



# Phosphore

Le **phosphore** est un élément chimique de la famille des pnictogènes, de symbole P et de numéro atomique 15.

Le phosphore se présente sous plusieurs formes de couleurs différentes : blanc-jaune, rouge, et violet-noir.

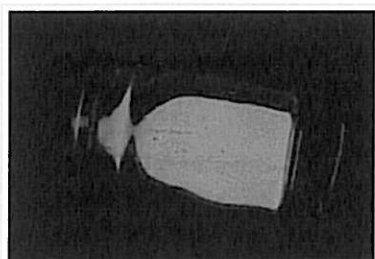
Très pur, le phosphore « blanc » est transparent ; plus généralement il est blanc ambré, légèrement malléable avec une faible odeur d'ail. Les formes rouge et noire peuvent se présenter en poudre ou cristallisées.

Le nom dérive du mot grec *phosphoros*, ce qui signifie porteur de lumière. Le nom a été attribué au fait que le phosphore blanc émet de la lumière visible dans l'obscurité quand il est exposé à l'air.

## Sommaire

- 1 Histoire
- 2 Propriétés
- 3 Gisements
- 4 Aliments à forte teneur en phosphore
- 5 Utilisation
  - 5.1 Phosphore
  - 5.2 Usages militaires
  - 5.3 Phosphate
  - 5.4 Acide phosphorique : H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>
- 6 Environnement
- 7 Notes et références
- 8 Voir aussi
  - 8.1 Articles connexes
  - 8.2 Liens externes

## Histoire



Phosphore en poudre dans l'obscurité.

Il est vraisemblable que l'alchimiste arabe Alchid Bechil ait identifié le phosphore dès le XII<sup>e</sup> siècle.<sup>[réf. souhaitée]</sup> La découverte de cet élément est attribuée à Hennig Brandt en 1669 en Allemagne à partir de l'urine. Il obtint un matériau blanc qui luisait dans l'obscurité, et brûlait en produisant une lumière éclatante.

Les premières allumettes utilisaient du phosphore blanc dans leur composition : la toxicité du phosphore les rendait d'ailleurs assez dangereuses : leur usage entraîna des meurtres, des suicides et des empoisonnements accidentels (une légende populaire raconte qu'une femme tenta d'empoisonner son mari avec du phosphore blanc, mais celui-ci s'en aperçut du fait de la lumière émise par son ragoût).

## Phosphore

Silicium ← **Phosphore** → Soufre

N		15 <b>P</b>	□
↑	<span></span>		
<b>P</b>			
↓			
As			

Table complète • Table étendue

### Informations générales

Nom, Symbole, Numéro	Phosphore, P, 15
Série chimique	non-métal
Groupe, Période, Bloc	15 (VA), 3, p
Masse volumique	<b>1,82<span> </span>g·cm<sup>-3</sup> (blanc),</b> 2,25 à 2,69 <span> </span> g·cm <sup>-3</sup> (noir) <sup>1</sup>
Couleur	blanchâtre/rouge/noir
N° CAS	7723-14-0 (jaune) 29879-37-6 (rouge)
N° EINECS	231-768-7

### Propriétés atomiques

Masse atomique	30,973762 ± 0,000002 u <sup>1</sup>
Rayon atomique (calc)	100 pm (98 pm)
Rayon de covalence	1,07 ± 0,03 Å <sup>2</sup>
Rayon de Van der Waals	180
Configuration électronique	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>
Électrons par niveau d'énergie	2, 8, 5
État(s) d'oxydation	±3, 5, 4
Oxyde	acide faible
Structure cristalline	monoclinique

### Propriétés physiques

État ordinaire	solide
Point de fusion	44,15 <span> </span> °C (blanc) <sup>1</sup>
Point d'ébullition	280,5 <span> </span> °C <sup>1</sup>
Énergie de fusion	0,657 <span> </span> kJ·mol <sup>-1</sup>
Énergie de vaporisation	12,4 <span> </span> kJ·mol <sup>-1</sup> (1 atm, 280,5 <span> </span> °C); 14,2 <span> </span> kJ·mol <sup>-1</sup> (1 atm, 25 <span> </span> °C) <sup>1</sup>

De plus, l'inhalation des vapeurs de phosphore entraînait, chez les ouvriers des fabriques d'allumettes, une nécrose des os de la mâchoire, connue sous le nom de *nécrose phosphorée*.

Lorsque le phosphore rouge fut découvert, son inflammabilité et sa toxicité plus faibles poussèrent à son adoption comme une alternative moins dangereuse pour la fabrication des allumettes.

## Propriétés

Les phosphores blanc et rouge ont une structure quadratique.

