

#### 1-Définition:

La toxicologie analytique concerne la détection, l'identification et la mesure des médicaments et autres composés étrangers (xénobiotiques) et de leurs métabolites dans les organismes biologiques ou de leurs échantillons.

Le toxicologue analytique peut jouer un rôle utile dans le diagnostic, la gestion et, dans certains cas, la prévention de l'intoxication, mais une connaissance de base de la toxicologie clinique et médico-légale est essentielle.

C'est lors du procès de Mary Blandy à Oxford en mars 1752, pour le meurtre de son père, où fût la première utilisation déclarée de tests chimiques pour détecter un poison, dans ce cas l'arsenic, dans un procès pénal.

Au cours des 25 dernières années, de nombreux progrès ont été enregistrés dans les méthodes de détection, d'identification et de mesure des drogues et d'autres poisons contenus dans les fluides biologiques, ce qui a permis d'améliorer la portée et la fiabilité des résultats analytiques.

La valeur de certaines analyses d'urgence et leur contribution à une intervention thérapeutique ont été clarifiées. Certaines de ces analyses sont effectuées à des fins cliniques, mais ont des implications médico-légales manifestes et exigent un degré élevé de fiabilité analytique.

## 2-Types de toxiques

Étant donné le nombre considérable de substances toxiques, il est difficile de les classer chimiquement, soit par fonction, soit par mode d'action, car nombre d'entre elles appartiendraient à plusieurs classes.

Certains sont des produits naturels, beaucoup sont des produits chimiques organiques synthétiques utiles pour la société, tandis que d'autres sont des sous-produits de processus industriels et d'élimination des déchets. Il est toutefois utile de les catégoriser en fonction des voies d'exposition prévues, de leurs propriéte physicochimiques ou de leurs utilisations.

En toxicologie générale, nous distinguons 4 types principaux de toxiques:

- ➤ Toxiques gazeux
- >Toxiques volatiles
- ➤ Toxiques Minéraux
- Toxiques extractibles par solvants

## 2-1 Toxiques gazeux

Ces substances sont des gaz à température et pression normales, ainsi que des vapeurs évaporées de substances liquides ou solides. Le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures, le sulfure d'hydrogène (H2S), oxydes d'azote (Nx Oy), ozone (O<sub>3</sub>) et autres oxydants, oxydes de soufre (S<sub>x</sub> Oy) et CO2, sont parmi les toxiques les plus préoccupants.

Gaz : Matière dans un tel état que les molécules ne sont pratiquement pas sous l'influence des forces intermoléculaires de telle sorte que le gaz est libre d'occuper tout l'espace qui lui est offert.

Les concentrations pour les toxiques gazeux sont généralement exprimées en parties par million (ppm) par volume dans lesquelles 1 ppm = 1 partie de polluant par million de parties (10\*6) d'air.

#### 2-1-1 Sources des toxiques gazeux

#### > Naturelles:

De nombreux polluants sont formés et émis par des processus naturels. Un volcan en éruption émet des particules ainsi que des gaz tels que le dioxyde de soufre, l'hydrogène sulfuré et le méthane; ces nuages peuvent rester en suspension dans l'air pendant de longues périodes. Les forêts et les prairies produisent de grandes quantités de polluants sous forme de fumée, d'hydrocarbures non brûlés, de CO, d'oxydes d'azote et de cendres.

#### >Anthropiques:

Ces substances proviennent principalement de trois sources:

(1) les sources de combustion qui utilisent des combustibles fossiles pour le chauffage et l'électricité, ou les émissions des véhicules de transport utilisant de l'essence ou du diesel; (2) procédés industriels; et (3) l'exploitation minière et le forage.

Les principaux polluants résultant de la combustion sont les cendres volantes, la fumée, le soufre et les oxydes d'azote, ainsi que le CO et le CO2. La combustion du charbon et du mazout, qui contiennent tous deux d'importantes quantités de soufre, produit de grandes quantités d'oxydes de soufre. Un des effets de la production d'oxydes de soufre est la formation de dépôts acides, notamment de pluies acides.

Les oxydes d'azote sont formés par oxydation thermique de l'azote atmosphérique à haute température; ainsi presque tous les processus de combustion produiront des oxydes d'azote. Le monoxyde de carbone est un produit de combustion incomplète. plus la combustion est efficace, plus le ratio CO2 / CO est élevé.

#### **≻**De l'air intérieur:

En général, le terme «pollution de l'air intérieur» désigne les bâtiments publics résidentiels et non industriels, tels que les immeubles de bureaux et les hôpitaux. La toxicité peut provenir du chauffage et de la cuisson, des pesticides, du tabagisme, du radon, des gaz et des microbes humains et animaux.

Bien que la pollution de l'air intérieur ait augmenté dans les pays développés en raison de la construction plus serrée des bâtiments et de l'utilisation de matériaux de construction pouvant dégager des produits chimiques sous forme gazeuse, la pollution de l'air intérieur est un problème particulier dans les pays en développement.

Le bois, les résidus de récolte, les déjections animales et d'autres formes de biomasse sont largement utilisés pour la cuisson et le chauffage, souvent dans des pièces mal ventilées. Pour les femmes et les enfants, en particulier, cela entraîne une forte exposition aux polluants atmosphériques tels que le CO et les hydrocarbures aromatiques polycycliques.

## 3- Exemples de toxiques gazeux:

La plupart des informations sur les effets de la pollution atmosphérique et par conséquent toxiques sur les êtres humains proviennent d'épisodes de pollution aiguë tels que ceux de Donora et de Londres. Les maladies peuvent résulter d'une irritation chimique des voies respiratoires ou bien même d'une atteinte neurologique.

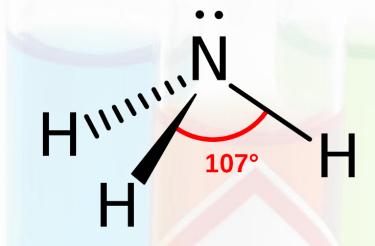
certaines sous-populations sensibles étant davantage touchées: les très jeunes enfants, dont les systèmes respiratoire et circulatoire sont peu développés, ) les personnes atteintes de maladies cardiorespiratoires telles que l'asthme, l'emphysème et les maladies cardiaques. Les gros fumeurs sont également plus affectés par les polluants atmosphériques.

#### L'ammoniac

#### 1. Propriétés physiques et chimiques

Formule: NH3

- Gaz incolore
- Densité / air : 0,6
- Odeur forte piquante
- Très soluble dans l'eau
  - $\rightarrow$  NH3+H2O  $\rightarrow$  NH4++OH-
  - Ammoniaque (base faible de pKa : 5)



L'ammoniac est utilisé dans de nombreux domaines de l'industrie tels que la fabrication d'engrais, la chimie du pétrole et des carburants, le traitement des métaux, diverses synthèses organiques, l'industrie du froid, l'industrie des fibres textiles et du papier, les produits d'entretien,... L'ammoniac est un gaz incolore à odeur piquante, plus léger que l'air, stable à température ambiante (décomposition thermique à 450-550 °C). Il réagit intensément avec l'eau et les halogénés et de manière violente avec de nombreux oxydes et peroxydes.

A faibles concentrations, l'ammoniac inhalé se dissout essentiellement dans le mucus des voies aériennes supérieures. Le taux de rétention pulmonaire initial est de 80 % chez l'homme et est inférieur à 30 % après 27 minutes. Les signes cliniques observés sont de la toux, une pharyngite, une laryngite, une trachéo-bronchite, des nausées, des vomissements, une asthénie, des céphalées, une hypersalivation et éventuellement une bradycardie

A concentrations élevées, l'inhalation d'ammoniac se caractérise par une détresse respiratoire intense liée à un bronchospasme d'intensité variable et au développement d'un œdème des muqueuses de l'ensemble du tractus respiratoire avec de la toux et une dyspnée asthmatiforme.

Les seuils des effets létaux retenus pour l'ammoniac sont les suivants :

TEMPS (min)	CONCENTRATION	
	mg/m <sup>3</sup>	ppm
1	17 710	25 300
3	10 290	14 700
10	5 740	8 200
20	4 083	5 833
30	3 337	4 767
60	2 380	3 400

DL50 = 350 mg/kg

# L'hydrogène sulfuré

1. Propriétés physiques et chimiques

Hydrogène sulfuré = acide sulfhydrique

# H<sub>2</sub>S

- ➤ Gaz incolore, plus lourd que l'air (d = 1,2)
  - Odeur caractéristique d'œufs pourris
    - Perceptible dès la concentration de 2 ppm
    - Maximale pour 10 à 100ppm
    - Au-delà devient moins perceptible et même disparait par paralysie du nerf olfactif

C'est un gaz inflammable, plus lourd que l'air, d'odeur caractéristique d'œuf pourri disparaissant à forte concentration (anesthésie de l'odorat au-dessus de 100 ppm).

