

NORME  
INTERNATIONALE

**ISO**  
**10278**

Première édition  
1995-04-01

---

---

**Acier — Dosage du manganèse —  
Méthode par spectrométrie d'émission  
atomique de plasma avec couplage inductif**

iTeh STANDARD PREVIEW

*(Steel — Determination of manganese content — Inductively coupled  
plasma atomic emission spectrometric method*

ISO 10278:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/102fa12f-2f46-4c0a-b0c4-fd519d08baae/iso-10278-1995>

INTERNATIONAL

ISO



Numéro de référence  
ISO 10278:1995(F)

## 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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 10278 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 17, *Acier*, sous-comité SC 1, *Méthodes de détermination de la composition chimique*.

L'annexe A fait partie intégrante de la présente Norme internationale. Les annexes B et C sont données uniquement à titre d'information.

© ISO 1995

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

# Acier — Dosage du manganèse — Méthode par spectrométrie d'émission atomique de plasma avec couplage inductif

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit une méthode par spectrométrie d'émission atomique de plasma avec couplage inductif, pour le dosage du manganèse dans les aciers non alliés.

La méthode est applicable à des teneurs en manganèse comprises entre 0,002 % (m/m) et 1,5 % (m/m).

ISO 3696:1987, *Eau pour laboratoire à usage analytique — Spécification et méthodes d'essai.*

ISO 5725:1986, *Fidélité des méthodes d'essai — Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode d'essai normalisée par essais interlaboratoires.*

## 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 377-2:1989, *Prélèvement et préparation des échantillons et éprouvettes en aciers corroyés — Partie 2: Échantillons pour la détermination de la composition chimique.*

ISO 385-1:1984, *Verrerie de laboratoire — Burettes — Partie 1: Spécifications générales.*

ISO 648:1977, *Verrerie de laboratoire — Pipettes à un trait.*

ISO 1042:1983, *Verrerie de laboratoire — Fioles jaugées à un trait.*

## 3 Principe

Mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange d'acides chlorhydrique et nitrique et dilution de la solution à un volume connu. Si nécessaire, addition de scandium ou d'yttrium comme étalon interne. Nébulisation de la solution dans un spectromètre d'émission atomique de plasma avec couplage inductif et mesurage de l'intensité de la lumière émise par le manganèse à 257,61 nm et, éventuellement, dans le même temps, de la lumière émise par le scandium à 361,38 nm ou par l'yttrium à 371,03 nm.

## 4 Réactifs

Au cours de l'analyse et sauf indication contraire, utiliser uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue et de l'eau de qualité 2 spécifiée dans l'ISO 3696.

**4.1 Fer pur**, contenant moins de 0,000 1 % (m/m) de manganèse.

**4.2 Acide chlorhydrique**,  $\rho$  environ 1,19 g/ml, dilué 1 + 1.

**4.3 Acide nitrique**,  $\rho$  environ 1,40 g/ml, dilué 1 + 1.

#### 4.4 Manganèse solution étalon.

**4.4.1 Solution étalon de manganèse A**, correspondant à 0,5 g de Mn par litre.

Peser, à 0,1 mg près, 0,500 g de manganèse métal [pureté > 99,9 % (*m/m*)] (voir note 1) et transvaser dans un bécher de 200 ml. Ajouter 30 ml d'acide chlorhydrique (4.2), couvrir avec un verre de montre et chauffer pour dissoudre lentement. Refroidir à température ambiante, transvaser quantitativement dans une fiole jaugée de 1 000 ml et diluer au trait repère avec de l'eau puis homogénéiser.

1 ml de cette solution étalon contient 0,5 mg de Mn.

NOTE 1 Le manganèse métal à haute pureté peut contenir de grandes quantités d'oxygène. Il faut donc doser l'oxygène avant d'utiliser le métal.

**4.4.2 Solution étalon de manganèse B**, correspondant à 0,05 g de Mn par litre.

Transvaser 20,0 ml de la solution étalon de manganèse A (4.4.1) dans une fiole jaugée de 200 ml, diluer au trait repère avec de l'eau puis homogénéiser.

