

# Le contrôle de l'atmosphère dans le traitement des métaux

## Qui sommes-nous ? Les services techniques les équipements d'Air Products font la différence

Jour après jour, Air Products apporte une touche positive dans l'existence de consommateurs du monde entier. La société est reconnue pour sa culture de l'innovation, son excellence opérationnelle et son engagement permanent pour la sécurité et l'environnement. L'objectif d'Air Products est de tisser avec sa clientèle et les communautés environnantes des relations durables basées sur des qualités humaines : la compréhension de leurs besoins, l'intégrité et l'honnêteté dans la manière dont nous gérons nos affaires et la passion qui nous conduit à dépasser les attentes.

### Air Products aujourd'hui

- Plus de 20 000 employés dans le monde
- Des activités dans plus de 50 pays

### Transformation des métaux

Depuis plus de 70 ans, les entreprises de transformation des métaux du monde entier ont appris à faire confiance aux gaz industriels, aux atmosphères gazeuses et à l'assistance technique d'Air Products pour améliorer la qualité de leurs produits, réduire leurs coûts d'exploitation et augmenter leur productivité. Nous proposons des gaz industriels, des équipements et des techniques de manipulation des gaz, des additifs, avec la possibilité de fournir ces produits au niveau mondial, et – le plus important – une expérience industrielle et un savoir-faire inégalés au service de votre réussite.

Les entreprises de transformation des métaux ont besoin d'innovations pour améliorer les opérations de frittage, brasage, recuit, carburation, nitruration et de durcissement neutre. C'est pourquoi ceux qui se tournent vers les atmosphères d'Air Products sont de plus en plus nombreux.

Nous garantissons que chaque atmosphère est parfaitement adaptée pour chaque client. Nos spécialistes industriels, grâce à leur expérience, et notre personnel d'assistance sur le terrain peuvent :

- Vous aider à choisir la composition atmosphérique la mieux adaptée
- Sélectionner et fournir des équipements de mélange et de contrôle des débits
- Réaliser des analyses d'atmosphères sur site afin de garantir l'uniformité d'atmosphère du four, du contrôle du carbone et des propriétés physiques et métalliques

- Optimiser le fonctionnement de votre four pour en réduire les coûts d'exploitation
- Réaliser des analyses métallographiques et chimiques de pointe (SEM, ESCA, SAM, ISS, SIMS)
- Mettre en place des formations à la sécurité
- Tester les atmosphères sur vos pièces dans les fours de nos laboratoires
- Organiser une démonstration de notre système sur votre site



Les spécialistes d'Air Products sont prêts à vous apporter leur aide pour sélectionner l'atmosphère la mieux adaptée à la transformation des métaux.

## Le recuit

Les atmosphères gazeuses pour le recuit peuvent aller des mélanges à base d'azote avec de l'hydrogène destinés aux aciers au carbone (pour améliorer la microstructure, l'aspect des surfaces et réduire les contraintes résiduelles) à de l'hydrogène à 100 % (pour les aciers inoxydables ou pour accélérer le traitement par lots des composants de l'acier au carbone).

Pour pratiquement toutes les opérations de recuit, Air Products propose une atmosphère prête à l'emploi. Qu'il s'agisse de recuit de métaux ferreux ou non-ferreux, notre large gamme d'atmosphères peut garantir que vos exigences particulières en matière d'atmosphères pourront être pleinement satisfaites.

L'azote, généralement le composant principal des atmosphères, constitue la base inerte qui empêche la survenue de réactions indésirables. Un agent réducteur, comme l'hydrogène ou un hydrocarbure, est souvent ajouté pour ajuster le potentiel réducteur de l'atmosphère.

Dans la mesure où nos atmosphères sont nombreuses à ne pas contenir les hydrocarbures sans réaction généralement présents dans les atmosphères générées de façon exothermique, l'amélioration de la qualité des surfaces permet souvent de réduire considérablement les coûts de nettoyage et de décapage post-traitement thermique, qui peuvent parfois s'élever à 80 %.

