



HAL
open science

Evaluation des produits émis lors d'incendies accidentels de substances dangereuses

Jean-Philippe Pineau, Claude Cwiklinski, Guy Marlair, Christian Michot

► **To cite this version:**

Jean-Philippe Pineau, Claude Cwiklinski, Guy Marlair, Christian Michot. Evaluation des produits émis lors d'incendies accidentels de substances dangereuses. ER'91 Conference, May 1991, Calgary, Canada. pp.NC. <ineris-00971822>

HAL Id: ineris-00971822

<https://ineris.hal.science/ineris-00971822v1>

Submitted on 3 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

EVALUATION DES PRODUITS EMIS LORS D'INCENDIES
ACCIDENTELS DE SUBSTANCES DANGEREUSES

J.P.PINEAU, C. CWIKLINSKI, G. MARLAIR, C. MICHOT
Parc Technologique ALATA - INERIS
B.P. n° 2 - 60550 VERNEUIL EN HALATTE

RESUME

L'évaluation de l'inflammabilité, l'explosibilité et la toxicité de substances dangereuses peut conduire à un classement. Diverses méthodes de laboratoire sont utilisées et retenues dans des normes et réglementations, nationales et internationales. Les méthodes indiquées dans les recommandations de l'ONU pour le transport des matières dangereuses et les Directives de la Commission Economique Européenne (84/449 et 82/501) sont d'abord examinées.

Sur l'aspect de l'émission de produits toxiques lors d'incendies accidentels, divers sinistres importants mettant en jeu des engrais ou des produits phytosanitaires ont montré les limitations de l'évaluation basée sur des méthodes de laboratoire. Par contre, des essais en grand dans une galerie d'incendie de 50 m de long et 10 m² de section ont permis d'effectuer des bilans massiques et chimiques globaux de l'incendie d'engrais ternaires NPK et de produits agropharmaceutiques, et d'évaluer les impacts thermiques. Ces travaux ont mis en évidence les différences de comportement dans la combustion des produits à l'échelle du laboratoire et en grand, et le rôle de leur conditionnement.

Ces données sont indispensables pour le calcul de la dispersion des produits formés, pour définir les moyens de prévention et de lutte contre l'incendie, et donc pour assurer dans les meilleures conditions la protection des travailleurs, des équipes d'intervention et des populations. Des mesures de prévention reprises par les pouvoirs publics et les industriels sont décrites.

I./ INTRODUCTION

Nous citons simplement quelques accidents survenus à la frontière française ou en France :

- 1986 : Pollution du Rhin en aval de Bâle, (Suisse) à la suite d'un incendie d'entrepôts de produits chimiques, avec morts de deux millions de poissons en quelques heures.
- 1987 : Emission d'un nuage toxique sur le port de Nantes (France) au cours de l'incendie d'un entrepôt de 850 tonnes d'engrais ternaires avec évacuation de 30 000 personnes.
- 1988 : Pollution de la Loire par les eaux d'extinction après incendie d'une usine chimique en amont de Tours (France) avec coupure de l'alimentation en eau de 200 000 personnes pendant plusieurs jours et coût de 53 MF pour la collectivité.

Ces quelques exemples mettent en évidence la nécessité de retenir le risque d'émission de produits toxiques dans l'air, l'eau et le sol, au cours d'accidents entraînant la formation ou le déplacement de substances dangereuses.

Un récent atelier de l'OCDE (1) sur la recherche dans le domaine de la prévention des accidents, de la préparation et de l'intervention en cas d'urgence, a indiqué dans ses conclusions les domaines où des recherches complémentaires seraient nécessaires :

- la détermination de la nature et de l'ampleur des rejets toxiques (terme-source)
- les effets aigus et à long terme en cas d'exposition grave à des substances toxiques,
- les problèmes particuliers liés au stockage temporaire de produits variés,
- les scénarios d'exposition et modèles de dispersion.

Il est aussi précisé dans ces conclusions qu'il incombe aux pouvoirs publics de formuler les résultats utiles de recherches dans un langage à la portée des intéressés.

En tant que laboratoire de référence du Ministère Français de l'Environnement, nous indiquerons dans cet exposé* comment évaluer des produits émis lors d'incendies accidentels de substances dangereuses. Comme des méthodes de classement des substances dangereuses ont déjà été retenues pour qualifier l'inflammabilité, l'explosibilité et la toxicité, nous ferons dans une première partie un examen de ces méthodes afin d'apprécier leur aptitude à donner des informations sur les produits émis lors d'incendies accidentels.

En fait, diverses investigations menées au CERCHAR (devenu au 09/12/90 INERIS) ont montré la nécessité de mettre en oeuvre des essais en grandeur bien instrumentés, pour permettre les bilans massiques et chimiques globaux afin d'obtenir des résultats représentatifs sur le plan de la nature des produits formés, de leurs quantités relatives, des cinétiques de formation, ainsi que pour qualifier l'impact thermique d'incendies impliquant ce type de produits. Dans une deuxième partie, les résultats de ces investigations sont commentés pour un type d'engrais ternaire et divers produits agro-pharmaceutiques.

Mais, pour la prévision des effets, ces données doivent être introduites dans des modèles de dispersion aussi bien dans l'air, dans l'eau que dans le sol. Nous n'examinerons succinctement dans une troisième partie que l'aspect rejet dans l'air et les mesures de prévention établies par les pouvoirs publics.

Cet exposé ne vise que l'évaluation des conséquences. Mais, compte tenu de leur expérience (2) les auteurs tiennent à souligner que pour la gestion du risque industriel, il est bien sûr nécessaire de s'intéresser aux défaillances possibles du système industriel concerné et à sa gestion.

* les idées et opinions exprimées dans ce document sont celles des auteurs au moment de la réunion et n'engagent pas la position des pouvoirs publics français concernés.

II./ METHODES DE CLASSEMENT DES RISQUES.

Les substances dangereuses peuvent être inflammables, explosibles, toxiques, écotoxiques, corrosives, réactives à l'eau, spontanément inflammables, comburantes, chimiquement instables (par exemple susceptibles de se décomposer ou de polymériser) pour conduire parfois à la formation de produits toxiques.

