

ISO TC 238

Date: 2016-~~07-01~~

Deleted: 03-16

ISO 16993:2016 (F)

ISO TC 238//GT 5

Secrétariat: SIS

**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 STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 16993:2016

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

Deleted: © ISO 2016 - All rights reserved

© ISO 2016 - All rights reserved

## 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 STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 16993:2016

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

## Solid biofuels — Conversion of analytical results from basis to another

### 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).

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*

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*

---

<sup>1</sup> À publier.

### 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:

<i>A</i>	cendre (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 18122
<i>C</i>	teneur totale en carbone (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 16948
<i>Cl</i>	teneur totale en chlore (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 16994
<i>q<sub>p,net</sub></i>	pouvoir calorifique inférieur à pression constante (J/g) conformément à l'ISO 18125
<i>H</i>	teneur totale en hydrogène (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 16948
<i>M</i>	teneur en humidité (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 18134-1, l'ISO 18134-2 et l'ISO 18134-3
<i>N</i>	teneur totale en azote (pourcentage en masse) conformément à l'ISO 16948
<i>O</i>	teneur totale en oxygène (pourcentage en masse)
<i>S</i>	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.

Deleted: du paragraphe

Deleted: au paragraphe

#### 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<sub>2</sub>O) 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):

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

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.

Deleted: au paragraphe

**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)		$\frac{100 - M_{ar}}{100 - M_{ad}}$	$\frac{100}{100 - M_{ad}}$	$\frac{100}{100 - (M_{ad} + A_{ad})}$
Tel que reçu (ar)	$\frac{100 - M_{ad}}{100 - M_{ar}}$		$\frac{100}{100 - M_{ar}}$	$\frac{100}{100 - (M_{ar} + A_{ar})}$
Sèche (d)	$\frac{100 - M_{ad}}{100}$	$\frac{100 - M_{ar}}{100}$		$\frac{100}{100 - A_d}$
Sèche et sans cendre (daf)	$\frac{100 - (M_{ad} + A_{ad})}{100}$	$\frac{100 - (M_{ar} + A_{ar})}{100}$	$\frac{100 - A_d}{100}$	

<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.

## Annexe A (informative)

### Outils destinés aux vérifications d'intégrité

#### A.1 Généralités

La présente Annexe décrit trois vérifications d'intégrité destinées à aider les utilisateurs à évaluer les résultats d'analyse. Ces outils seront très utiles à la vérification des erreurs d'analyse ou de saisie touchant de plus grandes séries de résultats.

#### A.2 Vérification d'intégrité reposant sur les résultats du carbone

Calculer l'estimation QB, exprimée en MJ/kg, du pouvoir calorifique inférieur à pression constante sur une base sèche à partir de la teneur en carbone, à l'aide de la Formule (A.1) <sup>[18][19]</sup>:

Deleted: 417

$$QB = 0,2746 \times C_d + 5,79 \quad (A.1)$$

Comparer cette valeur QB calculée avec la valeur mesurée  $q_{p,net,d}$  en MJ/kg.

#### A.3 Vérification d'intégrité reposant sur les éléments majeurs et les résultats de la cendre

Ajouter les résultats des éléments principaux après conversion de leur composition sur une base d'oxyde. La somme de ces oxydes (Mash) peut alors être comparée à la teneur en cendre (550 °C). Il convient d'ajouter aussi ces valeurs pour des échantillons à forte teneur en S et/ou Cl. Le facteur de conversion pour S est de 2,50; le facteur de conversion pour Cl est de 1.

Les facteurs de conversion pour convertir les éléments majeurs en leur forme oxydée sont les suivants:

Al	→	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: 1,89
Ca	→	CaO	: 1,40
Fe	→	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: 1,43
Mg	→	MgO	: 1,66
P	→	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	: 2,29
K	→	K <sub>2</sub> O	: 1,20
Si	→	SiO <sub>2</sub>	: 2,14
Na	→	Na <sub>2</sub> O	: 1,35
Ti	→	TiO <sub>2</sub>	: 1,67

Calculer la somme Mash (éléments majeurs dans la cendre) en fraction massique (%) sur une base sèche, conformément à la Formule (A.2), en utilisant les concentrations en éléments en mg/kg sur une base sèche.

