b>
<b>Annexe B (informative) Tableaux avec unités et facteurs de conversion.....</b>	<b>8</b>
<b>Annexe C (informative) Directives d'utilisation des paramètres de validation.....</b>	<b>9</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>12</b>

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 16993:2016](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73b92899-0aa6-4e09-bcd3-f23914565d49/iso-16993-2016>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](#).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 238, *Biocombustibles solides*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 16993:2015), dont elle constitue une révision mineure.

## Introduction

Il est généralement spécifié dans les Normes internationales couvrant l'analyse des biocombustibles solides que le dosage est destiné à être effectué sur un échantillon général pour analyse séché à l'air ou équilibré dans l'air préparé conformément à l'ISO 14780. Cependant, l'utilisation de ces analyses implique d'exprimer les résultats sur une base sèche et parfois également sur d'autres bases. Les bases communément utilisées pour les biocombustibles solides sont: «séché à l'air» (parfois sous la forme «tel que déterminé»), «à réception» (parfois sous la forme «tel qu'échantillonné» ou «tel que fourni»), «sec» et «sec, et sans cendre».

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO 16993:2016](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73b92899-0aa6-4e09-bcd3-f23914565d49/iso-16993-2016>



# Biocombustibles solides — Conversion de résultats analytiques d'une base en une autre base

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit les formules permettant aux données analytiques relatives aux biocombustibles solides d'être exprimées sur différentes bases communément utilisées. Il faut prendre en considération les corrections qui peuvent s'appliquer à certaines valeurs déterminées pour les biocombustibles solides avant de procéder à des calculs sur d'autres bases.

L'[Annexe A](#) donne des outils destinés aux vérifications d'intégrité des résultats analytiques. L'[Annexe B](#) donne les facteurs de conversion pour un calcul dans d'autres unités. L'[Annexe C](#) est une directive d'utilisation des paramètres de validation tels qu'ils peuvent être trouvés dans les normes analytiques de l'ISO/TC 238.

## 2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

[\(https://standards.iteh.ai/\)](https://standards.iteh.ai/)  
ISO 16948:2015, *Biocombustibles solides — Détermination de la teneur totale en carbone, hydrogène et azote*

ISO 16994, *Biocombustibles solides — Détermination de la teneur totale en soufre et en chlore*

ISO 18122, *Biocombustibles solides — Méthode de détermination de la teneur en cendres*

ISO 18125<sup>1)</sup>, *Biocombustibles solides — Détermination du pouvoir calorifique*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73b92899-0aa6-4e09-bcd3-123914565d49/iso-16993-2016>

ISO 18134-1, *Biocombustibles solides — Dosage de la teneur en humidité — Méthode de séchage à l'étuve — Partie 1: Humidité totale — Méthode de référence*

ISO 18134-2, *Biocombustibles solides — Dosage de la teneur en humidité — Méthode de séchage à l'étuve — Partie 2: Humidité totale — Méthode simplifiée*

ISO 18134-3, *Biocombustibles solides — Méthode de détermination de la teneur en humidité — Méthode de séchage à l'étuve — Partie 3: Humidité de l'échantillon pour analyse générale*

## 3 Symboles et abréviations

Les symboles utilisés dans les articles suivants sont définis de la manière suivante, avec les suffixes «ad» (séché à l'air), «ar» (à réception), «d» (sec), et «daf» (sec et sans cendre) s'il y a lieu:

A cendre (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 18122

C teneur totale en carbone (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 16948

Cl teneur totale en chlore (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 16994

qp,net pouvoir calorifique inférieur à pression constante (J/g) conformément à l'ISO 18125

1) À publier.

- H* teneur totale en hydrogène (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 16948
- M* teneur en humidité (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 18134-1, l'ISO 18134-2 et l'ISO 18134-3
- N* teneur totale en azote (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 16948
- O* teneur totale en oxygène (pourcentage en masse)
- S* teneur totale en soufre (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 16994

## 4 Principe

Pour convertir un résultat analytique exprimé sur une base vers une autre base, il est multiplié par un facteur calculé à l'aide des formules appropriées (voir [Tableau 1](#)), après insertion des valeurs numériques requises dans la formule en question.

## 5 Calculs pour les analyses des biocombustibles solides

### 5.1 Généralités

La plupart des valeurs analytiques sur une base particulière peuvent être converties vers toute autre base en les multipliant par un facteur calculé à partir de la formule appropriée donnée dans le [Tableau 1](#), après insertion des valeurs numériques requises dans la formule en question. Cependant, la teneur en humidité a une implication directe pour certains paramètres. En de tels cas, une correction du résultat séché à l'air doit être effectuée avant la conversion en base sèche ou sèche et sans cendre, conformément aux spécifications de [5.2](#). Si un résultat pour ces paramètres exprimés sur une base sèche ou sèche et sans cendre doit être recalculé sur une base humide, les corrections indiquées à [5.2](#) doivent également être réintégrées à la base humide réelle après application de la formule appropriée donnée dans le [Tableau 1](#).

ISO 16993:2016

### 5.2 Autres calculs de valeur de l'hydrogène, de l'oxygène et du pouvoir calorifique inférieur

#### 5.2.1 Hydrogène

La teneur en hydrogène déterminée sur une base séchée à l'air ( $H_{ad}$ , à l'analyse) comprend la teneur en hydrogène de la partie combustible du biocombustible solide ainsi que l'hydrogène présent dans l'échantillon sous la forme humide (teneur totale en hydrogène). Avant de procéder à la conversion vers toute autre base, la teneur en hydrogène déterminée,  $H_{ad}$ , doit être corrigée en termes d'hydrogène lié à l'humidité par une conversion en une base sèche,  $H_d$ , comme indiqué dans la [Formule \(1\)](#):

$$H_d = \left( H_{ad} - \frac{M_{ad}}{8,937} \right) \times \frac{100}{(100 - M_{ad})} \quad (1)$$

Cette teneur en hydrogène, en rapport avec la partie combustible du biocombustible solide, peut être convertie vers toute autre base en utilisant les formules du [Tableau 1](#).