L'une des sources naturelles les plus fréquentes d'H<sub>2</sub>S est constituée par la décomposition et la fermentation anaérobie des substances organiques sous l'action oxydative de bactéries ou de champignons. On le trouve donc dans les fosses à ordures, les fosses d'aisance, les égouts et les stations d'épuration, en particulier lors de traitement en milieu acide, ainsi que dans les eaux stagnantes, les puits et les tunnels.

Le H<sub>2</sub>S est une substance irritante de même qu'un poison nerveux et cellulaire. Il provoque des irritations des yeux ainsi que des organes respiratoires, des bronchites, des nausées et, en fortes concentrations, des lésions des nerfs olfactifs, des convulsions, des engourdissements et finalement la mort par apnée. En général, les personnes atteintes restent par la suite allergiques au H<sub>2</sub>S. Les affections provoquées par le H<sub>2</sub>S font partie des maladies professionnelles à déclaration obligatoire.

# Les seuils des effets létaux retenus pour l'hydrogéne sulfuré sont les suivants

Homme:	1,2-2,8 mg/l d'air (mort immédiate)
0,6 mg/l d'air (0,5-1 h, mortel)	
0,1-0,15 mg/l d'air (inhal. qqs. h toxique)	
Mammifères:	
Souris	DL <sub>50</sub> 53 mg/kg, (sulfure de sodium)

## Le Monoxyde decarbone

#### 2. Sources de toxiques

Se forme par combustion incomplète de composés carbonés

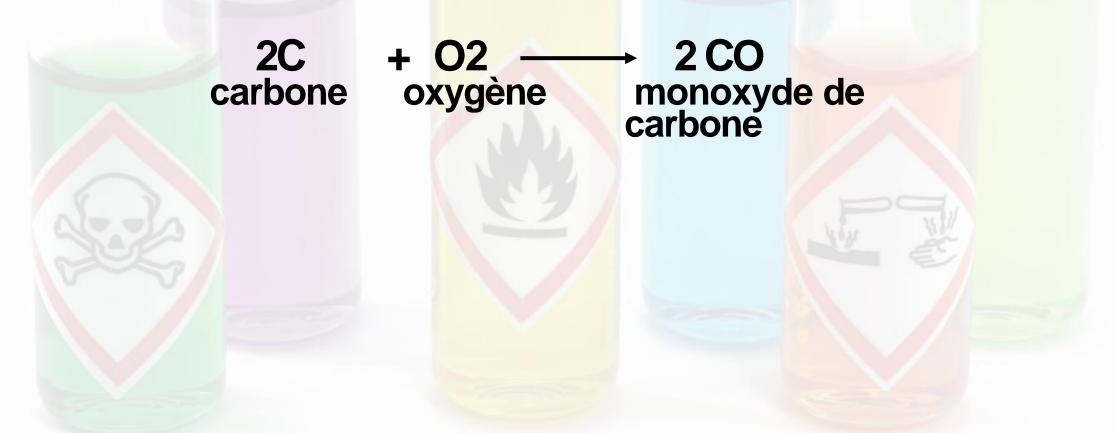
$$CO_2 \xrightarrow{+C} 2CO$$

- Sources naturelles : volcans, mines, silos, fosse à purin
- Sources artificielles : chauffages domestiques, gaz industriels, incendies, tabac

# D'où vient le monoxyde de carbone ?

Lors d'une combustion normale, le carbone contenu dans la matière solide (bois, charbon), liquide (fuel, pétrole) ou gazeuse (propane, butane) brûle, en présence de l'oxygène de l'air, en émettant du dioxyde de carbone (gazeux) selon la formule chimique :

Si la quantité d'oxygène présent dans l'air diminue (lorsque un local est mal ventilé), la combustion devient incomplète et il y a formation de monoxyde de carbone (gazeux) selon la formule chimique :



Le monoxyde de carbone est incolore, inodore, insipide et non irritant, ce qui le rend difficile à détecter pour les personnes exposées. Le monoxyde de carbone est un gaz particulièrement toxique, et l'intoxication au CO est la cause la plus répandue d'empoisonnement mortel dans de nombreux pays.

Le monoxyde de carbone se combine facilement avec l'hémoglobine (Hb) pour former de la carboxyhémoglobine (COHb), empêchant ainsi le transfert de l'oxygène aux tissus. L'affinité de l'hémoglobine pour le CO est environ 210 fois supérieure à celle pour l'oxygène. Une concentration sanguine de 5% de COHb, équivalente à l'équilibre à environ 45 ppm de CO, est associée à des effets cardiovasculaires.

Des concentrations de 100 ppm peuvent causer des maux de tête, des vertiges, des nausées et des difficultés respiratoires. Une concentration aiguë de 1 000 ppm est toujours fatale. On sait que les niveaux de monoxyde de carbone dans les embouteillages aigus atteignent 400 ppm; De plus, les fumeurs augmentent leur charge totale de CO par rapport aux non-fumeurs. Les effets de faibles concentrations de CO sur une longue période ne sont pas connus, mais il est possible que les troubles cardiaques et respiratoires soient exacerbés.

Les seuils des effets létaux retenus pour le monoxyde de carbone sont les suivants:

Concentration	Temps (min.)						
	10	20	30	60	120		
Seuil des effets létaux significatifs - SELS							
· mg/m³	ND	ND	ND	ND	ND		
· ppm	ND	ND	ND	ND	ND		
Seuil des premiers effets létaux - SPEL							
· mg/m³	8050	5750	4830	3680	2645		
· ppm	7000	5000	4200	3200	2300		
Seuil des effets irréversibles - SEI							
· mg/m³	2990	2070	1725	920	460		
· ppm	2600	1800	1500	800	400		
Seuil des effets réversibles - SER							
· mg/m³	ND	ND	ND	ND	ND		
· ppm	ND	ND	ND	ND	ND		

**DL50:** chez l'humain, une exposition a 4000ppm peut conduire à la mort en moins d'une heure.

# Les oxydes de soufre : SO<sub>2</sub>; SO<sub>3</sub>

#### 1. Propriétés physiques et chimiques

- L'anhydre sulfureux : SO2
- L'anhydre sulfurique : SO3
  - Dérivés oxygénés les plus importants
- Gaz incolore très dense, odeur suffocante
- Très soluble dans l'eau
- Formation d'acides forts : acide sulfureux :  $H_2SO_3$  acide sulfurique :  $H_2SO_4$

L'anhydride sulfureux(SO2) est un des composants de l'air pollué qui résulte principalement de la combustion industrielle du charbon, avec du charbon mou contenant les niveaux les plus élevés du soufre.

Les oxydes de soufre ont tendance à adhérer aux particules d'air et à pénétrer dans les voies respiratoires internes, où ils ne sont pas efficacement éliminés. Dans les voies respiratoires, le SO2 se combine facilement avec l'eau pour former de l'acide sulfureux, ce qui entraîne une irritation des muqueuses et une constriction des bronches. Cette irritation augmente à son tour la sensibilité des voies respiratoires à d'autres toxiques présents dans l'air.

Les oxydes d'azote: NO; NO2; N2O4

- 1. Propriétés physiques et chimiques
- Monoxyde d'azote (NO)
  - ➤ Gaz incolore, plus dense quel'air
    - S'oxyde spontanément en NO2

Le monoxyde d'azote est un gaz formé d'un atome d'oxygène et d'un atome d'azote. Le dioxyde d'azote est issu de l'oxydation du NO, il est formé d'un atome d'azote et deux atomes d'oxygène.

Le monoxyde d'azote (NO) est issu des phénomènes de combustion à haute température par oxydation de l'azote de l'air. Il provient majoritairement des appareils qui fonctionnent au gaz : cuisinière, chaudière, chauffe-eau... Le NO est un composé instable, qui, à température ambiante, se combine à l'oxygène pour former du dioxyde d'azote (NO2) qui, lui, est stable.

#### Dioxyde d'azote (NO2)

- ➤ Gaz rouge brun, plus lourd que l'air, odeur piquante, très pénible à respirer, formation dimère N2O4 incolore
- Soluble dans l'eau
- Formation acide nitreux ou nitrique : puissants oxydants

$$2 NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_2 + HNO_3$$

Le monoxyde d'azote est rapidement oxydé en NO2, il est donc présent en faible quantité dans l'air et la toxicité des oxydes d'azote est essentiellement due au NO2. Celui-ci, peu soluble, s'infiltre jusque dans les alvéoles pulmonaires. Les conséquences pulmonaires d'expositions à de fortes concentrations de dioxyde d'azote sont connues chez l'être humain et l'animal, mais l'impact sanitaire des faibles concentrations est bien moins démontré à travers les études épidémiologiques.

