

ENGRAIS PHOSPHATES 2019

La teneur moyenne de l'écorce terrestre est de 0,11 % en phosphore.

Le principal minéral est un phosphate calcique naturel, la fluorapatite phosphocalcique – $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ – plus ou moins carbonatée avec une teneur moyenne de 26 à 34 % en P_2O_5 (soit 57 à 74 % en phosphate tricalcique (PTC) – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) pour le minéral marchand.

Les teneurs des minerais de phosphate sont données en P_2O_5 ou en PTC avec 1 % de P_2O_5 = 2,19 % de PTC. L'appellation industrielle du phosphate tricalcique est « Bone Phosphate of Lime » (BPL).

Les principaux gisements de phosphate actuellement exploités sont de deux types :

- sédimentaire (75 % des ressources) par précipitation des phosphates au fond de mers peu profondes, processus au cours duquel le plancton joue un rôle important. Les gisements du Maroc et des États-Unis sont de ce type.
- igné (23 % des ressources) par intrusion de magma au sein de roches cristallines. Les gisements de la presqu'île de Kola (Finlande et Russie) et d'Afrique du Sud sont de ce type.

Autres matières premières :

Phosphate alumino calcique : $\text{CaO}, 2\text{Al}_2\text{O}_3, \text{P}_2\text{O}_5, 5\text{H}_2\text{O}$ (34 % de P_2O_5) produit au Sénégal et utilisé directement comme engrais après calcination vers 600-700°C.

Matière première nécessaire à la fabrication des engrais phosphatés : le [soufre](#) donnant l'[acide sulfurique](#).

Production minière de phosphates

En 2019. Monde : 240 millions de t, Union européenne (Finlande) : 1 million de t.



en milliers de t

Chine	110 000	Arabie Saoudite	6 200
Maroc	36 000	Vietnam	5 500
États-Unis	23 000	Brésil	5 600
Russie	14 000	Égypte	5 000
Jordanie	8 000	Pérou	3 700

Source : USGS

Le maximum de production aux États-Unis a été de 54,4 millions de t, en 1980.

Exprimée en P₂O₅, la production mondiale est, en 2018, de 63,347 millions de t.

Au Maroc, la production est assurée par l'[Office Chérifien des Phosphates](#) (OCP), premier producteur mondial de phosphates naturels avec, en 2019, une production marchande de 35,2 millions de t.

- La principale exploitation minière se situe à Khouribga, à 120 km au sud-est de Casablanca. Exploitée initialement, en 1921, par voie souterraine, et depuis 1951, en exploitation à ciel ouvert avec une capacité de production de 28 millions de t/an et des réserves de 35 milliards de t. Le minerai est acheminé sous forme de pulpe (60 % de minerai – 40 % d'eau) à l'aide d'un minéralduc souterrain de 187 km de long, jusqu'à l'usine de Jorf Lasfar. L'utilisation du pipeline devrait permettre d'augmenter les capacités de production de la mine de Khouribga jusqu'à 38 millions de t/an. En 2015, la production a été de 18,6 millions de t.
- Les sites de Youssoufia, à 230 km au sud de Casablanca, par voie souterraine, et de Benguérir, exploitent le gisement de Gantour qui couvre 2 500 km² et possèdent une capacité de production de 5 millions de t/an avec des réserves de 31 milliards de t. Le minerai est expédié par voie ferroviaire à l'usine et au port de Safi.
- Le site de Boucraâ, à ciel ouvert, situé au Sahara Occidental, exporte le minerai produit, qui titre 36,15 % de P₂O₅, par le port de Laayoune avec une capacité de production de 2,6 millions de t/an.

Les exportations marocaines ont été, en 2019, de 9,5 millions de t de phosphates naturel, soit une part de marché de 34 %.

Aux États-Unis, en 2019, les mines sont situées principalement en Floride (4 mines) et en Caroline du Nord (1 mine), ces 5 mines produisant 75 % du total, ainsi que dans l'Idaho (2 mines), l'Utah (1 mine) et le Wyoming (1 mine).