La concentration en hydrogène dans l'eau présente dans l'échantillon est calculée avec un facteur constant de 8,937. Le facteur est obtenu à partir de la formule molaire de l'eau ( $H_2O$ ) et du poids atomique de l'hydrogène (1,008) et de l'oxygène (15,999 4).

## 5.2.2 Oxygène

Cette teneur en oxygène, en rapport avec la partie combustible du biocombustible solide, peut être calculée par différence sur la base sèche en utilisant la [Formule \(2\)](#):

$$O_d = 100 - C_d - H_d - N_d - S_d - Cl_d - A_d \quad (2)$$

Si une grande précision est nécessaire, il convient de corriger les valeurs de  $S_d$  et  $Cl_d$  pour d'éventuelles teneurs résiduelles en soufre et en chlore dans la cendre ( $A_d$ ).

## 5.2.3 Pouvoir calorifique inférieur

Le pouvoir calorifique inférieur à pression constante sur une base humide ( $q_{p,net,M}$ ) inclut une correction pour la chaleur de vaporisation relative à la teneur en humidité réelle,  $M$  ( $M$  devenant, par exemple,  $M_{ad}$  ou  $M_{ar}$ ). Avant de procéder à une conversion vers toute autre base, à l'aide des formules du [Tableau 1](#), cette correction correspondant à 24,43 J/g par pourcentage en poids d'humidité ( $24,43 \times M$ ) doit être annulée en ajoutant  $24,43 \times M$  à la valeur du pouvoir calorifique inférieur. Après avoir multiplié cette somme par la formule appropriée du [Tableau 1](#), la valeur obtenue doit être corrigée en termes de chaleur de vaporisation relative à la nouvelle teneur en humidité,  $M^*$ , en soustrayant la valeur  $24,43 \times M^*$ . Ces corrections sont illustrées dans la [Formule \(3\)](#) relative à la conversion du pouvoir calorifique inférieur pour une teneur en humidité  $M$  ( $q_{p,net,M}$  en J/g), en pouvoir calorifique inférieur d'une teneur en humidité  $M^*$  ( $q_{p,net,M^*}$  en J/g), tous deux à pression constante.

$$q_{p,net,M^*} = \left[ q_{p,net,M} + (24,43 \times M) \right] \times \frac{100 - M^*}{100 - M} - (24,43 \times M^*) \quad (3)$$

Concernant la conversion du pouvoir calorifique inférieur, par exemple, sur une base sèche ( $q_{p,net,d}$  en J/g) en pouvoir calorifique inférieur sur une base à réception ( $q_{p,net,ar}$  en J/g), la [Formule \(3\)](#) peut être simplifiée en [Formule \(4\)](#):

$$q_{p,net,ar} = q_{p,net,d} \times \frac{100 - M_{ar}}{100} - 24,43 \times M_{ar} \quad (4)$$

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73b92899-0aa6-4e09-bcd3-f23914565d49/iso-16993-2016>  
puisque dans ce cas,  $M = 0$  et  $M^* = M_{ar}$

Le pouvoir calorifique inférieur à pression constante pour un échantillon sec ( $q_{p,net,d}$ ) est obtenu à partir du pouvoir calorifique supérieur à volume constant correspondant, conformément à l'ISO 18125.

## 5.3 Formules générales de conversion d'une base en une autre base

Après application des éventuelles corrections conformément à [5.2](#), les valeurs analytiques sur une base particulière peuvent être converties en toute autre base en les multipliant par un facteur calculé avec la formule appropriée donnée dans le [Tableau 1](#), après insertion des valeurs numériques requises dans la formule en question.

**Tableau 1 — Formules de calcul des facteurs de conversion pour convertir les résultats analytiques d'une base en une autre**

Soit	Désirée			
	Tel qu'analysé (sec à l'air)	Tel que reçu <sup>a</sup>	Sèche	Sèche et sans cendre
	(ad)	(ar)	(d)	(daf)
Tel qu'analysé (sec à l'air) (ad)		$\frac{100 - M_{\text{ar}}}{100 - M_{\text{ad}}}$	$\frac{100}{100 - M_{\text{ad}}}$	$\frac{100}{100 - (M_{\text{ad}} + A_{\text{ad}})}$
Tel que reçu (ar)	$\frac{100 - M_{\text{ad}}}{100 - M_{\text{ar}}}$		$\frac{100}{100 - M_{\text{ar}}}$	$\frac{100}{100 - (M_{\text{ar}} + A_{\text{ar}})}$
Sèche (d)	$\frac{100 - M_{\text{ad}}}{100}$	$\frac{100 - M_{\text{ar}}}{100}$		$\frac{100}{100 - A_{\text{d}}}$
Sèche et sans cendre (daf)	$\frac{100 - (M_{\text{ad}} + A_{\text{ad}})}{100}$	$\frac{100 - (M_{\text{ar}} + A_{\text{ar}})}{100}$	$\frac{100 - A_{\text{d}}}{100}$	

<sup>a</sup> Noter que les formules données pour calculer les résultats en base «à réception» peuvent être utilisées pour la conversion en toute autre base humide.

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 16993:2016](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73b92899-0aa6-4e09-bcd3-f23914565d49/iso-16993-2016>