Air Products propose une gamme complète de systèmes d'atmosphères, qui excellent dans une large variété d'applications de recuit.

### Recuit de l'acier inoxydable

Nos atmosphères azote / hydrogène et nos atmosphères à l'hydrogène pur procurent une qualité d'atmosphère optimale pour le traitement des bandes, fils et tubes en acier inoxydable.

Toute atmosphère contenant de l'azote telle que l'ammoniaque craqué peut favoriser la formation de nitrure de chrome dans de

nombreux aciers inoxydables.

Bien que l'apparence de la surface paraisse acceptable, les nitrures intergranulaires produites peuvent réduire la résistance du matériau à la corrosion. Nos atmosphères 100 % hydrogène atteignent le point de rosée bas, un fort potentiel de réduction et le contrôle nécessaire pour une propreté de surface accrue sans formation de nitrure. (Voir Figures 1 et 2)

Figure 1 : Composition de l'atmosphère pour recuit de l'acier inoxydable

Composants de l'atmosphère	Ammoniaque craqué	Atmosphères d'Air Products
% N <sub>2</sub>	25	0–70
% H <sub>2</sub>	75	30–100
Ppm O <sub>2</sub>	10–35	5
Point de rosée °F (°C)	-20 à -60 (-29 à -51°C)	-90 (-68°C)
Ppm NH <sub>3</sub>	5–100	—

Figure 2 : Oxydoréduction de l'acier inoxydable contenant 18 % de chrome à 2000 °F (1093 °C)

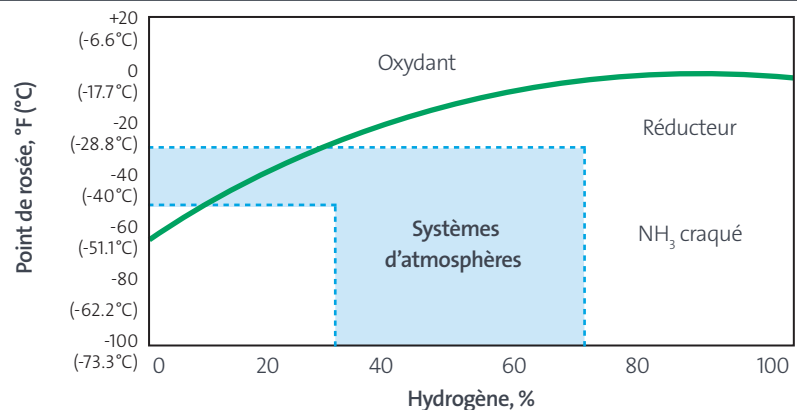
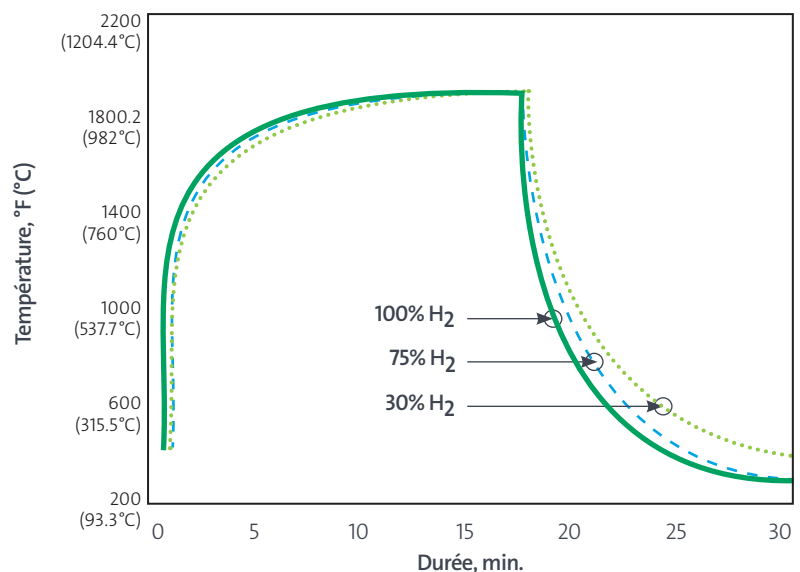


Figure 3 : Effet de la composition de l'atmosphère sur les vitesses de chauffage et de refroidissement



La conductivité thermique très élevée de l'hydrogène pur par rapport à d'autres atmosphères permet d'améliorer la qualité du produit et l'efficacité thermique.