Nous avons principalement passé ici en revue les méthodes données dans : la Directive Européenne dite SEVESO 82/501 (4) qui concerne la prévention des risques d'accidents majeurs, la directive Européenne 84/449 (3) relative aux produits chimiques, et les recommandations de l'ONU (5) à propos du transport des matières dangereuses (épreuves et critères).

Dans tous les cas, il faut préciser que ce sont les produits de départ qui sont soumis à divers tests dont le résultat est de qualifier l'une des caractéristiques donnée plus haut.

Nous avons donc cherché parmi ces méthodes celles qui pouvaient caractériser les effets dans l'air, l'eau et le sol des produits émis au cours d'un incendie ou lors de la lutte contre l'incendie.

Les méthodes décrites dans les recommandations de l'ONU et les deux Directives CEE précédemment mentionnées, malgré leurs différences sur certaines modalités de réalisation des essais, permettent d'obtenir surtout une indication sur les critères explosibilité, inflammabilité et toxicité.

Par contre, aucune des méthodes mentionnées ne permet de caractériser la nature, le devenir et la toxicité des produits pouvant être émis. Tout au plus peut-on avoir une idée de la possibilité et de la quantité totale de produits pouvant être émis en présence d'eau. Il serait donc souhaitable que l'analyse des produits formés soit faite pour en déterminer la nature.

La recommandation ONU comme la Directive SEVESO, soulignent l'importance du conditionnement, des conditions de stockage et de la synergie pouvant exister entre produits différents, mais ne mentionnent aucun essai en ce sens. Il nous apparaît donc indispensable que des essais de caractérisation des produits émis lors d'un incendie, d'une décomposition ou de l'action de l'eau soient systématiquement entrepris avec des méthodes normalisées telles que celles du rapport technique ISO/CEI (6) par exemple, pour qualifier ensuite par des essais la toxicité des effluents du feu. Parmi les sept méthodes différentes retenues dans le document ISO/CEI, le dispositif de combustion est un four tubulaire pour trois d'entre elles, un four à creuset pour deux autres, un dispositif radiant et un four à moufle respectivement dans les deux cas restants. Par ailleurs, la plupart des fours à combustion fonctionnent à température ou à flux thermiques fixes, sauf dans un cas où on utilise un chauffage progressif. Les effluents sont dilués dans l'air pour certaines méthodes.

Sur le plan français, la méthode AFNOR NFX 70 100 (7) est utilisable pour l'analyse de gaz de pyrolyse.

Comme il est souligné dans le document ISO/CEI et cette norme AFNOR, toutes les méthodes d'essais de laboratoire sont victimes de plusieurs types de limitation : les conditions changent rapidement dans un incendie réel et donc il n'est pas réaliste d'envisager qu'un seul essai de laboratoire sera applicable pour toutes les phases de tous les incendies (figure 1). Certains essais sont mieux adaptés à certains types de phases de développement.

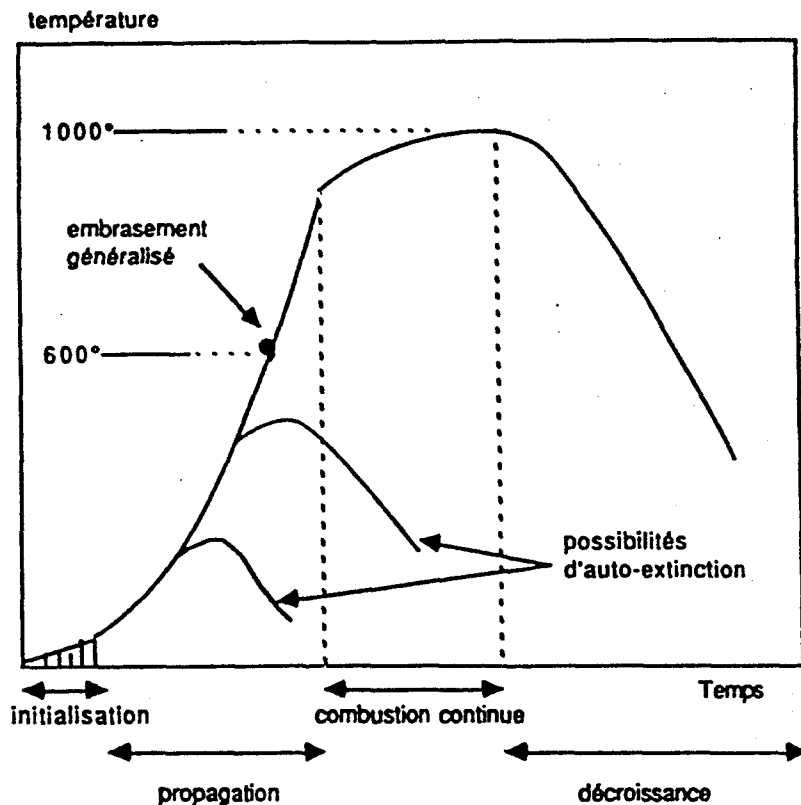


FIGURE 1
COURBE TYPE D'EVOLUTION DU FEU

Il existe aussi d'autres méthodes de détermination du comportement au feu des matériaux, dont certaines comportent un aspect évaluation des effluents de l'incendie. Une analyse ASTM a dénombré 77 tests différents et, dans le cas des matériaux de construction, deux méthodes calorimétriques sont de plus en plus couramment utilisées :

- le "cone calorimeter" qui en plus permet d'extrapoler en grandeur réelle les résultats obtenus à petite échelle en utilisant des modèles de calcul (9),
- le calorimètre TEWARSON (8).

L'intérêt de ces méthodes calorimétriques réside dans la possibilité d'évaluer d'une façon globale la dégradation au cours d'un incendie des matériaux, tout en obtenant des données sur les effluents formés. De telles méthodes pourraient aussi être appliquées aux substances dangereuses.

III./ GERER LE RISQUE D'INCENDIE : ESSAI EN GRAND EN GALERIE INCENDIE.

III.1. Le contexte industriel et administratif.

Toutes ces simulations d'incendie réalisées en laboratoire, certes précieuses, ne reflètent toutefois qu'une partie des conséquences du sinistre et occultent presque systématiquement un éventuel effet de masselié à l'importance des quantités de matières mises en jeu dans un incendie réel.

