

UNIVERSITE DE LIMOGES

FACULTE DE PHARMACIE

ANNEE 1999



THESE N° 314/1

**POLLUTION ACCIDENTELLE DE LA BRIANCE
PAR HYDROCARBURES ;
MOYENS OPERATIONNELS DE LUTTE DES SAPEURS-POMPIERS.**

THESE

POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE

DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement le 19 avril 1999

PAR

François BONNET

Né le 23 juillet 1974 à Limoges (87)



EXAMINATEURS DE LA THESE

Monsieur le Professeur MOESCH

PRESIDENT

Mademoiselle CLEDAT, Maître de Conférences

JUGE

Monsieur le Lieutenant-Colonel ROCHE, D.D.S.I.S.

JUGE

UNIVERSITE DE LIMOGES

FACULTE DE PHARMACIE

DOYEN DE LA FACULTE :

Monsieur le Professeur GHESTEM Axel

ASSESEURS :

Monsieur le Professeur HABRIOUX Gérard

Monsieur DREYFUSS Gilles – Maître de conférences

PROFESSEURS :

BENEYTOUT Jean-Louis

BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE

BERNARD Michel

PHYSIQUE-BIOPHYSIQUE

BOSGIRAUD Claudine

BACTERIOLOGIE – VIROLOGIE

PARASITOLOGIE

BROSSARD Claude

PHARMACOTECHNIE

BUXERAUD Jacques

CHIMIE ORGANIQUE

CHIMIE THERAPEUTIQUE

CARDOT Pilippe

CHIMIE ANALYTIQUE

CHULIA Albert

PHARMACOGNOSIE

CHULIA Dominique

PHARMACOTECHNIE

DELAGE Christiane

CHIMIE GENERALE et MINERALE

GHESTEM Axel

BOTANIQUE et CRYPTOLOGIE

HABRIOUX Gérard

BIOCHIMIE FONDAMENTALE

LACHATRE Gérard

TOXICOLOGIE

MOESCH Christian

HYGIENE – HYDROLOGIE – ENVIRONNEMENT

OUDART Nicole

PHARMACODYNAMIE

SECRETAIRE GENERAL DE LA FACULTE – CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS :

POMMARET Maryse

A notre Directeur et Président de Thèse :

Monsieur Christian Moesch,

Professeur d'Hygiène – Hydrologie – Environnement,

Vous nous avez fait l'honneur de diriger ce travail passionnant.

Nous vous remercions sincèrement pour votre accueil, votre disponibilité, vos conseils et vos critiques tout au long de cette étude.

Nous sommes très sensible à l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de présider ce jury de soutenance.

Nous vous remercions pour la valeur de l'enseignement que vous nous avez dispensé tout au long de notre cursus universitaire.

Veillez accepter ici l'expression de nos sentiments respectueux.

A notre juge :

Mademoiselle Dominique Clédât,
Maître de conférences de Chimie Analytique,

Vous avez accepté avec gentillesse et spontanéité de faire partie des membres de ce jury.

Nous vous remercions pour la qualité de vos enseignements de Chimie Analytique.

Veillez accepter ici l'expression de notre profonde gratitude.

A notre juge :

Monsieur le Lieutenant-Colonel Jean-François Roche,
Directeur Départemental des Services d'Incendie et de Secours de la Haute-Vienne,

Vous avez accepté avec gentillesse et spontanéité de faire partie des membres de ce jury.

Nous vous remercions pour votre accueil et votre écoute.

Veillez trouver ici l'assurance de notre respectueuse considération.

Nous tenons également à remercier tout particulièrement :

- Monsieur le Lieutenant Soulier du Centre de Secours Principal de Limoges,
- Monsieur le Lieutenant Berland du Centre de Secours de Pierre-Bufferrière,
- Monsieur Gisclard de la Direction Régionale de l'ENVironnement – Limousin,
- Messieurs Roulet et Malaguèze de la Direction Régionale de l'Equipement –
Limousin,
- Monsieur Bilwès de la société Dräger,
- Messieurs les chargés de mission du Ministère de l'Equipement, des
Transports et du Logement – Direction des routes,

pour leurs conseils avisés.

A mon père chéri,

A mon grand-oncle Lecomte-Chaulet,

A ma grand-mère Juliette,

disparus tellement trop tôt.

A ma mère,

à laquelle je dois le meilleur de moi-même. Je la remercie pour m'avoir soutenu lors des moments difficiles de la vie et tout au long de mes études.

Sache que jamais je ne pourrais te remercier autant que je le dois.

A ma famille,

qui m'a apporté tout le réconfort moral lorsque j'en avais besoin.

Soyez-en ici remercié.

A mes amis,

recevez toute ma gratitude pour votre confiance et pour tous les bons moments passés ensemble et à venir.

Je dédie ce travail.

Plan

Avant-propos

A- Les missions du sapeur-pompier

A-1 La loi de 1996 et le décret du 26 décembre 1997

A-2 Le rôle du pharmacien sapeur-pompier

A-2-1 Selon la Loi

A-2-2 Le rôle particulier du pharmacien sapeur-pompier dans la Cellule Mobile
d'Intervention Chimique (C.M.I.C.)

B- Les hydrocarbures

B-1 Schéma de raffinage

B-2 Données physico-chimiques

B-2-1 L'essence sans plomb

B-2-2 Le gazole

B-2-3 Le fioul domestique

B-3 Additifs

B-3-1 Cas des supercarburants

B-3-2 Cas du gazole

B-4 Dangers physico-chimiques

B-5 La Réglementation du Transport de Matières Dangereuses par Route
(R.T.M.D.R.)

B-5-1 La législation en vigueur – signalisation et étiquetage des véhicules et
conteneurs

B-5-2 Approche générale des accidents de T.M.D. en France

C- Pollution des eaux par les hydrocarbures

C-1 Impact sur l'environnement

C-1-1 Propriétés physico-chimiques d'un produit raffiné gouvernant son impact sur l'environnement

C-1-2 Ecotoxicité des produits pétroliers

C-2 Effets sur l'homme

C-2-1 Dangers pour la santé

C-2-2 Etude de la bioaccumulation et de la toxicité d'un hydrocarbure

D- Les moyens de lutte des sapeurs-pompiers

D-1 Eléments d'hydraulique appliquée

D-1-1 Ecoulements laminaires, turbulents

D-1-2 Ecoulements permanents, non permanents

D-1-3 Ecoulements uniformes et non uniformes

D-2 Caractéristiques physiques des produits pétroliers raffinés à retenir pour une lutte antipollution

D-2-1 Masse volumique et densité

D-2-2 Viscosité

D-2-3 Point d'écoulement

D-2-4 Pression de vapeur

D-2-5 Température d'autoinflammation

D-2-6 Point éclair

D-2-7 Comment se présentent les nappes d'hydrocarbures à la surface d'un cours d'eau

D-3 Les moyens matériels d'antipollution à la disposition des sapeurs-pompiers

D-3-1 Les barrages

D-3-2 Les absorbants

D-3-3 Les dispersants

D-3-4 Le pompage

D-3-5 Matériels annexes

E- Conduite à tenir face à une pollution d'un cours d'eau

E-1 Modalités interventionnelles

E-2 Prélèvements

E-2-1 Equipement du personnel

E-2-2 Techniques de prélèvement

E-2-3 Caractéristiques de la fiche de prélèvement

E-2-4 Stockage et préservation

E-3 Les moyens d'analyse

E-3-1 Laboratoires agréés

E-3-2 Malette DLE

E-3-3 Oxymètre

E-4 Suivi d'une pollution le long d'un cours d'eau

E-4-1 Largeur au miroir

E-4-2 Profondeur moyenne

E-4-3 Section mouillée

E-4-4 Vitesse du courant

E-4-5 Débit du courant

E-4-6 Temps d'arrivée d'un polluant en un point

E-4-7 Temps de passage de la pollution en un point

F- Récupération finale des polluants et retraitement

G- Présentation du site de la Briance au niveau du viaduc de Pierre-Bufferière (autoroute A 20)

G-1 La Briance

G-1-1 Caractéristiques physiques et géographiques

G-1-2 Géologie

G-1-3 Climatologie

G-1-4 Hydrologie

G-1-5 Population et activités potentiellement polluantes

G-1-6 Usages de l'eau

G-2 Le viaduc de la Briance

G-3 L'usine d'A.E.P. de Solignac

H- Simulation d'un accident de poids lourd transportant des hydrocarbures sur l'autoroute A 20 au niveau du viaduc de la Briance

H-1 Scénario de l'accident autoroutier

H-2 Déclenchement de l'alerte et arrivée des secours sur les lieux

H-3 Etude des sites possibles pour une intervention antipollution avec pose de barrage flottant

H-3-1 Le moulin de Richebourg

H-3-2 Le moulin de Bonaret

H-3-3 En amont de la prise d'eau du Vigen

H-4 Pose du barrage flottant

H-5 Opérations d'antipollution

H-6 Modélisation informatique du suivi du polluant le long du cours d'eau (logiciel SPILL)

H-7 Prélèvements pour analyses

H-8 Fin de l'opération d'antipollution

I- Mesures préventives face à ce type d'accidents et de pollution de site

I-1 Prévention au niveau du transport

I-2 Amélioration de l'infrastructure routière

I-3 Autres améliorations envisageables

Annexes

Bibliographie

Table des matières

C'est à la suite de l'incendie de l'ambassade d'Autriche en 1810 que Napoléon Bonaparte donna la gestion des sinistres (incendies) à l'armée – création de la brigade des sapeurs-pompiers de Paris.

Après les gardes-pompes, une véritable organisation des services d'incendie et de secours pouvait voir le jour.

Vint ensuite le décret Freycinet en 1875 (1), qui différençia les sapeurs-pompiers de structure militaire, des corps civils de sapeurs-pompiers.

Les risques et les moyens de lutte ainsi que l'organisation des sapeurs-pompiers, au fil des temps, évoluèrent jusqu'à aujourd'hui encore.

Avec ces changements profonds, quelles sont donc les missions des sapeurs-pompiers à l'heure actuelle ?

A- Les missions du sapeur-pompier

A-1 La loi de 1996 et le décret du 26 décembre 1997

A-2 Le rôle du pharmacien sapeur-pompier

A-2-1 Selon la Loi

A-2-2 Le rôle particulier du pharmacien sapeur-pompier dans la Cellule Mobile
d'Intervention Chimique (C.M.I.C.)

A-1 La loi de 1996 et le décret du 26 décembre 1997 (2 , 3)

Selon la loi n° 96-369 du 3 mai 1996 relative aux Services d'Incendie et de Secours (S.I.S.), il est créé dans chaque département un établissement public, dénommé « Service Départemental d'Incendie et de Secours » (S.D.I.S.), qui comporte un corps départemental de sapeurs-pompier.

Les centres d'incendie et de secours comprennent des centres de secours principaux, des centres de secours et des centres de première intervention (Article premier).

Les vocations du sapeur-pompier

Les S.I.S. sont chargés de la prévention, de la protection et de la lutte contre les incendies. Ils concourent, avec les autres services de professionnels concernés, à la protection et à la lutte contre les autres accidents, sinistres et catastrophes, à l'évaluation et à la prévention des risques technologiques ou naturels ainsi qu'aux secours d'urgence.

Dans le cadre de leurs compétences, les sapeurs-pompier exercent les missions suivantes :

- la prévention et l'évaluation des risques de sécurité civile,
- la préparation des mesures de sauvegarde et l'organisation des moyens de secours,
- la protection des personnes, des biens et de l'environnement,
- les secours d'urgence aux personnes victimes d'accidents, de sinistres ou de catastrophes, ainsi que leur évacuation (Article 2).

Il faut savoir qu'en France, à titre indicatif, on compte une action des sapeurs-pompiers toutes les 11 secondes avec :

- 10% des interventions pour incendies,
- 64% pour soins ou assistance,
- 4% pour des atteintes de l'environnement,
- 22% pour des actions diverses (pompage de caves...).

On peut noter que la majorité des interventions des sapeurs-pompiers se fait pour des soins ou une assistance à victimes : le caractère médical des secours est donc prépondérant dans ce type d'action. Aussi le service départemental d'incendie et de secours comprend-il un Service de Santé et de Secours Médical (S.S.S.M.).

Il est à remarquer que les interventions concernant les atteintes de l'environnement (pollution notamment) ne sont pas négligeables tant au plan interventionnel qu'au point de vue risque écologique.

En cela, dès 1958, la Fédération Nationale des Sapeurs-Pompiers Français demandait au Ministère de l'Intérieur la nomination d'un pharmacien de sapeur-pompier par centre de secours.

Il est vrai que d'une manière générale, compte tenu de la diversité des enseignements qui sont dispensés aux pharmaciens pendant leurs études, les connaissances du pharmacien sont polyvalentes (Chimie, Toxicologie, Biochimie, Physiologie, Mathématiques, Physique, Botanique, Hydrologie, Santé Publique...).

De plus, les 22 000 officines françaises de pharmacie représentent autant de postes de premiers secours accessibles à toute la population.

Les pharmaciens peuvent donc jouer un rôle dans l'encadrement des S.D.I.S. ; les grands axes de leur participation ont été donnés lors du Congrès National des Sapeurs-Pompiers en Avril 1980, repris dans le décret du 6 mai 1988 (4) et tout récemment dans celui du 26 décembre 1997.

A-2 LE RÔLE DU PHARMACIEN SAPEUR-POMPIER

A-2-1 Selon la Loi (2 , 3)

La présence des pharmaciens au sein des S.I.S. est actuellement définie par plusieurs articles du décret n° 97-1225 du 26 décembre 1997 relatif à l'organisation générale des S.I.S. dont le chapitre 4 a pour objet, l'organisation du service de santé et de secours médical dans lequel les pharmaciens sont présents.

Le service de santé et de secours médical des sapeurs-pompiers comprend des médecins, des pharmaciens, des infirmiers et des vétérinaires qui ont la qualité de sapeurs-pompiers volontaires (Article 25).

En outre, le service de santé et de secours médical participe :

- aux missions de secours d'urgence ;
- aux opérations effectuées par les services d'incendie et de secours impliquant des animaux ou concernant les chaînes alimentaires ;

- aux missions de prévision, de prévention et aux interventions des services d'incendie et de secours, dans les domaines des risques naturels et technologiques, notamment lorsque la présence de certaines matières peut présenter des risques pour les personnes, les biens ou l'environnement (Article 24).