## Recuit (suite)

### Recuit de l'acier au carbone et alliages

Lors du recuit de produits en tôle ou en rouleau dans des fours à cloche à convection élevée, l'utilisation d'hydrogène 100 % pur peut réduire de moitié la durée du cycle, ce qui permet des augmentations potentielles de la production (voir Figure 3). De plus, la densité extrêmement basse des atmosphères à l'hydrogène pur réduit la consommation électrique des ventilateurs du four, ce qui permet de réaliser des économies d'énergie pouvant atteindre 35 %.

Pour une qualité supérieure et un meilleur contrôle, nos atmosphères à base d'azote sont performantes pour pratiquement tous les types de produits ferreux, y compris les tôles, les bandes et les fils. Un niveau d'hydrogène compris entre 4 et 10 % fournit le potentiel de réduction permettant d'empêcher l'oxydation et la décarburation. Les dépôts de carbone néfastes sont éliminés.

Les émissions de monoxyde de carbone toxiques sont réduites. Des petites quantités d'hydrocarbure maîtrisées maintiennent le potentiel de carbone nécessaire pour assurer une qualité constante (Voir Figure 4). L'utilisation d'atmosphères contenant plus de 5 % d'hydrogène n'est autorisée que dans les fours approuvés pour cela. Nos experts peuvent vous aider à comprendre si votre four peut être utilisé avec des atmosphères contenant plus de 5 % d'hydrogène et assurer la sécurité de votre environnement d'exploitation.

### Recuit des métaux non ferreux

Nos systèmes d'atmosphères pour le recuit des métaux non ferreux permettent de maintenir l'uniformité nécessaire pour des surfaces exemptes d'oxydes et des propriétés métallurgiques des matériaux non ferreux, tels que les

Figure 4 : Composition de l'atmosphère pour recuit de l'acier au carbone et des alliages

Composants de l'atmosphère	Endothermique	Exothermique	Atmosphères d'Air Products
% N <sub>2</sub>	40	70-98	90-100
% H <sub>2</sub>	40	2-15	0-10
Ppm O <sub>2</sub>	10-150	10-75	5
Point de rosée °F (°C)	+10 à +50 (-12,2 à 10°C)	-30 à +50 (-34,4 à 10°C)	-90 (-67,7°C)
% CO	20	2-12	—
% CO <sub>2</sub>	<1	1-10	—
% CH <sub>4</sub>	<1	<1	0-1

Figure 5 : Composition de l'atmosphère pour recuit des métaux non ferreux (Cu)

Composants de l'atmosphère	Exothermique	Ammoniaque craqué	Atmosphères d'Air Products
% N <sub>2</sub>	70-98	25	90-100
% H <sub>2</sub>	2-15	75	0-10
Ppm O <sub>2</sub>	10-75	10-35	5
Point de rosée °F (°C)	-30 à +50 (-34,4 à 10°C)	-20 à -60 (-28,8 à -51°C)	-90 (-67,7°C)
% CO	2-12	—	—
% CO <sub>2</sub>	1-10	—	—
% CH <sub>4</sub>	0,02-0,10	—	—
Ppm NH <sub>3</sub>	—	50-100	—

Figure 6 : Composition de l'atmosphères pour recuit électrique de l'acier

Composants de l'atmosphère	Exothermique	Atmosphères d'Air Products
% N <sub>2</sub>	70-98	84-100
% H <sub>2</sub> %	2-15	0-16
Ppm O <sub>2</sub>	10-75	5
Point de rosée °F (°C)	-30 à +50 (-34,4 à 10°C)	-50 à +70 (-45,5 à 21,1°C)
% CO	2-12	—
% CO <sub>2</sub>	1-10	—
% CH <sub>4</sub>	0,02-0,10	—

tubes et bandes en aluminium, en cuivre ou en laiton.