Par ailleurs, le danger d'incendie étant une réalité dans le milieu industriel, car des matières et matériaux combustibles sont présents partout, le risque d'incendie doit être géré. Pour cela, il faut :

- analyser,
- expliquer,
- évaluer,
- prévenir (diminuer le risque),
- et prévoir l'intervention (la probabilité d'occurrence n'est jamais nulle).

Dans cette optique, l'administration française (dans la législation des installations classées), les instances européennes (dans la directive SEVESO) retiennent la prise en compte dans une étude de danger des scénarios d'accidents graves qui pourraient porter atteinte aux opérateurs de l'activité industrielle alors que l'étude d'impact analyse les effets chroniques de l'activité industrielle sur l'environnement.

En ce qui concerne l'intervention, le plan d'opération interne (P.O.I.) à la charge de l'industriel, doit définir les moyens de gérer le sinistre dans l'enceinte de l'établissement. Lorsque l'accident peut créer un danger dans l'environnement plus ou moins proche de l'établissement par le biais par exemple de pollution atmosphérique ou pollution des eaux, ou encore par rayonnement thermique ou surpression de conteneurs, un plan particulier d'intervention (P.P.I.) préparera l'organisation des secours publics en liaison avec les moyens de l'industriel.

Le scénario catastrophe ou encore le scénario enveloppe d'un incendie conduisant à la formation d'un important nuage toxique est délicat à définir et surtout à évaluer. En effet, il faut répondre aux questions :

- quel sera le débit des fumées ?
- quelle sera la température du nuage à sa source ?

Les réponses basées sur les données bibliographiques sont souvent très évasives, à peine qualitatives (oxydes de carbone, oxydes d'azote, ...) et rarement quantitatives.

L'ensemble de la démarche est résumé sur la figure 2.

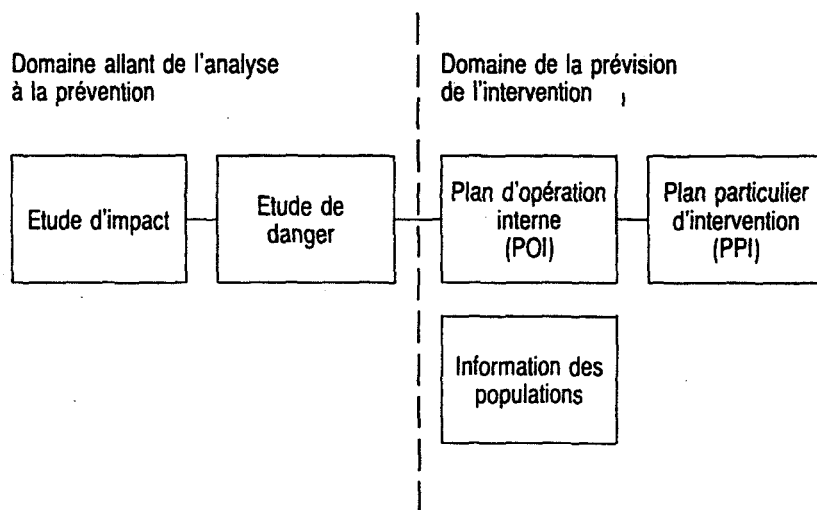


FIGURE 2

III.2. La galerie d'essais d'incendie.

En fait, les effluents du feu sont constitués d'un mélange complexe de matières particulaires solides, d'aérosols, de gaz et de vapeurs, et tel matériau, peu réactif et difficile à enflammer ou à décomposer au vu des essais à petite échelle, peut avoir un comportement tout à fait différent dans un incendie pleinement développé. C'est pourquoi, il nous a paru indispensable de réaliser des essais à une échelle plus proche de la réalité industrielle, essais que nous appelons "essais en grand".

Après avoir décrit l'installation d'essais, deux cas pratiques seront examinés en détail, celui d'un engrais ternaire NPK et celui de produits phytosanitaires.

L'installation d'essais - la galerie incendie de l'INERIS - permet d'étudier, dans de bonnes conditions de sécurité et en préservant l'environnement, des incendies susceptibles de donner des pollutions importantes.

Cette galerie (figure 3) se compose d'une partie horizontale de longueur 50 m et de section 10 m², suivie d'une partie verticale haute de 10 m et de section 6 m². Ses parois en béton composite, isolant et réfractaire, de 0,25 m d'épaisseur, sont conçues pour supporter des températures de 1200 °C et des flux thermiques importants.

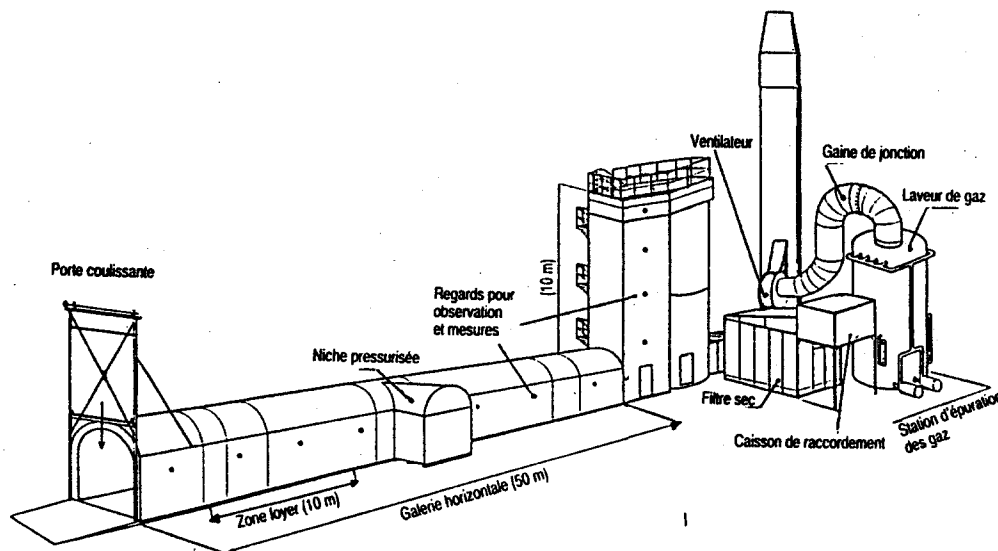


FIGURE 3
GALERIE INCENDIE

Une ventilation, réglable, permet d'entraîner les fumées vers une station d'épuration des gaz qui s'avère indispensable pour la sécurité du personnel et la protection de l'environnement.

