

# NORME INTERNATIONALE

ISO  
3087

Deuxième édition  
1987-04-15



---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION  
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION  
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

---

## **Minerais de fer — Détermination de l'humidité d'une livraison**

*Iron ores — Determination of moisture content of a consignment*

## 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 normalement 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.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 3087 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 102, *Minerais de fer*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 3087 : 1974), dont elle constitue une révision technique.

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

# Minerais de fer — Détermination de l'humidité d'une livraison

## 0 Introduction

Le commerce international actuel des minerais de fer porte sur de tels tonnages qu'une modification infime de la teneur mesurée en humidité (pourcentage en masse) d'une même livraison peut avoir des répercussions considérables sur les transactions. La détermination correcte de l'humidité d'une livraison est donc une affaire importante tant pour l'acheteur que pour le vendeur.

Cette deuxième édition de l'ISO 3087 comporte les modifications essentielles suivantes :

- a) l'inclusion d'un échantillon pour essai de granulométrie inférieure à 31,5 mm ;
- b) l'ajout de l'annexe B traitant des méthodes de correction de l'humidité due à la pluie ou aux projections d'eau.

La présente Norme internationale ne vise pas à déterminer la teneur en humidité hygroscopique d'un échantillon pour analyse chimique. Dans ce cas, on se reportera au mode opératoire spécifié dans l'ISO 2596, *Minerais de fer — Détermination de l'humidité hygroscopique dans les échantillons pour analyse — Méthodes gravimétrique et de Karl Fischer*.

À la présente Norme internationale sont jointes trois annexes :

- L'annexe A spécifie la méthode à utiliser en cas de difficulté de tamisage, broyage et division d'un échantillon collant ou trop humide. Dans ce cas, l'échantillon peut être séché au préalable jusqu'à ce que le mode opératoire puisse se poursuivre sans problème et la détermination de la teneur en humidité de la livraison avant séchage doit s'effectuer par la méthode spécifiée dans l'annexe A.
- L'annexe B spécifie les méthodes permettant de corriger l'humidité pour tenir compte de la pluie ou des projections d'eau. Si une livraison est exposée à la pluie ou à des projections d'eau pour lutter contre la poussière, la teneur en humidité déterminée doit être corrigée pour tenir compte de cette addition d'eau suivant les indications de l'annexe B.

- L'annexe C indique, à titre d'information, la fidélité des mesures d'humidité de la méthode spécifiée dans la présente Norme internationale.

## 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode pour la détermination de la valeur moyenne de la teneur en humidité d'une livraison de minerais de fer.

Cette méthode est applicable à tous les minerais de fer, naturels ou traités (par exemple, concentrés, agglomérés, boulettes ou briquettes). Cependant, certaines limonites, certains sulfures, certains minerais à haute teneur en eau de constitution peuvent donner des résultats erronés, dans les conditions prescrites ci-après.

## 2 Références

ISO 3081, *Minerais de fer — Échantillonnage par prélèvements — Méthode manuelle*.

ISO 3082, *Minerais de fer — Échantillonnage par prélèvements et préparation des échantillons — Méthode mécanique*.

ISO 3083, *Minerais de fer — Préparation des échantillons — Méthode manuelle*.

## 3 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables.

**3.1 échantillon pour humidité :** Échantillon prélevé pour la détermination de l'humidité de la livraison ou d'une partie de la livraison.

**3.2 échantillon pour essai :** Échantillon prêt pour la détermination de l'humidité préparé à partir de chaque prélèvement, chaque sous-échantillon, ou de l'échantillon global, conformément à la méthode spécifiée pour l'échantillon pour humidité.

**3.3 prise d'essai :** Partie représentative de l'échantillon pour essai actuellement soumise à la mesure de l'humidité.

Si la quantité totale de l'échantillon pour essai est soumise à la mesure de l'humidité, l'échantillon pour essai peut aussi être appelé « prise d'essai ».