- Le principal producteur est [Mosaic](#), 2^{ème} producteur mondial, avec, en 2019, 3 mines en activité en Floride, une capacité de production de 16,7 millions de t/an et une production, en 2019, de 12,2 millions de t de minerai à 28,8 % de P₂O₅ soit 56 % de la production nord américaine :
 - à Four Corners, avec une production, en 2019, de 6,5 millions de t,
 - South Fort Meade, avec 4,2 millions de t,
 - Wingate, avec 1,5 million de t,
 - South Pasture, avec 3,2 millions de t/an. En août 2018, la mine a été fermée.

Les réserves prouvées et probables de Mosaic, aux États-Unis, sont de 110,8 millions de t, à 29,5 % de P₂O₅.

Par ailleurs, Mosaic possède 75 % de la mine de Miski Mayo, au Pérou, d'une capacité de production de 4 millions de t/an et 25 % de celle de la région du Umm Wual destinée à alimenter le complexe de Wa'ad Al Shamal, en joint venture avec [Ma'aden](#), en Arabie Saoudite, d'une capacité de production de 3,5 millions de t de produits finis avec, en 2019, une production de 2,2 millions de t.

En janvier 2018 a acquis l'activité engrais de [Vale](#) avec 5 mines de phosphates au Brésil et 40 % de la mine de Miski Mayo au Pérou, avec, en 2019, une production de 4,0 millions de t de minerai au Pérou avec la mine de Miski Mayo.

- Le deuxième producteur des États-Unis est [Nutrien](#), issu de la fusion, le 1^{er} janvier 2018, entre PotashCorp et Agrium, avec une capacité de production de 7,4 millions de t/an avec une mine en Caroline au Nord, à Aurora, avec, en 2019, une production de 4,38 millions de t à 28,28 % de P₂O₅ et une mine en Floride, à White Springs, avec 1,61 million de t à 30,62 % de P₂O₅. Les réserves prouvées et probables sont, début 2018, de 155,3 millions de t à 30,66 % de P₂O₅.

- [Simplot](#), exploite la mine de Smoky Canyon dans le Wyoming, avec une capacité de production de 2 millions de t/an et celle de Vernal dans l'Utah.
- [Itafos](#), a acquis auprès de [Agrium](#), en janvier 2018, la mine de Rasmussen Ridge, dans l'Idaho, avec une capacité de production de 2 millions de t/an et des réserves prouvées et probables de 12,2 millions de t à 26,6 % de P₂O₅. Par ailleurs a débuté l'exploitation de la mine d'Arraias, dans l'État de Tocantins, au Brésil.
- [Monsanto](#), exploite la mine de Blackfoot Bridge, dans l'Idaho, afin d'alimenter son usine de production de [phosphore](#) destiné à produire du [trichlorure de phosphore](#) pour synthétiser l'herbicide glyphosate.

Dans ce pays, la production est intégrée de la mine à la fabrication d'engrais, en passant par celle d'acide phosphorique. Par ailleurs, les États-Unis importent des phosphates naturels, 2,168 millions de t, en 2019, quasi exclusivement en provenance du Pérou, afin d'alimenter leur industrie des engrais phosphatés située au bord du Golfe du Mexique.

En Russie, le groupe [PhosAgro](#), exploite à Kirovsk le dépôt de Khibiny situé dans la péninsule de Kola, dans la région de Mourmansk. L'exploitation minière est à 80 % souterraine et 20 % à ciel ouvert, le minerai étant constitué d'apatite phosphocalcique et de néphéline, cette dernière étant vendue au groupe [Rusal](#) comme matière première pour la production d'[aluminium](#) (voir ce chapitre). En 2019, la production a été de 10,507 millions de t de phosphate et de 1,108 million de t de néphéline. L'essentiel de la production alimente les usines de production d'engrais du groupe et une partie, avec 3,256 millions de t en 2019, est vendue à l'extérieur principalement aux groupes belge [Prayon](#) et norvégien [Yara](#). Les réserves sont de 1,9 milliard de t d'un minerai à 14,78 % de P₂O₅.