Cette installation permet d'effectuer des bilans thermiques et chimiques globaux de l'incendie relativement précis.

Après une étude bibliographique et d'éventuels essais préliminaires, l'essai en grand porte sur une quantité allant de 100 à 1000 kg de produit ou matériau. Il fait l'objet d'un protocole d'essai préalable, qui dépendra, au moins partiellement, des objectifs principaux du travail entrepris. Ce protocole prendra bien sûr en compte les données caractéristiques du produit au regard de l'incendie quand elles sont

disponibles et s'appuiera en outre sur les conditions de confinement réelles dans l'industrie. Par exemple, pour un problème de stockage, les produits seront dans leurs emballages commerciaux (palette comprise), les dispositions de stockage ou de mise en place seront dans la mesure du possible reproduites...⁽⁴⁵⁾

Une "mise en scène" réaliste est donc respectée, règle que l'on retrouve également adoptée dans le choix des sources d'inflammation qui pourront tantôt être suffisamment discrètes pour ne pas masquer les effets précoces d'incendie à prendre en compte dans une étude de détection, tantôt être puissantes pour créer une situation plausible d'incendie violent, représentatif quant à la production des fumées des scénarios *enveloppe*.

Au total, nous chercherons à coller au mieux à la réalité industrielle. L'intérêt de l'essai en grand dépendra des enseignements qui pourront être tirés : le déroulement et les manifestations de l'incendie sont caractérisés par une instrumentation locale à proximité même du foyer, plutôt orientée vers les effets thermiques et d'une instrumentation dite globale, installée à une dizaine de mètres du foyer, plutôt adaptée à la caractérisation de l'impact toxique (par analyse du gaz) des fumées de l'incendie (figures 4 et 5).

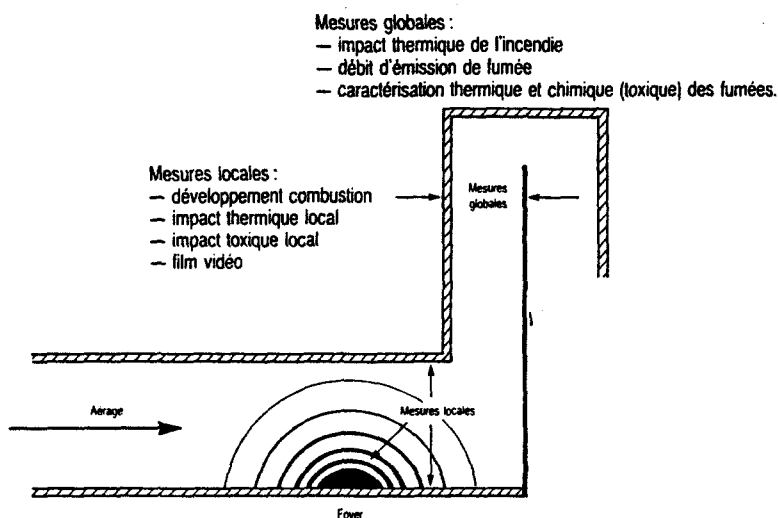


FIGURE 4
LOCALISATION DE L'INSTRUMENTATION

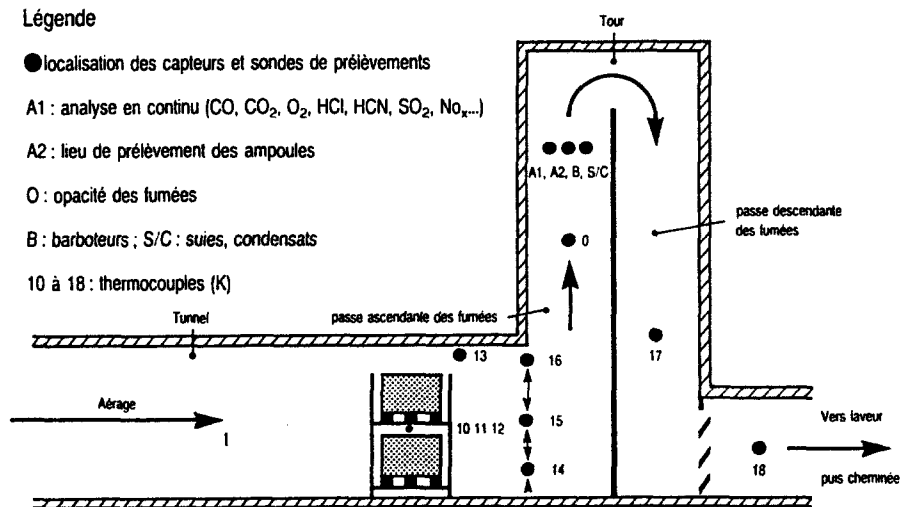


FIGURE 5
SCHEMA D'IMPLANTATION DE L'INSTRUMENTATION (Exemple)

Ces moyens permettent ainsi de caractériser :

- les aspects thermiques : il est important de bien examiner les processus de développement du feu, de sa propagation,
- les aspects toxiques : analyse des produits de décomposition (les fumées constituées de gaz, vapeurs, suies, mais aussi les résidus solides voire les eaux d'extinction),
- les aspects visuels, sonores ...

De tels essais/ conduisent à une analyse complète, qualitative et quantitative, du danger présenté par l'incendie et de ses conséquences et cela à une échelle permettant une extrapolation plus adaptée à des cas réels (entrepôts par exemple).

III.3. Décomposition d'un engrais ternaire NPK.

Dans le cas d'un engrais ternaire, type NPK, impliqué dans l'accident survenu à Nantes en octobre 1987, l'expérimentation réalisée sur un tas d'engrais de masse 1 tonne, a été réalisé dans les conditions décrites sur la figure 6. Un point chaud a été simulé à l'aide d'une plaque chauffante, placée au sol au centre du tas ; l'auto-amorçage de la décomposition thermique a été obtenu dès 230°C.

