

## ACIDE PHOSPHORIQUE 2024

Les statistiques concernant l'acide phosphorique  $H_3PO_4$  et les divers phosphates élaborés à partir de l'acide sont exprimées en  $P_2O_5$ , sachant qu'une tonne de  $H_3PO_4$  à 100 % correspond à 0,725 t de  $P_2O_5$ .

### Matières premières

Pour plus de détails, voir le chapitre concernant les [engrais phosphatés](#).

**Principaux minéraux** : ce sont des phosphates calciques naturels, principalement des fluorapatites de formule  $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ . 80 % des apatites extraites dans le monde sont utilisées pour fabriquer  $H_3PO_4$ . Le minerai marchand a une concentration comprise entre 26 et 34 % en  $P_2O_5$ . Pour plus de précisions voir le chapitre sur les [engrais phosphatés](#).

### Production minière de phosphates

en milliers de t de minerai marchand, en 2024, sur un total de 240 millions de t

Chine	110 000	Brésil	5 300
Maroc	30 000	Égypte	5 000
États-Unis	20 000	Pérou	5 000
Russie	14 000	Tunisie	3 300
Jordanie	12 000	Vietnam	2 600
Arabie Saoudite	9 500	Sénégal	2 500

*Source : USGS*

Hors Chine, la capacité mondiale de production est de 147 millions de t/an. La production chinoise ne serait que de 80 à 85 millions de t au lieu des 140 millions de t annoncées officiellement par les autorités.

La seule mine de phosphates en activité dans l'Union européenne, exploitée par [Yara](#), est située en Finlande, à Siilinjärvi. Sa production, en 2020, a été de 995 000 t.

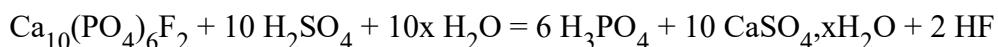
**Commerce international** : voir le produit [engrais phosphatés](#).

**Réserves** : voir le produit [engrais phosphatés](#).

Matière première nécessaire à la fabrication de l'acide phosphorique : le [soufre](#) qui donne l'[acide sulfurique](#).

### Fabrication industrielle

Principalement par voie humide par attaque du phosphate naturel par l'acide sulfurique, à 80°C, selon la réaction :



avec  $x = 0,5$  pour l'obtention de l'hémihydrate et  $x = 2$  pour l'obtention du dihydrate.

On obtient 2 phases principales : liquide (solution de  $H_3PO_4$ ) et solide ([sulfate de calcium](#) appelé phosphogypse). Les rendements par rapport au phosphate sont de 90 à 98,5 %. Les rendements supérieurs ou égaux à 98 % sont obtenus par un procédé de recristallisation de l'hémi ou du dihydrate avec double filtration.

L'[acide fluorhydrique](#) réagit, en partie, avec la [silice](#) présente dans le minerai pour donner de l'acide

fluosilicique ( $H_2SiF_6$ ), le reste est fixé pour éviter son rejet dans l'atmosphère. L'acide fluosilicique est utilisé pour produire des fluosilicates et des [fluorures](#). Chaque semaine, les unités de production doivent être arrêtées pendant environ 16 h pour éliminer, par lavage à l'eau, l'acide fluosilicique et les fluosilicates déposés dans les installations.

La capacité des unités de production est de 600 à 1000 t  $P_2O_5$ /jour.

On distingue deux procédés (dihydrate et hémihydrate) selon l'état d'hydratation du sulfate de calcium  $CaSO_4$ .

**Procédé dihydrate** : c'est le procédé le plus courant (Rhône-Poulenc, [Prayon](#), Nissan, Mitsubishi). La moitié des sites de production utilise la technologie Prayon.

Après broyage du phosphate naturel, celui-ci est attaqué par l'acide sulfurique concentré (à 98,5 %), en présence d'eau. Une filtration à l'aide d'un filtre rotatif permet de séparer l'acide phosphorique (contenant en moyenne 29 % de  $P_2O_5$ ) du phosphogypse. L'acide phosphorique est ensuite concentré par évaporation de l'eau afin d'obtenir un acide à 54 % de  $P_2O_5$ , soit un acide à 75 % de  $H_3PO_4$ .