## 4 Principe

Séchage de la prise d'essai dans de l'air à 105 °C jusqu'à masse constante. Détermination de l'humidité par établissement de la perte en masse de l'échantillon quand il est chauffé à 105 °C.

## 5 Appareillage

**5.1 Plateau de séchage,** ayant une surface lisse, exempt de souillure, et pouvant contenir la quantité spécifiée d'un échantillon en une couche de moins de 31,5 mm d'épaisseur.

**5.2 Étuve,** équipée d'un indicateur de température et d'un appareil de contrôle, capable d'assurer le réglage et le maintien de la température en tous les points de l'étuve à ± 5 °C de la température souhaitée, parcourue par un courant d'air assurant le séchage efficace de l'échantillon sans aucune perte d'échantillon, et munie d'un ventilateur assurant en même temps la circulation de l'air et son renouvellement au moins trois fois par heure.

**5.3 Dispositif de pesée,** d'une précision d'au moins 0,05 % de la masse initiale d'un échantillon.

## 6 Échantillons

On utilisera des échantillons pour essai prélevés conformément à l'ISO 3081 ou l'ISO 3082 et préparés selon l'ISO 3082 ou l'ISO 3083. La masse de la prise d'essai est spécifiée au tableau 1, conformément aux indications de l'ISO 3082 ou de l'ISO 3083 en fonction de la granulométrie « passant 100 % ».

Tableau 1 — Masse minimale de la prise d'essai

Granulométrie de la prise d'essai « passant 100 % » (mm)	Masse minimale de la prise d'essai (kg)
31,5	10
22,4	5
10,0	1

## 7 Mode opératoire

### 7.1 Nombre de mesures de l'humidité

Effectuer une mesure de l'humidité par prise d'essai sur le nombre de prises d'essai spécifié au tableau 2, en fonction des conditions de préparation de l'échantillon pour essai.

Effectuer toutes les pesées initiales des prises d'essai en même temps et aussi vite que possible après constitution des prises d'essai.

Tableau 2 — Nombre de prises d'essai

Préparation de l'échantillon pour essai	Nombre de prises d'essai à tester	Nombre de sous-échantillons par livraison
Par échantillon global	4	—
Par sous-échantillon	4	2
	2 minimum	3 à 7
	1 minimum	>8
Par prélèvement	1 minimum	—

### 7.2 Mesure

Étaler la prise d'essai en une couche de moins de 31,5 mm d'épaisseur sur le plateau de séchage (5.1) taré et déterminer la masse totale immédiatement. Noter la masse totale, la masse du plateau de séchage, la masse initiale de la prise d'essai et la valeur numérique de 0,05 % de la masse initiale de la prise d'essai.

Placer le plateau de séchage avec la prise d'essai dans l'étuve (5.2) portée à 105 °C et maintenir cette température pendant au moins 4 h. Retirer de l'étuve le plateau de séchage avec la prise d'essai et peser immédiatement pendant qu'ils sont encore chauds pour éviter la réabsorption d'humidité. D'une autre façon, la prise d'essai peut être pesée après refroidissement dans l'air, dans un récipient fermé hermétiquement. Dans chaque cas, noter la méthode de pesée.

Placer à nouveau le plateau de séchage avec la prise d'essai dans l'étuve, chauffer durant 1 h et répéter la pesée.

Répéter le mode opératoire décrit ci-dessus, jusqu'à ce que la différence de masse entre les déterminations successives devienne inférieure ou égale à 0,05 % de la masse initiale de la prise d'essai.

#### NOTES

- Le dispositif de pesée doit être protégé de l'influence de la chaleur.
- Dans le cas de séries de mesures de l'humidité effectuées sur le même type de minerai de fer, la durée du chauffage de la prise d'essai peut être déterminée par des essais de contrôle préalables.
- À des fins pratiques, la prise d'essai de 10 kg de granulométrie inférieure à 31,5 mm peut être divisée en deux prises, chacune soumise à une mesure de l'humidité. Lors du calcul des résultats, les valeurs des masses initiales et des pertes de masse par séchage de chaque prise d'essai doivent être combinées en une seule.