Il peut comprendre en son sein :

Un emploi de médecin-chef et, le cas échéant, de médecin-chef adjoint qui peuvent être complétés par un ou des emplois de médecin ;

Un ou des emplois de pharmacien dont l'un est affecté à la gérance d'une pharmacie à usage intérieur créée pour les fins et dans les conditions prévues à l'article L.595-10 du code de la Santé Publique.

Sous l'autorité du Directeur Départemental des Services d'Incendie et de Secours (D.D.S.I.S.), le médecin-chef dirige le service de santé et de secours médical et conseille les autorités responsables des secours ou de la gestion des services d'incendie et de secours. Le médecin-chef peut être assisté par un médecin-chef adjoint. Le service comprend également un pharmacien-chef et, le cas échéant, un vétérinaire-chef (Article 26).

Les prérogatives du pharmacien sapeur-pompier

Les pharmaciens sapeurs-pompiers concourent dans la limite de leur compétence à l'exécution des missions affectées aux médecins sapeurs-pompiers :

- surveillance de la condition physique des sapeurs-pompiers,
- contrôle de l'état des équipements médico-secouristes du service,
- participation à l'enseignement du secourisme,

- dispensation des soins d'urgence aux victimes d'accidents et de sinistres de toute nature et soins d'urgence aux sapeurs-pompiers,
- conseil en matière de médecine préventive, d'hygiène et de sécurité, notamment auprès du Comité d'Hygiène et de Sécurité (Article 24).

En outre, le pharmacien supplée le médecin du centre de secours dans l'exercice de ses fonctions n'ayant pas un caractère strictement médical : il conseille le commandant des opérations de secours pour tout ce qui concerne les risques chimiques, physiques, toxicologiques et radioactifs auxquels peuvent être soumis les populations et les sapeurs-pompiers (il a donc une fonction importante de conseiller technique).

Dans le domaine du Transport de Matières Dangereuses (T.M.D.) et des risques attenants, le pharmacien est à même de donner rapidement la conduite à tenir devant tel ou tel produit dangereux.

Le pharmacien peut participer au relevé des nuisances possibles dans le secteur géographique de son centre de secours. Il peut participer à l'inventaire sur le département de tous les points dits « chauds » pouvant à un moment ou à un autre donner lieu au déclenchement d'un sinistre et ainsi collaborer à l'élaboration du Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques (S.D.A.C.R.).

**A-2-2 Le rôle particulier du pharmacien sapeur-pompier dans la Cellule
Mobile d'Intervention Chimique (C.M.I.C.) (5 , 6)**

Le pharmacien peut aussi intervenir avec la C.M.I.C. ou la C.M.I.R. (cellule mobile d'intervention radiologique); en effet, il peut avoir une vocation toute spéciale pour enseigner les problèmes liés au danger radioactif et aux agressifs chimiques et biologiques, et également saisir l'importance de la protection contre ces éléments.

Concernant plus spécifiquement la C.M.I.C., les pharmaciens, conseillers techniques du Commandant des Opérations de Secours (C.O.S.), participeront au diagnostic de situations chimiques et toxicologiques ; ils pourront fournir les éléments nécessaires à la connaissance du risque toxique et indiquer les principales mesures conservatoires à adopter au niveau du confinement ou de l'évacuation.

Dans le cadre de cette thèse et du risque chimique, nous allons étudier les pollutions en eau douce par hydrocarbures type essence sans plomb, gazole ou fioul domestique et les moyens opérationnels de lutte associés des sapeurs-pompiers.

B- Les hydrocarbures

B-1 Schéma de raffinage

B-2 Données physico-chimiques

B-2-1 L'essence sans plomb

B-2-2 Le gazole

B-2-3 Le fioul domestique

B-3 Additifs

B-3-1 Cas des supercarburants

B-3-2 Cas du gazole

B-4 Dangers physico-chimiques

B-5 La Réglementation du Transport de Matières Dangereuses par Route

(R.T.M.D.R.)

B-5-1 La législation en vigueur – signalisation et étiquetage des véhicules et conteneurs

B-5-2 Approche générale des accidents de T.M.D. en France

La nature chimique d'un produit fait partie des informations dont il faut tenir compte avant d'opter pour telle ou telle stratégie de lutte.

Tout d'abord, il faut savoir que le pétrole brut subit différents traitements physiques et chimiques pour obtenir les produits finaux.

En effet, la source principale de composés organiques dans le monde est actuellement le pétrole ; le produit brut est un mélange d'une grande quantité de composés, la plupart d'entre eux étant des hydrocarbures (molécules renfermant seulement des atomes de carbone et d'hydrogène). Les alcanes, depuis le méthane jusqu'à ceux contenant plus de 30 atomes de carbone, constituent les composants principaux de la fraction hydrocarbure ; les alcanes à chaînes linéaires sont les plus abondants (7).

Le rôle premier du raffinage est de satisfaire aux besoins du marché en produits pétroliers par transformation des hydrocarbures présents dans le brut. Le pétrole est consommé sous forme de très nombreux produits pétroliers. La consommation est orientée :

- à 85 % vers la fourniture d'énergie,
- à 5 % vers des usages non énergiques (lubrifiants, bitumes, cires...),
- à 10 % vers la fournitures de bases chimiques (7).

Dans le domaine énergétique, on distingue trois secteurs : les carburants automobiles (essences), les carburants diesels (ainsi que le fioul domestique) et les combustibles industriels (fiouls lourds).

B-1 Schéma de raffinage (7)

En simplifiant, une raffinerie est constituée d'un ensemble d'unités transformant le pétrole brut en un ensemble de produits finis allant des gaz de pétrole liquéfiés aux bitumes, en passant par les essences et autres constituants intermédiaires.

C'est par une opération de distillation primaire, sous pression atmosphérique, que le pétrole brut subit son premier traitement depuis sa production. Le brut est distillé en différentes fractions bien spécifiques en fonction de leur destination. Les produits principaux de cette distillation sont :

- les gaz de raffinerie,
- les Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL : propane et butane),
- les essences (légères ou lourdes),
- les kérosènes, carburateurs, pétroles lampants,
- les gazoles et fiouls domestiques (distillats moyens),
- les fiouls lourds industriels (distillats lourds).

Une distillation secondaire ou sous vide du résidu atmosphérique complète la première distillation, permettant d'extraire des coupes de distillats lourds. Ils subiront des transformations ultérieures ou serviront comme bases d'huiles, ou à la fabrication de bitumes, de fiouls lourds, ou encore comme charge pour d'autres procédés de transformation.

On peut noter que les proportions des différentes fractions recueillies sont très variables d'un pétrole à l'autre ; en effet, si on examine la fraction essence (la plus valorisante économiquement), celle-ci représentera 37 % du volume pour un brut du Qatar et seulement 4,5 % du volume d'un brut lourd Vénézuélien (Boscan).

Chaque coupe pétrolière ou produit raffiné est constitué d'un mélange complexe d'hydrocarbures ; il a été recensé, par exemple, plus de 200 constituants dans une essence commerciale.

La composition d'un produit raffiné dépend de nombreux facteurs tels que l'origine du brut utilisé par le raffineur, les conditions de raffinage, la formulation des coupes essence et gazole suivant les saisons, etc.

Il en est donc de même dans les stations-service !

Toutes ces différences entraînent des conditions de transport, de stockage et de raffinage adaptées au pétrole et aux produits qui en dérivent, d'où la nécessité d'une connaissance la plus exacte possible de leurs composition, propriétés et caractéristiques.

B-2 Données physico-chimiques

B-2-1 L'essence sans plomb (8)

Concernant l'essence sans plomb (autres qualifications : supercarburant sans plomb, Superplus (98), Eurosuper (95), gasoline), on peut la définir comme un mélange d'hydrocarbures variés (de C_5H_{12} à $C_{12}H_{26}$), d'origine minérale ou de synthèse et éventuellement de composés oxygénés organiques, destiné notamment à l'alimentation des moteurs thermiques à allumage commandé (référence norme AFNOR, NF EN 228).

Sa composition (en volume %) est :

- Paraffines (alcanes linéaires ou ramifiés) : 40-65.
- Naphtènes (cycloparaffines) : 0-5.
- Oléfines (molécules insaturées non cycliques à doubles liaisons) : 1-20.
- Aromatiques (benzéniques) : 15-45.

Il faut savoir que :

Le supercarburant sans plomb est un liquide de couleur verte de part la présence de colorants et agents traceurs (bleu soit la 1, 4-di-n-butyl-amino-anthraquinone et jaune soit le diéthyl-amino-azo-benzène).

Sa masse volumique est comprise entre 730 et 770 kg / m³ (NF EN ISO 12185 à 15°C).

Sa viscosité à 20 °C est comprise entre 0,5 et 0,6 cSt (ou 0,6 mm² / s).

Son point de congélation (d'écoulement) est inférieur à – 60 °C.

Sa solubilité dans l'eau à 20 °C, à l'équilibre et sous faible agitation, varie de 70 à 120 ppm (ou mg / kg).

Sa pression de vapeur (NF EN 12), selon la classe (été, intersaison, ou hiver), passe de 35 à 90 kPa (minima et maxima) ; sa densité de vapeur par rapport à l'air est 3,2 ; son intervalle de distillation : 20-210 °C.

Son point éclair est de – 30 °C, et sa Limite Inférieure d'Explosivité (L.I.E.) est de 1,6 % (en volume dans l'air).

Sa température d'auto-inflammation : 280 °C.

B-2-2 Le gazole (9)

Le gazole (autres qualifications : gasoil, diesel léger, distillat intermédiaire, fuel-oil n°2) est un mélange d'hydrocarbures (de composition en carbone supérieure à C₁₈) d'origine minérale ou de synthèse et, éventuellement, d'ester méthylique d'huile végétale, destiné notamment à l'alimentation des moteurs « diesel » à combustion interne.

Sa composition en hydrocarbures (volume %) est :

- Paraffines : 50-65.
- Naphtènes : 20-30.
- Aromatiques : 10-20.

Il faut savoir que :

Le gazole est un liquide légèrement huileux à 20 °C, de couleur jaune à brun clair (sans colorant ajouté).

Sa masse volumique à 15 °C (NF EN ISO 12185) est comprise entre 810 et 890 kg / m³.

Sa viscosité à 40 °C (NF EN ISO 3104) oscille entre 2,00 et 4,50 mm² / s ou entre 2 et 4 cSt à 20 °C.

Son point d'écoulement dépend du type de gazole et des saisons ; par exemple, pour une spécification « grand froid » : $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sa solubilité dans l'eau à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ est, à l'équilibre, sous faible agitation, de 4-5 ppm (10 mL de produit raffiné pour 1L d'eau), jusqu'à 30 ppm sous agitation plus importante.

Sa pression de vapeur est inférieure à 100 hPa à $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ et à 10 hPa à $40\text{ }^{\circ}\text{C}$; sa densité de vapeur par rapport à l'air est de 4 ; son intervalle de distillation : 165-370 $^{\circ}\text{C}$.

Son point d'éclair est supérieur à $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ et inférieur à $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ et sa L.I.E. est de 0,6 %.

Sa température d'auto-inflammation est supérieure à $250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

On peut noter également que la teneur en soufre (NF EN 24260) est au maximum de 0,05 % (m / m) et pour celle en eau (NF T 60-154) inférieure ou égale à 200 mg / kg ; la teneur en hydrocarbures aromatiques pour les gazoles européens se situe entre 20 et 30 %. L'incorporation d'ester méthylique d'huile végétale est réglementée par l'arrêté du 28 août 1997.

B-2-3 Le fioul domestique (10)

Le fioul domestique (autres qualifications : diesel moyen, FOD, fuel-oil n°2) est défini comme un mélange d'hydrocarbures (de composition en carbone supérieure à C_{18}) d'origine minérale ou de synthèse, et éventuellement d'ester méthylique de colza, destiné notamment à la production de chaleur dans les installations de combustion et sous certaines conditions d'emploi à l'alimentation des moteurs à combustion interne.

Sa composition en hydrocarbures (volume %) est:

- Paraffines : 30-40.
- Naphtènes : 30-40.
- Aromatiques : 20-40.

Il faut savoir que :

Le fioul domestique est un liquide huileux, à 20 °C, de couleur rouge (ortho-toluène-azo-ortho-toluène-azo-bêta-naphtol), le distinguant du gazole pour des raisons fiscales.

Sa masse volumique (NF T 60-101) à 15 °C est comprise entre 830 à 880 (maximum) kg / m³.

Sa viscosité à 20 °C (NF T 60-100) va de 1,4 à 3,6 cSt (ou 8,6 mm² / s maxi).

Son point d'écoulement est de – 9 °C.

Sa solubilité dans l'eau à 20 °C est, à l'équilibre, de 4-5 ppm et va jusqu'à 30 ppm sous agitation.

Sa pression de vapeur est inférieure à 100 hPa à 100 °C et à 10 hPa à 40 °C ; sa densité vapeur par rapport à l'air est de 4 ; son intervalle de distillation : 185-380 °C.

Son point d'éclair est égal ou supérieur à 55 °C et sa L.I.E. est de 0,6 %.

Sa température d'auto-inflammation est supérieure à 250°C.

La teneur en eau (NF T 60-113) doit être inférieure ou égale à 0,10 % en masse. L'incorporation d'ester méthylique d'huile de colza est réglementée par l'arrêté du 9 août 1994. Le fioul domestique contient également des agents traceurs distinctifs, qui sont la diphénylamine et le furfurol.

B-3 Additifs

Ces produits pétroliers raffinés peuvent être additionnés de faibles quantités de produits additifs tels que :

Des additifs multifonctionnels améliorant diverses spécifications comme les performances, la tenue au froid...

Des additifs anti-détonant.

Des colorants et des agents traceurs (spécifications douanières et taxes).

B-3-1 Cas des supercarburants (11)

Pour l'essence ordinaire, du plomb est rajouté afin d'améliorer son indice d'octane. La quantité de plomb métal doit être inférieure ou égale à 4,4 g / L d'essence, le plomb pouvant être incorporé sous forme de plomb tétraéthyle et / ou de plomb tétraméthyle.