Ce procédé présente l'inconvénient de produire un acide relativement peu concentré (de 26 à 32 % de  $P_2O_5$ ) qui nécessite une importante consommation d'énergie pour sa concentration par évaporation d'eau. Le rendement par rapport au phosphate est de 94 à 96 %, une partie du phosphate co-cristallisant avec le sulfate de calcium qui contient jusqu'à 0,75 % de  $P_2O_5$ .

**Procédé hémihydrate** : donne directement de l'acide à plus de 40 % de  $P_2O_5$  et ne nécessite pas de broyage préalable du minéral, mais le procédé est plus délicat à maîtriser. Par ailleurs, le rendement est plus faible, de 90 à 94 % par rapport au phosphate, l'hémihydrate contenant jusqu'à 1,1 % de  $P_2O_5$ .

#### Problème du phosphogypse coproduit :

- L'élimination du [gypse](#) (sulfate de calcium,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , appelé dans ce cas phosphogypse) est effectuée par filtration. La quantité de phosphogypse formé est très importante : 5 t pour 3 t de phosphates naturels donnant 1 t de  $P_2O_5$ . Dans les années 1980, la production française, aujourd'hui nulle, était d'environ 6 millions de t de phosphogypse/an (900 000 t dans chacune des unités de Grand Quevilly, Grand Couronne et Le Havre). Cette production était du même ordre de grandeur que celle du gypse naturel.
- Afin de valoriser ce sous-produit, il a été construit en 1975, à Grand Quevilly une usine de fabrication de carreaux de [plâtre](#) de 300 000 t de capacité. Cette production a été arrêtée dès 1979, car le coût du séchage (pour éliminer l'eau absorbée par le phosphogypse) rendait la production non rentable. Par contre, la récupération du phosphogypse est considérée rentable au Japon qui récupère ainsi 3 millions de t/an (voir le chapitre [sulfate de calcium](#)).
- En France, jusqu'en 1974, le phosphogypse était déversé dans la Seine. De 1974 à 1984 (pour Grand Quevilly) et à 1987 (pour Grand Couronne), il était immergé à 10 km au large, dans la Manche. À compter de 1984 et jusqu'à l'arrêt de la production, le phosphogypse de Grand Quevilly a été déposé à terre à l'aide de 13 km de gypsoduc. Celui de Grand Couronne était, depuis 1987, déposé à terre à l'aide de 7 km de gypsoduc. En 1991, 65 % du phosphogypse produit par l'usine Hydro Azote du Havre était rejeté en mer, après dilution et 35 % déposé à terre. Depuis 2004, avec l'arrêt de l'usine de Grand-Quevilly, il n'y a plus d'usine de production d'acide phosphorique, en France.

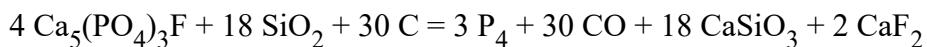
**Consommations** : pour une tonne de  $P_2O_5$  produit sous forme d'acide à 54 % de  $P_2O_5$ .

Phosphate 2,6 à 3,5 t Électricité 120 à 180 kWh

$\text{H}_2\text{SO}_4$  à 100 % 2,4 à 2,9 t Vapeur 1,9 à 2,4 t

**Coûts de fabrication :** par exemple, pour Potash Corp, en 2014, le mineraï de phosphate représente 29 % des coût de production, le soufre, 25 %.

**Voie thermique :** l'acide phosphorique très pur destiné au traitement de surfaces métalliques, à la microélectronique ou à l'acidification des boissons peut être élaboré par voie thermique par réduction du phosphate naturel, en présence de coke et de silice, au four électrique vers 1200-1500°C selon la réaction :



Les consommations, pour 1 t de  $\text{P}_2\text{O}_5$  à 100 %, sont de 3,9 t de phosphate à 29 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 1,3 t de silice, 0,6 t de coke et de 13 000 à 15 000 kWh d'électricité.

Le phosphore obtenu sous forme de vapeur est condensé sous eau pour obtenir du phosphore blanc qui est ensuite oxydé en  $\text{P}_2\text{O}_5$  puis hydraté en acide. Cette voie qui donne un acide de très haute pureté est peu à peu abandonnée au profit de la voie humide suivie d'une purification par extraction liquide-liquide. En 2007, en Europe, 95 % de la production d'acide était assuré par la voie humide.