## 8 Calcul et expression des résultats

### 8.1 Prise d'essai

Le résultat de la détermination de l'humidité,  $w_i$ , exprimée en pourcentage en masse, de chaque prise d'essai, est donné par l'équation (1) et calculé à deux décimales près

$$w_i = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad \dots (1)$$

où

$m_1$  est la masse initiale, en grammes, de la prise d'essai;

$m_2$  est la masse, en grammes, de la prise d'essai après séchage.

### 8.2 Livraison

La teneur en humidité d'une livraison est donnée par l'une des équations (2) à (5) selon le cas, et calculée à une décimale près.

**8.2.1** Lorsque la détermination de l'humidité est effectuée sur l'échantillon global de la livraison, la teneur en humidité de la livraison se détermine comme suit :

Si la dispersion des quatre résultats d'essai ne dépasse pas  $1,3r$  comme l'indique le tableau 3, on prend comme teneur en humidité, exprimée en pourcentage en masse, de la livraison la moyenne arithmétique,  $\bar{w}$ , des quatre résultats donnée par l'équation (2)

$$\bar{w} = \frac{w_1 + w_2 + w_3 + w_4}{4} \quad \dots (2)$$

où  $w_1, w_2, w_3$  et  $w_4$  sont les résultats des déterminations de l'humidité, exprimés en pourcentages en masse, sur chacune des quatre prises d'essai.

Si la dispersion des quatre résultats d'essai excède la valeur de  $1,3r$  du tableau 3, on prendra comme teneur en humidité de la livraison la médiane des résultats.

La médiane des quatre résultats d'essai se définit comme la moyenne des deux résultats moyens.

**Tableau 3 — Répétabilité de la détermination de l'humidité sur l'échantillon global**

Teneur moyenne en humidité, $\bar{w}$ [% (m/m)]	Répétabilité, $r$ (%)	$1,3r$ (%)
$\bar{w} < 3$	0,20	0,26
$3 < \bar{w} < 6$	0,25	0,33
$6 < \bar{w}$	0,31	0,40

**8.2.2** Lorsque la détermination de l'humidité est effectuée après échantillonnage à masse constante sur chaque sous-échantillon, la teneur en humidité, exprimée en pourcentage en masse, de la livraison, donnée par l'équation (3) doit être la moyenne pondérée,  $\bar{w}$ , des résultats de tous les sous-échantillons, en considérant le nombre de prélèvements dans chaque sous-échantillon

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^k N_i w_i}{\sum_{i=1}^k N_i} \quad \dots (3)$$

où

$k$  est le nombre de sous-échantillons;

$N_i$  est le nombre de prélèvements dans le  $i^{\text{ème}}$  sous-échantillon;

$w_i$  est le résultat de la détermination de l'humidité, exprimé en pourcentage en masse, du  $i^{\text{ème}}$  sous-échantillon, donné par l'équation (5), où le nombre de prises d'essai,  $n$ , est égal à 4 ou à 2.

Si l'échantillonnage de la livraison est irréalisable dans son ensemble ou s'il est souhaitable d'échantillonner une livraison par parties séparées de masse inégale, comme dans le cas de l'échantillonnage à temps constant, la teneur en humidité de chaque partie doit être déterminée indépendamment et la teneur en humidité moyenne pondérée,  $\bar{w}$ , exprimée en pourcentage en masse, de la livraison sera calculée à partir des résultats individuels, au moyen de l'équation (4)

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^k m_i w_i}{\sum_{i=1}^k m_i} \quad \dots (4)$$

où

$k$  est le nombre de parties dans la livraison;

$m_i$  est la masse de la  $i^{\text{ème}}$  partie;

$w_i$  est le résultat de la détermination de l'humidité, exprimé en pourcentage en masse, de la  $i^{\text{ème}}$  partie.