1 ml de cette solution étalon contient 0,05 mg de Mn.

**4.5 Solution étalon interne de scandium**, correspondant à 1 g de Sc par litre.

Peser, à 1 mg près, 1,534 g d'oxyde de scandium [ $\text{Sc}_2\text{O}_3$ , pureté > 99,98 % (*m/m*)]. Introduire dans un bécher de 500 ml et mettre en solution dans 40 ml d'acide nitrique (4.3). Transvaser quantitativement dans une fiole jaugée de 1 000 ml et diluer au trait repère avec de l'eau puis homogénéiser.

1 ml de cette solution étalon interne contient 1 mg de Sc.

**4.6 Solution étalon interne d'yttrium**, correspondant à 1 g de Y par litre.

Peser, à 1 mg près, 1,270 g d'oxyde d'yttrium [ $\text{Y}_2\text{O}_3$ , pureté > 99,98 % (*m/m*)]. Introduire dans un bécher de 500 ml et mettre en solution dans 50 ml d'acide chlorhydrique (4.2). Transvaser quantitativement dans une fiole jaugée de 1 000 ml et diluer au trait repère avec de l'eau puis homogénéiser.

1 ml de cette solution étalon interne contient 1 mg de Y.

## 5 Appareillage

Toute la verrerie jaugée doit être de classe A, conformément à l'ISO 385-1, à l'ISO 648 ou à l'ISO 1042, selon le cas.

Matériel courant de laboratoire, et

**5.1 Spectromètre d'émission atomique**, avec plasma à couplage inductif (ICP-AES).

L'ICP-AES utilisé sera satisfaisant si, après optimisation conformément à 7.4.1, il correspond aux critères de rendement indiqués de 5.1.1 à 5.1.5.

Le spectromètre peut être de type simultané ou séquentiel. Si un spectromètre séquentiel est équipé d'un dispositif supplémentaire pour le mesurage simultané de la raie de l'étalon interne (scandium ou yttrium), il peut être utilisé pour la technique de l'étalon interne. S'il n'est pas équipé, on ne peut pas travailler avec étalon interne et la variante sans étalon interne sera utilisée.

**5.1.1 Résolution pratique du spectromètre** (voir A.1)

Calculer la largeur de bande pour Mn 257,61 nm, pour Sc 361,38 nm et pour Y 371,03 nm. La largeur de bande doit être inférieure à 0,040 nm pour chaque raie.

**5.1.2 Stabilité à court terme**

Calculer l'écart-type de dix mesurages de l'intensité absolue ou du rapport d'intensité de la lumière émise par la solution la plus concentrée d'étalonnage pour le manganèse. L'écart-type relatif ne doit pas dépasser 0,9 %.

**5.1.3 Stabilité à long terme**

Calculer l'écart-type de sept valeurs moyennes de trois mesurages de l'intensité absolue ou du rapport d'intensité de la lumière émise par la solution la plus concentrée d'étalonnage pour le manganèse. Chacune des moyennes doit être déterminée à 0,5 h d'intervalle sur une durée totale de 3 h. L'écart-type relatif ne doit pas dépasser 1,8 % pour la technique de l'intensité absolue ou 1,2 % pour la technique de l'étalon interne.

**5.1.4 Concentration équivalente du fond et limite de détection** (voir A.2)

Calculer la concentration équivalente du fond (BEC) et la limite de détection (DL) pour la raie analytique dans une solution ne contenant que l'élément à ana-

lyser. Cette valeur doit être inférieure aux valeurs indiquées dans le tableau 1.

**Tableau 1 — Valeurs BEC et DL**

Raie analytique	Concentration équivalente du fond (BEC)	Limite de détection (DL)
nm	mg/l	mg/l
Mn 257,61	0,6	0,02
Sc 361,38	—	—
Y 371,03	—	—

### 5.1.5 Linéarité de la courbe

La linéarité de la courbe d'étalonnage se vérifie par calcul du coefficient de corrélation. Ce coefficient doit être supérieur à 0,999.