Spécifications au niveau du plomb tétraéthyle et tétraméthyle :

- Essence auto et supercarburant plombé : < 0,15 g / L.
- Supercarburant sans plomb : < 0,013 g / L.

Pour remplacer le plomb, incompatible avec l'utilisation des pots catalytiques et respecter le cahier des charges des supercarburants au niveau de leur indice d'octane, caractérisant le pouvoir antidétonant du carburant, le recours est de rajouter des produits oxygénés.

Il s'agit essentiellement d'alcools de formule générale $R - OH$ ou d'éthers $R - O - R'$, dans lesquels les lettres R et R' représentent des radicaux hydrocarbonés. Le contenu en produits oxygénés, exprimé en teneur massique d'oxygène, est limité à 2,8 %.

Les produits les plus utilisés sont :

- Le méthanol ($CH_3 OH < 3 \%$ vol.).
- L'éthanol ($C_2H_5 OH < 5 \%$ vol.).
- L'alcool butylique tertiaire ou TBA ($C_4H_9 OH < 7 \%$ vol.).
- Le méthyltertiobutyléther ou MTBE ($< 15 \%$ vol.).
- L'éthyltertiobutyléther ou ETBE ($< 15 \%$ vol.).

B-3-2 Cas du gazole (11)

De la même manière que pour les supercarburants sans plomb, on va avoir recours à l'ajout d'un certain nombre d'additifs.

Outre les additifs d'odeur, d'antigel..., il existe un important programme de validation d'un gazole additionné de 5 % d'esters méthyliques de colza (EMC).

La qualité d'un gazole s'exprime par son indice de cétane (alcane en $C_{16}H_{34}$) qui n'influe pas directement sur les performances du moteur mais agit plutôt sur l'agrément d'utilisation (démarrage à froid, bruit, émission de polluants...).

B-4 Dangers physico-chimiques inhérents à ces trois produits pétroliers raffinés

(11)

Ces produits sont stables aux températures usuelles de stockage, de manipulation et d'emploi.

La chaleur, les étincelles, les points d'ignition, les flammes, l'électricité statique, les agents oxydants forts et les acides sont à éviter.

B-5 La Réglementation du Transport des Matières Dangereuses par Route

(R.T.M.D.R.)

Il faut tout d'abord savoir que ce transport de matières dangereuses, au niveau national, est réparti en trois grands modes de convoi (% en volume) (12) :

- aérien (5%),
- ferroviaire (25%),
- routier (70%).

Certains chiffres ne sont pas encore disponibles mais concernant le transport routier des produits pétroliers, le nombre de véhicules citernes routiers (camions, remorques, semi-remorques) est de l'ordre de 19 600 ; à titre indicatif, les consommations (en milliers de tonnes) des différents produits pétroliers étaient pour l'année 1995 (12):

- essence automobile : 15 651 ;
- gazole : 22 869 ;
- fioul domestique : 16 503.

B-5-1 La législation en vigueur – signalisation et étiquetage des véhicules et conteneurs (13)

Des véhicules-citernes (citernes fixes), véhicules-batteries d'une capacité totale supérieure à 1 000 litres et véhicules transportant des citernes démontables ou des conteneurs-citernes d'une capacité supérieure à 3 000 litres sont , le plus souvent, utilisés pour le transport de matières dangereuses.

Les unités de transport acheminant des marchandises dangereuses doivent avoir, disposés dans un plan vertical, deux panneaux rectangulaires de couleur orange rétro réfléchissante, dont la base est de 40 cm et la hauteur n'est pas inférieure à 30 cm. Ces panneaux doivent porter un liséré noir de 15 mm au plus.

Ils doivent être fixés l'un à l'avant de l'unité de transport et l'autre à l'arrière, perpendiculairement à l'axe longitudinal de celle-ci. Ils doivent être bien visibles. Ces panneaux de couleur orange doivent être munis des numéros d'identification prescrits pour chacune des matières transportées dans la citerne ou dans le compartiment de la citerne.

Les numéros d'identification devront être constitués par des chiffres de couleur noire de 100 mm de haut et de 15 mm d'épaisseur de trait. Le numéro d'identification du danger doit figurer dans la partie supérieure du panneau, le numéro d'identification de la matière, dans la partie inférieure ; ils doivent être séparés par une ligne noire horizontale de 15 mm d'épaisseur traversant le panneau à mi-hauteur. Les numéros d'identification doivent être indélébiles et rester lisibles après un incendie d'une durée de 15 minutes.

Le numéro d'identification du danger se compose de deux ou trois chiffres : ici, 3 – inflammabilité de matières liquides (vapeurs) et gaz ou matière liquide auto-échauffante.

Le doublement d'un chiffre indique une intensification du danger afférent ; lorsque le danger d'une matière peut être indiqué suffisamment par un seul chiffre, ce chiffre est complété par zéro.

Les numéros d'identification des dangers énumérés précédemment ont la signification suivante :

30 : matière inflammable (point éclair de 23 °C à 61 °C, valeurs limite comprises) ou matière liquide inflammable ou matière solide à l'état fondu ayant un point d'éclair supérieur à 61 °C, chauffée à une température égale ou supérieure à son point éclair, ou matière liquide auto-échauffante ; c'est le cas du gazole et du fioul domestique.

33 : matière liquide très inflammable (point éclair inférieur à 21 °C) ; c'est le cas de l'essence sans plomb.

Viennent ensuite, les numéros d'identification des matières :

- l'essence sans plomb pour moteurs d'automobiles : 1203.
- Le gazole et le fioul : 1202.

De plus, il est nécessaire et obligatoire d'apposer un étiquetage de danger sur le conteneur de la matière dangereuse transportée ; les véhicules-batteries, les véhicules à citernes fixes ou démontables, les conteneurs-citernes doivent porter une ou plusieurs étiquettes de danger de la classe transportée, sur les deux côtés latéraux et à l'arrière de l'unité de transport. Ces étiquettes ont la forme d'un carré d'au moins 100 mm de côté posé sur la pointe ; elles sont marquées sur tout leur pourtour, d'une ligne de couleur noire placée à 5 mm de bord (il est admis de faire figurer sur la partie inférieure des étiquettes une inscription en chiffres ou lettres portant sur la nature du danger).

Les inscriptions sur les étiquettes de danger doivent être portées de manière bien lisible et indélébile et apposées de manière appropriée sur les citernes.

Pour les substances concernées ici, c'est-à-dire l'essence sans plomb, le gazole et le fioul domestique, l'étiquette de danger est de type « numéro 3 », en l'occurrence danger de feu (matières liquides inflammables), représentant une flamme noire sur fond rouge.

Outre les documents requis par d'autres règlements, les consignes écrites suivantes doivent se trouver à bord de l'unité de transport (en prévision de tout accident ou incident pouvant survenir au cours du transport) :

La dénomination de la marchandise, la classe et le numéro d'identification ONU.

La nature du danger présenté par ces matières, ainsi que les mesures que doit prendre le chauffeur et les moyens de protection personnels qu'il doit utiliser (courte énumération des dangers – danger principal – dangers supplémentaires y compris pour l'environnement).

Les dispositions que doit prendre le conducteur, en cas d'accident : prévenir la police, les pompiers, arrêter le moteur, disposer des signaux sur la route, prévenir les autres usagers de la route du danger, tenir le public éloigné de la zone dangereuse et ne pas fumer !

B-5-2 Approche générale des accidents de T.M.D. par route en France

(12)

La distance parcourue pour un Transport de Matières Dangereuses (T.M.D.), en moyenne, est inférieure à 150 kilomètres par voyage.

Le bilan général du nombre d'accidents impliquant des matières dangereuses est, en estimant la moyenne entre les années 1989 à 1993, de 181 accidents et pour l'année 1996, de 234 accidents.

Le total en tonnage (milliers de tonnes) du T.M.D. est de 76 279 et celui de l'ensemble du trafic routier de marchandises représente 1 726 329 : le T.M.D. équivaut donc à 4,4 % de cet ensemble pour l'année 1996.

On remarque que pour la classe 3 (liquides inflammables), 62 833 milliers de tonnes ont été transportées, ce qui en fait la première classe transportée par route en quantité.

Le nombre d'accidents corporels de T.M.D. représente 1,5 % du nombre total des accidents corporels recensés en France en 1996 et ayant impliqué un poids lourd. Sur ces mêmes bases, le nombre de tués est de 2,5 % et le nombre de blessés de 2 %.

De ces chiffres, on peut en déduire, qu'à trafic égal, le T.M.D. générerait 3 fois moins d'accidents, 2 fois moins de tués et 2,5 fois moins de blessés que le trafic global « poids lourd ».

Ce nombre représente également 0,08 % des accidents de la circulation routière survenus en 1996 sur le réseau routier français.

La fréquence des accidents est élevée pour la région Rhône-Alpes avec 30 accidents en 1996 en raison d'un fort trafic de transport de matières dangereuses, le Limousin a connu un accident (seule la Corse ne fait état d'aucun accident !).

Globalement, dans 61 % des 234 accidents, la cause présumée de l'accident est imputable au véhicule transportant la matière dangereuse ; le nombre d'accidents liés à une faute du conducteur a représenté 44,3 % des accidents recensés en 1996. Ce type d'accident est généralement déclenché par suite d'une erreur humaine (assoupissement, écart sur accotement, manœuvre dangereuse,...) ou par un comportement infractionnel (refus de priorité, vitesse excessive,...).

Pour 30 % des cas, la cause est imputable à un tiers ; l'origine de ces accidents est le plus souvent la vitesse, les manœuvres dangereuses et les pertes de contrôle du véhicule.

Pour 9 %, une cause externe (chaussée verglacée ou glissante, intempéries) est responsable du sinistre.

En ce qui concerne la répartition des accidents selon le type de voie, on constate que les routes départementales arrivent en première position avec 72 des 234 accidents puis viennent les autoroutes (60) et les routes nationales (43).

Il est à noter également que 54 % des accidents se passent dans la journée entre 4 et 12 heures.

Le scénario est souvent le même : le véhicule de T.M.D. quitte sa trajectoire (à cause d'une non maîtrise du véhicule et / ou de sa vitesse, d'un écart sur la droite suite à un croisement difficile avec un véhicule tiers, d'un moment d'inattention ou d'un assoupissement du conducteur) et, suite à la tentative du conducteur pour rétablir la trajectoire du véhicule, celui-ci se renverse.

On enregistre pour 1996, 100 renversements de véhicules soit 42 % du total des véhicules de T.M.D. accidentés ; ce pourcentage reste stable par rapport à la moyenne des années antérieures. Sur ces 100 renversements, 85 impliquent un véhicule équipé de citerne ; 63 % des véhicules citernes renversés sont des camions et 38 % des ensembles tracteur et semi-remorque. Le véhicule citerne impliqué dans un accident se renverse dans 46 % des cas (en 1996), ce qui est similaire à la moyenne calculée entre 1989 et 1993.

Près de 60 % des renversements de citerne correspondent à des accidents de type « M » comme « marchandises dangereuses », caractérisés entre-autre par un épandage supérieur à 100 litres de matières.

Si l'on fait le détail des épandages, on retrouve dans 58 % des cas un épandage de matières dangereuses de classe 3.

C- Pollution des eaux par les hydrocarbures

C-1 Impact sur l'environnement

C-1-1 Propriétés physico-chimiques d'un produit raffiné gouvernant son impact sur l'environnement

C-1-2 Ecotoxicité des produits pétroliers

C-2 Effets sur l'homme

C-2-1 Dangers pour la santé

C-2-2 Etude de la bioaccumulation et de la toxicité d'un hydrocarbure

Jusqu'en 1973, la production et la consommation d'hydrocarbures ont connu un développement extraordinaire et, malgré quelques accidents catastrophiques, on n'accordait que peu d'attention aux problèmes de récupération des produits usés ou de leur élimination des eaux naturelles ou usées. Leur présence dans le milieu naturel était de plus en plus fréquente. La crise du pétrole, la prise de conscience des problèmes de conservation du milieu par un grand nombre de personnes et la législation font que l'on se préoccupe beaucoup plus aujourd'hui de la pollution des eaux par les hydrocarbures.

Les origines de leur présence dans les eaux sont multiples :

- rejets de produits pétroliers (garages, industrie pétrolière, navigation, accidents divers,...)
- rejets de fumées dont les particules sont entraînées par les pluies, etc.

A titre d'exemples de pollutions plus ou moins vastes, on a pu noter, il y a peu de temps encore, le 26 juin 1998 au matin, une importante fuite de fioul domestique qui a été constatée dans un cours d'eau se jetant dans l'Aurence, au niveau du Mas-Gigou à Limoges. Près de 4 000 litres de fioul se sont échappés d'une cuve enterrée et ont pollué ce cours d'eau sur environ 500 mètres de long. Les sapeurs-pompiers et la Direction Environnement – Santé de la ville de Limoges se sont rapidement rendus sur les lieux pour enrayer cette pollution par l'établissement d'un barrage filtrant (figure 1) et prendre toute mesure conservatoire (14).



Figure 1 : pollution par fioul domestique et pose d'un barrage filtrant (14).

Il a également été observé à une plus grande échelle, le 27 juin 1998, un déversement de 530 tonnes de pétrole brut dans le Mississippi entre Bâton Rouge et la Nouvelle-Orléans, suite à un abordage entre deux trains de barges. Les équipes de nettoyage ont dû intervenir de place en place le long du fleuve, jusqu'à 65 km en aval du lieu de l'accident, mobilisant jusqu'à 270 intervenants, beaucoup de matériels de dépollution, et cela pour une dépense estimée autour de 12 millions de francs (15).

De tels rejets peuvent entraîner une contamination du sol environnant qui peut affecter soit son mode d'exploitation, agricole par exemple, soit plus généralement l'ensemble de l'écosystème étendu aux eaux de surface (étangs, canaux et rivières) et aux eaux souterraines (nappes souterraines).

Le risque majeur concerne la contamination d'une ressource en eau et c'est ce risque qui est pris en considération de manière prioritaire en distinguant le cas des eaux de surface et celui des eaux souterraines.

En effet, l'épandage d'un produit pétrolier en rivière peut rendre vulnérable une Alimentation en Eau Potable (A.E.P.) située en aval, que la prise d'eau se fasse directement par captage en surface ou qu'elle se fasse par forage dans la nappe alluviale. Les opérations de dépollution devront être suffisamment rapides pour limiter la durée de fermeture du captage.