Il existe un phosphore noir allotrope, ayant une structure similaire à celle du graphite : les atomes sont arrangés en couches hexagonales, et il est conducteur électrique.

Le phosphore blanc est constitué de molécules tétraédriques P<sub>4</sub>. C'est un corps toxique qui s'oxyde lentement à l'air à température ambiante. On le conserve toujours sous l'eau. Le phosphore blanc se transforme en phosphore rouge sous l'influence de la lumière.

Le phosphore rouge est constitué de molécules de longueur indéterminée, mais très grande. On peut lui donner à titre d'exemple la formule P<sub>2000</sub>. Il n'est ni toxique ni facilement inflammable. Le phosphore rouge se transforme en phosphore blanc (gazeux) sous l'influence de la chaleur, soit 280 °C.

## Gisements

Les phosphates sont des minéraux assez fréquents, dont la concentration a généralement une origine animale (guano d'oiseaux ou de chauve-souris accumulés durant des milliers ou millions d'années sur des sites dorts ou de reproduction).

Les roches phosphatées exploitables se concentrent cependant en peu d'endroits : Maroc (plus du tiers des réserves mondiales), Chine (un peu plus du quart des réserves mondiales), Afrique du Sud, États-Unis. De plus les réserves actuelles correspondent à moins d'un siècle de consommation<sup>11</sup>.

## Aliments à forte teneur en phosphore

- Sodas (ceux riches en acide phosphorique)
- Bacon, cervelle d'agneau, foie de veau
- Fromages à pâte dure : Parmesan, Emmental, Comté, Gruyère, Gouda, Edam, Morbier, Cantal
- Poudre de lait entier
- Sardine, saumon, morue, carpe, seiche
- Dattes
- Noix de cajou, noix du Brésil, pignon, Pistache
- Germe de soja
- Son de blé, avoine, millet

Selon une idée reçue, le poisson serait bon pour la mémoire car il contiendrait beaucoup de phosphore. Cette idée reçue est fausse<sup>12</sup>.

Dans l'organisme humain, le phosphore est présent dans les cellules où il sert de support à l'énergie (Adénosine triphosphate).

Volume molaire 17,02×10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>·mol<sup>-1</sup>

Pression de vapeur 20,8 Pa à 20,85 °C<sup>[réf. souhaitée]</sup>

### Divers

Électronégativité (Pauling) 2,19

Chaleur massique 769 J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

Conductivité électrique 1,0×10<sup>-9</sup> S·m<sup>-1</sup>

Conductivité thermique 0,235 W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

Solubilité sol. dans l'ammoniac<sup>3</sup>

### Énergies d'ionisation<sup>4</sup>

1<sup>re</sup> : 10,48669 eV 2<sup>e</sup> : 19,7695 eV

3<sup>e</sup> : 30,2027 eV 4<sup>e</sup> : 51,4439 eV

5<sup>e</sup> : 65,0251 eV 6<sup>e</sup> : 220,421 eV

7<sup>e</sup> : 263,57 eV 8<sup>e</sup> : 309,60 eV

9<sup>e</sup> : 372,13 eV 10<sup>e</sup> : 424,4 eV

11<sup>e</sup> : 479,46 eV 12<sup>e</sup> : 560,8 eV

13<sup>e</sup> : 611,74 eV 14<sup>e</sup> : 2 816,91 eV

15<sup>e</sup> : 3 069,842 eV

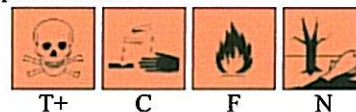
### Isotopes les plus stables

iso	AN	Période	MD	Ed	PD
				MeV	
<sup>31</sup> P	100 %	stable avec 16 neutrons			

### Précautions

Directive 67/548/EEC<sup>5,6</sup>

Phosphore blanc :



Numéro index : 015-001-00-1

Classification : F; R17 - T+; R26/28 - C; R35 - N; R50

Symboles :  
 T+ : Très toxique  
 C : Corrosif  
 F : Facilement inflammable  
 N : Dangereux pour l'environnement

Phrases R :  
 R17 : Spontanément inflammable à l'air.  
 R35 : Provoque de graves brûlures.  
 R50 : Très toxique pour les organismes aquatiques.  
 R26/28 : Très toxique par inhalation et par ingestion.

Phrases S :

## Usages militaires

Les bombes incendiaires au phosphore ont été largement utilisées pendant et depuis la Seconde Guerre mondiale.

Le protocole III de la Convention sur certaines armes classiques (CCWC), entré en vigueur en 1983, interdit les armes incendiaires contre des civils, et même contre des bases militaires situées « à l'intérieur d'une concentration de civils ».