Le groupe [Eurochem](#) exploite également dans la péninsule de Kola la mine de Kovdorskiy qui donne du [minerai de fer](#), avec, en 2019, 5,566 millions de t, de l'apatite avec une production de 2,316 millions de t et des concentrés de baddeleyite ([oxyde de zirconium](#), voir ce chapitre), avec 6 300 t. Exploite également une mine de phosphates au Kazakhstan avec, en 2019, une production de 542 000 t.

En Jordanie, la production de 9,223 millions de t en 2019 est assurée par [Jordan Phosphate Mines](#), avec 4 mines, Eshidiya qui a produit 6,005 millions de t en 2018, Al-Abiad, 1,604 million de t, Al Hassa, 1,007 million de t et Russeifa, 0,607 million de t. Les exportations de minerai ont porté sur 5,070 millions de t, le reste de la production étant transformé en engrais à Aqaba. Les réserves sont de 1,25 milliard de t, à 96 % pour la mine d'Eshidiya.

En Tunisie, le gisement, découvert en 1885, est situé au nord du chott el Jerid. La [Compagnie des Phosphates de Gafsa](#) (CPG) exploite le gisement à l'aide de 8 mines à ciel ouvert avec une capacité de production de 8 millions de t/an de minerai. Une partie du minerai extrait présente une bonne solubilité qui permet une utilisation directe, comme engrais, sans transformation chimique.

Toutefois, la plus grande partie du minerai est soit exportée soit transformée en [acide phosphorique](#) et engrais phosphatés dans une usine (M'dhilla) proche de l'exploitation minière ou dans des usines côtières à Sfax, Gabès et Skhira. La production qui était de 8,1 millions de t en 2010, a chuté à 2,3 millions de t en 2011, puis est remontée progressivement à 3,8 millions de t en 2014. De même les exportations qui étaient de 700 000 t en 2010 sont devenues quasi nulles en 2016.

Commerce international : exprimé en P₂O₅, il a porté, en 2018, sur 9,902 millions de t.

Principaux pays exportateurs, en 2019, sur un total, en 2018, de 26,943 millions de t.

en milliers de t

Maroc	9,495	Pérou	809
Jordanie	4 065	Kazakhstan	593
Russie	2 694	Chine	533
Algérie	1 251	Sénégal	500
Togo	896	Syrie	377

Source : ITC

Les exportations marocaines sont destinées à 21 % à l'Inde, 18 % au Mexique, 10 % au Brésil, 8 % à la Turquie.

Principaux pays importateurs, en 2019.