La situation est tout à fait différente quand la pollution atteint par infiltration la nappe d'eau souterraine (bords de rivière). En effet, en pénétrant dans les terrains perméables, les produits pétroliers se déplacent vers le bas sous l'influence de la pesanteur et laissent dans leur sillage des terrains imprégnés.

Dans les terrains marno-argileux, il peut y avoir stockage provisoire de la pollution avant restitution ultérieure après un épisode pluvieux succédant à une période de sécheresse. Dans les terrains fracturés, le transit des hydrocarbures est souvent très rapide et, par conséquent, il est difficilement contrôlable par une intervention effectuée à partir de la surface du sol (16).

Cette simple constatation explicite la nécessité d'une intervention la plus rapide possible tant au niveau d'une pollution de rivière que celle toujours envisagée, d'une pollution des sols alentour, afin d'éviter d'éventuels effets des polluants sur l'écosystème et l'être humain.

C-1 Impact sur l'environnement (11)

Suivant sa composition, ses caractéristiques physiques et les conditions locales de la pollution, chaque produit va évoluer et sa persistance dans l'environnement sera différente.

Lors d'un déversement accidentel, la persistance d'un produit est inversement proportionnelle à sa capacité à se volatiliser ou à se solubiliser.

Ces propriétés sont gouvernées par la composition chimique de chaque famille (se reporter à l'*ANNEXE 1*). Certaines familles ont tendance à se volatiliser (aliphatiques légers, isoparaffines – les oléfines pour les essences aromatiques), tandis que d'autres ont tendance à s'adsorber sur les particules sédimentaires (molécules plus lourdes telles que les hydrocarbures polyaromatiques ou les asphaltènes) ou à se solubiliser (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, oléfines légères, etc.).

En effet, une coupe raffinée à la surface d'un cours d'eau se modifie progressivement et change d'aspect et de comportement au cours du temps (processus dit « de vieillissement » - figure 2). Une évolution primaire s'étalant sur une période comptabilisée en jours et pendant laquelle se développent essentiellement des phénomènes physiques conduit à l'élimination des fractions légères notamment.

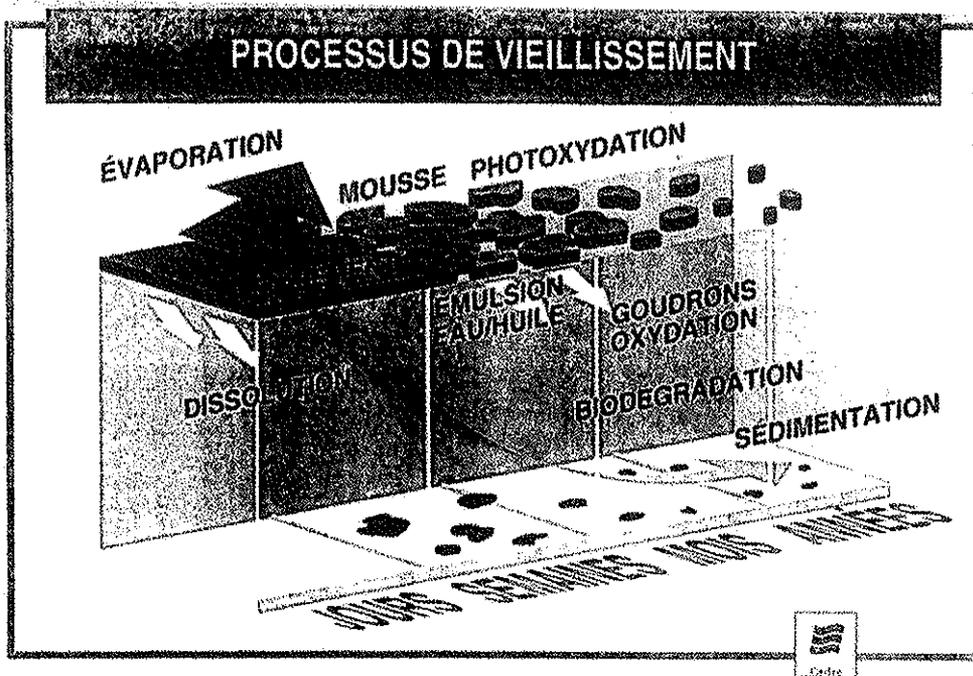


Figure 2 : processus de vieillissement d'un pétrole (11).

Afin de concevoir une stratégie de lutte, il est important de connaître les propriétés physico-chimiques des différentes coupes et d'en déduire leur probable évolution sur un environnement donné.

C-1-1 Propriétés physico-chimiques d'un produit raffiné gouvernant son impact sur l'environnement

C-1-1-1 Volatilité des produits raffinés (11)

L'évaporation est un phénomène qui intervient dès le déversement et peut se prolonger longtemps suivant les conditions climatiques, météorologiques... ; la vitesse d'évaporation dépend en premier lieu de la volatilité des différents composants du mélange déversé mais également de facteurs tels que la quantité d'hydrocarbures déversée, la température de l'air, la température et la turbulence de l'eau, le vent, la vitesse d'étalement de la nappe.

En règle générale :

Les fractions inférieures à C₉ vont s'évaporer en 1 heure maximum (une partie des supercarburants, les essences).

Les fractions inférieures à C₁₁ vont s'évaporer en une demi-journée à une journée (essences).

Tous les hydrocarbures de composition en carbone inférieure à C₁₅ (point d'ébullition inférieur à 250 °C) disparaissent au plus tard après 10 jours d'exposition (les fractions les plus légères du gazole).

Les hydrocarbures de C₁₅ à C₂₁ (250 à 400 °C) s'évaporent partiellement (gazole et fioul domestique).

Les hydrocarbures de composition en carbone supérieur à C₂₁ ne subissent pas de perte sensible par évaporation (toutes les coupes lourdes).

Les fractions les plus légères s'évaporent les premières tandis que les composants les moins volatils forment un résidu de densité et de viscosité plus élevées que le polluant initial.

Comme on peut le prévoir, l'évaporation est très importante lorsqu'il s'agit de déversement d'essences ; près de 50 % de ces produits peuvent s'évaporer dans les 7 ou 8 premières minutes à 20 °C. Par comparaison, il faudrait une journée pour évaporer 50 % d'un gazole.

Les nappes d'essences, de gazoles légers (composants volatils dont le point d'ébullition atteint 200 °C) disparaissent presque complètement après 24 heures. Les coupes les plus lourdes (fiouls) seront nettement moins influencées par l'évaporation ; on considère qu'elles perdent au plus 10 % de leur masse.

Dans le cas des produits raffinés légers, environ 60 % des polluants éliminés lors des opérations de restauration d'un sol le sont par volatilisation d'une partie de leurs constituants.

C'est donc un paramètre très important à prendre en compte lors de la prise de décision d'intervention ou de non intervention.

Les produits qui ont une haute pression de vapeur, comme l'essence, ont un potentiel important à créer des dommages pour la santé publique. Ils sont également susceptibles de créer un feu ou une explosion car la concentration de vapeurs requise pour atteindre la L.I.E. est de quelques % dans l'air, comme on l'a vu précédemment.

C-1-1-2 Solubilité des produits raffinés (11)

Des différents paramètres qui affectent le devenir et le transport des produits chimiques organiques dans l'environnement, la solubilité dans l'eau (en terme de ppm, ppb, ppt ou poids / volume : mg / L, $\mu\text{g} / \text{L}$, moles / L...) est le plus important.

La solubilité d'un composé chimique dans l'eau peut être définie comme la quantité maximale de composé qui se dissout dans de l'eau pure à une température déterminée. Au delà de cette concentration, si le produit chimique est liquide, deux phases vont coexister à la température du système : une solution aqueuse saturée et une phase organique liquide.

Les composés hautement solubles sont facilement et rapidement distribués dans le cycle hydrobiologique. Ces composés tendent à avoir un facteur de bioconcentration dans la vie aquatique assez bas et un faible coefficient d'adsorption dans les sols et les sédiments. Ils tendent également à être plus facilement biodégradables par les micro-organismes dans les sols, à la surface de l'eau et dans le traitement des eaux. D'autres moyens de dégradation (comme la photolyse, l'hydrolyse et les oxydations) et les moyens de transport spécialisés (tels que la volatilisation à partir des solutions, le lessivage de l'atmosphère par la pluie) sont aussi affectés par les variations de la solubilité dans l'eau (16).

Les hydrocarbures sont généralement considérés comme « insolubles » dans l'eau, ce qui est vrai si on les compare à des substances plus hydrophiles comme les alcools, les aldéhydes et les cétones, par exemple.

Cependant du point de vue de la pollution des eaux, même une faible solubilité doit être prise en compte quand les produits chimiques considérés ont un impact sur la qualité des eaux potables ; ce sont essentiellement les hydrocarbures légers et plus particulièrement les aromatiques (benzène, toluène, éthylxylène, alkylbenzènes à 9 et 10 atomes de carbone, etc.) qui présentent les plus fortes solubilités dans l'eau. Bien que faible, cette solubilité est déterminante pour la toxicité potentielle des polluants sur les organismes aquatiques. Ce sont, en effet, les fractions d'hydrocarbures les plus dangereuses du point de vue toxicologie qui se solubilisent le mieux (oléfines, iso et cycloparaffines, hydrocarbures aromatiques légers) (11).

Prenons pour simple exemple, le contact d'une phase aqueuse avec trois produits pétroliers différents flottant au-dessus de l'eau : d'une part, du benzène pur, d'autre part, du naphtha (distillat pétrolier d'hydrocarbures surtout aliphatiques de C_5 à C_{13}) et 1% de benzène, et enfin, du pétrole brut contenant 1% de benzène (16).

A l'équilibre, un dosage des hydrocarbures dans l'eau met en évidence des teneurs et des compositions très différentes d'un cas à l'autre : les valeurs indiquées représentent successivement les concentrations en « hydrocarbures totaux » et en « benzène » :

- avec le benzène pur : 1 800 mg / L et 1 800 mg / L ;
- avec le naphtha et 1% de benzène : 45 mg / L et 25 mg / L ;
- avec le pétrole brut et 1% de benzène : 60 mg / L et 10 mg / L.

On observe donc, quand le benzène liquide est le seul hydrocarbure mis au contact de l'eau, une dissolution des molécules de benzène dans la phase aqueuse atteignant la valeur de solubilité (1 800 mg / L) à l'équilibre.

Les molécules de benzène présentes dans le naphta ou dans le pétrole brut, sont mélangées à d'autres molécules d'hydrocarbures, eux-mêmes très peu solubles (ce qui est le cas des paraffines et des naphthalènes et plus généralement de tous les hydrocarbures de point d'ébullition supérieur à 120 °C).

Dans ce cas alors, l'affinité des molécules de benzène pour la phase pétrolière est plus grande que pour la phase aqueuse et seules quelques molécules se trouvent dissoutes dans l'eau.

L'aptitude des raffinés à se solubiliser peut être la suivante (11) :

Supercarburant > gazole > fioul domestique

La dissolution commence immédiatement après le déversement, mais, contrairement à l'évaporation, c'est un processus à long terme qui se poursuit tout au long de l'altération ; en effet, l'oxydation et la biodégradation microbienne des hydrocarbures produisent constamment des composés polaires hydrosolubles (métabolites).

N.B. : les composés soufrés, présents dans certaines coupes en proportions différentes, sont hydrosolubles.

Tout résidu qui reste après le processus d'évaporation et de solubilisation va présenter une densité et une viscosité plus élevées, et aura par conséquent une incidence sur le processus de vieillissement ainsi que sur le choix des techniques de récupération et de nettoyage.

C-1-1-3 Emulsification des produits raffinés (11)

L'émulsification est un facteur important dans la dispersion des hydrocarbures déversés dans l'eau et joue un rôle important à la fois dans l'altération et pour le nettoyage. Ce phénomène a pour conséquences d'augmenter le volume visible de polluant, de diminuer l'étalement (par formation de plaques plus épaisses) et d'augmenter à terme la densité apparente du polluant.

La formation des émulsions inverses (eau dans huile) peut être observée avec tous les pétroles bruts, huiles et fiouls lourds. Elle est due à l'incorporation progressive d'eau, sous forme de gouttes, dans la phase hydrocarbure par brassage. La stabilité de cette émulsion augmente lorsque la taille des gouttes d'eau diminue.

L'émulsification pour les produits raffinés les plus légers est très limitée, voire inexistante ; on peut observer dans certains cas, une émulsification naturelle de l'eau (huile / eau) qui correspondrait plutôt à une pseudo-dissolution mais ce phénomène ne peut être considéré comme majeur dans l'évolution générale d'un produit raffiné léger.

Une fois les hydrocarbures émulsionnés dans l'eau, d'autres processus d'altération tels que la dissolution, la biodégradation peuvent être accélérés à cause de la surface de contact accrue des hydrocarbures : les gouttelettes sont en effet extrêmement petites (1 à 3 μm). Ainsi, un volume important d'hydrocarbures peut être dispersé dans l'eau environnante.

La facilité que possède une coupe hydrocarbonée à former des émulsions inverses stables est liée surtout à l'importance de ses teneurs en résines (composés hétérocycliques polaires), asphaltènes (composés hétérocycliques) et paraffines. Ce processus intervient donc essentiellement dans le cas de produits raffinés lourds visqueux et denses : l'émulsification sera surtout observée avec les fiouls lourds.

C-1-1-4 Dispersion des produits raffinés (11)

Le taux de dispersion naturelle est essentiellement dû à la nature du produit et à l'état du cours d'eau ; la turbulence qui règne à la surface de l'eau agit sur la nappe et provoque la production de gouttelettes d'hydrocarbures variées. Les gouttelettes suffisamment petites vont rester en suspension dans la colonne d'eau, les autres peuvent se coalescer avec d'autres gouttelettes, soit s'étaler pour former une couche mince.

Piégeage et adsorption des hydrocarbures sur les matières en suspension dans l'eau

Lorsqu'un hydrocarbure est dispersé dans un cours d'eau, le risque est grand de le voir interagir avec des particules solides en suspension, c'est-à-dire avec la charge sédimentaire véhiculée par le cours d'eau ; selon les caractéristiques de l'écoulement, ces particules se déposent dans les zones les plus calmes et sont reprises dès que les mouvements turbulents sont à nouveau suffisants pour les maintenir en suspension.