En Europe, production par Lanxess, en France, à Epierre (73) qui a repris, en septembre 2013, l'usine du groupe néerlandais ThermPhos International, Fosfa, en République tchèque avec 50 000 t/an, Alventa, à Alwernia, en Pologne, avec 40 000 t/an. Par ailleurs, Febex, filiale d'Arkema, acquise, en janvier 2023 par Prayon, produit selon cette voie, de l'acide ultra pur, à Bex, en Suisse et à Shanghai, en Chine.

**Conditionnement :** livré en solutions à 54 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$  soit des solutions aqueuses d'acide à 75 %, dans des cuves revêtues d'élastomères.

## Productions

En 2023. Monde : 44,409 millions de t de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Union européenne, en 2024 : 1,940 million de t de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

en milliers de t de  $\text{P}_2\text{O}_5$  sous forme d'acide phosphorique

Asie de l'Est (Chine...)	16 093	Asie du Sud (Inde...)	1 878
Afrique (Maroc, Tunisie, Afrique du Sud...)	8 258	Amérique Latine (Brésil...)	1 510
Amérique du Nord (États-Unis...)	6 375	Europe de l'Ouest	477
Europe de l'Est et Asie Centrale (Russie...)	4 586	Europe Centrale	442
Proche Orient (Arabie Saoudite, Israël, Jordanie...)	4 586	Océanie	304

*Source : IFA*

En 2021, la capacité mondiale annuelle de production d'acide phosphorique est de 59,936 millions de t exprimées en  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Les principaux pays producteurs sont, en ordre décroissant : la Chine, le Maroc (7,1 millions de t de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , en 2020), les États-Unis (6,3 millions de t, en 2019), la Russie, la Tunisie, l'Inde, le Brésil, l'Afrique du Sud, Israël, la Jordanie...

Aux États-Unis, en 2023, il y a 9 usines de production d'acide phosphorique, avec une capacité de production de 7,380 millions de t de  $\text{P}_2\text{O}_5$ /an (elles étaient au nombre de 20, en 2000, avec une capacité de production de 12,3 millions de t de  $\text{P}_2\text{O}_5$ /an) : 4 sont exploitées par Mosaic avec 61 % des capacités de production, 2 par Nutrien avec 23 % des capacités, 2 par Simplot, à Rock Springs dans le Wyoming et Pocatello dans l'Idaho, avec 11 % des capacités, 1 par Itafos, à Conda dans l'Idaho, avec 5 % des capacités.

Dans l'Union européenne, en 2024, la production d'acide phosphorique de la Lituanie de 204 785 t exprimées en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, celle de l'Allemagne de 9 159 t, celle de l'Espagne de 9 149 t, celle de la France de 4 990 t, celle de la Finlande est de 651 t exprimées en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, celle de la Suède de 515 t. La production belge est confidentielle.

**Évolution de la production :** les phosphates naturels, produits pondéreux à environ 30 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ont pendant longtemps été importés et traités dans les pays consommateurs d'engrais, en particulier la France, afin de produire les divers engrains phosphatés. Cela n'est plus le cas actuellement, les pays producteurs valorisant en grande partie leurs ressources en produisant eux-même les produits dérivés. Ceux-ci exportent directement de l'acide phosphorique à 75 % (54 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), du superphosphate triple (46 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ou du phosphate d'ammonium. La part prise, dans la production et le marché de l'acide phosphorique et des engrais phosphatés, par le Maroc et la Tunisie est de plus en plus importante (l'Afrique représente 63 % du total des exportations d'acide phosphorique, en 2019). Les productions de l'Union européenne et de la France (qui était en 1990 le 1<sup>er</sup> producteur de la CEE) sont en diminution constante ou ont disparu. De 1980 à 1992, alors que les capacités mondiales annuelles sont passées de 29 à 34,4 millions de t, celles de la France ont chuté de 1,1 à 0,21 million de t pour devenir quasi nulles en 2004.