Deleted: © ISO 2016 – All rights reserved



$$\text{Mash} = \frac{\left( \text{Al}_d \times 1,89 + \text{Ca}_d \times 1,40 + \text{Fe}_d \times 1,43 + \text{Mg}_d \times 1,66 + \text{P}_d \times 2,29 + \right.}{10\,000} \left. \left( \text{K}_d \times 1,20 + \text{Si}_d \times 2,14 + \text{Na}_d \times 1,35 + \text{Ti}_d \times 1,67 + \text{Cl}_d + \text{S}_d \times 2,50 \right) \right. \quad (\text{A.2})$$

Il convient que le rapport Mash/cendres soit aux alentours de 1 (entre 0,8 et 1,2).

NOTE 1 Une forte teneur en carbonates peut expliquer que la somme des oxydes soit inférieure à la teneur en cendre.

NOTE 2 Attention, une forte teneur en S et/ou en Cl peut induire la perte de plus de 50 % de ces éléments par calcination à 550 °C.

#### A.4 Vérification d'intégrité reposant sur les résultats de C H N O et de la cendre

Cette vérification est uniquement possible si la teneur en O a été déterminée.

Calculer la somme MB (balance des pourcentages) conformément à la Formule (A.3):

$$\text{MB} = \text{C}_d + \text{H}_d + \text{N}_d + \text{O}_d + \text{S}_d + \text{Cl}_d + \text{A}_d \quad (\text{A.3})$$

Toutes les valeurs sont exprimées en %.

Il convient que la valeur de MB soit proche de 100.

Pour certains types de biocombustibles solides, les valeurs de F, Br ou I s'avèrent relativement élevées. Dans ce cas, la contribution de ces éléments doit être aussi comptabilisée.

[ISO 16993:2016](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/73b92899-0aa6-4e09-bcd3-f23914565d49/iso-16993-2016)

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

Tableau A.1 — Exemples de vérifications d'intégrité conformément à A.1, A.2 et A.3

Élément	C	H	N	O	Al	Ca	Fe	K	Na	Mg	Si	P	Ti	S	Cl	Cendre	$q_{\text{pnet,d}}$	MB	Mash	QB
Unité	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	MJ/kg	%	%	MJ/kg
Bois+écorce	46,4	6,20	0,01	42,5	44	1 398	46	637	25	175	236	65	3	75	11	0,6	19,2	96	0,4	18,5
Paille	44,4	5,86	0,65	43,7	71	2 829	87	10 770	70	754	11 130	706	25	1 008	1 112	5,6	17,9	100	4,8	18,0
Écorce	46,5	5,38	0,56	41,4	536	45 290	297	2 080	115	531	3 175	196	41	741	40	13,3	16,5	107	7,8	18,6
Paille de colza	44,8	5,69	0,34	44,7	34	11 100	25	8 970	653	567	194	551	2	1 943	2 814	4,8	17,7	100	3,9	18,1
Chardon	43,0	5,73	1,03	41,8	411	13 380	238	13 130	12 310	2 308	1 074	795	10	2 002	17 280	9,9	16,8	101	8,3	17,6
Sapin sans écorce	47,8	6,10	0,05	43,9	51	784	15	311	3	103	25	23	3	41	3	0,3	19,2	98	0,2	18,9
Sous-produits d'olives épuisées	46,0	5,45	1,37	38,7	2 214	13 860	1512	23 870	166	2 955	10 060	1 474	133	1 336	2 074	11,5	19,3	103	9,1	18,4
Bois avec colle	50,7	5,78	0,25	42,9	39	4 180	52	944	83	484	80	6	4	167	89	1,5	20,5	101	0,9	19,7
Algues	32,3	4,20	2,49	36,1	11 250	19 230	4 440	9 885	11 505	7 620	74 880	1 433	321	20 525	1 847	31,5	12,8	107	32,2	14,6
Coquilles de noix de coco	49,2	5,54	0,22	45,0	263	697	164	3 410	1 900	575	1 785	128	12	380	1 788	2,1	19,6	102	1,6	19,3
Noix d'amande	49,1	6,17	0,22	47,3	108	2 765	237	4 165	49	313	2 430	199	14	177	93	1,9	19,5	105	1,6	19,3
Noyaux de palme	50,8	5,87	0,32	42,8	619	5 460	487	1 240	92	517	8 010	272	31	310	149	3,1	20,2	103	3,1	19,7

NOTE Tous les résultats sont exprimés sur une base sèche