Dans la pratique, l'essentiel du polluant dispersé dans un cours d'eau, s'il reste en suspension, sera fixé au bout d'un laps de temps relativement court (quelques heures).

C-1-1-5 Viscosité des raffinés – capacité des produits à migrer dans un sédiment (11)

La viscosité est un paramètre qui va rentrer en compte lors du nettoyage de la zone polluée et joue un rôle important sur la persistance d'un produit dans l'environnement.

Un produit visqueux est généralement un produit lourd qui ne sera ni volatilisé, ni dissous dans l'eau. Il sera peut-être plus facilement récupérable mais sa persistance en fait un produit nuisible. Comparativement à une coupe essence qui présente une viscosité assez faible, le déversement d'un fioul ou d'un gazole sera plus facilement traité car il est moins « agressif » et sa migration dans le sol sera limitée.

La capacité de rétention d'un sol vis-à-vis d'un produit pétrolier infiltré accidentellement, est fonction du degré d'humidité au moment considéré et il faut distinguer (16) :

- l'état transitoire, qui dure le temps de l'infiltration gravitaire (jusqu'à la nappe phréatique ou jusqu'à un niveau intermédiaire où se situe une nappe aquifère perchée) et qui se termine par un étalement ;
- l'état permanent, qui persiste quand les conditions d'équilibre sont atteintes et qui correspond à une saturation des terrains. Cet état d'équilibre, qui traduit la capacité du sol à retenir par absorption les produits pétroliers au sein de la matrice poreuse du sous-sol, est caractérisé par l'absence de mobilité spontanée.

Il faut bien noter que ne sont mobilisables que les produits pétroliers qui occupent tous les pores du sous-sol en flottant au toit du niveau aquifère ; c'est pourquoi on peut, en augmentant le gradient par un rabattement de la nappe autour d'un puits foré au centre de la zone polluée, accélérer le déplacement des produits pétroliers et assurer dans la phase de « fixation-récupération » le pompage d'une grande partie de la pollution.

Suivant le type de produit pétrolier et la nature du milieu poreux, on estime l'épaisseur des hydrocarbures encore mobilisables au toit de la nappe à des valeurs comprises entre 5 et 40 mm ou L / m² soit : 5 mm pour cailloux-graviers, 8 mm pour graviers-sable , 20 mm pour sable moyen à fin et 40 mm pour limon.

Il faut également préciser que tant dans la zone d'infiltration que dans la zone de battement de la nappe, il pourra rester des produits pétroliers en quantité non négligeable qu'on évalue en L / m³ de terrain ; ces quantités ne sont pas mobiles et devront faire l'objet de traitements particuliers, comme la biodégradation par exemple.

C-1-1-6 Aptitude d'un produit raffiné à se biodégrader (11)

Le processus de biodégradation consiste en une oxydation microbienne aérobie des hydrocarbures contaminants en dioxyde de carbone et en eau. Les micro-organismes sont de préférence ceux déjà présents dans l'environnement. Le succès de ce processus dépend très fortement des conditions environnementales et de la nature du polluant (un hydrocarbure à haut poids moléculaire sera dégradé plus difficilement et on connaît la biodégradation rapide des hydrocarbures aromatiques tant en aérobie qu'en anaérobie (par utilisation des nitrates).

Quels sont les composés qui se dégradent ?

Tout produit raffiné est intrinsèquement biodégradable, mais avec une demi-vie variable selon sa nature.

C-1-1-6-1 Dégradation des alcanes (11)

Les n-alcanes présentant 8 à 9 atomes de carbone sont les plus facilement dégradables. Lorsque la longueur des chaînes augmente, le taux d'oxydation diminue.

Les composés ramifiés sont moins facilement dégradés comparativement aux hydrocarbures linéaires et dans ce cas, leur oxydation peut être incomplète. Il y a alors formation de composés intermédiaires d'oxydation, hydrosolubles, augmentant ainsi la fraction des composés polaires dite « résines ».

Les composés cycliques (naphènes) sont peu directement biodégradés ; néanmoins, une co-oxydation permet leur attaque, avec souvent accumulation de métabolites intermédiaires.

C-1-1-6-2 Dégradation des aromatiques (11)

Le benzène et le toluène, les deux hydrocarbures aromatiques les plus simples, sont dégradés s'ils sont présents en faible concentration. Les aromatiques substitués par des chaînes alkyles peuvent également être dégradés par de nombreux organismes, mais dans ce cas, leur attaque peut être incomplète.

Jusqu'à trois cycles, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (H.P.A.) se dégradent. Au-delà, ils peuvent l'être mais essentiellement par co-oxydation. D'une manière générale, les polyaromatiques condensés sont résistants à la biodégradation.

Les composés soufrés sont en général plus résistants que leurs homologues non soufrés.

En conclusion, l'aptitude des hydrocarbures à se biodégrader a tendance à être la suivante :

Paraffines (n-alcanes) > iso-paraffines > naphènes (hydrocarbures cycliques) > oléfines
(non cycliques insaturés) > aromatiques (benzéniques)

Sachant que la biodégradation potentielle d'un produit raffiné est directement liée à sa composition, on peut proposer l'ordre de dégradation suivant (11) :

Gazoles > essences et supercarburants > fiouls

C-1-2 Ecotoxicité des produits pétroliers (11)

Au niveau de la toxicité pour les échanges limités, ces dégradations successives peuvent produire, au cours de leur mise en œuvre, des composés intermédiaires d'oxydation pouvant être plus toxiques que l'hydrocarbure initial (par formation d'acides, d'aldéhydes, d'esters, etc.) avec augmentation de la concentration des produits intermédiaires d'oxydation (métabolites solubles dans l'eau). Ainsi, l'oxydation des hydrocarbures tend à produire des composés oxydés de plus en plus solubles, rendant la toxicité de l'eau vis-à-vis des micro-organismes de plus en plus importante. Ces produits issus de la biodégradation peuvent donc être des facteurs limitants, si les conditions environnementales ne leur permettent pas de se diluer (sédiment à faible perméabilité par exemple). Par contre, la rupture de chaînes peut aussi produire des composés à propriétés tensioactives qui vont faciliter la dispersion des hydrocarbures, rendant par la même la biodégradation plus aisée.

(Il est à noter que certains hydrocarbures paraffiniques et cyclaniques ont une innocuité reconnue et certains d'entre eux peuvent avoir une origine naturelle, végétale par exemple dans le cas de certaines paraffines)

Aussi longtemps que les hydrocarbures recouvrent la surface de l'eau d'un mince film, ils contribuent à la modification des échanges gazeux avec l'atmosphère. Ce phénomène prend une importance particulière dans les zones calmes où le film peut s'étendre sur une grande surface, modifier la tension superficielle de l'eau et donc avoir un impact particulier sur les poissons. Les doses létales sur les poissons sont assez mal connues et dépendent du type d'hydrocarbure détecté, néanmoins, la toxicité de tels produits pétroliers raffinés pour les espèces aquatiques se situe entre 10 et 100 ppm.

Parallèlement ce film influe directement sur les réactions photosynthétiques, ce qui a pour conséquence, outre la diminution du potentiel piscicole lié au développement de la flore aquatique, de freiner une source importante de production d'oxygène. Il peut s'en suivre la destruction partielle ou complète de la flore responsable de l'autoépuration de la rivière et ce, pour des doses d'hydrocarbures de l'ordre de 10 mg / L (16).

La faune benthique est également perturbée par dépôt au fond du lit de fines particules contaminées.

Les hydrocarbures contribuent aussi à accroître, par exemple, dans de fortes proportions la toxicité de produits tels que les pesticides qui peuvent se trouver présents dans le cours d'eau. Certains d'entre eux sont toxiques en l'état, d'autres après utilisation réagissent pour donner des sous-produits parmi lesquels on trouve des peroxydes (16).

Les effets de toxicité sont, en partie, également liés aux additifs qui s'y trouvent mélangés ou aux éléments présents dans l'eau de la rivière.

L'épuration biologique des eaux usées est aussi gênée par la présence de ces produits.

En conclusion, l'impact d'un produit raffiné sur l'environnement varie selon la nature des produits qui le composent : certains sont toxiques à moins de 100 ppm, d'autres présentent une tolérance moyenne supérieure à 1 000 ppm. La biodégradation des hydrocarbures les plus légers, ainsi que leur évaporation importante et leur solubilisation partielle dans l'eau, limitent leur persistance dans l'environnement.

La biodégradation des hydrocarbures est un phénomène complexe où trop de paramètres peuvent varier selon les conditions environnementales, la nature du sol, la nature du polluant,...

On manque actuellement de « repères » pour fixer avec précision un stade ultime de dégradation des coupes pétrolières (11).

C-2 Effets sur l'homme (11)

Dans le cadre de l'approvisionnement en eau potable des collectivités territoriales, les effets nocifs des hydrocarbures se manifestent au niveau :

- de la qualité gustative et olfactive de l'eau de consommation,
- de l'aspect esthétique de l'eau,
- du traitement de l'eau,
- et bien sûr de la santé du consommateur.

(se reporter à l'ANNEXE 2 – limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (17)).

Du point de vue de la santé de l'homme, il est pratiquement impossible de boire, par inadvertance, une eau contenant suffisamment d'hydrocarbures pour que des effets toxiques puissent se présenter. A de telles concentrations, le goût et surtout l'odeur de l'eau sont déjà très prononcés et caractéristiques.

Par exemple, les seuils olfactifs pour divers produits pétroliers, quand ils sont présents dans l'eau sont (11) :

- pétrole raffiné : 1 à 2 mg / L ;
- essence commerciale : 0,005 mg / L ;
- gazole : 0,0005 mg / L ;
- fioul : 0,3 mg / L.

C-2-1 Dangers pour la santé

C-2-1-1 Le supercarburant sans plomb

C-2-1-1-1 Inhalation ou ingestion (11)

Les vapeurs très concentrées irritent les voies respiratoires et les muqueuses. De petites quantités de ce liquide aspirées dans les poumons durant l'ingestion ou à la suite de vomissements peuvent porter gravement atteinte à la santé (bronchopneumonie ou œdème pulmonaire). Les vapeurs sont également anesthésiques et peuvent avoir d'autres effets (narcotiques) sur le système nerveux central (céphalées, vertiges, somnolence, perte de connaissance avec parfois troubles convulsifs).

Elles sont la cause de suffocation (asphyxie) si leur concentration s'élève au point de réduire la teneur de l'air en oxygène au-dessous du seuil nécessaire à la respiration.

Ce produit contient de petites quantités de benzène et de n-hexane.

Le benzène peut causer des troubles du sang (une pancytopénie voire une leucémie) et des organes lipophiles (cerveau, foie) où il s'accumule : ce composant est connu comme cancérigène.

Le n-hexane peut causer des lésions du système nerveux périphérique.

Symptômes : hyperpnée, excitabilité, démarche chancelante, céphalées, fatigue, irritation du tube digestif, nausées et vomissements, somnolence, narcose, coma.

C-2-1-1-2 Contact avec les yeux (11)

Irritant léger, il ne cause pas de lésions oculaires (sensations de brûlures et rougeurs temporaires).

Symptômes : larmoiements, irritations, rougeurs, conjonctivites.

C-2-1-1-3 Contact avec la peau (11)

Peu toxique, des contacts fréquents ou prolongés peuvent irriter la peau et causer une inflammation (dermatite), pouvant entraîner des allergies secondaires (destruction de l'enduit cutané lipoacide)

Symptômes : assèchement de la peau, crevasses, irritation.

C-2-1-1-4 Exposition chronique éventuelle (11)

Outre le benzène et le n-hexane, les supercarburants contiennent du plomb organique.

Des expositions prolongées ou répétées peuvent causer des lésions du système nerveux central, avec atteinte du cerveau entraînant des modifications du comportement, et affecter le système reproducteur.

Concentration moyenne admissible pour le supercarburant : 900 mg / m³ pour 15 minutes d'exposition (11).

C-2-1-2 Le gazole et le fioul domestique

C-2-1-2-1 Inhalation ou ingestion (11)

Risque négligeable pour les voies respiratoires à la température ambiante (jusqu'à 38°C). Les vapeurs très concentrées irritent les voies respiratoires et muqueuses ; elles sont également anesthésiques et peuvent avoir d'autres effets sur le système nerveux central (céphalées, vertiges, somnolence, perte de connaissance avec parfois troubles convulsifs). Des vapeurs, des brouillards ou des fumées peuvent se former par action mécanique ou à température élevée et irriter les yeux, le nez, la gorge et les poumons. De petites quantités de liquide aspirées dans les poumons durant l'ingestion ou à la suite de vomissements peuvent entraîner une bronchopneumonie ou un œdème pulmonaire.

Symptômes : étourdissements, maux de tête, nausées et vomissements.

C-2-1-2-2 Contact avec les yeux et la peau (11)

On observe les mêmes symptômes cliniques et effets qu'avec le supercarburant sans plomb à savoir : rougeurs, irritations, sensations de brûlures, dermatite, conjonctivite, allergies secondaires... .

C-2-1-2-3 Exposition chronique éventuelle (11)

Des expositions prolongées ou répétées peuvent causer des lésions du système nerveux central.

Concentrations moyennes admissibles : 100 ppm pour les deux produits pétroliers raffinés cités.

C-2-1-3 Traitement médico-thérapeutique (18)

Le traitement d'une telle intoxication repose sur un lavage gastrique après intubation pour éviter les fausses routes puis en l'administration de charbon activé par la sonde.

N.B. : les produits de distillation du pétrole ingérés à des doses de plus de 10 mL peuvent être létaux, bien que des guérisons aient pu être observées après des ingestions de 250 mL (rappelons que la présence de benzène augmente fortement leur toxicité).

C-2-2 Etude de la bioaccumulation et de la toxicité d'un hydrocarbure (19)

Cela est possible par la technique du Q.S.A.R. (Quantitative Structure Activity Relationship), qui passe par le log Kow, c'est-à-dire le logarithme du coefficient de partage octanol / eau.

Ce coefficient est le rapport des concentrations d'équilibre du produit dans l'octanol et dans l'eau ; il représente l'aptitude qu'a une substance de se fixer sur les sédiments, qu'elle soit en suspension ou bien déposée sur le fond.