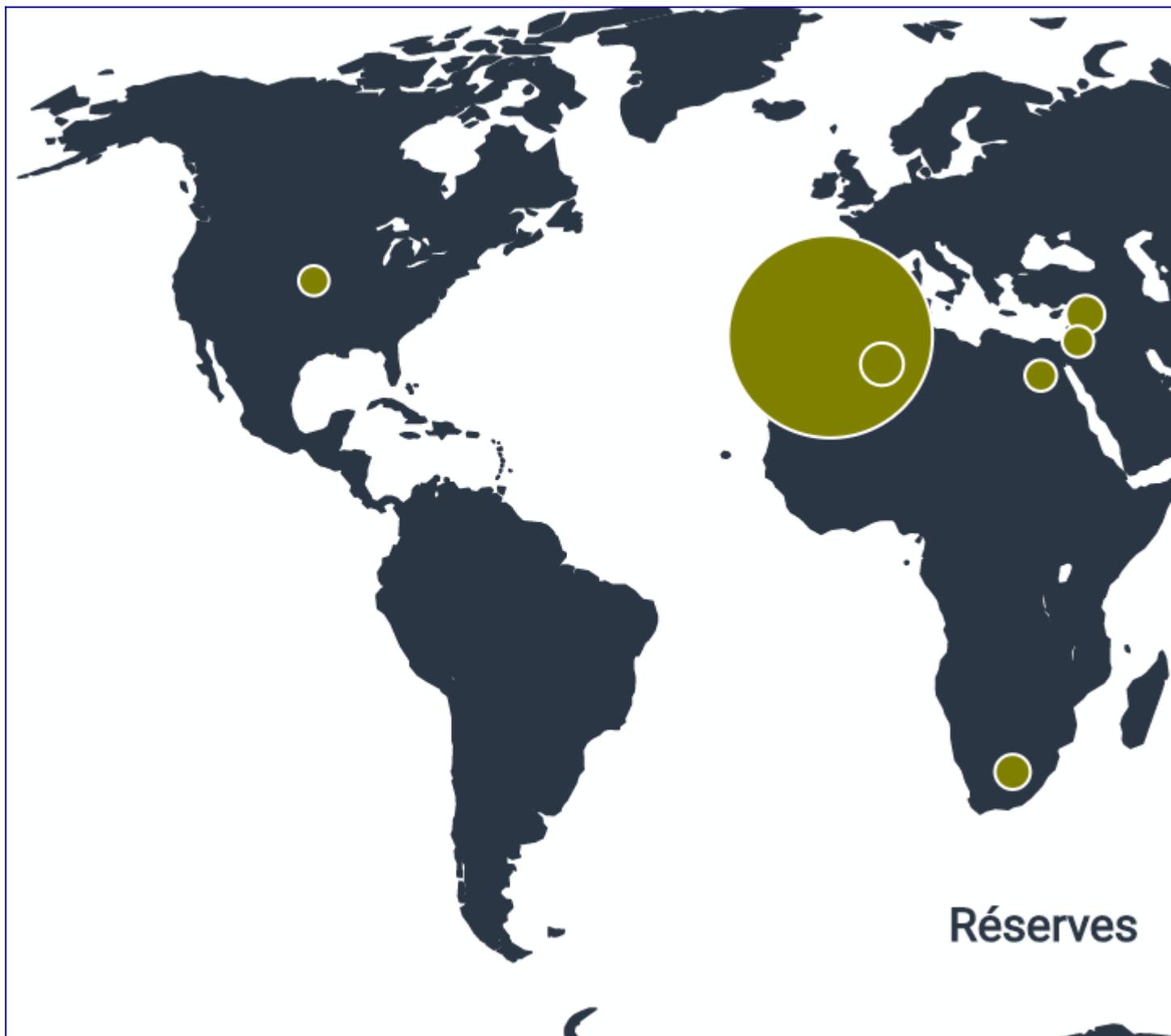
en milliers de t

Inde	7 388	Turquie	1 031
Brésil	2 369	Belgique	908
États-Unis	2 168	Serbie	663
Indonésie	1 757	Biélorussie	613
Pologne	1 364	Corée du Sud	577

Source : ITC

Les importations indiennes proviennent à 39 % de Jordanie, 27 % du Maroc, 18 % d'Égypte, 8 % du Togo.

Réserves : elles sont abondantes mais très inégalement réparties. En 2019. Monde : 69 000 millions de t.



en millions de t

Maroc	50 000	Afrique du Sud	1 400
Chine	3 200	Arabie Saoudite	1 400
Algérie	2 200	Égypte	1 300
Syrie	1 800	Australie	1 200
Brésil	1 700	États-Unis	1 000

Source : USGS

Remarques :

Les phosphates naturels ont une teneur moyenne de l'ordre de quelques centaines de ppm d'[uranium](#) qui peut être récupéré lors de la fabrication de l'[acide phosphorique](#) (cela a été le cas aux États-Unis et au Maroc). Parfois, ils peuvent être considérés comme minerais riches en uranium (4 000 ppm d'U pour les phosphates de Bakouma, en République Centre Africaine). En 1980, 12 % de l'uranium mondial provenait du traitement de phosphates.

Les phosphates contiennent aussi, parfois, du [cadmium](#) (de 5 à 150 ppm), élément qui pose des problèmes de pollution car cet élément se retrouve d'une part dans le [phosphogypse](#) et d'autre part dans les engrais. Les normes de l'Union européenne fixent à moins de 0,75 mg par 1 % de P₂O₅, la teneur en cadmium dans les engrais.