Les asthmatiques constituent un groupe sensible au dioxyde d'azote : l'exposition au NO2 entraîne une altération de leur fonction pulmonaire et une augmentation de la sensibilité des voies aériennes aux bronchoconstricteurs.

Pour de fortes concentrations en NO, il y a transformation de l'hémoglobine en méthemoglobine (Met-hb), entraînant une diminution de la capacité de transport de l'oxygène par l'hémoglobine ; Des essais effectués avec des concentrations de 3 mg de NO par m<sup>3</sup> d'air (concentrations bien plus fortes que les concentrations maximales atmosphériques) montrent qu'il n'y a pas formation de Met-hb.

Aux concentrations présentes dans l'atmosphère, NO n'a pas d'effets pathogènes mais, vraisemblablement, un effet bénéfique sur la fonction respiratoire. Depuis plusieurs années le NO est utilisé, avec des concentrations relativement élevées. Inhalé à des concentrations de 30 à 100 mg par m<sup>3</sup> d'air, NO provoque une vasodilatation et abaisse la pression artérielle pulmonaire. Il agit efficacement contre le syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) car il favorise l'oxygénation du sang en améliorant les échanges gazeux dans les poumons.

Le dioxyde d'azote (NO2) se forme dans l'atmosphère à partir du monoxyde d'azote (NO) qui se dégage essentiellement lors de la combustion de combustibles fossiles, dans la circulation routière par exemple. Le dioxyde d'azote se transforme dans l'atmosphère en acide nitrique, qui retombe au sol et sur la végétation.

Cet acide contribue, en association avec d'autres polluants, à l'acidification des milieux naturels. Les concentrations de NO et de NO2 augmentent en règle générale dans les villes aux heures de pointe. Les émissions anthropiques de NO<sub>2</sub> proviennent principalement de la combustion (chauffage, production d'électricité, moteurs des véhicules automobiles et des bateaux).

## Dans l'air, le NO<sub>2</sub> a les effets suivants:

C'est un gaz toxique entraînant une inflammation importante des voies respiratoires à des concentrations dépassant 200 µg/m³, sur de courtes durées.

Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), un gaz présent dans le smog photochimique, est également un irritant pulmonaire et est connu pour provoquer un œdème et une hémorragie pulmonaires. Le principal sujet de préoccupation concerne sa contribution à la formation de smog photochimique et d'ozone, bien que les oxydes d'azote contribuent également aux dépôts acides.

NO2 + UV lumiére 
$$---\rightarrow NO+ O^2$$

$$O^2 +O_2 ---\rightarrow O^3$$

# Les seuils des effets létaux retenus pour dioxyde d'azote sont les suivants :

Concentration	Temps (min.)					
	1	10	20	30	60	
Seuil des effets létaux significatifs - SELS						
· mg/m³	406	222	184	165	137	
· ppm	216	118	98	88	73	
Seuil des premiers effets létaux - SPEL						
· mg/m³	320	188	169	150	132	
· ppm	170	100	90	80	70	
Seuil des effets irréversibles - SEI						
· mg/m³	197	113	103	94	75	
· ppm	105	60	55	50	40	
Seuil des effets réversibles - SER						
· mg/m³	10	10	10	10	10	
· ppm	5	5	5	5	5	

### 2-Toxiques minéraux:

Un minéral est un matériau solide généralement inorganique, exceptionnellement organique. cristallisé homogène dans les conditions normales de température et de pression.

Les minéraux sont constitués d'un groupement d'atomes défini par une formule chimique bien précise et que l'on retrouve répété dans un réseau cristallin possédant une périodicité et une symétrie bien définies.

La chimie et la cristallographie sont par conséquent les sciences mobilisées pour l'étude des minéraux. À leur tour, les minéraux peuvent s'assembler pour former des roches. La minéralogie est donc d'une grande importance en géologie.





Les minéraux toxiques sont les minéraux qui présentent un certain risque pour la santé publique. Parmi ces minéraux sont l'amiante et la silice. En outre, d'autres minéraux contiennent des métaux toxiques tels que le mercure et le plomb. Les maladies les plus courantes causées par des minéraux toxiques sont le cancer et les troubles neurologiques. Les effets toxiques de certains minéraux, tels que le plomb ou le mercure, peuvent être irréversibles s'ils ne sont pas traités.

## 2. Classification:

Le nombre des espèces minérales ne cesse d'augmenter avec le perfectionnement des techniques d'analyse. On en compte autour d'une centaine à la fin du 19 siècle, 800 en 1890, le millier est franchi en 1920, les deux mille en 1964, les trois mille vers 1977 et les quatre mille en 2005. En 2016, plus de 4 750 minéraux sont recensés.

Ils sont classés principalement d'après des critéres chimiuques et cristallographiques. Ils peuvent ainsi être classés selon divers systèmes de classification, parmi lesquels la classification de Dana, celle de Strunz ou encore un index chimique de minéraux, tel que le Hey's Chemical Index of Minerals.

Leur composition chimique permet de les grouper en dix classes principales:

- ▶Éléments natifs, corps simple engendré par un seul élément chimique plus ou moins pur, comme le carbone (et le diamant), le soufre, l'or natif, l'argent natif, le cuivre natif, le platine. la première classe de Strunz comprend aussi les carbures, nitrures, phosphures et siliciures.
- ➤ Sulfures (anion S2–), comprenant les sulfosels.
- ➤ Halogénures : chlorures (Cl-), fluorures (F-).
- ➤Oxydes (O2–) et hydroxydes (OH–), comme la magnétite, le corindon ou le rutile .

- $\triangleright$  Carbonates (CO<sub>3</sub>)<sup>2-</sup> et nitrates (NO<sub>3</sub>)<sup>-</sup>.
- $\triangleright$  Borates (BO<sub>3</sub>)<sup>3-</sup>.
- ightharpoonupSulfates (SO<sub>4</sub>)<sup>2-</sup>, chromates (CrO<sub>4</sub>)<sup>2-</sup>, molybdates (MoO<sub>4</sub>)<sup>2-</sup>, tungstates (WO<sub>4</sub>)<sup>3-</sup>
- $\triangleright$  Phosphates (PO<sub>4</sub>)<sup>3-</sup>, arséniates (AsO<sub>4</sub>)<sup>3-</sup>, vanadates (VO<sub>4</sub>)<sup>3-</sup>.
- > Silicates (SiO<sub>x</sub>)<sup>4-2x</sup>.

> Minéraux organiques composés organiques cristallisés et présents à l'état naturel, comme l'oxammite (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> • H<sub>2</sub>O, un oxalate.

#### 3. Exemples de minéraux toxiques:

Les minéraux font tourner le monde entier, on les utilise partout, des cartes électroniques aux articles de table.

Certains font également partie des minéraux les plus toxiques que la science connaisse, et leur extraction s'est avérée tellement dangereuse que certains ont été totalement supprimés de la production industrielle, nous allons voir quelques exemples:

#### 1.Cinabre (HgS):

Le **sulfure de mercure**, plus connu sous le nom de cinabre, est notre principale source de mercure élémentaire depuis les premiers jours de la civilisation humaine. Le mercure est traditionnellement utilisé comme pigment pour les céramiques et les tatouages, même si à notre époque, on l'utilise dans de nombreux équipements scientifiques comme les thermomètres et les baromètres, ainsi que dans de nombreux usages industriels.

Mais une fois oxydé, il produit du méthylmercure et du diméthylmercure, deux composés toxiques qui provoquent des dommages irréparables au système nerveux des enfants. Il est mortel en petites concentrations et peut être absorbé par les voies respiratoires, les intestins ou la peau.



### 2.Pyrite (FeS2):

Le soufre et l'acide sulfurique sont très utilisés dans l'industrie. Le soufre peut être présent dans tout, des allumettes aux pneus, en passant par les fongicides et les fumigants, alors que l'acide sulfurique est un composant essentiel de nombreux procédés industriels, des pigments aux explosifs. Et à un moment donné, la Pyrite, un composé minéral formé à partir de fer et de soufre, était le seul endroit où on le trouvait.

