

L'Inspiration et le Souffle

Introduction... le quotidien et le spirituel

QU'EST-CE QUE L'OZONE ?

L'ozone ou trioxygène O₃ est une molécule formée de 3 atomes d'oxygène, variété de l'oxygène bien moins stable que le dioxygène O₂ en lequel il tend naturellement à se décomposer.

Plus oxydant que O₂ il oxyde à froid l'iode et presque tous les métaux, notamment mercure et argent ; déplace chlore, brome et iode de leurs combinaisons avec l'hydrogène ou les métaux ; oxyde au maximum les acides du soufre, du phosphore et de l'arsenic ; détruit par oxydation les matières organiques (liège, caoutchouc).

En revanche, avec divers composés organiques non saturés, il donne des composés d'addition peu stables, les **ozonides**¹

Son instabilité se manifeste à l'état condensé par une **tendance à l'explosivité lorsque sa concentration est significative.**

Contrairement à O₂ inodore, **l'ozone est perçu par l'odorat**

humain : odeur pénétrante rappelant **l'eau de Javel perceptible dans les endroits confinés où règne un champ électrique**

important (transformateur haute tension, tubes UV, allume-gaz...)

À température ambiante : gaz bleu pâle

Se liquéfie (ébullition) à -112 °C (161,3 °K) : liquide bleu indigo extrêmement instable

Se solidifie (fusion) à -192,5 °C (80,7 °K) : solide pourpre

Densité : 1,66

Odeur décelable dès concentration de 0,01 ppm
Seuil odorat bas : 0,0076 ppm
Seuil odorat haut : 0,03 ppm

La quantité d'ozone contenue dans l'atmosphère s'exprime par "l'épaisseur réduite", c'est-à-dire l'épaisseur verticale d'une colonne où tout le gaz serait rassemblé, épaisseur ramenée à température et à pression normales. En moyenne, cette épaisseur est de 2,5 mm. La concentration relative maximale d'ozone observée à 25 km d'altitude ne dépasse pas 5 à 6 millièmes en volume.

L'ozone est produit par les plantes vertes en même temps que l'oxygène moléculaire, mais en quantité beaucoup plus faible, dans la fonction **chlorophyllienne**. Dans la nature, en cas de canicule ou forte insolation, les arbres émettent de **l'isoprène**² qui interagit avec l'ozone, et contribue à produire des aérosols, brumes et nuages protégeant les arbres d'un stress climatique excessif³

L'ozone est naturellement présent dans l'atmosphère terrestre, dans la stratosphère –haute atmosphère– formant, par réaction photochimique, une couche concentrée d'ozone entre 13 et 50 km d'altitude qui filtre plus de 97 % des rayons ultraviolets émis par le Soleil –notamment responsables du **cancer de la peau**–⁴ mais est **un polluant dans les basses couches de l'atmosphère –troposphère–** où il agresse le système respiratoire des animaux et peut brûler les végétaux les plus sensibles.

¹ Chimie, l'ozone est produit par décharge électrique dans du O₂. Il réagit avec les métaux alcalins et alcalino-terreux pour former ces **ozonides** instables réagissant avec l'eau pour former du dioxygène. Cette succession de réactions chimiques explique pour la plus grande part le caractère de polluant qui est attribué à l'ozone quand celui-ci est présent dans l'atmosphère près du sol.

² **Isoprène** Biochimie, un isomère (du grec *isos*, identique et *meros*, partie) qui peut polymériser en **caoutchouc** (le monomère du caoutchouc naturel) En raison de sa grande réactivité, cette polymérisation peut devenir explosive sous l'action de la température. Même à température ordinaire, ce liquide incolore volatil, odorant, facilement inflammable, est susceptible de former des mélanges explosifs avec l'air. **L'isoprène est disponible industriellement** pour la production de l'éthylène (environ 800 Mt / an). Il est principalement utilisé (95 %) par polymérisation par différents catalyseurs *Ziegler* à base de titane, cobalt ou nickel : le **caoutchouc naturel** issu du latex d'*Hevea brasiliensis* possède la même configuration de la double liaison restante. Le **gutta-percha**, issu du latex de *Palaquium gutta*, est un isomère structural possédant des propriétés très différentes. **Présent en grandes quantités, l'isoprène est toxique.** On le considère comme un polluant s'il est perdu en quantité significative par un processus industriel.