Un niveau d'hydrogène de 1 à 10 % dans une base d'azote fournit le potentiel de réduction permettant d'obtenir une qualité optimale des surfaces et un minimum de nettoyage (Voir Figure 5)

### Le recuit de l'acier électrique

Nos atmosphères azote / hydrogène avec addition contrôlée d'oxydants procurent des propriétés électriques optimales pour les aciers de qualité pour les moteurs, les transformateurs et les générateurs. Une atmosphère de meilleure qualité et uniforme permet d'obtenir une qualité de la

tôle équivalente pour des matières premières de moins bonne qualité (Voir Figure 6).

Par conséquent, les propriétés électriques comme la perte dans le noyau et la perméabilité ainsi que les propriétés d'isolation procurées par le bleuissement d'oxyde peuvent être maximisées par le contrôle précis du mélange de l'atmosphère. Nos atmosphères permettent jusqu'à 15 % d'amélioration de la qualité électrique par rapport aux autres atmosphères.



## Brasage

Nos atmosphères pour le brasage maintiennent la composition de l'atmosphère afin d'optimiser la résistance et l'intégrité des pièces. La surface des produits reste propre sans sacrifier la qualité du produit. La mouillabilité peut être contrôlée.

L'azote est utilisé comme gaz porteur avec de faibles pourcentages d'hydrogène, qui a un rôle d'agent réducteur. Si nécessaire, de petites quantités d'hydrocarbures peuvent être ajoutées pour contrôler et réduire le point de rosée afin de compenser la décarburation. Un contrôle strict du rapport point de rosée / hydrogène permet de braser des aciers à forte teneur en carbone, des aciers inoxydables et des métaux non ferreux (voir Figure 7). Le contrôle constant du flux de métal d'apport permet d'améliorer la résistance mécanique des joints brasés et la qualité des surfaces des pièces.

### La mouillabilité du brasage est optimisée

En raison de la flexibilité du point de rosée du four et de la teneur en hydrogène, le potentiel de réduction de l'atmosphère peut être contrôlé pour varier la mouillabilité du brasage. Dans les cas où l'on souhaite un flux de brasage minimum, comme pour le brasage de joints à espacement large, le potentiel de réduction peut être diminué avec des points de rosée élevés et des niveaux d'hydrogène inférieurs. Pour les joints à espacement étroit ou pour les besoins de grande mouillabilité, le potentiel de réduction de l'atmosphère peut être augmenté en abaissant les points de rosée bas et en augmentant les niveaux d'hydrogène.

Figure 7 : Composition de l'atmosphère de brasage

Composants de l'Atmosphère	Exothermique	Ammoniaque craqué	Atmosphères** d'Air Products
% N <sub>2</sub>	70-98	25	98
% H <sub>2</sub>	2-20	75	2
Ppm O <sub>2</sub>	10-75	10-35	5
Point de rosée °F (°C)	-30 à +50 (-34,4 à 10°C)	-20 à -60 (-28,8 à -51°C)	*
% CO	2-10	—	—
% CO <sub>2</sub>	1-6	—	—
% CH <sub>4</sub>	0,02-0,10	—	—
Ppm NH <sub>3</sub>	—	50-100	—

Matériau de base	Cas particuliers	% H <sub>2</sub>	Point de rosée
Fer	—	2	Bas
Fer	Pièces huilées	3	Contrôlé
Fer	Teneur élevée en carbone	2	Bas
Fer	Espace à joint large	2	Contrôlé
Acier inoxydable	—	30-100	Contrôlé
Laiton	Point de fusion bas	5-25	Bas

\* Contrôlé à différents niveaux, en fonction de l'application.