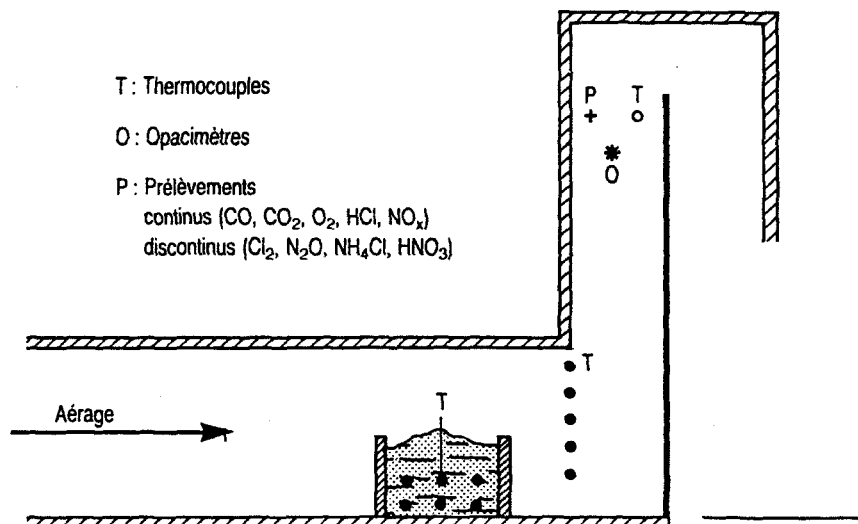


FIGURE 6
IMPLANTATION DE L'ESSAI D'ENGRAIS TERNAIRE NPK
ET DE L'INSTRUMENTATION

La composition des fumées obtenues est donnée dans le tableau 1 et montre :

- la présence a priori surprenante de CO et CO₂ : elle s'explique par la destruction de l'enrobage des grains d'engrais (matériaux carbonés constitués de cires et d'antiagglomérants pour éviter le mottage),
- la présence de divers composés chlorés : NH₄Cl mais aussi en quantités importantes HCl (8 kg) et surtout Cl₂ (9 kg) provenant du chlorure de potassium,
- une grande variété de composés azotés oxydés : HNO₃ (36 kg) et N₂O (39 kg) sont les plus abondants ; les NO_x sont présents mais en quantité moindre,
- les deux composés majoritaires sont l'eau (46 % en poids) et l'azote N₂ (14 % en poids).

On retiendra également que les fumées ont représenté un volume (ramené à température ambiante) de quelques 450 m³ pour la tonne d'engrais décomposée.

Au total, cette expérimentation sur la décomposition d'une tonne d'engrais NPK a permis de mieux connaître les phénomènes apparaissant dans la décomposition et d'évaluer les conséquences d'un sinistre d'entrepôt. Par ailleurs, elle a aussi conduit à mettre en cause la représentativité de l'essai ONU en auge (11) retenu pour déterminer la tendance à la décomposition autonome exothermique d'engrais binaires et ternaires contenant des nitrates, puisque la vitesse de décomposition a été trouvée environ six fois plus élevée (pour une propagation verticale) que dans l'essai en auge (propagation horizontale).

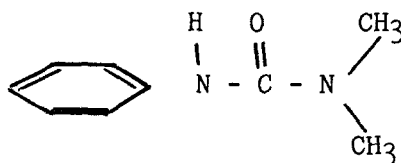
	kg	Volume Nm ³ à 0°C
CO	7,2	5,7
CO ₂	7,35	3,7
HCl	8,0	4,9
Cl ₂	9,0	2,8
NH ₄ Cl	87,7	36,7
N ₂ O	39,0	19,9
NO ₂	2,15	1,0
HNO ₃	36,0	12,8
N ₂	57,6/76,5	46,1/61,2
H ₂ O	238/215	291/268
Total	488	420

TABLEAU 1
COMPOSITION GLOBALE DES FUMÉES
(sur combustion 1 tonne, laissant 512 kg de résidus)

III.4. Incendies de produits agropharmaceutiques (10).

Deux produits (diuron et diméthoate en solution) ont été étudiés dans leur conditionnement commercial classique : sacs de 20 kg sur palette dans le cas du diuron (figure 7) et cartons de bidons en aluminium d'un litre pour les solutions de diméthoate (figure 8).

Cas du diuron : Soulignons qu'une palette de 400 kg de produit commercial contient 300 kg de matière active et divers autres additifs.



Le scénario retenu comportait trois étapes principales : préchauffage par panneau radiant, phase de mise à feu et de combustion entretenue par des brûleurs à propane, puis phase d'incendie auto-entretenu suivie d'une extinction volontaire.

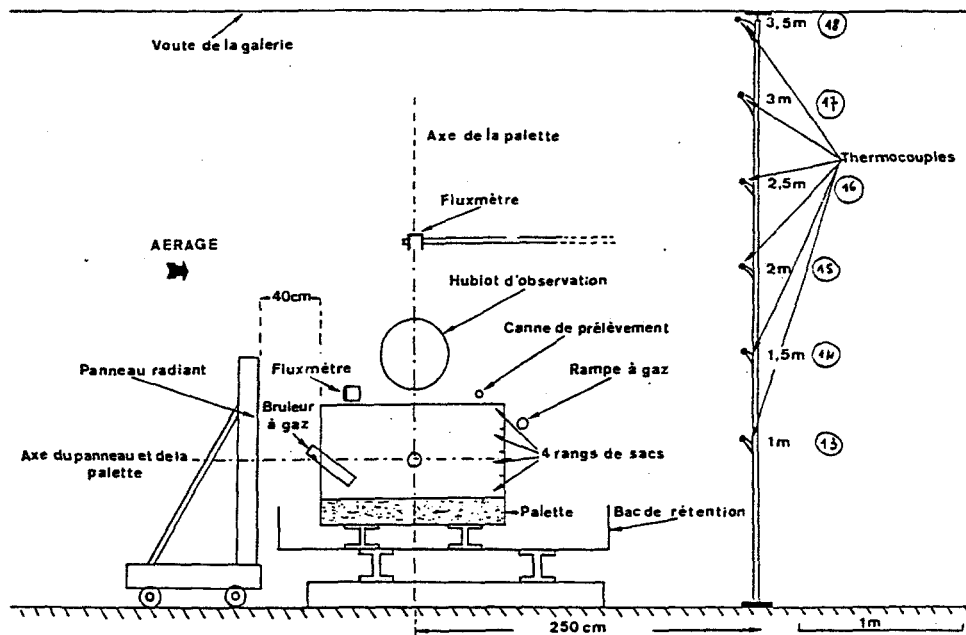


FIGURE 7
DISPOSITION DU MONTAGE DE LA PALETTE DE DIURON

Les quantités de gaz de combustion formés pendant l'essai sont données dans le tableau 2.