Situation française :

Pas de production de phosphates naturels. Jusqu'à l'arrêt de l'exploitation du minerai de fer lorrain et la production de scories de déphosphoration à partir de la minette de Lorraine qui contient de 1,5 à 2 % de phosphore, la production était, par exemple en 1995-96 de 92 763 t de scories soit 11 942 t en P₂O₅.

Les importations de phosphates naturels, en 2019, sont de 186 056 t en provenance principalement à :

- 84 % du Maroc,
- 12 % d'Algérie.

Fabrication industrielle

Voir le chapitre consacré à l'[acide phosphorique](#).

Quelques phosphates naturels broyés finement (Sénégal, Tunisie, États-Unis) peuvent être utilisés directement comme engrais sur des sols acides, mais en général, les phosphates naturels doivent subir une attaque acide, principalement sulfurique, pour être assimilés par les plantes.

Engrais simples

Le superphosphate normal (15 à 18 % de P₂O₅) est obtenu par attaque du phosphate naturel par l'[acide sulfurique](#) selon la réaction :



Il est constitué principalement par un mélange de phosphate monocalcique et de [sulfate de calcium](#). Sa fabrication nécessite environ 710 kg de phosphate naturel à 63 % de PTC et 370 kg de H₂SO₄ à 100 % pour 1 t de superphosphate. Il est produit et utilisé principalement en Chine, au Brésil et en Inde. Les capacités mondiales de production sont, en 2016, de 12,5 millions de t de P₂O₅.

Le superphosphate triple (TSP) (46 % de P₂O₅), est obtenu par attaque du phosphate naturel par l'acide phosphorique selon la réaction :



Sa fabrication nécessite la production d'[acide phosphorique](#) et consomme 850 kg de H₃PO₄ à 40 % de P₂O₅ et 437 kg de phosphate naturel à 63 % de PCT pour 1 t de superphosphate.

La réaction entre le phosphate naturel et les acides sulfurique ou phosphorique dure entre 20 minutes et 1 heure sur une bande transporteuse de grande largeur (jusqu'à 2 m) avançant à la vitesse de quelques cm/s. Les gaz fluorés sont captés et [HF](#) éliminé par lavage à l'eau. Après la mise en stock, la réaction se poursuit lentement (mûrissement), pendant plusieurs jours. Les installations industrielles produisent jusqu'à 1500 t/j de superphosphate.

La production mondiale est, en 2018, de 2,416 millions de t de P_2O_5 , dont 998 732 t dans l'Union européenne. En 2018, le commerce international a porté sur 1,659 million de t de P_2O_5 .

Le superphosphate concentré (25 % de P_2O_5) obtenu par attaque sulfurique et phosphorique.

Autres modes de fabrication d'engrais phosphatés simples :

- Thermique : obtenu par traitement, à 1 250°C, d'un mélange de phosphate, [Na₂CO₃](#), [SiO₂](#) : donne CaNaPO₄.
- Phosphate dicalcique : (utilisé surtout comme complément dans l'alimentaire animale) obtenu par attaque du phosphate par [HCl](#) ou de l'acide phosphorique : donne CaHPO₄.

Engrais binaires NP

Les phosphates d'ammonium diammonique (DAP) et monoammonique (MAP) sont obtenus par neutralisation de l'[acide phosphorique](#) par l'[ammoniac](#). Les plus courants sont le DAP 18-46-0 (18 % N – 46 % P_2O_5 – 0 % K_2O) et le MAP 11-52-0. Les consommations pour une t de DAP 18-46-0 sont de 145 kg d'ammoniac, 1,91 t de phosphate à 63 % de PTC, 475 kg de soufre et 1,35 t d'acide phosphorique à 40 % de P_2O_5 . Les consommations pour une t de MAP sont de 219 kg d'ammoniac, 1,72 t de phosphate à 63 % de PTC, 475 kg de soufre et 1,175 t d'acide phosphorique à 40 % de P_2O_5 .