Grâce à ce coefficient, des équations permettent de calculer différents paramètres tels que la bioaccumulation, la dose létale ou encore la solubilité.

Le G.E.S.A.M.P. (groupe d'experts des Nations Unies sur les aspects scientifiques de la pollution marine) propose de caractériser les substances bioaccumulables suivant la classification :

- $\log Kow < 2$: le produit n'est pratiquement pas bioaccumulable ;
- $2 < \log Kow < 3$: le produit est légèrement bioaccumulable (de l'ordre d'une semaine) ;
- $3 < \log Kow < 4$: le produit se bioaccumule d'une manière significative (le produit persiste pendant moins d'un mois dans l'organisme) ;
- $4 < \log Kow < 5$: le produit est bioaccumulable (il perdure souvent plus d'un mois) ;
- $\log Kow > 5$: le produit est très fortement bioaccumulable.

Le G.E.S.A.M.P. suggère de catégoriser la toxicité d'un produit d'après ses Doses Létales (D.L.) :

- pas dangereux : $D.L. > 1\ 000\ \text{mg / L}$;
- pratiquement pas toxique : $100 < D.L. < 1\ 000\ \text{mg / L}$;
- légèrement toxique : $10 < D.L. < 100\ \text{mg / L}$;
- modérément toxique : $1 < D.L. < 10\ \text{mg / L}$;
- hautement toxique : $0,1 < D.L. < 1\ \text{mg / L}$;
- très hautement toxique : $0,01 < D.L. < 0,1\ \text{mg / L}$;
- extrêmement toxique : $D.L. < 0,01\ \text{mg / L}$.

En se basant sur des données provenant d'expérimentations animales pour des produits ou des composants similaires, la toxicité aiguë chez le rat est estimée à (11) :

- pour le supercarburant sans plomb :
voie orale : $DL_{50} > 15\ 000\ \text{mg / kg}$;
- pour le gazole et le fioul :
voie orale : $DL_{50} > 2\ 000\ \text{mg / kg}$.

C-2-2-1 Calcul de la bioaccumulation d'un produit par le log Kow (19)

Si la valeur du log Kow mesuré n'existe pas dans la littérature scientifique, une valeur théorique peut être calculée comme suit :

Rechercher la formule développée du produit chimique en question.

Décomposer la molécule en groupements fonctionnels.

Attribuer une constante propre à chaque groupement fonctionnel (figure 3).

Il existe deux valeurs différentes suivant que l'on a affaire à un carbone aliphatique ou à un carbone aromatique.

Additionner toutes les valeurs obtenues : la somme de ces valeurs correspond au log Kow non corrigé.

Une correction peut être effectuée si des groupes électronégatifs sont séparés par un ou plusieurs carbones (3 maximum) : il s'agit de l'effet de proximité. Dans ce cas, il faut l'additionner à la somme obtenue.

Nr	Fragment	Aliphat.	Aromat.	Nr	Fragment	Aliphat.	Aromat.
1	CH ₃		0.702	24	SH	0.00	0.62
2	CH ₂		0.527	25	S	- 0.51	0.14
3	CH		0.236	26	OCH ₃	- 0.834	0.244
4	C		0.14	27	C ₆ H ₅		1.896
5	CH ₂ =CH		0.93	28	C ₈ H ₂		1.732
6	CH≡C		0.51	29	C ₉ H ₃		1.477
7	F	- 0.51	0.425	30	C ₁₀ H ₇		3.17
8	Cl	0.06	0.930		(naphthalenyl)		
9	Br	0.24	1.169	31	C ₅ H ₄ N		0.543
10	I	0.59	1.456		(pyridinyl)		
11	OH	- 1.440	- 0.374	32	C ₄ H ₃ O		1.22
12	O	- 1.536	- 0.458		(furanlyl)		
13	COOH	- 1.003	0.00	33	C ₄ H ₃ S		1.62
14	COO	- 1.281	- 0.40		(thienyl)		
15	NH ₂	- 1.380	- 0.911	34	C ₄ H ₄ N		0.59
16	NH	- 1.864	- 0.93		(pyrrolyl)		
17	N	- 2.133	- 1.07	35	C ₉ H ₅ N		1.85
18	OCH ₂ COOH	1.21	- 0.609		(quinolinyl)		
19	NO ₂	- 1.06	- 0.089	36	{ NH }	- 0.60	
20	CONH ₂	- 1.99	- 1.26	37	{ S }	0.44	
21	C=O	- 1.69	- 0.99	38	{ O }	0.10	
22	CF ₃		1.28	39	{ N }	- 0.98	
23	CN	- 1.13	- 0.20	40	CH _{Ar}		0.344
				41	C _{Ar}		0.297
				42	C _{Ar}		0.158
				43	H _{Ar}		0.193

Figure 3 : tableau des valeurs propres à chaque groupe fonctionnel (19).

C-2-2-2 Estimation de la toxicité directe ou dose létale 50 (19)

Il existe une relation entre le log Kow et la dose létale 50 donnée par la relation :

$$\text{Log DL}_{50} = - 0,94 \log \text{Kow} + 0,94 \log (0,000068 \text{Kow} + 1) - 1,25$$

En conclusion :

Si $\log Kow < 1$: le produit est non bioaccumulable et non toxique.

Si $1 < \log Kow < 2$: le produit est non bioaccumulable et quasiment pas toxique.

Si $2 < \log Kow < 3$: le produit est non bioaccumulable et peu toxique.

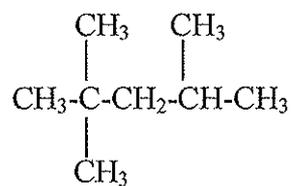
Si $3 < \log Kow < 5$: le produit est légèrement bioaccumulable et assez toxique.

Si $5 < \log Kow < 7$: le produit est très bioaccumulable et très toxique.

Si $\log Kow > 7$: le produit est peu bioaccumulable et très toxique.

Prenons **pour exemple**, le 2,2,4-triméthylpentane, étalon d'un « bon » carburant (pour l'essence sans plomb) donnant l'indice d'octane qui définit les caractéristiques antidétonantes légales du carburant avec le RON (méthode « recherche » supérieur ou égal à 95,0) et le MON (méthode « moteur » supérieur ou égal à 85,0) (8).

Sa formule chimique développée est la suivante :



En décomposant la formule en groupements chimiques fonctionnels, on note la présence de 5 groupes ($-\text{CH}_3$), 1 groupe ($-\text{CH}_2$), 1 groupe ($-\text{CH}$) et 1 carbone tétravalent lié.

D'après les tables de valeurs des différents groupements fonctionnels usuels (figure 3), la constante propre au groupe ($-CH_3$) est 0,702, celle du ($-CH_2$) est 0,527, celle du ($-CH$) est 0,236 et celle du carbone est 0,14.

On obtient donc, en additionnant toutes ces valeurs :

$\text{Log Kow} = 5 (0,702) + 0,527 + 0,236 + 0,14 = 4,413$ pour le 2,2,4-triméthylpentane.

On remarque alors que cette substance a un Log Kow compris entre 3 et 5, il s'agit donc d'une substance légèrement bioaccumulable et assez toxique selon l'échelle des valeurs.

En simple remarque (20)

Il faut bien avoir également à l'esprit que les moteurs actuels à combustion, diesel par exemple (fonctionnant au gazole) sont à l'origine de 80 % des particules dégagées par l'ensemble des véhicules à moteur. Les particules « diesel » sont dangereuses pour notre santé, car, du fait de leur petite taille, elles restent suspendues longtemps dans l'air, pénètrent profondément dans les voies respiratoires et s'y accumulent ; le centre international de recherche sur le cancer classe les particules « diesel » comme « probablement cancérigènes chez l'homme ».

Par contre, les véhicules diesel émettent moins de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote que les véhicules à essence non catalysés, qui sont, par ailleurs, une source de polluants dangereux, tels que le benzène ; le centre international de recherche sur le cancer classe cet hydrocarbure aromatique comme « cancérigène chez l'homme ».

Quant aux véhicules à essence catalysés, ils réduisent les émissions de trois polluants nocifs : le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote et les hydrocarbures.

D- Les moyens de lutte des sapeurs-pompiers

D-1 Éléments d'hydraulique appliquée

D-1-1 Ecoulements laminaires, turbulents

D-1-2 Ecoulements permanents, non permanents

D-1-3 Ecoulements uniformes et non uniformes

D-2 Caractéristiques physiques des produits pétroliers raffinés à retenir pour une lutte antipollution

D-2-1 Masse volumique et densité

D-2-2 Viscosité

D-2-3 Point d'écoulement

D-2-4 Pression de vapeur

D-2-5 Température d'autoinflammation

D-2-6 Point éclair

D-2-7 Comment se présentent les nappes d'hydrocarbures à la surface d'un cours d'eau

D-3 Les moyens matériels d'antipollution à la disposition des sapeurs-pompiers

D-3-1 Les barrages

D-3-2 Les absorbants

D-3-3 Les dispersants

D-3-4 Le pompage

D-3-5 Matériels annexes

D-1 Eléments d'hydraulique appliquée (21)

Dans une pollution d'un cours d'eau par une substance organique liquide, l'approche théorique en hydraulique fera appel à la notion d'écoulement dit « à surface libre », quelque peu différente de celle de l'écoulement « en charge » (passage de l'eau dans une canalisation fixe) ; en effet la surface de l'eau se trouve en contact avec l'air atmosphérique.

D-1-1 Ecoulements laminaires, écoulements turbulents (21)

Selon la vitesse, un écoulement appartient à l'un de ces deux types.

En mode laminaire, les veines de liquides se déplacent parallèlement. Leur mouvement d'ensemble est assimilable au glissement des lames d'eau les unes sur les autres.

En écoulement turbulent, les veines de liquides suivent des trajectoires complexes, formant des tourbillons de tailles très variables ; de ce fait, en un point donné de l'écoulement, la vitesse de l'eau varie en importance et direction en fonction du temps.

L'intensité relative de la turbulence indique l'amplitude des variations de vitesse par rapport à la vitesse moyenne d'écoulement ; elle peut varier dans un cours d'eau de plus de 20 % (forte turbulence).

Dans les cours d'eau naturels, les écoulements sont très majoritairement turbulents, les écoulements laminaires constituant des exceptions.

D-1-2 Ecoulements permanents, écoulements non permanents (21)

Un écoulement est dit permanent lorsqu'il présente en un point donné, des caractéristiques constantes (profondeur, vitesse, largeur au miroir,...) : il est donc à débit constant.

Un écoulement non permanent ou transitoire, voit ses caractéristiques changer en fonction du temps (lâcher d'eau en aval de barrage, fermeture d'une pelle de moulin,...) ; hors période de crue soudaine, l'écoulement d'un cours d'eau peut être considéré comme permanent.

D-1-3 Ecoulements uniformes et non uniformes (21)

Dans un écoulement uniforme, la vitesse ne subit aucune modification en direction ou en importance, le long d'une ligne de courant. La surface libre est parallèle au fond ; profondeur, vitesse sont constantes. Le débit peut varier dans le temps mais il est constant à un instant donné.

Dans un écoulement non uniforme, les vitesses et profondeurs varient le long de l'écoulement.

Il est clair qu'en général, les écoulements dans un cours d'eau sont de type non uniformes. Ils ne pourront être considérés comme uniformes, que dans des tronçons homogènes dont la section varie peu et dont la pente générale du fond demeure très proche de la pente de ligne d'eau.

D-2 Caractéristiques physiques des produits pétroliers raffinés à retenir pour une lutte antipollution

Les principales constantes physiques à retenir en matière d'intervention antipollution seront : la densité, la viscosité et le point d'écoulement.

D-2-1 Masse volumique et densité (11)

La masse volumique (g / mL, mole / mL, g / cm³) d'une substance est le rapport de sa masse sur son volume ; cette propriété varie non seulement avec le poids moléculaire mais aussi avec les interactions moléculaires et la structure.

La densité est le rapport du poids d'un certain volume d'échantillon à 20 °C au poids du même volume d'eau à la température standard de 4 °C, ce qui permet son identification grâce à la masse volumique.

Elle détermine la flottabilité des hydrocarbures à la surface de l'eau et influe sur la manière dont ils s'étalent et sur leur dispersion naturelle. Tous les pétroles bruts et la plupart des raffinés transportés (cas de l'essence, du gazole et du fioul) se situent dans une fourchette de densité comprise entre 0,8 et 1 : ils flottent donc sur l'eau en s'étalant et s'évaporant d'autant plus vite que leur densité est plus faible. Cette évaporation des fractions volatiles associée à la formation d'émulsions inverses, eau dans huile, et à la fixation de particules en suspension, alourdissent les résidus dont la densité peut alors dépasser 1,0 pour les plus lourds, entraînant un coulage progressif.

La densité des pétroles bruts et des produits pétroliers est généralement exprimée en degré API :

$$^{\circ}\text{API} = (141,5 / \text{densité}) - 131,5$$

En général, les hydrocarbures à faible densité (degré API élevé) ont une faible viscosité et contiennent une forte proportion d'éléments volatils.

D-2-2 Viscosité (11)

La viscosité d'un liquide (en centipoise) est la mesure de la force qui travaille contre le mouvement ou le flux lors d'une contrainte horizontale ; une connaissance de la viscosité est nécessaire dans les formules relatives au pompage de liquides, à la vitesse d'écoulement, ou au déversement (dans l'eau) d'un produit chimique ; avec l'accroissement de la température, l'énergie cinétique diffuse tend à vaincre les forces intermoléculaires et à réduire par conséquent la viscosité ; la viscosité est donc donnée pour une température précise.

Pour les produits pétroliers, on utilise une grandeur dite viscosité cinématique exprimée en centistokes (cSt).

L'évaporation des fractions légères et la formation des émulsions inverses sont les deux phénomènes qui influent le plus fortement sur la viscosité d'un polluant pétrolier au cours de son vieillissement en milieu naturel. En s'opposant aux mouvements propres des fluides et aux transferts des produits de traitement dans la masse du polluant, la viscosité sera le facteur prépondérant du choix du moyen ainsi que des produits de lutte et de la définition de leurs limites d'emploi.