**Commerce international :** en 2024.

Principaux pays exportateurs, sur un total de 6,243 millions de t, en 2023 :

en milliers de t de produit			
Maroc, en 2023	1 871	États-Unis	350
Chine	892	Israël	275
Tunisie, en 2023	641	Belgique	246
Jordanie, en 2023	578	Mexique	229
Sénégal	470	Pays Bas	196

*Source : ITC*

Les exportations du Maroc sont principalement destinées à l'Inde à 42 %, au Pakistan à 29 %, à l'Espagne à 7 %.

Principaux pays importateurs :

en milliers de t de produit			
Inde	2 072	Allemagne	228
Pakistan	791	France	209
États-Unis	335	Brésil	202
Pays Bas	311	Mexique	133
Belgique	268	Canada	108

*Source : ITC*

Les importations de l'Inde proviennent principalement de Jordanie à 30 %, du Sénégal à 23 %, du Maroc à 21 %, de Chine à 9 %.

Les importations de l'Union européenne ont été, en 2020, de 679 699 t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme d'acide phosphorique avec des exportations de 95 455 t.

**Producteurs :** les principaux producteurs sont les producteurs d'engrais phosphatés.

- L'Office Chérifien des Phosphates ([OCP](#)) produit de l'acide phosphorique au Maroc, à Jorf Lasfar et Safi, avec, en 2023, une production de 6,2 millions de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme d'acide phosphorique, dont une grande partie est utilisée sur place pour produire divers engrains destinés principalement à l'exportation. En 2023, la production de Jorf Lasfar a été

de 5,1 millions de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, celle de Safi de 1,1 million de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Par ailleurs, l'OCP, est le premier exportateur mondial d'acide phosphorique avec, en 2023, 1,2 million de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, soit une part de marché de 50 %. Une partie de la production d'acide phosphorique est réalisée par des joint ventures situées sur le site de Jorf Lasfar : Imacid (33,33 % OCP, 33,33 % [Chambal Fertilizers and Chemical](#) (Inde), 33,33 % [Tata Chemicals](#) (Inde)) qui a produit, en 2015, 353 000 t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Pakistan Maroc Phosphore (50 % OCP, 50 % [Fauji](#) (Pakistan)), qui a produit, en 2015, 425 000 t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Emaphos (33,33 % OCP, 33,33 % [Prayon](#) (Belgique), 33,33 % [Chemische Fabrik Budenheim](#) (Allemagne)) qui possède une capacité de production d'acide purifié de 140 000 t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> devant passer, fin 2022, à 280 000 t/an.

- [Mosaic](#), possède, en 2024, des capacités de production de 5,6 millions de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/an, aux États-Unis, avec 4,5 millions de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/an, en Floride à New Wales, avec 1,72 million de t/an en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Bartow, avec 1,1 million de t/an en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Riverview, avec 0,88 million de t/an en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et en Louisiane à Uncle Sam, avec 0,80 million de t en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et au Brésil, depuis début 2018, avec 1,1 million de t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, après l'acquisition des activités de Vale dans les engrains. En 2022, la production d'acide a été de 4 millions de t comptées en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Par ailleurs, participe, à hauteur de 25 %, avec [Ma'aden](#) (60 %) et [Sabic](#) (15 %), à la production du projet de Wa'ad Al Shamal, en Arabie Saoudite, de 1,5 million de t/an de capacité.
- [Yuntianhua](#) est le principal producteur chinois avec une capacité annuelle de production de 2,7 millions de t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme d'acide phosphorique. A formé avec le groupe israélien ICL, une joint venture, [Yunnan Phosphate Haikou](#).
- [PhosAgro](#) est le principal producteur russe avec une production, en 2023, de 3,345 millions de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme d'acide phosphorique, à Balakovo et Cherepovets.
- [Nutrien](#), issu, fin 2017, du regroupement des deux principaux producteurs d'engrais canadiens, Potash Corp et Agrium, possède, en 2024, une capacité de production de 1,740 million de t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme d'acide phosphorique, aux États-Unis, en Caroline du Nord à Aurora avec 1,2 million de t/an et en Floride à White Spring avec 0,54 million de t/an. En 2024, la production est de 1,33 million de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.
- Wengfu Group, possède, en Chine, une capacité de production de 1,6 million de t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme d'acide phosphorique.
- [ICL](#), groupe israélien possède une capacité de production de 1,3 million de t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme d'acide phosphorique dont 600 000 t/an en Israël, à Mishor Rotem, dans le désert du Negev et 700 000 t, en Chine, dans la province du Yunnan, près de Kunming, au travers d'une joint venture avec Yuntianhua depuis octobre 2015 et de 15 % de cette société chinoise. En 2022, la production est de 1,2 million de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contenu dans de l'acide et de 338 000 t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contenu dans d'acide de haute pureté.
- [Eurochem](#), groupe russe, possède une capacité de production de 1,27 million de t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme d'acide phosphorique, en Russie et en Lituanie avec la société [AB Lifosa](#).
- [Le Groupe Chimique Tunisien](#) (GCT) avec une capacité annuelle de production de 1,16 million de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> possède des unités de production à Gabès avec 1210 t/jour de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Sfax avec 360 t/jour de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Skhira avec 1100 t/jour de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et M'Dhilla avec 500 t/jour de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