Il a fallu faire une extraction intensive de pyrite, ce qui a provoqué des dommages environnementaux dévastateurs, comme des résidus de sulfure acidifiant les eaux souterraines et les cours d'eau avoisinants. D'autre part, la pyrite brûle spontanément quand elle est mélangée à des veines de charbon et exposée à l'air, libérant dans l'atmosphère des métaux très toxiques comme l'arsenic quand elle s'oxyde.

C'est pour cela que de nombreuses mines de charbon pulvérisent de la poudre de calcaire sur les gisements de charbon récemment excavés, pour ralentir la réaction d'oxydation exothermique du minerai pour l'empêcher d'exploser. La pyrite n'est plus exploitée commercialement.



### 3.Fluorite (CaF2)

Composée de fluorure de calcium, on la trouve généralement dans les veines d'autres minerais comme le fer, le charbon et le cuivre. La pierre peut être utilisée comme fondant, même si on la trouve plus souvent dans les bijoux et les lentilles des télescopes. Et quand on la mélange à de l'acide sulfurique, elle produit du fluorure d'hydrogène, un important précurseur chimique industriel.

En revanche, la fluorite peut être particulièrement néfaste pour les gens qui la manipulent régulièrement et pour ceux qui vivent à proximité d'une mine de fluorite.



La fluorite contient du fluor, un minéral soluble qui s'infiltre facilement dans les nappes phréatiques et qui peut être absorbé par les poumons s'il est réduit en poussière ou brûlé dans un poêle à charbon.

Quand le fluor se retrouve dans l'organisme, il entraîne une fluorose squelettique, une maladie douloureuse qui affaiblit les os et endommage les articulations. De nombreuses communautés rurales à travers l'Inde, la Chine et le reste de l'Asie du Sud-Est ont été touchées par des épidémies provoquées par des personnes buvant de l'eau contaminée, comme c'est le cas en Inde, ou par l'inhalation de minéraux sous forme de particules fines, comme c'est le cas en Chine.

#### 4. Quartz (SiO2)

Le quartz est à la fois le deuxième minéral le plus présent dans la croûte terrestre et le premier minéral le plus utilisé par l'humanité. En réalité, on pense que sa valeur en tant qu'allume-feu est à l'origine de la première activité minière de l'humanité. Aujourd'hui, les cristaux de quartz piézoélectriques sont un composant omniprésent dans les radios et les montres électroniques.

I faut simplement ne pas la broyer et l'inspirer, au risque de contracter une silicose. Cette maladie respiratoire est caractérisée par un gonflement des poumons et des ganglions lymphatiques, ce qui rend la respiration difficile.



Normalement, cela ne se produit qu'après environ 20 ans d'exposition, mais un sous-groupe de personnes atteintes peut présenter des symptômes au bout de 5 à 15 ans.

## 5.Galène (PbS)

C'est dans la **galène** que nous trouvons le plomb. Les Romains adoraient le plomb, ils l'utilisaient dans toutes sortes de choses, des tuyaux aux peintures en passant par les peintures et les articles de table – et nous en dépendons encore aujourd'hui

le plomb se trouve souvent dans les batteries et les balles, le blindage à haute énergie (comme les couvertures de rayons X et les enceintes de réacteurs nucléaires ), autrefois on l'utilisait comme additif pour les peintures et l'essence, et en tant que solution de stockage pour les produits chimiques corrosifs.

Ce n'est pas aussi grave que le mercure, qui vous tuera immédiatement, mais le plomb ne disparaît pas de votre système. Il s'accumule au fil des années pour atteindre des niveaux toxiques.



Une fois que cela se produit, il peut entrainer de graves disfonctionnements, car le plomb est cancérogène et tératogène (entraînant de graves malformations congénitales) pour la progéniture.

### 6. (BeSiO4)

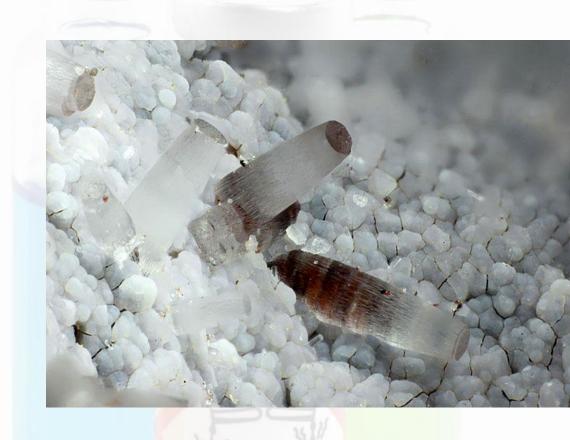
Le phénacite est extrait à la fois comme pierre précieuse et pour le béryllium. Le béryllium était autrefois un précurseur pour de nombreux matériaux céramiques, jusqu'à ce que les gens sachent que l'inhalation de poussières de béryllium provoquait la bérylliose. C'est comme une silicose mais beaucoup plus grave et également chronique.

Une fois que vous avez inhalé du béryllium, vous l'avez pour la vie. Les poumons deviennent hyper-sensibles au berrylium, ce qui entraîne une réaction allergique aux poumons à partir de petits nodules appelés granulomes. Ces granulomes rendent la respiration extrêmement difficile et peuvent être à l'origine de maladies comme la tuberculose.



# 7. Érionite Ca3K2Na2

L'érionite fait partie de la famille des zéolites, une classe de minéraux siliceux fibreux, souvent appelés tamis moléculaires, à cause de leur capacité à filtrer de façon sélective (par absorption) des molécules spécifiques de l'atmosphère et des liquides.



Souvent présente dans les cendres volcaniques, l'érionite était souvent utilisée comme catalyseur pour le dopage des métaux nobles utilisés dans le craquage des hydrocarbures et comme composant d'engrais.

Elle provoque le mésothéliome. C'est avant tout une maladie spécifique à l'industrie, ou du moins c'était le cas, jusqu'à ce que nous réalisions qu'elle provoquait un cancer très élevé et que nous arrêtions d'exploiter la substance à la fin des années 1980.

## 8. Hydroxyapatite (Ca5 (PO4) 3 (OH))

Le phosphore dans les engrais de jardin et le fluorure dans l'eau du robinet proviennent certainement de l'Apatite. Ces roches phosphatées sont disponibles en trois variétés, chacune contenant des niveaux élevés d'ions OH, F ou Cl – la version Hydroxyapatite étant un composant majeur de l'émail de vos dents et la version Fluorapatite constituant ce qui est déversé dans les réserves d'eau potable pour éviter les caries.

Et même si avoir des os et des dents solides est une bonne chose, l'exposition à l'hydroxyapatite (que ce soit par son extraction ou sa transformation) déposera ces mêmes minéraux sur vos valves cardiaques, les pétrifiant.



## 9. Crocidolite (Na2 (Fe2 +, Mg) 3Fe3 + 2Si8O22 (OH) 2)

C'est tout simplement le minéral le plus dangereux au monde: la crocidolite, mieux connue sous le nom d'amiante bleu. On l'utilisait largement autrefois pour diverses applications commerciales et industrielles grâce à sa nature robuste, résistante au feu et flexible, allant des dalles de plafond et matériaux de toiture aux revêtements de sol et à l'isolation thermique.

Mais en 1964, le Dr Christopher Wagner a établi le lien entre l'amiante et le mésothéliome et la vente de ces produits a disparu du jour au lendemain.





#### Introduction:

Le vocable COV recouvre une grande variété de substances chimiques ayant pour point commun d'être des composés du carbone et d'être volatils à température ambiante. Ceux-ci peuvent être regroupés au sein de grandes familles définies en fonction de leur formule chimique, dont chacune possède des propriétés particulières.

Bien qu'il puisse exister parfois des différences majeures sur le plan toxique, les COV sont à considérer de façon individuelle en fonction de leur spécificité toxique, mais aussi de façon globale, en raison de propriétés toxiques communes, mais aussi du rôle qu'ils jouent dans la formation des polluants photooxydants dans l'environnement extérieur et intérieur.

« composé organique » : tout composé contenant au moins l'élément carbone et un ou plusieurs des éléments suivants : hydrogène, halogènes, oxygène, soufre, phosphore, silicium ou azote, à l'exception des oxydes de carbone et des carbonates et des bicarbonates inorganiques;

« composé organique volatil (COV) » : tout composé organique ayant une pression de vapeur de 0,01 kPa1<sup>1</sup>ou plus à une température de 293,15 K ou ayant une volatilité correspondante dans les conditions d'utilisation particulières. Aux fins de la présente directive, la fraction de créosote qui dépasse cette valeur de pression de vapeur à la température de 293,15 K est considérée comme un COV;

Une définition plus restrictive des COV peut parfois être trouvée si la réglementation traite spécifiquement de la pollution photochimique. La directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil relative à l'ozone dans l'air ambiant définit ainsi les COV : « tous les composés organiques provenant de sources anthropiques et biogènes autres que le méthane, capables de produire des oxydants photochimiques par réaction avec des oxydes d'azote sous l'effet du rayonnement solaire ».