On soulignera qu'environ 30 % du produit ont brûlé pendant la phase entretenue (18 minutes) et que 70 % du produit ont brûlé seuls pendant la phase auto-entretenu qui a suivi. Ainsi on note que, dans l'essai en grand, le diuron a bel et bien brûlé alors que les essais de laboratoire indiquaient ses mauvaises inflammabilité et combustibilité.

Durant l'incendie, des fumées très opaques et des suies très abondantes se sont formées. On peut en déduire, qu'en cas de sinistre affectant un stockage, l'approche du foyer sera très difficile car il se formera un nuage très épais.

Cas du diméthoate : La matière active était en solution concentrée (environ 400 g/l) dans un solvant combustible.

Le diméthoate, de formule brute $C_5H_{12}NO_3PS_2$ est un insecticide. De par sa composition chimique il est susceptible de créer des nuisances en cas d'incendie.

L'étude a porté sur un scénario d'incendie de 3 cartons de 20 bidons d'un litre de solution de diméthoate pris dans un feu de flaque (de surface $2,25 \text{ m}^2$) de 60 litres de la même solution.

Diuron brûlé : 220 kg (durée du feu 88 min)		
	kg	Volume gaz Nm ³ à 0°C
CO ₂ formé	250	127
CO formé	15	12
NO _x formé	5,6	2,7
HCN formé	2,8	2,3
HCl formé	18 à 35	11 à 21
Amines :	75 g (exprimé en triéthylamine)	
Isocyanates :	10 g (exprimés en HDI)	
Aldéhydes :	175 g (type butyraldéhydes)	
Acroléine :	5 g	
Chlore gazeux :	non détecté	

TABLEAU 2
DIURON - COMPOSITION DES GAZ D'INCENDIE

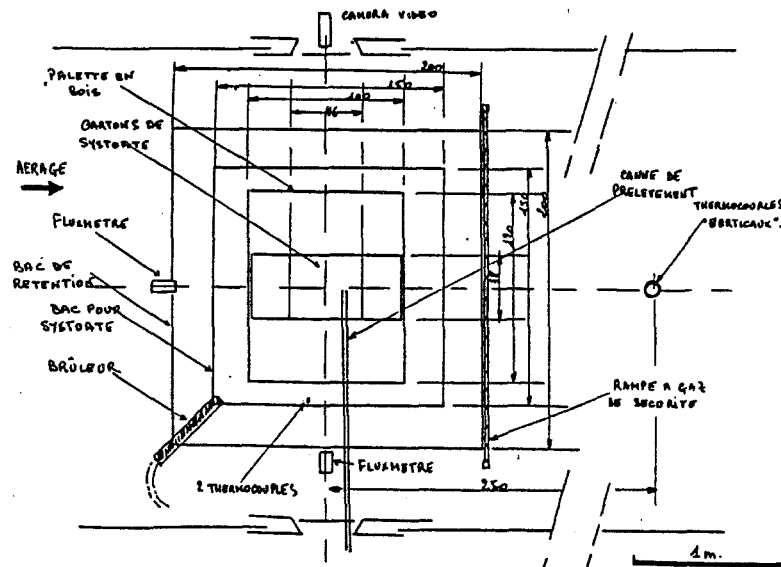


FIGURE 8
DISPOSITION DU MONTAGE POUR LES ESSAIS DE DIMETHOATE

L'expérience a montré que la solution est facilement inflammable et que le développement de l'incendie est très violent, d'impact thermique bref et important.

La mise en situation d'incendie des flacons a créé des "mini-explosions" très certainement dues à l'ouverture brutale de la paroi d'aluminium de certains d'entre eux. Ces "mini-explosions" ont provoqué des embrasements locaux très nets aussi bien dans la phase d'intensité maximale de l'incendie que, plus tard, dans la phase d'intensité décroissante.

Cet essai a aussi conduit à une production massive de suies fines, formant un nuage très épais et très opaque. L'analyse des suies a montré l'existence en leur sein de traces de diméthoate.

Les quantités de gaz de combustion formées pendant l'essai sont données dans le tableau 3.

Pour l'essai (60 à 90 min de prélèvement selon les produits)		
Incendie d'une palette avec 120 l de diméthoate (400 g/l) dont 60 en flacons et 60 en flaque		
	kg	Volume gaz Nm ³ à 0°C
CO ₂	220	112
CO	11,7	9,3
HCN	0,4	0,3
NO _x (compté en NO ₂)	0,1	0,05
Σ isocyanates	<0,01	-
SO ₂	8,4	2,9
Σ mercaptans (compté en méthylmercaptan)	4,2	1,96
Σ aldéhydes	≤0,02	-
Suies	5 (diméthoate décelé)	-
Condensables (surtout eau)	40 (diméthoate décelé)	-
Produits organophosphorés	non recherchés	-

TABLEAU 3
COMPOSITION DES GAZ ET DES PRODUITS D'INCENDIE

IV./ TOXICITE DES FUMÉES D'INCENDIE.