**8.2.3** Lorsque la détermination de l'humidité est effectuée sur chaque prélèvement, la teneur en humidité, exprimée en pourcentage en masse, de la livraison donnée par l'équation (5) doit être la moyenne arithmétique,  $\bar{w}$ , des résultats obtenus conformément à 8.1 pour tous les prélèvements

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i}{n} \quad \dots (5)$$

où

$n$  est le nombre de prélèvements;

$w_i$  est le résultat de la détermination de l'humidité, exprimé en pourcentage en masse, du  $i^{\text{ème}}$  prélèvement.

## 9 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes :

- a) la référence à la présente Norme internationale;

- b) les détails nécessaires à l'identification de l'échantillon;
- c) les résultats de l'essai;
- d) le numéro de référence des résultats;
- e) toute observation faite pendant l'essai et toute opération non spécifiée dans la présente Norme internationale susceptible d'avoir affecté les résultats.

Quatre exemples sont donnés dans les tableaux 4, 5, 6 et 7. Le tableau 4 est le procès-verbal d'essai de la détermination de l'humidité d'une prise d'essai. Le tableau 5 est principalement utilisé pour le calcul de l'humidité de la livraison à partir de sous-échantillons prélevés à masse constante, tandis que le tableau 6 servira pour l'échantillonnage à temps constant. Le tableau 7 est un procès-verbal de détermination de l'humidité d'une livraison sur quatre prises d'essai provenant de l'échantillon global.

**Tableau 4 — Exemple de procès-verbal d'essai pour la détermination de l'humidité d'une prise d'essai**

Type et qualité du minerai de fer :			
Désignation et importance de la livraison :			
Échantillon n° :	Masse minimale de la prise d'essai : 5 kg	Granulométrie de la prise d'essai (passant 100 %) : 22,4 mm	Date :
Masse totale avant séchage (g)	(1)	6 015	
Masse du plateau de séchage (g)	(2)	950	
Masse initiale de la prise d'essai (g)	(3) = (1) - (2)	5 065	
Valeur de 0,05 % de la masse initiale de la prise d'essai (g)	(4) = $\frac{(3)}{2\,000}$	2,5	
		masse	différence *
Masse totale après 4 h de séchage (g)	(5)	5 805	
Masse totale après 1 h de séchage supplémentaire (g)	(6)	5 795	(5) - (6) 10
Masse totale après encore 1 h de séchage supplémentaire (g)	(7)	5 793	(6) - (7) 2
Perte totale due au séchage (g)	(8) = (1) - (7)	222	
Humidité, $w_f$ (%)	(9) = $\frac{(8)}{(3)} \times 100$	4,38	
Remarques :	Méthode de pesée (voir 7.2)		
Opérateur :			

\* La différence (5) - (6) était de 10 g et était supérieure à (4); aussi 1 h supplémentaire de séchage a été effectuée. La différence (6) - (7) fut de 2 g, donc inférieure à (4). Ainsi, le séchage de la prise d'essai était terminé.

**Tableau 5 – Exemple de fiche de calcul et de rapport pour la détermination de l'humidité d'une livraison sur des sous-échantillons (échantillonnage à masse constante)**