En Europe, principaux producteurs :

- [Grupa Azoty](#), en Pologne, possède une capacité annuelle de production de 400 000 t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

- AB Lifosa, filiale du groupe russe Eurochem, produit de l'acide phosphorique à Kédainiai, en Lituanie, avec une capacité de production de 350 000 t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.
- Yara a produit, en 2020, à Siilinjärven, en Finlande, 995 000 t de minerai de phosphate. A produit également 268 000 t de minerai de phosphate au Brésil. Ce minerai a été transformé en acide phosphorique.
- Prayon, Belgique, détenu à 50 % par l'OCP, est le n°1 européen de production d'acide phosphorique purifié destiné, en particulier à l'élaboration de phosphates alimentaires. L'acide est produit en Belgique, à Engis et Puurs avec une capacité de production de 250 000 t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et au Maroc, à Jorf Lasfar, par la société Emaphos détenue à 33,33 % par Prayon avec une capacité de 140 000 t/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> devant passer à 280 000 t/an fin 2022.

## Situation française

**Production** : arrêt, en 2004, à Grand Quevilly, de la dernière usine française de production d'acide phosphorique destiné à la production d'engrais phosphatés. Il subsiste une production d'acide thermique réalisée par Lanxess, à Epierre (73), avec, en 2024, 4 990 t d'acide exprimées en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Commerce extérieur** : en 2024.

Les exportations, exprimées en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> étaient de 1 802 t avec comme principaux marchés à :

- 43 % l'Italie,
- 8 % l'Allemagne,
- 5 % la Turquie,
- 5 % l'Espagne,
- 5 % la Belgique.

Les importations, exprimées en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> s'élevaient à 118 509 t en provenance principalement à :

- 42 % du Maroc,
- 35 % de Belgique,
- 9 % d'Israël,
- 4 % de Tunisie,

L'acide importé sert principalement à la production de phosphates alimentaires, en particulier par Prayon dans son usine des Roches de Condrieu à Saint Clair du Rhône (38).

## Utilisations

**Consommations** : en 2023. Monde : 53,363 millions de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Union européenne, en 2019 : 1,822 million de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

en milliers de t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contenu dans l'acide phosphorique

Asie de l'Est (Chine...)	16 791	Europe de l'Est et Asie Centrale	2 306
Asie du Sud (Inde...)	10 362	Europe de l'Ouest	2 108
Amérique Latine	9 412	Proche Orient	1 468
Amérique du Nord (États-Unis)	5 871	Europe Centrale	1 053
Afrique (Maroc...)	2 891	Océanie	1 101

*Source : Nutrien*

La consommation de la Chine représentait, en 2015, 39 % de la consommation mondiale.

L'acide phosphorique est principalement directement consommé par les producteurs d'engrais.

**Secteurs d'utilisation** : dans le monde, en 2014.

DAP	38 %	Autres engrais	15 %
MAP	29 %	Agroalimentaire et industrie	5 %
TSP	8 %	Alimentation animale	5 %

Source : Potash Corp

DAP : phosphate d'ammonium diammonique  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , MAP : phosphate d'ammonium monoammonique  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , TSP : superphosphate triple à 46 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

En 2021, 86 % des utilisations concerne l'industrie des engrais. Les autres utilisations nécessitent, en général, une purification de l'acide ou son obtention par voie thermique.