\*\* Type

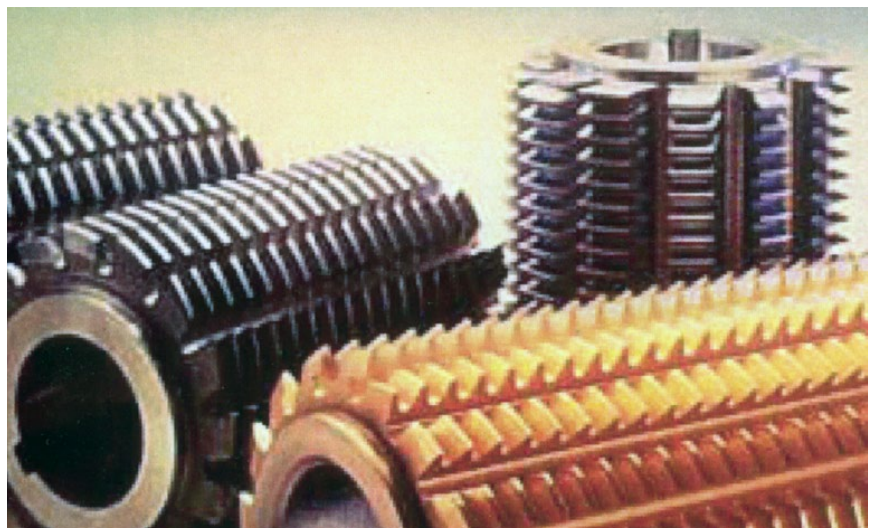
### Les surfaces de brasage sont propres

Les huiles de coupage et autres résidus empêchent souvent d'obtenir un flux de brasage correct. Les atmosphères d'Air Products peuvent produire des atmosphères humidifiées pour éliminer ces matières carbonneuses de la surface de brasage. Avec la modification du point de rosée, le potentiel de réduction de l'atmosphère à base d'azote reste encore supérieur à celui d'un système de gaz exothermique en raison de la présence de petites quantités d'hydrogène.

Aucun sacrifice sur la qualité du produit. Le flux peut être éliminé. Les opérations de nettoyage sont généralement superflues.

### La décarburation est évitée

Pour le produit de brasage ou pour les pièces à forte teneur en carbone, la décarburation causée par un point de rosée excessif peut être un problème majeur. Le point de rosée de l'azote est inférieur à -68 °C. Les niveaux d'oxygène et de dioxyde de carbone sont inférieurs à 5 ppm et permettent d'éviter la décarburation.



## Carburation / durcissement neutre

Les atmosphères d'Air Products sont disponibles pour la carburation, le durcissement neutre, la carbonituration, la nitruration et la nitrocarburation. Azote, méthanol et une petite quantité de gaz d'enrichissement sont mélangés dans le four pour créer une atmosphère dont la composition est, pour l'essentiel, identique à celle des gaz endothermiques soit 20 % de CO, 40 % d'H<sub>2</sub>, et 40 % de N<sub>2</sub>.

Les atmosphères d'Air Products présentent l'avantage d'une meilleure maîtrise de l'atmosphère, ce qui assure une qualité constante des pièces, une réduction des coûts opérationnels, des augmentations considérables de la productivité et un fonctionnement simple (Voir Figure 8).



Crédit photo : Surface Combustion

**Figure 8 : Composition de l'atmosphère de carburation / durcissement neutre**

Composants de l'atmosphère	Endothermique	Atmosphères d'Air Products
% N <sub>2</sub>	40	40
% H <sub>2</sub>	40	40
% CO	20	20
% CO <sub>2</sub>	<1	<1
Ppm O <sub>2</sub>	10-150	5
Point de rosée °F (°C)	+10 à +50 (-12,2 à 10°C)	-10 à +40 (-23,3 à 4,4°C)

### Les atmosphères peuvent être contrôlées

Avec les atmosphères d'Air Products, la composition du gaz endo est pratiquement reproduite en mélangeant de l'azote pur avec du méthanol liquide au point d'injection de la zone chaude du four.