On peut définir aussi une catégorie proche, celle des Composés Organiques Semi-Volatils (COSV) pour décrire les composés les plus lourds, non volatils à température ambiante, mais volatils en contact avec une source chaude, comme un radiateur dans l'environnement intérieur.

Dans ce cas, ces composés vont se volatiliser au contact de cette source de chaleur et se recondenser avec les particules de l'air ambiant. Les principaux COSV comprennent la plupart des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques), les PCB (PolyChloroBiphényles), la plupart des pesticides et des phtalates etc...

#### Classification

### Caractéristiques générales

La chimie du carbone se caractérise par un très grand nombre de composés carbonés. Ceci est dû à la capacité du carbone de former des liaisons covalentes avec lui-même, ce qui peut donner naissance à des chaînes et des cycles de grande longueur.

Les composés organiques ont en commun d'être sensibles à la chaleur et se décomposent généralement au-dessus de 200 °C. Ils sont moins solubles dans l'eau que les composés minéraux, mais sont plus solubles que ces derniers dans les solvants organiques.

### Les grandes familles

On appelle hydrocarbure un composé formé d'hydrogène et de carbone. D'une façon générale, en chimie organique, la racine du nom correspond au nombre d'atomes de carbone dans le radical ou la molécule : méth- pour un atome de carbone, éth- pour 2, prop-pour 3, but-pour 4, -pent-pour 5, hex pour 6, hept-pour 7, oct-pour 8, non-pour 9, déc-pour dix, undéc-pour 11 etc...

Les symboles R et R' désignent n'importe quel groupement d'atomes appelé aussi radical. Le suffixe caractérise la nature de la famille : par exemple, -ane pour les hydrocarbures saturés, - ène pour les alcènes, -ynes pour les alcynes, -ol pour les alcools, -one pour les cétones, -al pour les aldéhydes etc.

Les symboles R et R' désignent n'importe quel groupement d'atomes appelé aussi radical. Le suffixe caractérise la nature de la famille : par exemple, -ane pour les hydrocarbures saturés, -ène pour les alcènes, -ynes pour les alcynes, -ol pour les alcools, -one pour les cétones, -al pour les aldéhydes etc.

Les isomères sont des composés de même poids moléculaire, mais ayant une répartition différente des atomes. Les polymères sont obtenus par réaction de la molécule (le monomère) avec elle-même. On parle de dimères, si la réaction met en jeu deux molécules de monomères, et de trimères pour trois molécules.

### Hydrocarbures aliphatiques

Ce sont les hydrocarbures à chaîne carbonée ouverte. On distingue :

- les hydrocarbures saturés (les alcanes), de formule chimique générale CnH2n+2 avec n = 1, 2...;
- les hydrocarbures insaturés, formés de deux groupes :
- les alcènes, de formule chimique R-CH=CH-R', qui possèdent une double liaison. Si la molécule comporte deux doubles liaisons, on parlera de diène, comme dans le 1,3-butadiène
- les alcynes, de formule chimique R-C= C-R', qui possèdent une triple liaison.

D'une façon générale, les alcanes sont moins réactifs et, de ce fait, moins toxiques que les alcènes ou les alcynes, dont les liaisons insaturées en font des réactifs vis-à-vis d'eux-mêmes (formation de polymères du type polyéthylène par exemple) ou des molécules biologiques. Un alcène plus particulièrement préoccupant est le 1,3-butadiène, polluant formé lors des combustions et classé cancérogène.

### Les hydrocarbures alicycliques

Ce sont des hydrocarbures cycliques dérivés de la série aliphatique. Ce sont les cycloalcanes (cyclohexane par ex), les cycloalcènes (contenant une double liaison), les cycloalcadiènes (contenant deux doubles liaisons) ou les terpènes. Ces derniers sont des composants majeurs de l'essence de térébenthine et se trouvent dans beaucoup de produits d'origine végétale, notamment les essences utilisées dans les produits d'entretien et les parfums.

### Les hydrocarbures aromatiques

Ils sont aussi appelés composés aromatiques ou simplement aromatiques. Leur molécule est formée d'au moins un cycle d'atomes de carbone du type de celui du benzène. On parlera de noyau aromatique. Celui-ci est représenté par convention sous forme d'un cycle hexagonal avec trois doubles liaisons alternées avec trois liaisons simples, mais cette représentation est en fait fictive, car les électrons sont libres de se déplacer sur le cycle.

Lorsqu'il y a plusieurs noyaux aromatiques, on parle d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). Le premier de la série est le naphtalène, composé de deux noyaux. Plus le nombre de noyaux augmente, moins le composé est volatil. La classification en COV passe de fait au milieu de cette famille, qui se caractérise par un nombre important de cancérogènes.

# Les hydrocarbures substitués

Si la molécule d'hydrocarbure contient un atome autre que du carbone et de l'hydrogène, on parle d'hydrocarbures substitués et, dans le cas d'un cycle, on parle d'hétérocycle.

## Les halogénés

Les atomes substitués les plus fréquents sont les halogènes : fluor (F), chlore (Cl), brome (Br) et iode (I). Cela donne naissance à la famille des hydrocarbures halogénés. Ce sont des composés fréquemment trouvés dans l'atmosphère en raison d'une large utilisation industrielle ou domestique. La substitution se fait par exemple sur :

les hydrocarbures aliphatiques :

➤ les alcanes : les principaux dérivés proviennent du méthane : chlorure de méthyle (CH3Cl), chlorure de méthylène ou dichlorométhane (CH2Cl2), le chloroforme ou trichlorométhane (CHCl3) et le tétrachlorure de carbone ou tétrachlorométhane (CCl4).

- ▶les alcènes : les principaux composés sont le chlorure de vinyle ( $CH_2$  = CHCI), le dichloréthylène (CHCI = CHCI) et surtout le trichloréthylène (CHCI =  $CCI_2$ ) et le tétrachloréthylène ou perchloréthylène ( $CCI_2$  =  $CCI_2$ ).
- ➤ les alcynes : les principaux composés sont le dichloroacétylène et le chlorure d'allyle.

## les hydrocarbures aromatiques :

La substitution par les halogènes donne naissance à des composés du type chlorobenzène, chlorotoluène... Le positionnement des atomes d'halogène sur le noyau aromatique est la source d'isomères, dont la toxicité peut être différente selon le dit positionnement.

#### Les alcools

La fonction alcool est caractérisée par un groupement fonctionnel hydroxyle -OH. La formule générale des alcools est donc R-OH. Ils forment une partie importante des COV, principalement les dérivés des alcanes du type méthanol (CH3-OH), éthanol (C2H5-OH), propanol

La toxicité de ces alcools est généralement faible aux concentrations trouvées dans l'atmosphère. On trouve aussi des alcools substitués construits à partir des alcènes ou des alcynes, dont la toxicité est plus élevée. Les molécules ayant deux fonctions alcool sont appelées diol et plus familièrement glycol. Par exemple, l'éthylène glycol (éthane diol) correspond à HO-CH2-CH2-OH.

# Les aldéhydes

La fonction aldéhyde est caractérisée par le groupement fonctionnel –C(=O)H. La formule générale des aldéhydes est en conséquence R-C(=0)H. Ils forment une partie importante des COV, principalement les dérivés des alcanes du type formaldéhyde de formule H-C(=O)H, acétaldéhyde, de formule CH3-C(=O)H, qui sont les deux composés les plus toxiques de cette famille.

### Les cétones

Les cétones sont caractérisées par le groupement fonctionnel carbonyle -C=O, où un atome de carbone est relié à un atome d'oxygène par une double liaison. La formule générale des cétones est R-C(=O)-R'. Elles forment une partie importante des COV, principalement les dérivés des alcanes comme les solvants très largement utilisés dans les produits industriels et domestiques, le principale représentant de cette famille est l'acétone.

#### Les éthers et les esters

Les éthers sont caractérisés par la liaison éther, formée d'un atome d'oxygène -O- situé entre 2 groupements R et R'. La formule générale des éthers est en conséquence R-O-R'. Les éthers sont obtenus par déshydratation des alcools. Ce sont donc toujours des éthers d'un alcool. Les premiers de la série sont les dérivés de l'éthylène glycol : méthylglycol (dont le nom officiel est 2méthoxyéthanol ou encore EGME selon l'acronyme anglais Ethylene Glycol Methyl Ether)

Les esters sont formés par réaction d'un acide sur la fonction alcool. Leur formule générale est R-C(=O)O-R'. On peut obtenir des éthers-esters par réaction d'un acide sur la fonction alcool d'un éther de glycol. Par exemple, l'acétate d'éthylglycol (acétate de 2-éthoxyéthyle) est obtenu par réaction de l'acide acétique sur l'éthylglycol.