Réf. n°:		Méthode utilisée: ISO 3087				Méthode de pesée (voir 7.2)			
Échantillon n°:		Masse minimale de la prise d'essai: 5 kg			Granulométrie de la prise d'essai (passant 100 %): 22,4 mm				
Date:		Type et qualité du minerai de fer:			Nom de la livraison:			Opérateur:	
Sous-échantillon n°	(1) Nombre de prélèvements	(2) Masse totale avant séchage (g)	(3) Masse totale après séchage (g)	(4) Masse du plateau de séchage (g)	(5) = (2) - (4) Masse initiale de la prise d'essai (g)	(6) = (3) - (4) Masse de la prise d'essai séchée (g)	(7) = (5) - (6) Perte due au séchage (g)	(8) = $\frac{(7)}{(5)} \times 100$ Résultat de la détermination de l'humidité, $w_i$ (%)	(9) (1) × (8)
1	5	6 015	5 793	950	5 065	4 843	222	4,38	21,90
2	5	6 110	5 895	953	5 157	4 942	215	4,17	20,85
3	5	5 970	5 755	946	5 024	4 809	215	4,28	21,40
4	6	6 280	6 060	955	5 325	5 105	220	4,13	24,78
5	6	5 970	5 750	948	5 022	4 802	220	4,38	26,28
6	5	6 021	5 804	951	5 070	4 853	217	4,28	21,40
7	5	6 123	5 905	953	5 170	4 952	218	4,22	21,10
8	6	6 378	6 154	949	5 429	5 205	224	4,13	24,78
Total	43								182,49
Teneur en humidité de la livraison, $\bar{w}$ (%) = $\frac{\sum(9)}{\sum(1)} = \frac{182,49}{43} = 4,24 \approx 4,2$									
Remarques:									



**Tableau 6 — Exemple de fiche de calcul et de rapport pour la détermination de l'humidité d'une livraison sur des sous-échantillons (échantillonnage à temps constant)**

Réf. n°:		Méthode utilisée : ISO 3087				Méthode de pesée (voir 7.2)			
Échantillon n°:		Masse minimale de la prise d'essai : 5 kg			Granulométrie de la prise d'essai (passant 100 %) : 22,4 mm				
Date:		Type et qualité du minerai de fer:			Nom de la livraison:			Opérateur:	
Sous-échantillon n°	(1) Masse de la <i>i</i> ème partie (t)	(2) Masse totale avant séchage (g)	(3) Masse totale après séchage (g)	(4) Masse du plateau de séchage (g)	(5) = (2) - (4) Masse initiale de la prise d'essai (g)	(6) = (3) - (4) Masse de la prise d'essai séchée (g)	(7) = (5) - (6) Perte due au séchage (g)	(8) = $\frac{(7)}{(5)} \times 100$ Résultat de la détermination de l'humidité, $w_i$ (%)	(9) (1) × (8)
1	1 520	6 105	5 873	951	5 154	4 922	232	4,50	6 840
2	1 710	6 007	5 785	950	5 057	4 835	222	4,39	7 507
3	1 565	6 130	5 906	953	5 177	4 953	224	4,33	6 776
4	1 478	5 983	5 760	949	5 034	4 811	223	4,43	6 548
5	1 330	6 042	5 807	952	5 090	4 855	235	4,62	6 145
6	1 623	6 112	5 916	948	5 164	4 968	196	3,80	6 167
7	1 587	5 980	5 760	952	5 028	4 808	220	4,38	6 951
8	1 431	6 210	6 003	950	5 260	5 053	207	3,94	5 638
Total	12 244								52 572
Teneur en humidité de la livraison, $\bar{w}$ (%) = $\frac{\sum(9)}{\sum(1)} = \frac{52\,572}{12\,244} = 4,29 \approx 4,3$									
Remarques:									



**Tableau 7 — Exemple de procès-verbal d'essai pour la détermination de l'humidité d'une livraison sur quatre prises d'essai prélevées sur un échantillon global**