## 6 Échantillonnage

Effectuer l'échantillonnage conformément à l'ISO 377-2 ou à la norme nationale appropriée pour les aciers.

## 7 Mode opératoire

### 7.1 Prise d'essai

Peser, à 1 mg près, environ 1,00 g d'échantillon pour essai.

### 7.2 Essai à blanc (correspondant au terme zéro)

Effectuer, parallèlement au dosage et en suivant le même mode opératoire, un essai à blanc avec les mêmes quantités de tous les réactifs, y compris le fer pur (4.1).

### 7.3 Dosage

#### 7.3.1 Préparation de la solution d'essai

Placer la prise d'essai (7.1) dans un bécher de 200 ml. Ajouter 10 ml d'acide nitrique (4.3), couvrir le bécher avec un verre de montre et chauffer doucement jusqu'à ce que l'effervescence cesse. Ajouter 10 ml d'acide chlorhydrique (4.2) et continuer à chauffer jusqu'à mise en solution complète.

Refroidir à température ambiante et transvaser la solution quantitativement dans une fiole jaugée de 200 ml. Si l'on utilise la technique de l'étalon interne, avec une pipette, ajouter 2 ml de la solution étalon interne de scandium (4.5) ou 10 ml de la solution étalon interne d'yttrium (4.6). Diluer au trait repère avec de l'eau et homogénéiser.

#### 7.3.2 Préparation des solutions d'étalonnage

Introduire dans une série de six béchers de 200 ml, 1,00 g ± 0,01 g de fer pur (4.1). Ajouter dans chaque bécher 10 ml d'acide nitrique (4.3); couvrir le bécher d'un verre de montre et chauffer doucement jusqu'à fin d'effervescence. Ajouter 10 ml d'acide chlorhydrique (4.2) et continuer à chauffer jusqu'à mise en solution complète.

Refroidir à température ambiante, transvaser les solutions dans six fioles jaugées de 200 ml en rinçant les béchers avec le minimum d'eau.

À l'aide d'une pipette ou d'une burette, ajouter dans les fioles jaugées le volume de solution étalon de manganèse A (4.4.1) indiqué au tableau 2. Si la courbe d'étalonnage est considérée comme non linéaire, des séries d'étalonnage supplémentaires peuvent être utilisées (par exemple, tableaux 3 et 4). Si l'on utilise la technique de l'étalon interne, à l'aide d'une pipette, ajouter 2 ml de la solution étalon interne de scandium (4.5) ou 10 ml de la solution étalon interne d'yttrium (4.6). Diluer au trait repère avec de l'eau et homogénéiser.

**Tableau 2 — Teneurs en manganèse comprises entre 0,002 % (m/m) et 1,50 % (m/m)**

Volume de la solution étalon de manganèse A (4.4.1)	Concentration en manganèse	Teneur correspondante en manganèse dans la prise d'essai
ml	µg/ml	% (m/m)
0 <sup>1)</sup>	0	0
5,0	12,5	0,25
10,0	25,0	0,50
15,0	37,5	0,75
20,0	50,0	1,00
30,0	75,0	1,50

1) Terme zéro

**Tableau 3 — Exemple pour des teneurs en manganèse jusqu'à 0,025 % (m/m)**

Volume de la solution étalon de manganèse B (4.4.2) ml	Concentration en manganèse µg/ml	Teneur correspondante en manganèse dans la prise d'essai % (m/m)
0 <sup>1)</sup>	0	0
0,5	0,125	0,002 5
1,0	0,250	0,005 0
2,0	0,500	0,010 0
3,0	0,750	0,015 0
5,0	1,25	0,025 0

1) Terme zéro

**Tableau 4 — Exemple pour des teneurs en manganèse comprises entre 0,025 % (m/m) et 0,25 % (m/m)**

Volume de la solution étalon de manganèse B (4.4.2) ml	Concentration en manganèse µg/ml	Teneur correspondante en manganèse dans la prise d'essai % (m/m)
0 <sup>1)</sup>	0	0
5,0	1,25	0,025
10,0	2,50	0,050
20,0	5,00	0,100
30,0	7,50	0,150
50,0	12,5	0,250

1) Terme zéro

## 7.4 Mesurages spectrométriques

### 7.4.1 Optimisation de l'instrument

Mettre en marche l'ICP-AES et le laisser en fonctionnement 1 h au moins avant d'entreprendre les mesurages.