³ **L'isoprène est produit et émis dans l'atmosphère par beaucoup d'espèces d'arbres** (chênes, peupliers, eucalyptus, quelques légumineuses...). Le tonnage / an des émissions d'isoprène par la végétation est d'environ 600 Mt, équivalentes à l'émission de méthane. Cette production semblerait être un des mécanismes développés par les forêts pour surmonter la surchauffe des feuilles ou une irradiation excessive par le rayonnement UV. Une fois dans l'air, l'isoprène est converti en époxydes par des radicaux libres. Ces époxydes contribueraient ainsi à la production des aérosols impliqués dans la constitution de microclimats en facilitant la nucléation des gouttelettes d'eau qui forment des brumes ou des nuages, puis les gouttes de pluie.

⁴ Cette couche protectrice est menacée par la pollution, en particulier par les émissions de gaz CFC (Chlorofluorocarbène), qui montent dans la haute atmosphère et y catalysent la destruction de l'ozone en le transformant en dioxygène, étant ainsi à l'origine du **trou dans la couche d'ozone.**

L'Inspiration et le Souffle

Introduction... le quotidien et le spirituel

L'ozone, très présent autour des grands centres urbains, est **principalement produit par l'action du rayonnement solaire –UV– sur des polluants chimiques atmosphériques qui sont ses précurseurs, notamment le dioxyde d'azote NO₂**

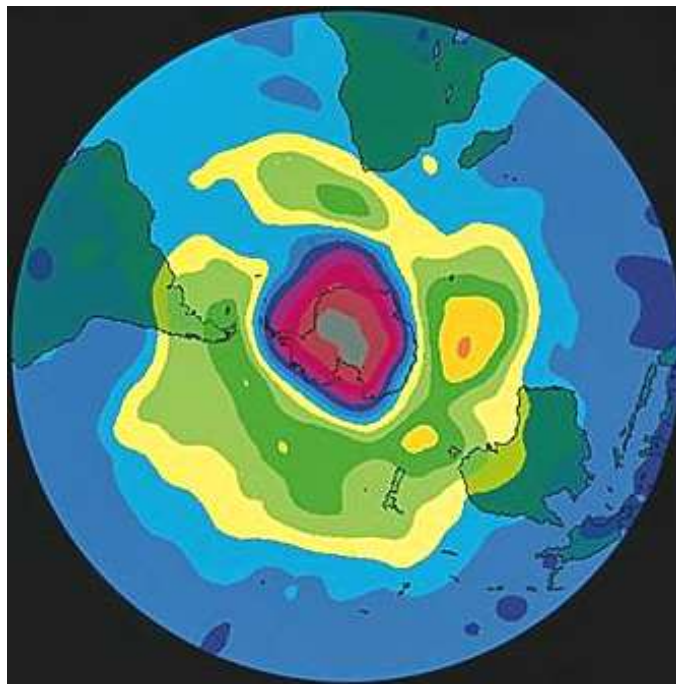
Lors des canicules, de forte chaleur, on trouve l'ozone en grande quantité dans les basses couches de l'atmosphère –**produit par les polluants automobiles** (oxydes d'azote des gaz d'échappement), **industriels et issus des chaudières et centrales électriques thermiques ou incinérateurs** (hydrocarbures imbrûlés) **avec l'oxygène de l'air sous l'influence de la lumière solaire.**

Sa dispersion vers les couches supérieures de l'atmosphère est freinée, induisant éventuellement des problèmes de santé chez les personnes fragiles.

Les incendies de forêt en sont aussi une source importante, à partir des hydrocarbures et des oxydes d'azote qu'ils libèrent. Sous le vent de ces feux, sur de longues distances, les taux d'ozone peuvent tripler et dépasser les seuils recommandés.

L'ozone est en outre produit avec les **éclaircs de l'orage** ainsi que par, directement en faibles quantités, **certaines matériels électriques** (étincelles, arcs électriques, moteurs...), par les **réactions chimiques** libérant de l'oxygène à froid.

Photocopieuses et imprimantes laser dégagent de l'ozone, pouvant conduire à des concentrations significatives dans un local mal ventilé.⁵



trou dans la couche d'ozone (Pôle Sud)

⁵ **Une production industrielle d'ozone** est permise par plusieurs techniques. De l'ozone peut être produit par électrolyse en utilisant une batterie de 9 V, une cathode de graphite, une anode de platine et l'acide sulfurique comme électrolyte. Un appareil de laboratoire couramment utilisé pour la démonstration de production d'ozone était la *machine électrostatique de Whimshurst* (parfois utilisée comme générateur d'ozone pour des applications pédagogiques)... 3 équivalents d'eau sont utilisés pour produire 1 équivalent d'ozone. Cette réaction est en compétition avec celle de formation d'oxygène.