En variant la quantité de gaz d'enrichissement, le potentiel carbonique du four peut être réglé pour satisfaire vos exigences spécifiques en matière d'atmosphère.

### Carburation à vide basse pression

Air Products a élaboré des solutions de trempe au gaz haute pression pour répondre aux exigences élevées des technologies de carburation à vide basse pression. Nous mettons à votre disposition des fonctions de trempe au gaz jusqu'à 40 bar avec de l'azote, de l'argon ou de l'hélium. Nous recommandons un équipement spécifique selon le type et le volume de gaz requis. Le stockage du gaz à haute pression peut résulter d'une conception personnalisée et être optimisé de manière à répondre aux exigences spécifiques du procédé et de la fréquence de trempe.

### Les atmosphères sont des solutions efficaces

L'élimination de la génération de gaz endo et de la maintenance associée a un effet majeur sur la réduction des coûts. Avec les atmosphères d'Air Products, il est possible de contrôler facilement et rapidement le flux total et la composition des gaz pour répondre aux exigences de chaque phase du cycle de carburation. La capacité de réduction rapide du flux propre au système élimine la compensation nécessaire à la réduction d'infiltration d'air, ce qui permet de réduire le débit de 50 %. Le système de contrôle des atmosphères d'Air Products augmente automatiquement le flux avec une purge à l'azote inerte lors du chargement ou de la trempe ou en cas de dysfonctionnement du four, ce qui permet d'optimiser l'efficacité et la sécurité du fonctionnement.



## Frittage

Les atmosphères d'Air Products pour le frittage constituent un excellent moyen d'améliorer la qualité des composants frittés. Les changements de dimensions sont minimisés. Les niveaux de carbone dans le noyau et à la surface du métal en poudre sont mieux préservés, pour un meilleur contrôle de la dureté. Les systèmes d'atmosphère sont également conçus pour améliorer l'élimination des lubrifiants.

L'équilibre de l'atmosphère du four est maintenu en tenant compte de la conception du four, des conditions de traitement, de la composition d'atmosphère adaptée et d'une bonne répartition à l'intérieur du four.

Les atmosphères d'Air Products sont principalement à base d'azote, additionné de petites quantités de gaz de réduction ou d'oxydation, qui procurent une atmosphère optimale dans chaque zone spécifique du four de frittage. Ces atmosphères sont carboneutres. Elles réduisent la carburation négative et les tendances à la décarburation, typiques des atmosphères de type endothermique. Avec les atmosphères d'Air Products, les modifications de la composition de l'atmosphère et du point de rosée typiques des atmosphères endothermiques et de l'ammoniaque craqué, sont réduites (Voir Figure 9).

### Frittage des matériaux ferreux

Pour le frittage de pièces typiques à base de fer, le système d'atmosphère à base d'azote garantit une qualité supérieure grâce au contrôle du carbone et à une plus grande robustesse des pièces frittées. En ajustant les gaz de réduction et les autres gaz d'enrichissement, nous pouvons adapter l'atmosphère pour répondre au mieux aux exigences spécifiques des alliages et des composants en cours de frittage.



Crédit photo : ST. Mary's Pressed Metals

Figure 9 : Composition de l'atmosphères de frittage

#### Composants de l'atmosphère à base d'azote d'Air Products

Composants	N <sub>2</sub> -H <sub>2</sub>	Ammoniaque	N <sub>2</sub> -Endo**
% N <sub>2</sub>	0-100	85-100	85-100
% H <sub>2</sub>	0-100	0-10	0-10
% CO	—	—	—
Point de rosée °F (°C)	-90 à -10 (-67,7 à -23,3°C)	-70 à -10 (-56,6 à -23,3°C)	-50 à +30 (-45,5 à -1°C)
% O <sub>2</sub>	5	5	5
% CO <sub>2</sub>	—	—	—
% CH <sub>4</sub>	<1	<1	1