Phosphate d'ammonium diammonique (DAP) $(NH_4)_2HPO_4$: principale source de P_2O_5 de l'agriculture mondiale, particulièrement chinoise. La production mondiale est, en 2018, de 15,524 millions de tonnes de P_2O_5 , dont 449 767 t dans l'Union européenne. Le commerce international a porté, en 2018, sur 8,390 millions de t de P_2O_5 .

Phosphate d'ammonium monoammonique (MAP) $NH_4H_2PO_4$: phosphate solide le plus concentré disponible sur le marché. La production mondiale est, en 2018, de 14,807 millions de tonnes de P_2O_5 , dont 168 138 t dans l'Union européenne. Le commerce international a porté, en 2018, sur 5,745 millions de t de P_2O_5 .

Attaque nitrique des phosphates naturels : utilisée en vue d'éviter l'utilisation du [soufre](#), le rejet de [phosphogypse](#) et d'obtenir directement un engrais NP. La difficulté est dans une production de nitrate de calcium très hygroscopique qui est utilisé, dans le nord de l'Europe, sur des sols acides et froids comme engrais de démarrage. Ce procédé est utilisé par Yara, en Norvège.

Productions

En 2018, dans le monde : 44,207 millions de t de P_2O_5 et l'Union européenne : 2,178 millions de t de P_2O_5 .



en milliers de t de P₂O₅

Chine	13 280	Russie	3 993
États-Unis	5 551	Brésil	2 010
Inde	4 591	Arabie Saoudite	1 572
Maroc	4 023	Tunisie	409

Source : FAO

Commerce international :

Principaux pays exportateurs, en 2019.

en milliers de t de P₂O₅

Chine	1 818	Liban	182
Maroc	1 246	Espagne	110
Égypte	789	Jordanie	93
Tunisie	360	Vietnam	78

Pays Bas 283 Belgique 67

Source : ITC

Les exportations chinoises sont destinées à 26 % à l'Indonésie, 15 % au Brésil, 13 % à l'Australie, 13 % à l'Iran, 8 % à la Birmanie.

Principaux pays importateurs, en 2019, sur un total de 8,995 millions de t de P₂O₅, en 2018.

en milliers de t de P₂O₅

Brésil	2 187	Iran	244
Indonésie	1 403	Paraguay	241
Bangladesh	765	Malaisie	229
France	354	États-Unis	222
Australie	280	Cambodge	216

Source : ITC

Les importations brésiliennes proviennent à 36 % d'Égypte, 23 % d'Israël, 19 % du Maroc, 11 % de Chine.

Les engrais phosphatés sont de plus en plus fabriqués dans les pays producteurs de minerai.

Ainsi, la production minière du Maroc est de plus en plus valorisée par transformation du phosphate naturel en acide phosphorique et en engrais phosphatés, souvent en collaboration avec de grands pays consommateurs (Inde, Pakistan, Brésil).

- Les minerais du gisement de Gantour sont traités dans le complexe de Safi pour produire 1,6 million de t d'acide phosphorique, 0,5 million de t de superphosphate triple et 0,4 million de t de phosphate d'ammonium.
- Le minerai du gisement de Khouribga est traité sur le site de Jorf-Lasfar pour produire pour l'OCP, 2,7 millions de t/an d'acide phosphorique. Par ailleurs, cette société a créé diverses jointes ventures pour produire, sur ce même site, de l'acide phosphorique et des engrais phosphatés :
 - avec des sociétés indiennes dans Imacid détenue pour 1/3 par l'OCP, avec 430 000 t de P₂O₅/an dans de l'acide phosphorique,
 - une société pakistanaise dans Pakistan Maroc Phosphore détenue à 50 % par l'OCP, avec 375 000 t de P₂O₅/an dans de l'acide phosphorique,
 - une société brésilienne dans Bunge Maroc Phosphore détenue à 50 % par l'OCP, avec 375 000 t de P₂O₅/an dans de l'acide phosphorique,
 - Emaphos détenue à 1/3 par l'OPC, 1/3 par Prayon (Belgique), 1/3 par CFB (Allemagne), avec 160 000 t/an d'acide phosphorique purifié.