L'Inspiration et le Souffle

Introduction... le quotidien et le spirituel

Pollution et méfaits de l'ozone troposphérique ⁶

« ... le Prâna, cette partie subtile de l'air, est absent dans les villes dont les atmosphères sont polluées, le Prâna ne pouvant parvenir jusqu'à nous parce qu'il en est empêché par les fumées en suspension dans l'air. Les gymnases se réclamant posséder l'air "ozonifié" ne peuvent prétendre offrir aux pratiquants du Hatha-Yoga, l'air pur de la Nature » F. Sanfilippo

Aux altitudes inférieures à 10 km, les teneurs en ozone sont très faibles, de l'ordre de 0,03 millionième. Mais, contrairement à son rôle bénéfique dans la stratosphère, **l'ozone troposphérique agit près du sol comme un oxydant énergétique qui perturbe la photosynthèse et peut provoquer des lésions aux végétaux** (attaque des cuticules foliaires) : impacts très importants en agriculture avec perte de productivité. **Il agresse les cellules vivantes** et peut être responsable de phénomènes de **corrosion accélérée de polymères** (« craquelage d'élastomères par l'ozone »).

Dans les zones de forte pollution, où les teneurs peuvent être beaucoup plus élevées, l'ozone **affecte directement la santé humaine** : au-delà de certains seuils, l'ozone est l'un des polluants de l'air les plus dangereux, notamment **au niveau du système respiratoire –poumons–, des yeux, des muqueuses –oculaires et des bronches-bronchioles**, qu'il irrite et attaque (tout particulièrement chez les populations les plus sensibles). **Respiré en grande quantité, il est toxique et provoque la toux.**

À titre d'exemple, une concentration de 9 ppm d'ozone dans l'air entraînera des **œdèmes pulmonaires**. Entre cette valeur et le seuil moyen de perception olfactive, on retrouve **sécheresse buccale, hypersécrétion bronchique, dyspnée, douleur rétro-sternale, anomalie du système respiratoire...** Une simple concentration de 0,2 à 0,5 ppm d'ozone dans l'air peut déjà provoquer des **troubles de la vision** comme une diminution de la vision nocturne et une mauvaise adaptabilité à la lumière, une augmentation de la vision périphérique et une modification de la motricité oculaire.

À cela s'ajoute son **extrême nocivité pour les reins –troubles rénaux** : néphrite aiguë– **et le cerveau –troubles neurologiques** : vertiges, asthénies, altération du goût, trouble de la parole, mauvaise coordination du mouvement...

Ces pics sont associés à une surmortalité des personnes ayant des problèmes respiratoires –lors de **canicules** notamment, mais également en **hiver par temps ensoleillé**.

En 2010, une étude américaine a confirmé que l'ozone, même à faible dose, était directement associé à la survenue des **crises d'asthme chez l'enfant**. Les pics de pollutions induisent une augmentation du nombre et de la gravité des crises d'asthme, et par suite des hospitalisations.

La prévalence de l'asthme ainsi que la mortalité due à l'asthme a augmenté des années 1980 à 2000, en même temps qu'augmentaient les taux d'ozone près des axes routiers, dans les grandes zones industrialisées et urbanisées et loin sous leur vent, dans les campagnes et jusqu'au-dessus de l'océan ⁷. Les enfants des populations urbaines pauvres y sont souvent plus vulnérables. C'est pour toutes ces raisons que **l'Association Santé Environnement France**, qui réunit près de 2500 médecins en France, a réclamé une prise en charge politique du problème.

L'ozone est utilisé pour son pouvoir bactéricide puissant, oxydant, à la **désinfection de l'air** dans les atmosphères confinées, pour le **vieillessement du vin, du bois**. Le principal avantage est l'**absence de rémanence** : l'ozone étant chimiquement instable, il ne reste pas de traces d'oxydant ou de produits dérivés sur les produits traités.

Santé : voir aussi encadré ci-dessous

Purification de l'eau potable : l'utilisation de l'ozone dans le traitement de l'eau (y compris les eaux usées) reste actuellement l'application industrielle prévalente.

⁶ **L'ozone fait depuis les années 1990 l'objet de modélisations et de prévisions accessibles.** L'ozone touche tout particulièrement les zones industrialisées ayant un fort ensoleillement (en été comme en hiver). Ainsi, chaque été, en France, c'est la région PACA (plus particulièrement Bouches-du-Rhône) qui est la plus touchée par les pics de pollution à l'ozone. Les taux d'ozone peuvent aussi fortement augmenter dans le panache d'émissions riches en dioxyde d'azote des centrales thermiques. Dans l'hémisphère nord au moins, la pollution anthropique par l'ozone agit donc à un effet qui dépasse l'échelle des continents.