### Utilisations diverses :

- Pour fabriquer du tripolyphosphate de sodium ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) utilisé dans la formulation de lessives : il joue un rôle d'adoucissant en formant des complexes solubles avec le calcium et le magnésium par échange des ions  $\text{Na}^+$  par les ions  $\text{Ca}^{2+}$  ou  $\text{Mg}^{2+}$ . Il permet également de maintenir un pH basique de l'eau et a un pouvoir synergique avec les tensioactifs. Il est utilisé, depuis le milieu des années 50, en remplacement du carbonate de sodium qui rendait l'eau de lavage trop alcaline et les tissus râches (par précipitation de carbonate de calcium). Il est fabriqué, à 300-500°C selon la réaction suivante :



L'hydrogénophosphate et le dihydrogénophosphate de sodium sont préparés par neutralisation de solution de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  par NaOH ou Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (voir ci-dessous).

En 2015, la production mondiale est de plus de 3 millions de t dont, en 2021, 146 223 t exprimées en  $\text{P}_2\text{O}_5$  dans l'Union européenne.

Afin de lutter contre l'eutrophisation des lacs, des rivières et des zones côtières qui se traduit par une prolifération anormale d'algues (voir le chapitre pollution des eaux) son utilisation est interdite dans les laves-linge, en France, depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2007 et dans les laves-vaisselle depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2017, en lien avec un règlement européen qui limite son utilisation à 0,3 g de phosphore par cycle de lavage.

- Les phosphates mono et diammoniques utilisés principalement comme engrais sont également employés comme retardateur de flamme dans la lutte contre les feux de forêt.
- L'ajout d'acide phosphorique dans l'eau de consommation réduit les risques de corrosion des canalisations et, lorsque les canalisations sont en plomb, favorise la formation d'un dépôt sur la surface interne des tuyaux et évite la libération de plomb dans l'eau de consommation.
- Comme additif alimentaire (E338) pour acidifier des boissons comme les colas.
- Dans les traitements de surface des métaux par phosphatation avant peinture ou émaillage.
- Dans l'alimentation du bétail sous forme de phosphates de calcium, sodium ou magnésium.
- La fabrication de phosphate de fer lithié ( $\text{LiFePO}_4$ ) destiné aux cathodes des batteries électriques est en plein développement.

**Phosphates alimentaires** : ce sont des phosphates de sodium, de potassium ou de calcium.

Ils sont élaborés, pour les phosphates de sodium, par neutralisation par NaOH ou Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> d'acide phosphorique de haute pureté. Si l'acide est obtenu par voie humide, il est purifié par extraction liquide-liquide à l'aide de tributylphosphate ou de divers autres solvants : méthylisobutylcétone, éther isopropylique et tributylphosphate, isopropanol, éther isopropylique. Un entraînement à la vapeur permet de défluorer l'acide.

En jouant sur le rapport molaire Na/P et la température de neutralisation, on obtient les différents phosphates de sodium.

Conditions de fabrication des phosphates de sodium (certains peuvent être hydratés) :

Phosphates	Formule	Rapport molaire Na/P	Température (°C)
Monosodique	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$	1	25 à 100
Pyrophosphate acide	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	1	< 270
Métaphosphate	$(\text{NaPO}_3)_n$	1	600 à 900
Pentapolyporphosphate	$\text{Na}_7\text{P}_5\text{O}_{16}$	1,4	750
Tripolyphosphate	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	1,66	400 à 500
Disodique	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2	35 à 100
Pyrophosphate neutre	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	2	400 à 500
Trisodique	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	3	25 à 100

En 2021, la production des phosphates de sodium mono et disodiques, dans l'Union européenne, a été de 99 055 t. Celle d'hydrogénophosphate de calcium de 131 211 t.

Utilisations : ces phosphates sont, pour la plupart, très hygroscopiques et ont donc un fort pouvoir de rétention de l'eau. Ils ont aussi des qualités antibactériennes. Ils sont employés :

- Comme agent tampon, séquestrant et émulsifiant dans les charcuteries-salaïsons, les fromages fondus, le lait, les entremets... En restauration rapide ils entrent dans la composition des fish et chicken burgers.
- Comme agent acide (pour  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) dans les levures chimiques utilisées en biscuiterie et pâtisserie industrielle.
- Comme source de phosphore dans l'alimentation animale.
- Dans des produits pharmaceutiques.