Régler tous les paramètres instrumentaux, chaque débit de gaz (extérieur, intermédiaire ou central), la position de la torche, les fentes d'entrée, les fentes de sortie, la tension du tube photomultiplicateur, la longueur d'onde de la raie analytique du manganèse (257,61 nm), du scandium (361,38 nm) ou de l'yttrium (371,03 nm), le temps de prépulvérisation et le temps d'intégration selon les instructions du fabricant de l'appareil et les directives permettant d'obtenir une intensité optimale pour le manganèse lorsqu'on mesure la concentration la plus élevée de la solution d'étalonnage.

Rappeler le programme permettant de mesurer l'intensité sur la raie du manganèse et de calculer la moyenne et l'écart-type.

Si l'on utilise un étalon interne, rappeler le programme permettant d'utiliser la raie de scandium (361,38 nm) ou la raie d'yttrium (371,03 nm) comme étalon interne et de calculer le rapport entre l'intensité du manganèse et celle du scandium ou de l'yttrium. L'intensité de l'étalon interne doit être mesurée en même temps que celle de l'élément à analyser.

Vérifier les caractéristiques de fonctionnement de l'instrument données en 5.1.1 à 5.1.5.

### 7.4.2 Mesurage des intensités émises

Vérifier que toutes les solutions à mesurer se trouvent à 1 °C près à la même température si l'on doit mesurer les intensités absolues. Filtrer toutes les solutions sur un papier filtre à texture moyenne. Jeter les premiers 2 ml à 3 ml.

Mesurer l'intensité absolue ou le rapport des intensités de la raie analytique en commençant par la solution d'étalonnage la moins concentrée (terme zéro correspondant à l'essai à blanc).

Continuer avec deux ou trois solutions d'essai inconnues, puis avec la solution la moins concentrée suivante, deux ou trois solutions inconnues, etc. Mesurer de cette façon toutes les solutions inconnues en même temps que les solutions d'étalonnage permet de maîtriser toute dérive entre les solutions d'étalonnage et les solutions d'essai inconnues. Pour chaque solution, réaliser cinq intégrations et vérifier que la stabilité à court terme est la même que celle spécifiée en 5.1.2, puis calculer l'intensité moyenne ou le rapport moyen des intensités pour chaque solution.

Soustraire l'intensité absolue moyenne ou le rapport moyen des intensités ( $I_0$ ) du terme zéro de l'intensité absolue moyenne ou du rapport moyen des intensités ( $I_i$ ) de chaque solution, pour obtenir l'intensité nette absolue ou le rapport net des intensités ( $I_N$ ), comme suit:

$$I_N = I_i - I_0$$

### 7.4.3 Préparation de la courbe d'étalonnage

Utiliser un calculateur électronique pour établir une régression linéaire entre les points correspondant aux intensités nettes ou aux rapports nets d'intensité sur l'axe des y et à la concentration, exprimée en microgrammes par millilitre, de manganèse dans la solution d'étalonnage sur l'axe des x.

Calculer le coefficient de corrélation. Ce coefficient doit correspondre aux spécifications de 5.1.5.

## 8 Expression des résultats

### 8.1 Méthode de calcul

À l'aide du calculateur électronique, convertir l'intensité nette absolue ou le rapport net des intensités en concentration correspondante, exprimée en microgrammes par millilitre de manganèse dans la solution d'essai, en utilisant la courbe d'étalonnage (voir 7.4.3).