En général, les réponses biologiques dépendent à la fois de la concentration -C- du produit toxique et de la durée d'exposition -t-, le produit de la concentration par le temps (Ct) étant une expression quantitative de la dose à laquelle un sujet est exposé. Pour les effets, il faut retenir $C^n t$ (n est la pente de la courbe concentration en fonction du temps pour un effet donné (malaise, mort ...)). C'est cette dose d'exposition qui est à retenir pour qualifier les effets. La limite de concentration pour laquelle une exposition d'une durée de 30 minutes n'entraîne pas d'effets irréversibles sur la santé est appelée IDLH (Immediately dangerous to life and health) et est généralement retenue dans les études des dangers. Une autre valeur est la concentration létale pour 1 % des personnes, mais sa définition est plus problématique. Pour les sept méthodes mentionnées précédemment (6) l'effet de toxicité sur les animaux est déterminé après exposition pendant une durée de 30 minutes. Il faut bien sûr rappeler que les appareillages retenus et les conditions opératoires constituent un modèle d'incendie qui est déterminant dans la composition des fumées et pas forcément représentatif de la réalité. D'autre part le modèle animal (rat, souris, lapin ...) et les conditions de son exposition au gaz influencent directement les réponses constatées et donc l'estimation de la toxicité. Dès lors, s'il existe de nombreux résultats et classement par ordre de toxicité, ceux-ci ne peuvent être corrélés puisque représentatifs d'un essai donc de conditions particulières (12). Ces résultats peuvent être très variables, voire inversés d'une méthode à l'autre. Dans ces conditions, la recherche dans ce domaine est encore largement à poursuivre même si des modèles plus ou moins sophistiqués ont été proposés.

Quoi qu'il en soit, il faut d'abord définir les conditions de diffusion et de dispersion des fumées et, pour ce faire, recourir à des modèles qui examinent l'incendie en milieu confiné ou ouvert.

IV.1. Incendies dans un bâtiment.

Dans le cas d'incendies de produits phytosanitaires stockés dans un bâtiment, le danger thermique est évident. Les analyses effectuées sur les fumées, abondantes et opaques, montrent un danger certain et très important pour la santé des personnes susceptibles d'être en situation proche du foyer en milieu confiné : personnel opérateur, équipes d'intervention de l'industriel, sapeurs-pompiers ...

La lutte contre de tels feux ne peut se concevoir sans un équipement individuel de protection (ARI : Appareil respiratoire individuel). Il faut rappeler qu'en milieu confiné le risque peut être aggravé par défaut d'oxygène.

A l'extérieur, le bon sens implique bien sûr les mêmes dispositions à proximité même du sinistre (sortie des fumées par les orifices latéraux, fumées rabattues par le vent ou la pluie, ...).

IV.2. Incendies à l'air libre.

Mais bon nombre d'incendies conduisent rapidement à une rupture de confinement et à une émission d'effluents du feu à l'air libre.

Sauf conditions aérauliques ou/et climatiques particulières (attention aux effets locaux, aux influences des reliefs ou autres obstacles ...) l'incendie créera un panache de fumées qui, par effet

thermique, s'élèvera plus ou moins haut dans les airs tout en se diluant et se dispersant et retrouvera assez rapidement le sol et donc les personnes.

Ces aspects ont été étudiés à l'aide de modèles mathématiques sur la base des données recueillies lors des essais précédemment décrits. Les travaux effectués par une société d'ingénierie en s'appuyant sur des modèles développés par le Commissariat Français à l'Energie Atomique (13) ont pour but de calculer les concentrations de produits toxiques au sol en fonction des distances et de différentes conditions climatiques. Ils ont été réalisés soit sur le cas de l'essai en grand lui-même (à titre de calage du modèle), soit sur des cas extrapolés (par calcul) à des sinistres concernant 50 tonnes de produit :

- pour le diuron : les valeurs de l'IDLH pour HCl et HCN ne sont jamais atteintes. Selon les cas, elles se situent entre 30 % et 0,6 % de la valeur pour HCl et entre 20 % et 0,05 % pour HCN.
- pour le diméthoate : les valeurs de l'IDLH n'ont été atteintes ni pour HCN (max. 2,4 % de l'IDLH) ni pour les mercaptans (4 %).

Les modèles traitant le cas de figure d'un nuage toxique se limitent au calcul du trajet du nuage et de sa dispersion (en fonction du vent, de la température et de l'hygrométrie) et fournissent la cartographie des concentrations ; ils n'abordent donc le sujet que par l'aspect dispersion atmosphérique et se révèlent inadéquats puisqu'ils considèrent une source du nuage froide et constituée de gaz pris isolément. Ils ne tiennent pas davantage compte :

- des phénomènes d'interactions intervenant dans la toxicité des mélanges gazeux,
- de la contribution des irritants et des particules à la toxicité globale,
- des effets à long terme des mélanges gazeux dilués (nuages toxiques),
- de la modélisation mathématique des réponses toxiques et des rejets atmosphériques d'incendies,
- des turbulences occasionnées par les obstacles situés sur le trajet du nuage.

IV.3. Actions entreprises à la suite de ces travaux.

A la suite de l'essai sur l'engrais ternaire NPK, les actions suivantes ont été entreprises :

- sensibilisation des divers opérateurs (depuis le producteur jusqu'à l'utilisateur) de la chaîne engrais NPK aux dangers inhérents au produit,
- aide à ces mêmes opérateurs pour la gestion des risques par une prévention pertinente et une protection adéquate. On rappellera que sur ce dernier point, détection et extinction ne sont pas très classiques et très simples à mettre en oeuvre efficacement,
- assistance technique au Ministère délégué à l'Environnement et à la Prévention des Risques Technologiques et Naturels Majeurs dans le cadre de l'adaptation de la réglementation ; il s'agit notamment de soumettre les stockages d'engrais composés à la législation sur les installations classées,
- aide à la Direction de la Sécurité civile, Ministère de l'Intérieur, pour la préparation de l'intervention et des mesures à prendre en cas de sinistre grave.