D-2-3 Point d'écoulement (11)

Le point d'écoulement d'un produit pétrolier est la température au-dessous de laquelle il se fige et ne coule plus par suite de la cristallisation des paraffines lourdes et des constituants à haut point de congélation. Lorsque le point d'écoulement du produit (température à laquelle il commence à s'écouler) est proche de la température ambiante, le produit est pratiquement solide et de ce fait, difficilement pompable.

D'autres caractéristiques sont également importantes, notamment pour évaluer les problèmes de sécurité : le point d'éclair, la température d'auto-inflammation et la pression de vapeur.

D-2-4 La pression de vapeur (22)

Lorsqu'un produit chimique a été répandu dans l'environnement, il est nécessaire de connaître approximativement sa pression (ou tension) de vapeur car elle permet d'estimer son taux d'évaporation. Par définition, la pression de vapeur d'un liquide ou d'un solide est la pression du gaz à l'équilibre avec ce liquide ou ce solide à une température donnée.

On considère être en présence d'une forte pression de vapeur lorsque l'on a une valeur de la dite pression supérieure à 3 kPa, à température ambiante.

Il est à noter que les substances dont la pression de vapeur est élevée s'évaporent rapidement. Les produits chimiques avec une pression de vapeur importante ou avec moins d'affinité pour les solutions dans l'eau ou pour les solides et les sédiments sont des matières bien plus susceptibles de se vaporiser et de devenir des aérosols que les autres.

D-2-5 Température d'auto-inflammation (11)

C'est la température minimale à laquelle doit se trouver un mélange stoechiométrique (air – hydrocarbures) pour qu'il y ait inflammation globale sans le concours d'un phénomène extérieur ; l'inflammation est dite « spontanée ».

Remarque

Le gazole doit présenter, contrairement aux essences, une forte tendance à s'autoenflammer puisque le principe de fonctionnement du moteur Diesel repose sur l'inflammation du carburant injecté sous haute pression dans l'air préalablement comprimé.

D-2-6 Point éclair (11)

C'est la température minimale à laquelle un liquide émet suffisamment de vapeurs pour que, à l'approche d'une flamme dite pilote, il y ait un éclair (« flash ») : un mélange détonant est réalisé. Le point éclair est en général voisin de la température à laquelle la pression de vapeur saturante permet d'atteindre, dans l'air, la concentration L.I.E (limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité).

Ces deux dernières caractéristiques sont très importantes afin d'évaluer les risques d'inflammabilité des raffinés pour les problèmes de sécurité lors d'interventions.

D-2-7 Comment se présentent les nappes d'hydrocarbures à la surface d'un cours d'eau ?

D-2-7-1 Cas d'un produit raffiné léger (essence sans plomb) (11)

Étalement rapide en film mince homogène sur de très grandes surfaces.

Forte évaporation et dispersion naturelle entraînant sa disparition en deux ou trois jours, voire seulement en quelques heures.

Produit peu coloré (quelquefois incolore), surtout visible sous faible incidence ; les nappes apparaissent alors comme des tâches plus brillantes.

D-2-7-2 Cas d'un produit raffiné lourd (fioul domestique ou gazole)
(11)

Étalement irrégulier formant très rapidement des plaques ou des traînées épaisses, entourées d'un film sombre, continu et mince.

Au fil des heures (et à cause de la perte par évaporation des fractions les plus légères du polluant) cette tendance s'accroît, les plaques s'épaississent, se ramassent sur elles-mêmes (épaisseur de plusieurs millimètres) et le film continu, de plus en plus fin, se transforme en irrégularités. Au bout de plusieurs jours celles-ci s'estompent pour disparaître.

Les films minces continus sont visibles sous faible incidence (tâche brillante) alors que les plaques épaisses se repèrent plutôt sous forte incidence.

D-3 Les moyens matériels d'antipollution à la disposition des sapeurs-pompiers

Lorsque les hydrocarbures sont déversés, il faut prendre des mesures pour réduire au maximum les dommages causés aux ressources et à l'environnement.

Confiner et récupérer les hydrocarbures sont souvent les meilleures solutions pour des raisons à la fois écologiques, socio-économiques et techniques (mise en œuvre rapide, aisée, efficace et à moindre coût).

Une autre solution de lutte pourra être d'éliminer le polluant après confinement, en le brûlant sur place par mise à feu de la nappe d'hydrocarbures (dans le cas des essences ou des supercarburants).

Ne rien faire et surveiller l'évolution de la pollution peuvent être des décisions opportunes si les hydrocarbures ne menacent aucune zone habitée ou ressource importante. Elles pourront être prises dans le cas de petites quantités de produits pétroliers qui s'évaporent facilement ou se dispersent naturellement (supercarburants, par exemple), ou encore si les conditions sont telles que l'on ne peut pas avoir recours à des moyens de lutte efficaces (11).

(On pourrait envisager de combiner plusieurs moyens de lutte dans le cas d'un déversement important)

Il existe différents matériels qui peuvent être utilisés dans le but d'un confinement puis d'une récupération d'hydrocarbures.

Ceux pouvant être employés sur les cours d'eau par les sapeurs-pompiers sont les suivants :

D-3-1 Les barrages



Figure 4 : barrage flottant (OK Corral) déployé lors d'une intervention sur la Vienne près de Limoges.

D-3-1-1 Barrages (souples ou rigides) à jupe

D-3-1-1-1 Souples (23)

Les barrages souples sont constitués d'éléments gonflables pour obtenir une rétention de polluants en mer ou en rivière. Les éléments se composent d'un flotteur cylindrique gonflable et d'une jupe verticale lestée par une chaîne.

Il existe deux types de barrages d'intervention à jupe lestée par une chaîne et à flotteur cylindrique :

Ceux qui se gonflent automatiquement à la pression atmosphérique lors de leur déploiement (figure 5) ; en pratique, lorsqu'on tire sur le barrage, des spires semi-rigides solidaires de l'enveloppe de la chambre de flottaison, qui sont indépendantes les unes des autres, s'écartent ; le volume ainsi dégagé est automatiquement rempli par l'air qui pénètre par des valves. Immédiatement opérationnels, ils offrent une grande souplesse qui leur permet de suivre avec facilité les mouvements de surface de l'eau ; on note également un excellent comportement au vent et au courant.



**BARRAGE AUTO-GONFLABLE
(SELF INFLATABLE BOOMS)**

Figure 5 : barrage autogonflant (23).

Ceux nécessitant un gonflage à l'air comprimé ; l'opération de mise en œuvre se limite donc, ici, au gonflage des flotteurs. Ils offrent un volume de stockage très faible et ont également un excellent comportement au vent et au courant.

D-3-1-1-2 rigides (23 , 24)

Le barrage se compose de sections cylindriques semi-rigides indépendantes de 15 ou de 30 mètres, contenant une mousse synthétique (flotteur) et d'une jupe de rétention en tissu imprégné intégralement et très résistant, avec une chaîne de lest. Ces sections peuvent être connectées par un système d'attaches permettant d'obtenir un barrage correspondant à la longueur nécessaire pour contenir une pollution déterminée, en intervention.

Ces types de barrages peuvent être fournis par les sociétés : TRANS EUROPE ENVIRO SERVICES, AERAZUR, T.M.B., ALPHA S.A.R.L., ...

Sections de 15 mètres ou de 30 mètres, segments de pliage de 1,80 m (figure 4 et 6).

Elément flottable	longueur de jupe
0,15 m de diamètre	0,30 m
0,25 ou 0,30 m	0,60 m

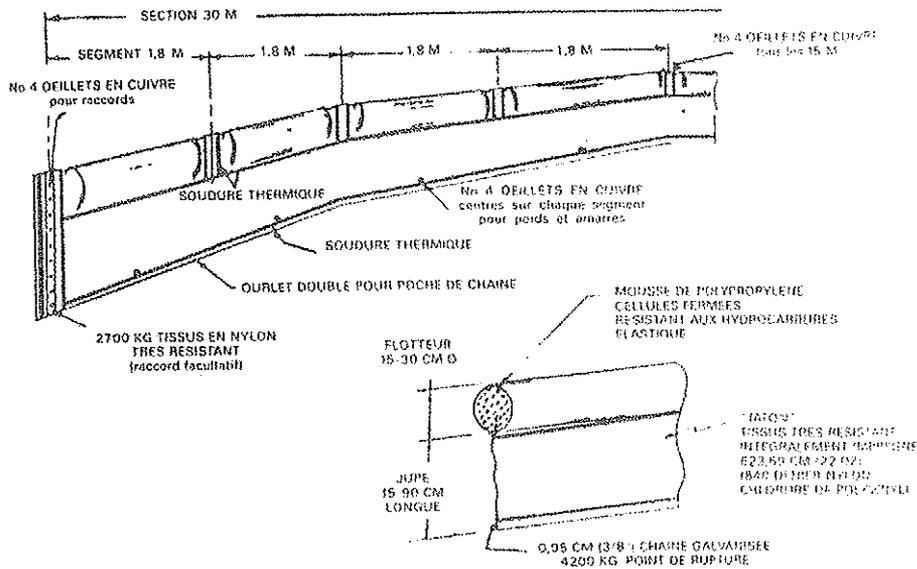


Figure 6 : barrage rigide à jupe type OK Corral (24).

D-3-1-2 Barrages absorbants avec jupe (23)

Les barrages absorbants avec jupe flottants sont destinés à confiner des polluants sur eaux calmes ou vives avec une vitesse de courant maximum de 1,5 mètre par seconde.

En rivière, les barrages absorbants avec jupe flottants doivent respecter une pose angulaire de 45 à 30° en les arrimant d'amont en aval. Leur faible poids et leur souplesse d'emploi permettent à deux personnes de préparer le confinement d'une pollution trop imminente pour procéder à la pose efficace d'un barrage rigide conventionnel.

En eau calme, les barrages absorbants avec jupe flottants permettent à l'aide de deux embarcations évoluant à faible vitesse, de confiner, cercler puis amener une pollution flottante vers son lieu d'enlèvement.

Le faible poids et l'extrême souplesse des barrages absorbants avec jupe flottants facilitent la collecte et le confinement, pour regrouper et amener des quantités d'absorbant épandu à la surface de l'eau vers une zone de stockage.

On note pour ce type de matériel les caractéristiques techniques générales suivantes, à savoir :

- Longueurs de 10 ou 20 m, avec anneaux d'arrimage, mousquetons d'accouplement cousus sur drisse de tension de barrage.
- Hauteur de la jupe : 0,40 m.
- Poids par 10 mètres : 15 kg.
- Absorbants (diamètre 0,20 m) contenus dans la partie flottante du barrage, ils sont constitués de fibres naturelles ou coton traité (hydrophobe et oléophile).
- Jupe / filet en polypropylène incinérable suivant la législation.
- Conditionnement en caisse, en carton ou sur enrouleur.

Dans tous les cas, l'enveloppe du barrage doit résister aux contraintes suivantes :

- Abrasion.
- Perforation.
- Efforts de traction.
- Tenue aux ultra-violets.
- Flottabilité.

Concernant le nettoyage, après l'intervention, le barrage est à nettoyer avec un dispersant organique et non toxique qui doit être mélangé avec de l'eau dans des proportions indiquées pour les nettoyages. L'eau utilisée peut être froide ou tempérée, douce ou salée, mais le rinçage final doit se faire abondamment à l'eau propre.

Le barrage doit être complètement sec avant d'être plié et stocké.

Remarque (25)

Il faut savoir que la connaissance des paramètres largeur et profondeur moyenne du cours d'eau est essentielle sur le plan opérationnel ; en effet, il est communément admis que pour être réellement efficace, la rétention d'une nappe d'hydrocarbure par un barrage, ne doit être envisagée que si la profondeur moyenne de la rivière est au moins 5 fois plus importante que la hauteur de la jupe du barrage.

Dans le cas d'une hauteur d'eau moyenne insuffisante, il y aura lieu d'avoir recours à d'autres techniques plus rustiques mais tout aussi efficaces, si elles sont conduites sans trop de précipitation. Citons entre autre, la pose de tuyaux plastiques d'assez gros diamètre sur le lit de la rivière afin de maintenir le passage d'une partie du débit d'eau, recouverts de bottes de paille ou de sable afin de bloquer la pollution surnageante.

Pour mémoire, également, il convient de garder à l'esprit qu'au delà d'une vitesse de courant égale à 2 m / s, les barrages flottants deviennent inefficaces.

D-3-2 Les absorbants (23)

Les absorbants sont des produits dont le rôle est la maîtrise et l'absorption de déversements accidentels d'hydrocarbures sur le sol et sur l'eau. Ils peuvent être utilisés comme adjuvants, en complément des barrages.

La réponse à un déversement accidentel doit être immédiate, mais plus encore, adaptée au liquide répandu puis contenu avec le bon absorbant et selon la bonne méthode.

Il convient d'examiner différents paramètres afin de choisir le bon absorbant :

- Sa capacité d'absorption par rapport à son poids.
- Le rapport prix / capacité d'absorption.
- L'absorption sélective ou non.
- Le taux de résidus lors de l'incinération...

La capacité d'absorption est calculée par rapport à l'American Standard Test Method (f726-81) utilisant une huile moteur de viscosité moyenne. Elle est fonction du pouvoir absorbant du matériau et est calculée de la manière suivante :

$$\text{Pouvoir absorbant} = (\text{poids mouillé} - \text{poids sec}) / \text{poids sec}$$

Le pouvoir absorbant et la vitesse d'absorption sont fonction de la température ambiante, de la polarité du liquide, de sa tension de surface et de sa viscosité.

D-3-2-1 Absorbants chimiques d'origine synthétique (23)

Nous citerons par exemple, les absorbants d'huiles 3M qui sont constitués de fibres synthétiques non tissées (polypropylène ou polypropylène – polyester) leur conférant des propriétés oléophiles et hydrophobes (flottent sur l'eau et ne coulent pas).

Il existe une large gamme d'absorbants 3M tels que des boudins (sortes de petits barrages absorbants sans jupe), des oreillers, des feuilles, des rouleaux (avec ou sans filin), des flocons, des mini-boudins... de dimensions et de capacités d'absorption variables.

Les absorbants 3M gardent toutes les propriétés des liquides absorbés et présentent les mêmes risques chimiques et toxicologiques ; il convient donc de prendre toutes les précautions nécessaires lors des manipulations des absorbants imbibés.