Type et qualité du minerai de fer :									
Désignation et importance de la livraison :									
Échantillon n° :		Masse minimale de la prise d'essai : 5 kg		Granulométrie de la prise d'essai (passant 100 %) : 22,4 mm				Date :	
Masse totale avant séchage (g)	(1)	6 004		6 015		5 970		5 988	
Masse du plateau de séchage (g)	(2)	957		950		946		948	
Masse initiale de la prise d'essai (g)	(3) = (1) - (2)	5 047		5 065		5 024		5 040	
Valeur de 0,05 % de la masse initiale de la prise d'essai (g)	(4) = $\frac{(3)}{2\ 000}$	2,5		2,5		2,5		2,5	
		masse	différence	masse	différence	masse	différence	masse	différence
Masse totale après 4 h de séchage (g)	(5)	5 800		5 805		5 768		5 791	
Masse totale après 1 h de séchage supplémentaire (g)	(6)	5 793	(5) - (6) 7	5 795	(5) - (6) 10	5 757	(5) - (8) 11	5 779	(5) - (6) 12
Masse totale après encore 1 h de séchage supplémentaire (g)	(7)	5 792	(6) - (7) 1	5 793	(6) - (7) 2	5 755	(6) - (7) 2	5 777	(6) - (7) 2
Perte totale due au séchage (g)	(8) = (1) - (7)	212		222		215		211	
Humidité de chaque prise d'essai (%)	(9) = $\frac{(8)}{(3)} \times 100$	4,20		4,38		4,28		4,18	
Dispersion (%)		0,20							
Répétabilité (%) × 1,3 (tableau 3)		0,33							
Teneur en humidité de la livraison (%)		$\frac{4,20 + 4,38 + 4,28 + 4,18}{4} = 4,26 \approx 4,3$							
Remarques :	Méthode de pesée (voir 7.2)								
Opérateur :									

## Annexe A

## Détermination de l'humidité des minerais de fer collants ou humides

(Cette annexe fait partie intégrante de la norme.)

**A.0** Lorsqu'il est difficile de tamiser, de concasser et de diviser un échantillon parce qu'il est collant ou trop humide, on peut le présécher au préalable jusqu'à ce que la préparation puisse se poursuivre sans problème.

Dans ce cas, l'humidité éliminée lors du préséchage doit être obtenue comme spécifié aux chapitres A.1 à A.8.

**A.1** Déterminer la masse initiale de l'échantillon pour essai.

**A.2** Étaler l'échantillon en une couche d'épaisseur uniforme et le sécher à l'air ou dans une étuve à une température ne dépassant pas 105 °C. La température et la durée du préséchage choisies ne doivent pas dépasser le stade où le minerai pourrait réabsorber de l'humidité pendant le traitement ultérieur.

**A.3** Après préséchage, déterminer à nouveau la masse de l'échantillon.

**A.4** Calculer la teneur en humidité,  $w_p$ , exprimée en pourcentage en masse, de la prise d'essai, de l'échantillon préséché à l'aide de l'équation (6)

$$w_p = \frac{m'_1 - m'_2}{m'_1} \times 100 \quad \dots (6)$$

où

$m'_1$  est la masse initiale de l'échantillon, en grammes ;

$m'_2$  est la masse de l'échantillon après préséchage, en grammes.

**A.5** Préparer les prises d'essai pour la mesure de l'humidité à partir de l'échantillon préséché, conformément au chapitre 6.

**A.6** Déterminer la perte de masse par séchage de la prise d'essai de la manière indiquée au chapitre 7 et calculer la teneur en humidité supplémentaire, en pourcentage en masse, de la manière indiquée en 8.1.

**A.7** Calculer la teneur en humidité totale (c'est-à-dire au moment de la réception),  $w_{pd}$ , exprimée en pourcentage en masse, de la prise d'essai à l'aide de l'équation (7)

$$w_{pd} = w_p + \frac{100 - w_p}{100} \times w_d \quad \dots (7)$$

où  $w_d$  est la teneur en humidité supplémentaire déterminée suivant 8.1 après préséchage, exprimée en pourcentage en masse.

NOTE — Manipuler l'échantillon et peser sa masse initiale et sa masse après préséchage avec soin pour garantir la fidélité de la mesure de l'humidité éliminée lors du préséchage.

**A.8** Déterminer la teneur en humidité de la livraison, en pourcentage en masse, de la manière indiquée en 8.2.

**A.9** Si la masse de l'échantillon pour humidité n'est pas importante, tout l'échantillon peut être séché pour déterminer l'humidité suivant la méthode spécifiée dans la présente Norme internationale.