La teneur en manganèse,  $w_{Mn}$ , exprimée en pourcentage en masse, est donnée par l'équation

$$w_{Mn} = \frac{\rho_{Mn} \times 200}{10^6} \times \frac{100}{m} + w_{Mn,0} = \frac{\rho_{Mn}}{50m} + w_{Mn,0}$$

où

$\rho_{Mn}$  est la concentration, exprimée en microgrammes par millilitre, de manganèse dans la solution d'essai;

$w_{Mn,0}$  est la teneur en manganèse, exprimée en pourcentage en masse, dans le fer pur (4.1) (elle peut être négligée lorsqu'elle n'influence pas l'exactitude);

$m$  est la masse, en grammes, de la prise d'essai (7.1).

### 8.2 Fidélité

L'essai planifié de cette méthode a été effectué par 28 laboratoires de 12 pays à six niveaux de teneur en manganèse, chaque laboratoire effectuant trois dosages (voir notes 2 et 3) du manganèse à chaque niveau.

Les échantillons d'essai utilisés sont indiqués au tableau B.1.

Les résultats obtenus ont été traités statistiquement selon l'ISO 5725 à partir des données obtenues sur les échantillons contenant du manganèse à six niveaux dans le domaine d'application.

Les données obtenues montrent une relation logarithmique entre la teneur en manganèse et la répétabilité ( $r$ ) et la reproductibilité ( $R$  et  $R_w$ ) des résultats d'essai (voir note 4) comme résumé dans le tableau 5. La représentation graphique des données est indiquée à l'annexe C.

Tableau 5 — Données de fidélité

Teneur en manganèse % (m/m)	Répétabilité $r$	Reproductibilité	
		$R$	$R_w$
0,002	0,000 23	0,000 64	0,000 38
0,005	0,000 44	0,001 2	0,000 71
0,010	0,000 73	0,001 9	0,001 1
0,020	0,001 2	0,003 0	0,001 8
0,050	0,002 3	0,005 5	0,003 4
0,100	0,003 8	0,008 8	0,005 4
0,200	0,006 3	0,013 9	0,008 6
0,500	0,012 1	0,025 7	0,016 0
1,00	0,019 9	0,040 8	0,025 6
1,50	0,026 6	0,053 5	0,033 7

#### NOTES

2 Deux des trois dosages ont été effectués dans les conditions de répétabilité comme définies dans l'ISO 5725, c'est-à-dire un opérateur, le même appareillage, des conditions opératoires identiques (même étalonnage) et une période de temps minimale.

3 Le troisième dosage a été effectué à un moment différent (jour différent), par le même opérateur, comme décrit en note 2, en utilisant le même appareillage avec un nouvel étalonnage.

4 À partir des valeurs obtenues le 1<sup>er</sup> jour, la répétabilité ( $r$ ) et la reproductibilité ( $R$ ) ont été calculées selon la procédure prescrite dans l'ISO 5725. À partir de la première valeur obtenue le 1<sup>er</sup> jour et le résultat obtenu le 2<sup>e</sup> jour, la reproductibilité intralaboratoire ( $R_w$ ) a été calculée.

## 9 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes:

- toutes les informations nécessaires pour identifier l'échantillon, le laboratoire et la date de l'analyse;
- la méthode utilisée par référence à la présente Norme internationale;
- les résultats obtenus et la forme sous laquelle ils sont exprimés;
- tout élément inhabituel noté pendant le dosage;
- toute opération non spécifiée dans la présente Norme internationale ou toute opération facultative susceptible d'avoir influencé les résultats.

## Annexe A (normative)

### Méthode de détermination des critères instrumentaux

Les valeurs des critères instrumentaux à utiliser pour la préparation des méthodes normalisées d'analyse par spectrométrie d'émission atomique de plasma avec couplage inductif doivent être décidées à partir des résultats des essais interlaboratoires par le groupe de travail compétent.

#### A.1 Résolution pratique du spectromètre

La résolution est soumise à définition théorique mais son évaluation pratique implique normalement un balayage des longueurs d'onde autour de la raie spectrale considérée, un tracé du profil correspondant, un mesurage de la largeur de pic à mi-hauteur de celui-ci et le calcul de la résolution en nanomètres. Un exemple est donné à la figure A.1.