Des petites quantités d'hydrocarbures, tels que le gaz naturel, peuvent être utilisées pour parvenir à un contrôle supplémentaire des points de rosée. En augmentant la quantité de gaz de réduction utilisée, nous pouvons fritter l'acier inoxydable et autres alliages difficiles à fritter comme les qualités d'alliages supérieurs durcissables par frittage. Air Products a également élaboré des solutions exclusives pour l'élimination plus efficace des lubrifiants, l'infiltration de cuivre et la prolongation de la durée de vie du tapis du four.

### Frittage des métaux non ferreux

Dans les applications de frittage des métaux non ferreux, le contrôle du carbone n'est pas important et les propriétés du frittage dépendent plus du pouvoir réducteur de l'atmosphère. Par une sélection adaptée du type et de la quantité de ces gaz d'enrichissement, il est possible de contrôler spécifiquement les

propriétés métallurgiques, la qualité des surfaces et les dimensions.

### Traitement des poudres

Air Products fournit également des gaz et des atmosphères personnalisées pour différentes autres technologies associées, comme l'atomisation et la recuit des poudres, la compression isostatique à chaud, le moulage de métaux par injection et les formages de poudres.



.....  
Pour plus d'informations, veuillez nous contacter au :

**Belgium**

Air Products NV/SA  
T 00800 0031 0032  
E [beinfo@airproducts.com](mailto:beinfo@airproducts.com)  
[airproducts.be](http://airproducts.be)  
[airproducts.be/fr](http://airproducts.be/fr)

**Czech Republic**

AIR PRODUCTS spol. s r.o.  
T 0800 100 700  
E [infocz@airproducts.com](mailto:infocz@airproducts.com)  
[airproducts.cz](http://airproducts.cz)

**Germany**

Air Products GmbH  
T +49 (0)234 6105 6300  
F +49 (0)234 6105 6371  
E [apginfo@airproducts.com](mailto:apginfo@airproducts.com)  
[airproducts.de](http://airproducts.de)

**Spain**

Carbueros Metalicos, S.A.  
T +34 902 13 02 02  
E [oferta@carbueros.com](mailto:oferta@carbueros.com)  
[carbueros.com](http://carbueros.com)

**France**

Air Products SAS  
T 0800 480 030  
E [frinfo@airproducts.com](mailto:frinfo@airproducts.com)  
[airproducts.fr](http://airproducts.fr)

**Italy**

SAPIO  
T +39 (0)39 839 82 25  
E [tpm@sapio.it](mailto:tpm@sapio.it)  
[sapio.it](http://sapio.it)

**Netherlands**

Air Products Nederland BV  
T 00800 001 0032  
E [nlinfo@airproducts.com](mailto:nlinfo@airproducts.com)  
[airproducts.nl](http://airproducts.nl)

**Poland**

Air Products Sp. z o.o  
Tel. +48 (0) 801 081 122  
E-mail [infopl@airproducts.com](mailto:infopl@airproducts.com)  
[airproducts.com.pl](http://airproducts.com.pl)

**Portugal**

GASIN – Grupo Air Products  
T +351 (0)229 998 313  
E [proposta@gasin.com](mailto:proposta@gasin.com)  
[gasin.com](http://gasin.com)

**Slovakia**

Air Products Solvakia, s.r.o.  
T 0800 100 700  
E [infosk@airproducts.com](mailto:infosk@airproducts.com)  
[airproducts.sk](http://airproducts.sk)

**United Kingdom**

Air Products PLC  
T 0800 389 0202  
E [apukinfo@airproducts.com](mailto:apukinfo@airproducts.com)  
[airproducts.co.uk](http://airproducts.co.uk)



tell me more\*  
[airproducts.fr](http://airproducts.fr)