En Tunisie : le minerai est traité sur place dans l'usine de M'dhilla pour produire du superphosphate triple, avec 465 000 t/an, ou acheminé par chemin de fer pour être transformé par le [Groupe Chimique Tunisien](#) (GCT) :

- à Sfax avec 330 000 t/an de TSP,
- à Skhira avec 375 000 t/an de P₂O₅ dans de l'acide phosphorique,
- à Gabès avec 470 000 t/an de P₂O₅ dans de l'acide phosphorique, 1,3 million de t de DAP et 120 000 t/an de phosphate dicalcique destiné à l'alimentation animale.

Aux États-Unis, [Mosaic](#), avec 4 usines et 4,5 millions de t/an de P₂O₅ sous forme d'acide phosphorique détient 58 % des capacités de production d'acide phosphorique du pays. Les usines sont situées en Floride, à Bartow, New Wales, Plant City (temporairement arrêtée) et Riverview et en Louisiane à Uncle Sam qui ne produit que de l'acide phosphorique, les autres usines produisant également divers engrais phosphatés. Par ailleurs, en Louisiane, l'usine de Faustina qui ne produit pas d'acide phosphorique produit divers engrais phosphatés.

Situation française

Voir également le chapitre consacré à l'[acide phosphorique](#).

Arrêt, en 2004, de la dernière usine française de production d'acide phosphorique, celle de Grand Quevilly.

Production, en 2018 : 230 831 t comptées en P₂O₅.

Commerce extérieur : en 2019.

Superphosphate : en t de P₂O₅.

- Les exportations étaient de 1 247 t avec comme principaux marchés à :
 - 32 % l'Allemagne,
 - 20 % l'Irlande,
 - 12 % la Suisse,
 - 5 % la Belgique.
- Les importations s'élevaient à 138 794 t en provenance principalement à :
 - 25 % du Maroc,
 - 25 % d'Israël,
 - 12 % des Pays Bas,
 - 12 % du Liban.

Phosphate d'ammonium diammonique : en t de produit.

- Les exportations étaient de 27 962 t avec comme principaux marchés à :
 - 96 % l'Espagne,
 - 2 % l'Allemagne.
- Les importations s'élevaient à 438 868 t en provenance principalement à :
 - 35 % du Maroc,
 - 34 % de Lituanie,
 - 20 % de Russie,
 - 5 % de Tunisie.

Phosphate d'ammonium monoammonique : en t de produit.

- Les exportations étaient de 651 t avec comme principaux marchés à :
 - 68 % la Belgique,
 - 23 % les Pays Bas,
 - 2 % l'Allemagne.
- Les importations s'élevaient à 62 537 t en provenance principalement à :
 - 58 % de Russie,
 - 19 % du Maroc,

- 8 % d'Allemagne.

Consommations : en 2018/19, en milliers de t de P₂O₅ : 375.

- Engrais phosphatés simples : 105 (318 milliers de t de produit)
- PK : 79 (459 milliers de t de produit)
- DAP-MAP : 110 (243 milliers de t de produit)
- Autres NP et NPK : 80 (773 milliers de t de produit).

Consommation à l'hectare : 17,0 kg de P₂O₅.