⁷ L'ozone et les précurseurs troposphériques de l'ozone produits au Canada sont exportés par le vent jusqu'au centre de l'Atlantique Nord. Ces quantités dépassent largement celles qui proviennent de la stratosphère, principale source naturelle d'ozone

L'Inspiration et le Souffle

Introduction... le quotidien et le spirituel

L'ozone présente une série d'avantages par rapport au chlore –ne reste pas présent dans l'eau ; ne provoque pas l'apparition de produits organochlorés qui peuvent être cancérigènes ; ne laisse pas de mauvais goût peu apprécié des consommateurs d'eau potable– mais ne permet pas de détruire tous les micro-organismes présents dans l'eau (comme les parasites *cryptosporidium*, *giardia*, *toxoplasmose*... responsables d'épidémies meurtrières ces dernières années). Il est cependant employé dans le traitement de l'eau, malgré le coût souvent significatif d'une installation d'ozonisation de l'eau, pour les fonctions suivantes :

- oxydation du fer ;
- amélioration de la performance de filtres à sable ;
- amélioration de la floculation (appelée *ozofloculation*) ;
- désinfection de l'eau (les oocystes de *Cryptosporidium* sont toutefois plus difficiles à éliminer) ;
- élimination de composés organiques nocifs, en particulier pesticides et herbicides.

Pour cette dernière application, l'ozone est en général injecté en amont d'un filtre à charbon.

L'ozone est devenu une référence de qualité pour l'eau potable dans beaucoup de communes et de villes à travers le monde.

Nettoyage des conduites : l'eau ozonée est un moyen simple à mettre en œuvre pour la destruction de biofilms dans des conduites.

Blanchisserie : application très répandue dans les pays anglo-saxons pour le blanchiment du linge. L'ozone est utilisé essentiellement pour le lavage de linge blanc dans les installations commerciales.

Agroalimentaire. 2 applications bien distinctes : ozonisation de chambres froides ; lavage de produits alimentaires à l'eau ozonée.

Micro-électronique : les *wafers* destinés à la fabrication de circuits intégrés sont lavés avec de l'eau ozonée avec pour objectif l'élimination de traces éventuelles de matière organique.

Papeterie : l'ozone est employé comme blanchissant alternatif au chlore, et pour le traitement des eaux usées de papeterie.

Précautions. Signalisation indicative, non requise par la réglementation puisque l'ozone est toujours produit sur le lieu de son utilisation. **Symboles** : T+ : Très toxique - C : Corrosif - O : Comburant.

L'ozone stratosphérique et les bienfaits de la couche d'ozone

« L'énergie vivifiante de l'air inspiré en abondance aide l'action de l'ozone, qui peut pénétrer plus aisément dans les parties plus reculées, où l'air arrive difficilement. Dans le sang ainsi purifié les éléments les plus subtils de la "Vie" peuvent s'infiltrer » Peter Deunov

L'ozone joue un **rôle fondamental dans les équilibres de l'environnement terrestre**.

90 % de l'ozone atmosphérique se situent à des altitudes comprises entre 20 et 50 km. Cette "**couche d'ozone**" explique l'existence, à ces mêmes altitudes, d'une région de grande stabilité vis-à-vis des échanges verticaux, la stratosphère.

Bien qu'il soit un constituant minoritaire de l'atmosphère, **l'ozone est l'unique absorbant du rayonnement solaire UV** (longueurs d'onde comprises entre 240 et 300 nanomètres)

Cette absorption permet le maintien de la vie animale et végétale sur la Terre, en éliminant les radiations de courtes longueurs d'onde susceptibles de détruire les cellules de la matière vivante et d'inhiber la photosynthèse. C'est la raison pour laquelle on se préoccupe fortement depuis les années 1980 des atteintes portées à la couche d'ozone stratosphérique par les activités humaines.

Avec ses 3 atomes d'oxygène, on peut qualifier l'ozone de « super oxygène » !

Il a toutes les propriétés de l'oxygène mais en 10 fois plus intenses : il est utilisable et utilisé **dans toutes les applications médicales de l'oxygène**. Il a des pouvoirs particuliers qui en font le **produit désinfectant le plus puissant** que nous connaissions. Il sert à la préparation d'**huiles siccatives** (desséchantes, cicatrisantes) et à la **synthèse de certaines essences végétales**.

L'ozone peut rendre des services à ceux qui souffrent d'un **manque chronique d'oxygène** en raison de troubles circulatoires, cardiaques ou respiratoires ou qui présentent un **état infectieux** quelconque.

Il est efficace dans la plupart des **affections de dégénérescence** qui représente l'essentiel des maladies affligeant les plus de 50 ans.

Bon marché, simple à utiliser et sans risque, l'ozone mérite d'être considéré comme un bienfaiteur.