L'armée américaine aurait cependant utilisé du phosphore blanc lors de l'attaque contre Falloujah, le 8 mars 2004<sup>13, 14</sup>. Cependant, le Département de la Défense des États-Unis se défend de s'être servi de *Willie Pete*<sup>15</sup> pour des usages incendiaires. Si les États-Unis sont signataires de ce protocole additionnel aux Conventions de Genève, ils n'ont par contre pas signé le protocole III de la convention de 1983 régissant l'usage des armes conventionnelles, dont *Willie Pete* - le phosphore blanc peut aussi bien être utilisé comme éclairage que comme arme incendiaire et chimique. Mais, en raison de cette ambiguïté, il reste classé dans les *armes conventionnelles*.

46

1381

### Code Kemler :

46 : matière solide inflammable ou auto-échauffante, toxique

### Numéro ONU :

1381 : PHOSPHORE BLANC, EN SOLUTION; PHOSPHORE BLANC, RECOUVERT D'EAU; PHOSPHORE BLANC, SEC; PHOSPHORE JAUNE, EN SOLUTION; PHOSPHORE JAUNE, RECOUVERT D'EAU; ou PHOSPHORE JAUNE, SEC

### Classe :

4.2

### Étiquettes :



4.2 : Matières sujettes à l'inflammation spontanée



6.1 : Matières toxiques

### Emballage :

Groupe d'emballage I : matières très dangereuses;

446

2447

### Code Kemler :

446 : matière solide inflammable et toxique qui, à une température élevée, se trouve à l'état fondu

### Numéro ONU :

2447 : PHOSPHORE BLANC FONDU

### Classe :

4.2

### Étiquettes :



4.2 : Matières sujettes à l'inflammation spontanée



Un excès de phosphore alimentaire déclenche une hyperphosphatémie temporaire qui inhibe la synthèse de vitamine D.



## Utilisation

### Phosphore

- Allumettes et pyrotechnie : le phosphore sous sa forme rouge est l'élément igniteur des allumettes et d'un grand nombre de dispositifs pyrotechniques.
- Alliage : involontaire dans l'acier, car étant présent dans le coke de fonderie, il provoque un effondrement des caractéristiques mécaniques, notamment une chute des résiliences ayant des effets dramatiques (le cas du RMS Titanic est un très bon exemple) et parfois un alliage volontaire est réalisé avec le bronze, où il permet une usinabilité améliorée. Par contre les pièces en bronze phosphoreux soudées ou brasées donnent une très mauvaise tenue mécanique.

**S5** : Conserver sous ... (liquide approprié à spécifier par le fabricant).

**S26** : En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste.

**S38** : En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié.

**S45** : En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible, lui montrer l'étiquette).

**S61** : Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.

**S1/2** : Conserver sous clef et hors de portée des enfants.

Phrases R : 17, 26/28, 35, 50,

Phrases S : 1/2, 5, 26, 38, 45, 61,

Transport<sup>5</sup>

Phosphore blanc : \_\_\_\_\_

## Phosphate

De loin l'utilisation la plus répandue du phosphore :

- Engrais : monohydrogénophosphate  $\text{CaHPO}_4$  ou dihydrogénophosphate  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
- Pâte dentifrice : agent polisseur sous forme de dihydrogénophosphate et comme apporteur de fluor  $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$
- Additif stabilisant (E339, E340) : des phosphates de sodium ou de potassium, substances « tampon » ont un effet stabilisateur dans des compositions alimentaires.

## Acide phosphorique : $\text{H}_3\text{PO}_4$

L'acide phosphorique a de nombreuses applications :

- Détartrants : On utilise une solution d'acide phosphorique comme détartrant pour les appareils sanitaires et ménagers, tels les cafetières électriques.
- Additif alimentaire (E 338) : agent acidifiant dans les boissons gazeuses
- Nutriments : Dans le traitement des eaux, le phosphore est ajouté à un réacteur biologique pour assurer la survie et la croissance des bactéries.
- Protection contre la corrosion des aciers par trempage des pièces dans cet acide (opération dite de phosphatation). Il en résulte une pellicule noire, fine, stable et poreuse qui est une excellente base dans l'accrochage des peintures anti-rouille.