Dans le cas des produits agropharmaceutiques, plusieurs actions ont aussi été entreprises pour renforcer la sécurité au regard de l'incendie de ces types de produits :

- la prévention et la sensibilisation aux dangers potentiels. L'Union des Industries pour la Protection des Plantes (UIPP) a édité en collaboration avec le Ministère délégué à l'Environnement, à l'usage de la profession, une plaquette intitulée "L'incendie dans les dépôts de produits agropharmaceutiques : mieux connaître les risques pour mieux les maîtriser" (14),
- malgré les mesures de prévention et de protection mises en place, le sinistre important n'est pas à exclure. Dans un tel cas, le danger créé par les fumées est très grand en milieu confiné (appareils respiratoires individuels pour l'intervention) ; il est moindre à distance et ce d'autant que l'on sera plus loin du sinistre. Les études d'une part, l'analyse des accidents d'autre part étant dans un état peu avancé à ce jour (il y a en France quelques 400 matières actives - que l'on peut heureusement regrouper en un nombre plus restreint de familles chimiques - et 4000 formulations commerciales), le Ministère délégué à l'Environnement et à la Prévention des Risques Technologiques et Naturels Majeurs a proposé une circulaire à Madame et Messieurs les Préfets concernant l'évaluation des conséquences des incendies dans les stockages de produits agropharmaceutiques. Cette circulaire évoque la nécessité de mettre en place des bassins de confinement des eaux d'extinction d'incendie. D'autre part, compte tenu des études et essais effectués, il apparaît nécessaire dans le cas d'instructions de dossiers (régularisation, extension ou implantation) d'effectuer des analyses des gaz émis en cas d'incendie. Enfin, pour des stockages supérieurs à 100 tonnes de produits à base de diuron ou de diméthoate, il faut maintenir une distance de maîtrise de l'urbanisation de 100 mètres entre les murs de l'entrepôt et les habitations, et une distance de 200 mètres par rapport aux établissements recevant du public.

V./ CONCLUSION.

A l'issue de l'examen de quelques cas d'études des effluents d'incendie, il apparaît que les réglementations internationales (ONU notamment concernant le transport) ou Directives de la Communauté Economique Européenne ne font pas référence à des méthodes permettant de caractériser ces effluents (nature et débits).

Par contre, diverses méthodes normalisées sont proposées dans un document ISO/CEI (TR 9122/1) traitant des essais de toxicité des effluents du feu. De plus, quelques méthodes calorimétriques "cone calorimeter", calorimètre TEWARSON sont utilisées dans divers laboratoires. De tels essais pourraient être proposés dans les réglementations nationales ou internationales traitant de la caractérisation des matières dangereuses formées notamment au cours d'un incendie ou d'une réaction de décomposition.

Cette première approche est toutefois insuffisante car ces méthodes présentent des limitations liées aux conditions rapidement changeantes dans un incendie réel.

Il est donc nécessaire de poursuivre les comparaisons de résultats obtenus dans ces méthodes avec ceux obtenus dans des essais en grand tels ceux menés dans la galerie incendie de l'INERIS.

Il faudra aussi élaborer des modèles de diffusion et de dispersion des effluents de l'incendie à l'air libre répondant aux critères spécifiques de l'incendie considéré (présence d'aérosols, suies et gaz variés).

L'examen des effets toxicologiques des effluents du feu doit faire l'objet de recherches notamment sur les effets aigus en cas d'exposition prolongée et sur les conséquences à long terme (chroniques).

Quoiqu'il en soit, à l'heure actuelle, à la suite de divers accidents graves où des effluents étaient émis dans l'air, les études entreprises ont permis de mieux sensibiliser les industriels et les pouvoirs publics aux risques existants et de proposer diverses solutions de prévention mais aussi une réflexion sur la prévision de l'intervention en situation d'urgence.

BIBLIOGRAPHIE

- 1/ OCDE - Monographies sur l'Environnement n° 31, Atelier sur la préparation et l'intervention en cas d'urgence ainsi que sur la recherche dans les domaines de la prévention des accidents, la préparation et de l'intervention en cas d'urgence - Décembre 1990 (existe en version anglaise)
- 2/ J.R. RAFFOUX - Les risques industriels et leurs conséquences sur l'environnement. Séminaire "Evaluer et Prévenir le Risque : les diagnostics et audits de l'environnement, 23 et 24 janvier 1991, Paris.
- 3/ Directive de la Commission du 25 avril 1984 portant sixième adaptation au progrès technique de la Directive 67/548/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (84/449 CEE), Journal Officiel des Communautés Européennes (JOCE) n° L251/1 et suivantes du 19/9/84 (existe en version anglaise).
- 4/ Directive du Conseil du 24 juin 1982 concernant les risques d'accidents majeurs de certaines activités industrielles 82/501 CEE - JOCE n° L2301 et suivantes du 5.8.82 et modifications :
 - COM (85) 572 final JOCE n° C76-136 du 23/3/87
 - 87/216/CEE JOCE n° L 85/36 à 39 du 28/3/87
 - 88/610/CEE JOCE n° L 336/14 à 18 du 7/12/88(existe en version anglaise)
- 5/ Recommendations on the transport of dangerous goods. Sixth revised edition, United Nations, New York 1989, ST/SG/AC.10/11/Rev.6, Sales n° E 89.VIII.1.
- 6/ Essais de toxicité des effluents au feu, partie 1, Généralités, rapport technique ISO/CEI TR 9122-1, première édition 1989-09-15.
- 7/ Essais de comportement au feu - Analyse de gaz de pyrolyse et de combustion - Méthode au gour tubulaire NF X 70-100, juin 1986.
- 8/ C. MENGUY et D. GICQUEL - Méthodes calorimétriques : une voie prometteuse, La Revue des laboratoires d'essais - septembre 1990, p. 31-33.
- 9/ W. BABRAUSKAS, Cone calorimeter, rapport National Bureau of Standards NB SIR 82-2611 (révision 30 mars 1987) et ISO/TC 92/SC WG5.
- 10/ C. CWIKLINSKI - L'essai en grand : une approche préventive et prévisionnelle pour l'incendie en milieu industriel, Revue Générale de Sécurité, n° 97, octobre 1990, pp. 51-7. et partie III Cas d'Incendie de produits phytosanitaires (à paraître).

- 11/ Recommandations relatives au transport des matières dangereuses -
Epreuves et critères, deuxième édition, Nations Unies, New York 1990
ST/SG/AC 10/11/Rev. 1. Numéro de vente F 90, VIII.1, p. 317-320.
- 12/ E. BRAUN, R.G. GANN., B.C. LEVIN et M. PAABO Combustion products toxic
potency measurements, J. of Fire, Sc. Vol. 8. 1990
- 13/ ECOPOL, Evaluation expérimentale des pollutions liées aux incendies de
produits phytopharmaceutiques 1987 Dec., pp.104, Ministère Français de
l'Environnement.
- 14/ Plaquette de l'Union des Industriels pour la protection de plantes.