### Les acides

La fonction acide est caractérisée par le groupement fonctionnel –C(=O)OH. La formule générale des acides est R– C(=O)OH. Les premiers de la série sont l'acide formique (H-C(=O)OH) et l'acide acétique (C2H5-C(=O)OH). Ils sont présents dans l'environnement intérieur. Ce sont des irritants respiratoires.

### Les amines, amides et nitriles

Les amines sont caractérisées par le groupement fonctionnel NH2, les atomes d'hydrogène pouvant être substitués par des groupements R. On parle d'amine primaire (R-NH2), d'amine secondaire (R-N(-H)-R') et d'amine tertiaire (R-N(-R')-R). Les amides possèdent une fonction amine et un groupe carbonyle, soit la formule. R-C(=O)N(-H)-R'.

Les composés nitriles sont caractérisés par un groupement – CN, le plus connu étant l'acrylonitrile (CH2=CH-CN), monomère de plusieurs polymères de large utilisation industrielle et par ailleurs classé cancérogène.

#### Sources d'émission de COV

Selon le Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), les sources naturelles de COV représentent à l'échelle planétaire environ 90 % des rejets non méthaniques mais, dans les régions industrialisées, à cause de la part importante des émissions anthropiques, ces sources deviennent minoritaires.

Plus de 500 COV ont été décelés dans l'environnement intérieur comprenant des substances des différentes familles décrites ci-dessus. Les émissions sont générées par les matériaux de construction, les meubles, les produits de traitement et de décoration, les produits d'entretien, les cosmétiques, les carburants, les combustions de gaz, fuel, bois, charbon et tabac, l'activité culinaire...

Dans les seules émissions de produits de construction et d'aménagement intérieur, il a été trouvé 211 COV pour lesquels une CLI (Concentration Limite d'Intérêt) a par ailleurs été proposée. Dans l'environnement intérieur, le nombre de COV est plus important que dans l'environnement extérieur et leur niveau de concentration est, d'une façon générale, nettement plus élevé

En France, Les émissions artificielles de COV en 2004 étaient originaires de l'industrie manufacturière (30 %), du transport routier (22 %), puis du résidentiel (25 %).

Dans l'environnement intérieur, le nombre de COV et leur niveau de concentration sont plus importants que dans l'environnement extérieur.

## >Impact sanitaire

**□**Impact indirect

Les COV, à l'exception du petit groupe mentionné dans le chapitre Définition, jouent avec les oxydes d'azote, un rôle important comme précurseurs de la pollution photochimique (appelée aussi pollution photo-oxydante).

Ce phénomène se produit dans la troposphère, soit entre le sol et une limite entre 7 et 10 km d'altitude. Sous l'effet des rayonnements ultraviolets (UV) solaires, les COV engendrent la formation d'ozone (O3) et d'autres composés acides ou oxydants (peroxyde d'hydrogène, aldéhydes dont le formaldéhyde, peroxyacétylnitrate ou PAN, acide nitrique...). Une fois formé, l'ozone réagit avec l'oxyde nitrique (NO) généré par le trafic urbain. C'est la raison pour laquelle, l'ozone est produit dans des concentrations plus élevées en été qu'en hiver, et dans des zones urbaines plutôt que dans les zones rurales.

Les concentrations d'ozone sont généralement de l'ordre de 30 μg/m3, mais peuvent atteindre 120 μg/m3, voire plus de 200 µg/m3 pendant des épisodes photochimiques (Le maximum enregistré est de 417 µg/m3 sur l'étang de Berre). L'ozone a également un impact sur les écosystèmes forestiers et agricoles.

Associé aux autres substances formant la pollution photooxydante, l'ozone est un puissant irritant respiratoire. Cela a conduit à en faire un des premiers polluants atmosphériques réglementés par l'Union Européenne avec un objectif à long terme pour la protection de la santé humaine aujourd'hui fixé à 120 μg/m3, un seuil d'alerte à 240 μg/m3 pendant trois heures consécutives, un seuil d'information et de recommandation, à 180 μg/m3 en moyenne horaire

Dans l'environnement intérieur, l'ozone réagit aussi avec certains COV (terpènes, styrène, acides gras insaturés...), pour donner des composés ayant un effet sur la santé humaine comme le formaldéhyde, l'acroléine, le peroxyde d'oxygène, certains acides organiques, les particules fines (Particules de diamètre < 2,5 µ appelées PM 2,5) et ultrafines (Particules de diamètre  $< 0,1 \mu m$ ).

Une étude toxicologique récente chez le rat a mis clairement en évidence que les composés provenant de la réaction ozone d-limonène étaient de puissants irritants respiratoires, l'effet étant plus marqué chez les animaux âgés que chez les jeunes. Ces différents terpènes sont présents dans de nombreux désodorisants commerciaux et peuvent donc générer des concentrations élevées en milieu intérieur en cas de pollution par l'ozone.

## >Impact direct

- ✓ physicochimiques : explosibles, comburantes, extrêmement inflammables, facilement inflammables, inflammables
- ✓ très toxiques : entraînant, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée en très petites quantités, la mort ou nuisant à la santé de manière aiguë ou chronique
- ✓ toxiques : entraînant, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée en petites quantités, la mort ou nuisant à la santé de manière aiguë ou chronique ;

- ✓ corrosives : pouvant, en contact avec des tissus vivants, exercer une action destructrice sur ces derniers.
- ✓irritantes : non corrosives et pouvant, par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses provoquer une réaction inflammatoire
- ✓ sensibilisantes : pouvant, par inhalation ou par pénétration cutanée, donner lieu à une réaction d'hypersensibilisation telle qu'une exposition ultérieure à la substance ou à la préparation produit des effets néfastes caractéristiques

✓ cancérogènes : pouvant, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, provoquer un cancer ou en augmenter la fréquence. On distingue les substances et préparations cancérogènes de catégorie 1, 2 et 3, selon le degré de preuve chez l'homme et l'animal.

- ✓ mutagènes : pouvant, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence.
- ✓ toxiques pour la reproduction : pouvant, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, produire ou augmenter la fréquence d'effets nocifs non héréditaires dans la progéniture, ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives.

✓ dangereuses pour l'environnement : pouvant présenter un risque immédiat ou différé pour une ou plusieurs composantes de l'environnement.

Pour conclure, les COV forment une famille de substances chimiques très diverses du point de vue structure et propriétés. Pour guider une politique de prévention de leurs effets sanitaires, il est important de les considérer à la fois de façon globale, en raison de leur rôle dans la pollution photochimique, tant dans l'environnement extérieur que dans l'environnement intérieur, mais aussi de façon individuelle pour éliminer les COV les plus toxiques des sources d'émission.

### **Techniques d'extraction:**

#### 1- Définition du solvant:

Un solvant est une substance qui a le pouvoir de former avec d'autres substances une solution homogène. Les solvants sont ainsi utilisés pour extraire (industrie chimique, pétrochimique, pharmaceutique et alimentaire), dissoudre (dégraissage) et suspendre (peintures) des substances généralement insolubles dans l'eau ou pour modifier les propriétés physiques d'un matériau (exp. Diluant).

Un solvant est un liquide qui a la propriété de dissoudre et de diluer d'autres substances sans les modifier chimiquement et sans lui-même se modifier. C'est un liquide qui permet, après ajouts des réactifs, d'obtenir une phase liquide homogène,

Le terme solvant organique se réfère aux solvants qui sont des composés organiques qui contiennent des atomes de carbone. D'après Cohr, un solvant organique est un composé chimique ou un mélange qui est liquide entre 0°C et 200°C approximativement, qui est volatil et relativement inerte chimiquement.

Les solvants peuvent aussi être utilisés pour extraire les composés solubles d'un mélange, l'exemple le plus commun étant l'infusion de thé dans de l'eau chaude (L'eau est le solvant le plus courant).

Pour les solutions liquides (phase uniforme liquide contenant plusieurs espèces chimiques), si l'une des espèces est très largement majoritaire (au moins un facteur 100), on l'appelle le «solvant». C'est le cas de l'eau pour les solutions aqueuses (par exemple une solution aqueuse de sulfate de cuivre: l'eau est le solvant et les ions sulfate et cuivre les solutés). Donc, le solvant est le liquide le plus abondant, le soluté le moins abondant.