#### A.2 Concentration équivalente du fond et limite de détection

Préparer trois solutions contenant les éléments à analyser au niveau de concentration zéro, à 10 fois la limite de détection et à 1 000 fois la limite de détection. Ces solutions doivent aussi normalement contenir des concentrations en acides, agents fondants et éléments de matrice similaires à celles des échantillons à analyser.

Nébuliser la solution à 1 000 fois la limite de détection et attendre environ 10 s après l'arrivée de la solution dans le plasma pour garantir une nébulisation stable. Régler les conditions opératoires et instrumentales pour l'élément en question.

Se placer avec soin sur le maximum du pic à la longueur d'onde définie et choisir un gain convenable du photomultiplicateur (si cela ne se fait pas automatiquement) de façon que l'intensité mesurée ait quatre chiffres significatifs. Régler le temps d'intégration à 3 s.

#### A.2.1 Détermination de la limite de détection

Nébuliser la solution d'essai à blanc pendant environ 10 s. Effectuer 10 relevés pendant le temps d'intégration défini.

Nébuliser la solution à 10 fois la limite de détection pendant environ 10 s. Effectuer 10 relevés pendant le temps d'intégration défini.

À partir des valeurs d'intensité obtenues pour le blanc et la solution à 10 fois la limite de détection, calculer les intensités moyennes  $\bar{X}_1$  et  $\bar{X}_b$  et l'écart-type de la solution d'essai à blanc  $s_b$ .

Calculer l'intensité moyenne nette pour la solution à 10 fois la limite de détection à l'aide de l'équation suivante:

ISO 10278:1995

$$\bar{X}_{n1} = \bar{X}_1 - \bar{X}_b$$

Calculer la limite de détection (DL) pour l'élément considéré selon l'équation suivante:

$$DL = 3s_b \times \frac{\rho_1}{\bar{X}_{n1}}$$

où  $\rho_1$  est la concentration, exprimée en microgrammes par millilitre, de la solution à 10 fois la limite de détection.

Il est à noter que les limites de détection calculées de cette manière ont une large marge d'erreur en raison du nombre limité de mesures répétées.

#### A.2.2 Détermination de la concentration équivalente du fond

Calculer la concentration équivalente du fond (BEC) selon l'équation suivante:

$$BEC = \frac{\bar{X}_b}{\bar{X}_{n1}} \times \rho_1$$



## Annexe B (informative)

### Renseignements supplémentaires sur les essais coopératifs internationaux

Les données de répétabilité et de reproductibilité du tableau 5 ont été obtenues à partir des résultats d'essais analytiques internationaux effectués en 1991 sur six échantillons d'acier par 28 laboratoires dans 12 pays.

Les résultats de ces essais ont fait l'objet du document 17/1 N 940 d'avril 1992 et du document ISO/TC 17 SC 1 N 992 de juin 1993. La représentation graphique des données de fidélité est donnée à l'annexe C.

Les échantillons d'essai sont indiqués au tableau B.1.

**Tableau B.1**

Échantillon	Teneur en manganèse % (m/m)			Fidélité		
	Certifié	Trouvé		Répétabilité <i>r</i>	Reproductibilité	
		$\bar{w}_{Mn,1}$	$\bar{w}_{Mn,2}$		<i>R</i>	<i>R<sub>w</sub></i>
JSS 003-2 (fer de haute pureté)	0,001 8	0,001 71	0,001 73	0,000 19	0,000 54	0,000 40
ECRM 097-1 (fer de haute pureté)	0,006 4	0,006 59	0,006 51	0,000 62	0,001 38	0,000 73
ECRM 090-1 (acier non allié)	0,226	0,226 0	0,225 2	0,005 4	0,018 5	0,007 7
ECRM 081-1 (acier non allié)	0,605	0,602 8	0,602 2	0,016 7	0,041 0	0,020 8
ECRM 051-1 (acier non allié)	1,18	1,190	1,191	0,025	0,035	0,028
ECRM 089-1 (acier non allié)	1,376	1,382	1,383	0,022	0,042	0,035

$\bar{w}_{Mn,1}$  : moyenne générale sur un même jour.  
 $\bar{w}_{Mn,2}$  : moyenne générale sur deux jours.