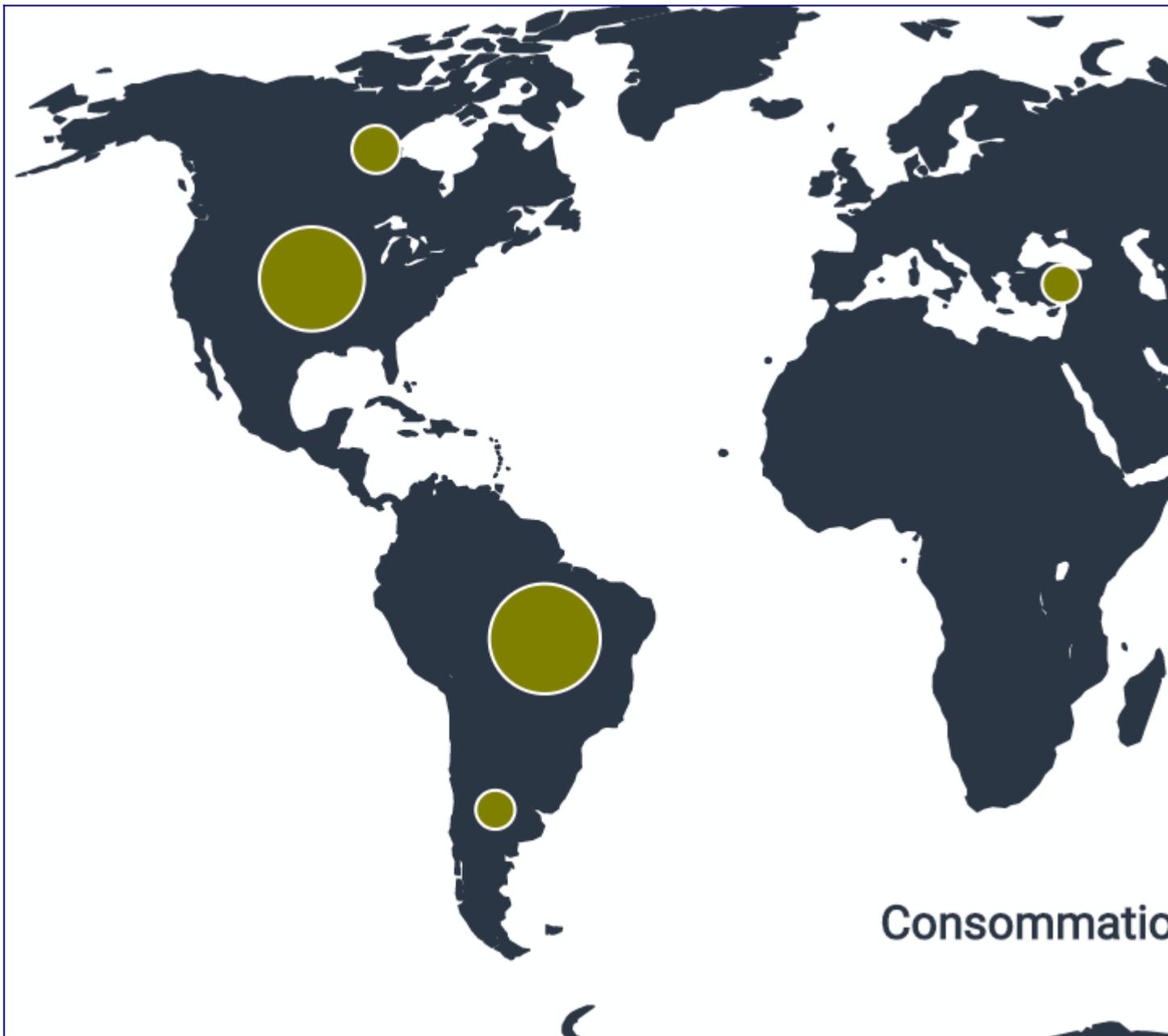
Utilisations

Consommation par produits : dans le monde, en 2018. Total : 45,570 millions de t de P₂O₅.

en milliers de t de P ₂ O ₅			
DAP et MAP	22 653	Autres NP	3 643
Engrais NPK	12 160	Divers autres	734
Superphosphate simple	3 259	Minerai en application directe	378
Superphosphate triple	2 399	PK	343

Source : IFA

Consommation par pays : en 2019-20. Monde : 47,020 millions de t de P₂O₅, Union européenne, en 2018 : 2,655 millions de t de P₂O₅.



en milliers de t de P₂O₅

Chine	9 977	Pakistan	1 173
Inde	7 470	Canada	1 137
Brésil	6 046	Australie	898
États-Unis	4 420	Russie	870
Indonésie	1 358	Argentine	846

Source : [Nutrien Fact book](#)