## Environnement

Le phosphore est un élément toxique quand il est pur, mais indispensable aux organismes vivants sous forme de phosphate notamment, lequel tend à se répandre, sous l'action du lessivage, du haut du bassin versant vers la mer. L'érosion éolienne peut transporter des quantités significatives de phosphore vers des zones très éloignées (dont du Sahara jusqu'en Amazonie, via des aérosols visibles de satellite). Mais autrefois, c'étaient surtout les migrations d'oiseaux marins ou piscivores (via leurs fientes enrichies en phosphore) et plus encore les migrations de saumons qui constituaient le mécanisme principal de retour à la terre du phosphore. Après leur phase de croissance en mer et leur remontée, en mourant par dizaines de millions dans les rivières des hauts de bassin versant après y avoir pondu, les saumons remontaient et libéraient des quantités importantes de phosphore recyclées dans les écosystèmes situés en amont des bassins-versants, via leurs squelettes et cadavres particulièrement riches en phosphore, et via les urines et excréments des animaux qui chassaient ou pêchaient les saumons lors de leur remontées (ours en particulier). Aujourd'hui les saumons ont fortement régressé ou ont disparu sur une grande partie de leur ancienne aire de répartition, et l'agriculture intensive se fournit en phosphates de guano ou de synthèse, importés.

En France, depuis les années 70, l'amélioration des pratiques culturales a permis de réduire significativement les apports en engrais minéraux phosphatés par unité de surface. Malgré cela, les teneurs en phosphore des sols agricoles augmentent globalement, bien que de manière inégale selon les régions : augmentation en Bretagne, Pays de la Loire, Champagne-Ardenne et Aquitaine, et diminution au nord, au centre et à l'ouest. En Bretagne, par exemple, cette hausse est causée par l'emploi des effluents issus de l'élevage intensif pour la fertilisation des sols<sup>16</sup>.



6.1 : Matières toxiques

**Emballage :**

Groupe d'emballage I : matières très dangereuses;

SIMDUT<sup>7,8</sup>

Phosphore blanc :



B4, D1A, E,

**B4** : Solide inflammable

**D1A** : Matière très toxique ayant des effets immédiats graves

**E** : Matière corrosive

Divulguer à 1,0% selon la liste de divulgation des ingrédients

Phosphore rouge :



B4,

**B4** : Solide inflammable

Transport des marchandises dangereuses : classe 4.1

Divulguer à 1,0% selon les critères de classification

SGH<sup>5,9,10</sup>

Phosphore blanc :



Danger

H250, H300, H314, H330, H400,

**H250** : S'enflamme spontanément au contact de l'air

**H300** : Mortel en cas d'ingestion

**H314** : Provoque de graves brûlures de la peau et des lésions oculaires

**H330** : Mortel par inhalation

**H400** : Très toxique pour les organismes aquatiques

Phosphore rouge :



Danger

H228, H412, P210, P273,

**H228** : Matière solide inflammable

**H412** : Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets à long terme

**P210** : Tenir à l'écart de la chaleur/des étincelles/des flammes nues/des surfaces chaudes. — Ne pas fumer.

**P273** : Éviter le rejet dans l'environnement.

Unités du SI & CNTP, sauf indication contraire.





8 Uue Ubn \* Ute Uqn Uqu Uqb Uqt Uqq Uqp Uqh Uqs Uqo Uqe Upn Upu Upb Upt Upq Upp Uph Ups Upo Upe Uhm Uhu Uhb Uht Uhq Uhp Uhh Uhs Uho

↓ g<sup>1</sup> g<sup>2</sup> g<sup>3</sup> g<sup>4</sup> g<sup>5</sup> g<sup>6</sup> g<sup>7</sup> g<sup>8</sup> g<sup>9</sup> g<sup>10</sup> g<sup>11</sup> g<sup>12</sup> g<sup>13</sup> g<sup>14</sup> g<sup>15</sup> g<sup>16</sup> g<sup>17</sup> g<sup>18</sup>

\* Ubu Ubb Ubt Ubq Ubp Ubh Ubs Ubo Ube Ubn Ubu Ubt Utc Utd Ute Uth Uti Uuj Uuk Uul Uum Uun Uuo Uuq Uur Uus Uut Uuv Uuw Uux Uuy Uuz

Métalloïdes	Non-métaux	Halogènes	Gaz rares
Métaux alcalins	Métaux alcalino-terreux	Métaux de transition	Métaux pauvres
Lanthanides	Actinides	Superactinides	Éléments non classés

Ce document provient de « <http://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphore> ».

Dernière modification de cette page le 27 mars 2011 à 09:19.

Droit d'auteur : les textes sont disponibles sous licence Creative Commons paternité partage à l'identique ; d'autres conditions peuvent s'appliquer. Voyez les conditions d'utilisation pour plus de détails, ainsi que les crédits graphiques. En cas de réutilisation des textes de cette page, voyez comment citer les auteurs et mentionner la licence.

Wikipedia® est une marque déposée de la Wikimedia Foundation, Inc., organisation de bienfaisance régie par le paragraphe 501(c)(3) du code fiscal des États-Unis.