#### 2- Classification

Les solvants organiques sont classés en trois familles:

1. Solvants hydrocarbures: Les hydrocarbures constituent la classe des solvants organiques la plus répondue. Les solvants de cette catégorie ne contiennent que du carbone et de l'hydrogène dans leur structure moléculaire. On distingue les hydrocarbures aliphatiques, les hydrocarbures aromatiques ainsi que les mélanges pétroliers complexes.

1. 1. Hydrocarbures aliphatiques (alcanes, alcène)

On distingue les hydrocarbures aliphatiques saturés (alcanes) qui ne contiennent que des liaisons simples des hydrocarbures insaturés qui contiennent au moins une double liaison. Les composés saturés ont la formule CnH2n+2 mais seules les molécules avec cinq carbone ou plus sont des solvants liquides à la température normale.

Les chaînes carbonées peuvent être linéaires (n-hexane) ou ramifiées (iso-pentane). Les composés insaturés (les alcènes) sont moins répondus comme solvants sauf pour certains produits naturels comme les terpènes. Les solvants aliphatiques sont utilisés notamment dans les adhésifs (exp. L'hexane).

#### 1.2. Hydrocarbures aromatiques (benzène, toluène, xylène)

Ils possèdent un cycle insaturé à six atomes de carbone comme le benzène. La série aromatique comprend tous les liquides volatils dont la structure moléculaire comporte le noyau benzénique

Les solvants aromatiques comportent un seul cycle benzénique avec une ou plusieurs chaînes latérales (le toluène, le xylène, etc.). Ces composés sont largement utilisés dans la formulation de peintures industrielles. Le terme d'hydrocarbure aromatique lourd est utilisé lorsqu'il ya trois carbones ou plus au total sur une ou plusieurs chaînes latérales.

#### Les dérivés du benzène

On parle de dérivé benzénique ou de dérivé du benzène pour les composés comportant un noyau central de benzène substitué par un à six groupes, Par exemple, le phénol et le toluène sont des dérivés benzéniques monosubstitués, le premier possédant un groupe hydroxyle, le second un groupe méthyle attaché au noyau benzénique.

### > Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

Ce sont des composés comportant plusieurs cycles benzéniques fusionnés. Parmi lesquels les plus courants le naphtalène, constitué de deux cycles benzéniques fusionnés, l'anthracène qui en compte trois, alignés, le tétracène (quatre, alignés) et le pentacène (cinq, alignés).

Le phénanthrène et le triphénylène sont des exemples d'hydrocarbures aromatiques polycycliques avec connexions non linéaires. Les hélicènes et le corannulène sont particulièrement présents dans les dérivés lourds du pétrole et du charbon (goudron de houille: combustible minéral provenant de la décomposition et de la transformation des végétaux au cours du temps).

Ils font partie des polluants organiques persistants les plus répandus, restant dans l'environnement marin sur les plages très longtemps après une marée noire. Ils sont toxiques, et la plupart du temps cancérigènes.

## 1. 3. Mélanges pétroliers complexe

Les raffineries de pétrole, en plus de produire les hydrocarbures simples, fabriquent des mélanges complexes d'hydrocarbures aliphatiques, aromatiques ou comportant les deux séries à la fois.

La plupart des solvants pétroliers commercialisés sont donc des mélanges obtenus par séparations physiques du pétrole brut. Ces coupes pétrolières se distinguent par leur gamme de point d'ébullition et leur composition chimique

selon les fractions dont ils sont dérivés et les divers traitements auxquelles elles sont soumises: hydrodésulfération (pour enlever l'hydrogène sulfuré), hydrotraitement (hydrogénation catalytique qui convertit les aromatiques en alicycliques, aussi appelés naphténiques), extraction par solvant (pour extraire les aromatiques) ou reformage catalytique (pour augmenter notamment la teneur en aromatiques).

On peut les grouper en trois grandes catégories, comportant chacune plusieurs souscatégories.

Les mélanges à plus faible point d'ébullition sont utilisés principalement dans les adhésifs, les peintures et l'industrie du caoutchouc. Les pluparts sont désormais hydrotraités et comportent peu de n-hexane.

> Les mélanges à un point d'ébullition plus élevé: Les essences minérales sont utilisées dans les peintures et pour le dégraissage. Ce sont des mélanges composés principalement d'hydrocarbures aliphatiques (et alicycliques) avec, selon les catégories, une fraction d'hydrocarbures aromatiques lourds, ne dépassant généralement pas 25%.

Les mélanges à haut point d'ébullition: comprenant principalement des hydrocarbures aromatiques lourds, qui ont un pouvoir de dissolution sensiblement plus élevé que les catégories précédentes.

# 2. Solvants oxygénés Ils regroupent plusieurs classes

Les alcools: Sont des composés organiques dont l'un des carbones est lié à un groupe hydroxyle. Ce sont des solvants oxygénés de synthèse (exp. méthanol, éthanol, etc.). Ils résultent de la substitution de l'hydrogène sur un hydrocarbure R-H par la fonction –OH pour donner R-OH. Un alcool monohydrique est un alcool qui contient une seule fonction hydroxyle par molécule.

Les glycols: Sont appelés aussi polyols ou polyalcools. Ce sont des composés organiques caractérisés par un certain nombre de groupes hydroxyle (au moins deux groupes). Par rapport aux alcools simples, l'augmentation du nombre de groupes hydroxyle entraine une augmentation très importante de leur point d'ébullition et de leur viscosité ainsi qu'une solubilité accrue dans l'eau.

Les cétones: Sont caractérisées par le groupement fonctionnel carbonyle -C=O, où un atome de carbone est relié à un atome d'oxygène par une double liaison. Les cétones de faibles poids moléculaires sont solubles dans l'eau. A partir de C5, cette solubilité est presque nulle.

Les esters organiques: Sont une famille de solvants oxygénés caractérisés par la présence d'un groupement carboxyle au sein d'une chaîne de carbone et d'hydrogène plus au moins longue. Ils sont obtenus par réaction d'un acide organique avec un alcool.

Les acétates sont les esters les plus utilisés comme solvant. Ils sont volatils à température ambiante. Il existe également des acétates complexes ou mélange produits à partir de fractions pétrolières. Ils sont utilisés notamment dans la formulation des peintures, de laques, d'adhésifs et d'encres.

Les éthers: Sont une famille de substances oxygénées. Ils sont caractérisée par la liaison éther, formée d'un atome d'oxygène -O- situé entre deux groupements R et R'. Ils résultant de la déshydratation de deux alcools pour former la liaison R-O-R' où R et R' sont des chaînes plus au moins complexes et ramifiées qui peuvent se rejoindre pour former un cycle.

Ils sont utilisés comme solvants réactionnels. Les éthers sont plus au moins solubles dans l'eau et dans les hydrocarbures. Ils sont tous inflammables. Les éthers ont tendance à former des peroxydes et des hydroperoxydes qui posent des problèmes de sécurité en raison de leur potentiel explosif.

Les éthers de glycol: Constituent un groupe de solvants oxygénés dérivés de l'éthylène glycol ou du propylène glycol. Aux conditions normales d'utilisation, sont des liquides incolores à odeur légèrement éthérée, modérément volatils et de viscosité moyenne.

Leur large utilisation tient à leur caractère amphiphile qui leur confère une affinité à la fois pour les composés polaires (eau, alcool, cétone) et les composés apolaires (hydrocarbures). Les éthers de glycol sont donc de bons solvants pour de nombreuses substances et peuvent être utilisés pour rendre miscibles des solvants autrement non-miscibles.

On les trouve aussi comme principaux composants dans les colles, les encres, les peintures, les vernis, les diluants, les cosmétiques notamment les teintures pour cheveux, les produits d'entretien comme les lave vitres, les produits pour la mécanique et la métallurgie (dégraissants).

#### **Toxicité des solvants**

Aucun solvant n'est inoffensif. Ils ont tous des effets sur la santé, variables selon les produits et la nature de l'exposition professionnelle, qui peuvent être locaux (picotements: sensations de piqures, irritations) ou généraux (ou encore systémiques: vertiges, états ébrieux, intoxications aiguës, coma...).

Ces produits s'avèrent souvent dangereux pour l'environnement et la santé humaine. Les solvants peuvent pénétrer dans l'organisme de trois manières: voie respiratoire (grâce à leur volatilité), voie cutanée (quel que soit l'état de la peau), voie digestive (absorption accidentelle).

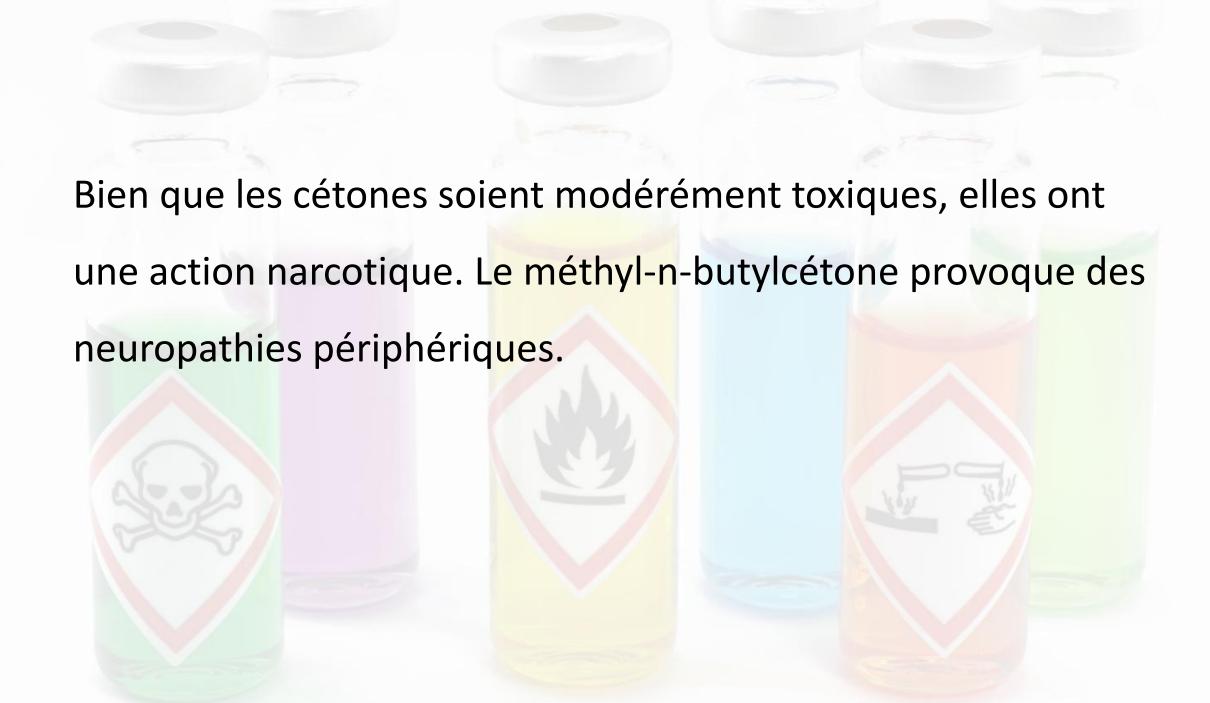
Ils sont alors soit éliminés sous forme inchangée dans l'air expiré, soit fixés dans les tissus, soit métabolisés par le foie puis éliminés dans les selles, les urines et l'air expiré. Le foie a notamment pour rôle de transformer les substances étrangères telles que les solvants, en produits éliminables.

Certaines étapes de cette transformation peuvent aboutir à des dérivés hautement toxiques. Les solvants peuvent provoquer des maladies de la peau, des lésions chroniques du cerveau et le cancer.

Les homologues supérieurs du benzène (toluène, xylène) ont été incriminés dans la survenue d'un syndrome psycho-organique. Le toluène, le xylène et le styrène sont des narcotiques et des irritants cutanés et respiratoires. Le benzène est particulièrement toxique vis à vis de la moelle osseuse, d'où l'interdiction de son utilisation à des concentrations supérieures à 1%.

Les hydrocarbures chlorés sont potentiellement hépato- et néphrotoxiques et ont une action déprimante sur le système nerveux central. Certains d'entre eux sont aussi toxiques pour le système nerveux périphérique. Certains dérivés des hydrocarbures aliphatiques (donnants naissance dans l'organisme à des époxydes) sont mutagènes et cancérigènes.

Les alcools exercent une action narcotique et irritante. Leur inhalation peut provoquer des vertiges et des céphalées. Les vapeurs de butanol peuvent léser la cornée (membrane de l'œil).



Les éthers ont des propriétés anesthésiques et narcotiques. Certains sont hépatotoxiques. Les dérivés chlorés du méthyléther sont cancérigènes.

Des contacts répétés avec des solvants peuvent en outre avoir des effets sur le système nerveux, le sang (hématoxicité, cancer), le foie ou les reins (insuffisances rénales ou hépatiques, cancers), le système de la reproduction (fertilité, grossesse), le système endocrinien et cardiovasculaire.

Certains solvants peuvent aussi avoir des effets mutagènes, tératogènes et cancérigènes. Ces effets toxiques ou ces pathologies apparaissent parfois plusieurs années après l'exposition.

# Effets sur le système nerveux central

Le système nerveux est l'organe le plus sensible et le premier à montrer des effets dus à une exposition aux solvants. La majorité des solvants étant liposolubles altèrent la couche lipidique de la membrane de la cellule nerveuse et de la myéline (une action démyélinisante sur le tissu nerveux).

A forte concentration et lors d'exposition aiguë, les solvants dépriment le système nerveux. A faible concentration, ils provoquent des troubles du comportement et des perturbations psychomotrices telles que: asthénies, céphalées, troubles de la mémoire et de la vigilance, vertiges et troubles de l'humeur. Ces manifestations sont en général réversibles à l'arrêt de l'exposition

Dans le cas de mélange de solvants, des effets neurocomportementaux ont été décelé alors que l'intensité d'exposition de chaque solvant considéré isolément est faible. L'exposition chronique aux vapeurs de divers solvants peut engendrer un syndrome psychoorganique, caractérisé par un déficit intellectuel et des troubles émotionnels.

### b) Effets sur le système nerveux périphérique

L'exposition chronique à certains solvants (n-hexane, méthylbutylcétone, mélange de solvants) pourrait favoriser le développement d'une neuropathie périphérique.

Des polyneuropathies périphériques sont caractérisées par une dégénérescence anoxale, et se manifestent principalement par des symptômes de crampes musculaires, de faiblesse, d'engourdissements, de picotements et de douleur, surtout au niveau des membres inférieurs.

### Effets sur la peau

Etant donné les propriétés lipophiles de la plupart des solvants, ils exercent une action dégraissante, d'où sécheresse, crevasses (déchirure) et irritation de la peau. Dans certains cas, les solvants peuvent même déclencher des processus allergiques conduisant à l'installation de véritables eczémas (exéma: maladie de la peau).

### Effets sur les voies respiratoires

Les symptômes d'irritation des voies respiratoires chez les travailleurs exposés aux émanations (odeur) des solvants ne sont pas exceptionnels.

#### Effets sur les reins

Il ne fait pas de doute qu'une exposition massive à des solvants puisse provoquer des lésions rénales. Plusieurs enquêtes épidémiologiques semblent confirmer l'hypothèse qu'une glomérulonéphrite chronique (éventuellement auto- immune) pourrait être induite par l'exposition aux solvants.

#### Effets sur le foie

L'exposition aiguë à certains solvants comme le tétrachlorure de carbone, le 1,2- dichloroéthane, le diméthylformamide peut engendrer une hépatite aiguë cytolytique, plus rarement une atteinte cytolytique et cholestasique suite à l'exposition à des solvants comme le tétrachloréthane.

### Effets sur le système hématopoïétique

Le benzène connu pour son action aplasiante et leucémogène. Bien qu'il soit actuellement soumis à une réglementation très stricte on le retrouve en quantités non négligeables dans les carburants et comme impureté dans les autres solvants. Le toluène et le xylène ne sont pas hématotoxiques. L'action dysplasiante d'autres solvants comme le styrène et les éthers de glycol n'est pas à exclure.

#### Effets cancérigène

Plusieurs solvants, ou leurs métabolites, ont des propriétés mutagènes et/ou cancérigènes et/ou tératogènes. L'action cancérigène du benzène n'est plus un thème de discussion; D'autres solvants sont soupçonnés êtres cancérigènes ainsi les solvants halogénés, le tétrachlorure de carbone, le 2nitropropane sont suspectés provoquer ou augmenter le risque de cancer du foie.

### Effets sur la fonction de reproduction

La majorité des solvants passent la barrière placentaire d'où ils ont étés soupçonnés dans plusieurs études avoir des effets sur la reproduction à titre d'exemple avortements spontanés, retard de croissance intra-utérine, et faible poids de naissance et malformations (en particulière du système nerveux central, bec de lièvre). Certains solvants sont même incriminés dans les troubles de la spermatogenèse et par conséquent la fertilité masculine.