D'autres comme les absorbants MICROSORB, issus d'un procédé de fabrication exclusif sous licence SCHOELLER & HOESCH, sont des produits oléophiles et hydrophobes en micro-fibres de polypropylène qui absorbent immédiatement par capillarité (effet buvard) jusqu'à 25 fois leur poids d'hydrocarbures de tous types et leurs dérivés : essences, huiles, gazole, benzène...

Ce sont des matériels de mise en œuvre rapide et simple, et qui sont incinérables avec un taux de cendres inférieur à 0,05 % (homologation C.E.D.R.E. en France – norme AFNOR NFT 90-360).

Il existe une large gamme de cet absorbant sous forme de :

- feuilles pour une utilisation sur des surfaces restreintes ou d'accès difficile en complément de barrages flottants. Deux grammages différents (200 et 375 g / m²) selon le volume de polluant absorbé sont employés selon qu'il s'agit d'irrisations sur l'eau, d'une pollution réduite ou bien d'un reliquat de pompage ; le volume total absorbé peut aller jusqu'à 240 L / m² ;
- rouleaux pour une utilisation mixte sur le sol, les berges, ou en pleine eau afin de protéger et de traiter une surface importante. Les rouleaux peuvent être rapidement déroulés et positionnés sur l'eau depuis une embarcation par une seule personne (déplacement et déploiement aisés car le poids est réduit). Deux grammages également à 200 et 375 g / m² avec un volume total absorbé variant de 444 à 473 L / m².

La marque HALECO du groupe Haladjian commercialise également des produits absorbants sous forme de :

solidifiants :

Ce sont des polymères spéciaux qui ont la faculté de se lier de façon irréversible aux hydrocarbures. Ils sont les plus adaptés pour la dépollution sur l'eau ; ils ne produisent aucune poussière et sont non toxiques.

Absorbent de 4 à 8 fois leur poids (gamme Pollu Solid).

Fibres synthétiques :

Ce sont des produits dont le rapport absorption / poids est très élevé ; ils ont l'avantage de pouvoir se décliner sous tous les conditionnements. Ils peuvent absorber sélectivement les hydrocarbures, les acides ou tous les produits.

Absorbent de 10 à 28 fois leur poids (gammes New Pig et Pollu Sorb).

Les produits de remédiation :

Ce sont des produits à base de cellulose de coton recyclé et traité ; ils sont d'une grande efficacité grâce à un excellent rapport absorption / poids. Ce sont des produits biodégradables et incinérables.

Absorbent de 8 à 12 fois son poids.

(gamme Pollu Ert 2 pour dépollution de l'eau – hydrophobe et oléophile)

Les produits HALECO existent sous plusieurs formes pour s'adapter à chaque type de déversement, aux quantités à absorber et à la nature du substrat à traiter.

D-3-2-2 Absorbants chimiques semi-synthétiques (23)

On trouve également des absorbants à type de tourbe naturelle traitée spécialement qui, de façon optimale, absorbe tous les corps gras liquides (pétrole, huiles lourdes, octane, fioul, essence, produits lubrifiants, huiles moteur, benzène...) ; c'est le cas de l'absorbant ELCOSORB (et aussi, de l'absorbant Oclansorb).

Son temps de réaction est quasi-instantané (1 à 2 secondes). Il est sûr et non toxique pour l'environnement de par sa nature organique ; il se manipule sans protection particulière. Il a une capacité d'absorption allant jusqu'à 800 % de son poids. Associé à un produit biodégradable, ELCOSORB se transforme en compost et peut être réutilisé sous forme d'engrais. Il peut aussi être éliminé par ensevelissement ou par incinération (selon la législation en vigueur).

ELCOSORB peut s'utiliser sur l'eau ; sa durée de flottaison n'excède pas 48 h, au-delà il absorbe également de l'eau et sombre.

Sa conservation s'effectue dans un endroit sec et est illimitée dans le temps.

D-3-3 Les dispersants (23)

Les dispersants sont des produits qui vont transformer les nappes d'hydrocarbures déversées accidentellement en très fines gouttelettes, formant ainsi une émulsion, avec, pour effets bénéfiques :

- La biodégradation accélérée par les bactéries du milieu.
- La suppression de l'effet d'écran entre l'atmosphère et l'eau, recréant ainsi les phénomènes naturels tels que la photosynthèse.

On peut les utiliser comme les absorbants, en complément de la pose d'un barrage flottant.

En ce qui concerne les eaux intérieures, au contraire des eaux marines, il s'est avéré que les dispersants n'ont que très peu été étudiés. Aucune recommandation ou réglementation n'ayant été jusqu'alors mise en place, les dispersants sont souvent mal utilisés (exemple : recours à des produits non contrôlés, d'efficacité inconnue, éventuellement dans des situations peu propices à la dispersion telles que : absence de turbulences, masse d'eau peu renouvelée, site de sensibilité particulière...).

Par ailleurs, des essais de laboratoire à l'I.F.P. (Institut Français du Pétrole) ont été entrepris pour évaluer les interactions entre les particules sédimentaires (toujours présentes dans un cours d'eau) et un hydrocarbure dispersé (16).

Divers sédiments argileux ont été mis en contact avec un pétrole brut dispersé pendant deux heures dans une cuve munie d'un système d'agitation (montage du test AFNOR n°90-345) ; au terme de chaque essai, un bilan massique a été effectué pour estimer la quantité d'hydrocarbure fixé sur le sédiment : selon les cas, les particules sédimentaires avaient piégé de 20 à 80 % de l'hydrocarbure.

On peut donc prévoir que, dans la pratique, l'essentiel d'un polluant dispersé dans un cours d'eau, s'il reste en suspension, sera rapidement fixé ; il sera alors le jeu des mouvements d'eau et viendra à se déposer s'il pénètre dans une zone de calme, au lieu de remonter en surface comme le ferait un hydrocarbure libre : la dispersion d'un volume limité d'hydrocarbure devrait permettre son étalement sur un grand linéaire de cours d'eau (dépôt progressif de la charge sédimentaire).

Ce processus revient donc à transférer la pollution de la surface au fond du cours d'eau mais avec une dissémination a priori favorable à sa dégradation (sous réserve de condition aérobie).

L'utilisation des dispersants n'est possible qu'en eaux vives (fleuves et rivières) à l'exclusion des eaux mortes (lacs et étangs). Un cours d'eau est un milieu turbulent (ce qui permet de maintenir le polluant dispersé en suspension), où le renouvellement d'eau offre des possibilités de « dissémination-dilution » du polluant.

A l'aide d'un modèle mathématique utilisé par les sédimentologues, on a pu préciser que le courant du cours d'eau devait être d'au moins 0,4 m / s. Pour des vitesses inférieures, il est préférable de faire appel en priorité à des techniques de lutte telles que le confinement-récupération.

Il existe par exemple, des dispersants concentrés pour hydrocarbures en eau douce ; c'est le cas du OD 4500 fabriqué par GAMLEN INDUSTRIES S.A. (23).

Il s'agit d'une composition liquide concentrée à base d'agents tensio-actifs et de solvants de très basse toxicité.

On l'utilise donc en lutte contre les pollutions d'eau douce par hydrocarbures ; il y a dispersion et élimination progressive des nappes d'hydrocarbures (pétrole brut, gazole, essences) et de tout polluant à base d'huiles et de graisses minérales dans les cours d'eau. Le produit qui est neutre chimiquement, doit être pulvérisé avec un pulvérisateur manuel si la nappe est modeste, pur ou après dilution dans l'eau, sur les nappes d'hydrocarbures à disperser ; avant d'appliquer OD 4500, il est conseillé d'isoler la nappe avec un barrage si la surface concernée et la quantité d'hydrocarbures sont importantes et même d'en éliminer une partie avec une poudre absorbante ou par pompage (la quantité de OD 4500 à appliquer est de l'ordre de 3 à 5 % par rapport à la quantité d'hydrocarbures déversée).

D'autres sociétés comme TRANS EUROPE ENVIRO SERVICES, ont commercialisé un dispersant organique à base d'eau, le NOKOMIS-3C, contre la pollution des eaux par les hydrocarbures.

NOKOMIS-3C est un concentré colloïdal à base organique – ni savon ni détergent – et chimiquement neutre ; NOKOMIS-3C devient plus efficace en augmentant la température de la solution et s'applique par simple aspersion de la solution – l'agitation accélère l'action en exposant les polluants au NOKOMIS-3C.

NOKOMIS-3C est un produit concentré et doit être dilué à l'eau avant l'emploi dans des proportions de 1 à 15, 50 ou 100 selon le type d'intervention ; il est biodégradable en 10 jours et non-toxique car il ne contient ni caustiques, ni dissolvants, ni produits chimiques « durs » ; il est inoffensif pour la flore, la faune, l'environnement en général et ne peut nuire à la santé de ses manipulateurs, même en cas d'exposition prolongée.

D-3-4 Le pompage

Le pompage paraît être la plus simple et la plus ancienne des méthodes d'élimination de polluants qui sont moins « lourds » que l'eau et donc qui flottent.

D-3-4-1 Skimmer (24)

On peut utiliser à cet effet un système particulier de pompes appelée Skimmer ou « écrémeur flottant » de différents modèles.

C'est un appareil motorisé, portatif, maniable, qui ne nécessite seulement que deux hommes pour sa mise à l'eau ; une fois positionné, son fonctionnement est autonome. Il écrème les hydrocarbures légers et visqueux et est réglable selon l'épaisseur de la pollution ; ainsi, il aspire même de minces couches de matières polluantes, voire des matières solides finement divisées. Le Skimmer peut s'intégrer à un barrage flottant et être déplacé à la surface de l'eau pour éliminer mécaniquement une pollution par hydrocarbures.

Le modèle FS400ASK-39T-G 4 CV, ayant 120 cm de diamètre, ne pesant que 60 kg et ayant un débit de 400 L / min, est extrêmement maniable et s'adapte aux situations très diverses sur plans d'eau et rivières.

Il existe également des Mini-Skimmer (modèle FS50SK-17E) d'encombrement plus restreint, utilisés là où l'espace et la manipulation représentent des problèmes majeurs ou pour de plus petits volumes d'hydrocarbures.

D-3-4-2 Ecrèmeurs à brosses rotatives ou disques oléophiles (24)

Ce type d'appareil flottant fonctionne en récupérant le polluant par simple action physique ; il est constitué d'une brosse rotative en polyéthylène très résistant, tournant à une certaine vitesse ; la dynamique des brosses crée un courant de surface qui attire les hydrocarbures. Le système est équipé d'un peigne, d'une goulotte et d'un réservoir avec pompe intégrée en option (figure 7).

La récupération est sélective et touche toutes les sortes d'hydrocarbures et polluants flottants et liquides ; on pourra citer les gazoles, fiouls lourds et légers, huiles minérales et végétales...

En ce qui concerne ses caractéristiques autres, le ratio de récupération des huiles peut atteindre 98 % et on peut traiter, selon la gamme des écrémeurs, de 3 à 100 m³ / heure. L'option disque est utile pour les hydrocarbures légers et purs.

De par sa conception modulaire, le transport, l'assemblage, l'exploitation et l'entretien sont relativement simples.

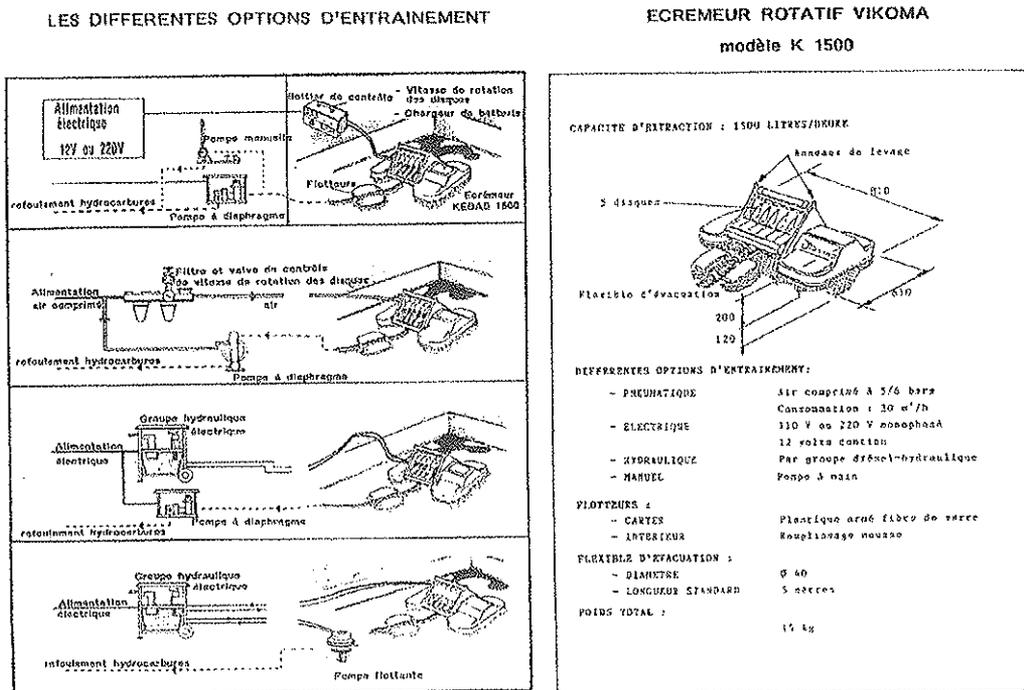


Figure 7 : récupérateurs à disques oléophiles (24).

D-3-5 Matériels annexes

Ces produits (absorbants, dispersants) peuvent être dispersés avec un **aéroprojecteur** (ALPHA, HALECO, ...); ces appareils permettent d'épandre ces substances avec une grande rapidité sur terre comme sur eau. Il s'agit de matériels motorisés portables et relativement autonomes fonctionnant en mode aspiration / refoulement (23).

Il est à noter que pour la récupération et le stockage des hydrocarbures, des produits chimiques, de l'eau ou d'autres liquides, on emploie des **réservoirs souples** (figure 8) d'une capacité pouvant aller de 500 à 10 000 L ; ceux-ci se redressent automatiquement lors du remplissage ou se gonflent mécaniquement. Ils sont d'une installation rapide, d'une manipulation simple, autoportants, autoéquilibrants, flexibles, se nettoient facilement et ont un poids minime avec un emmagasinage économique (24).

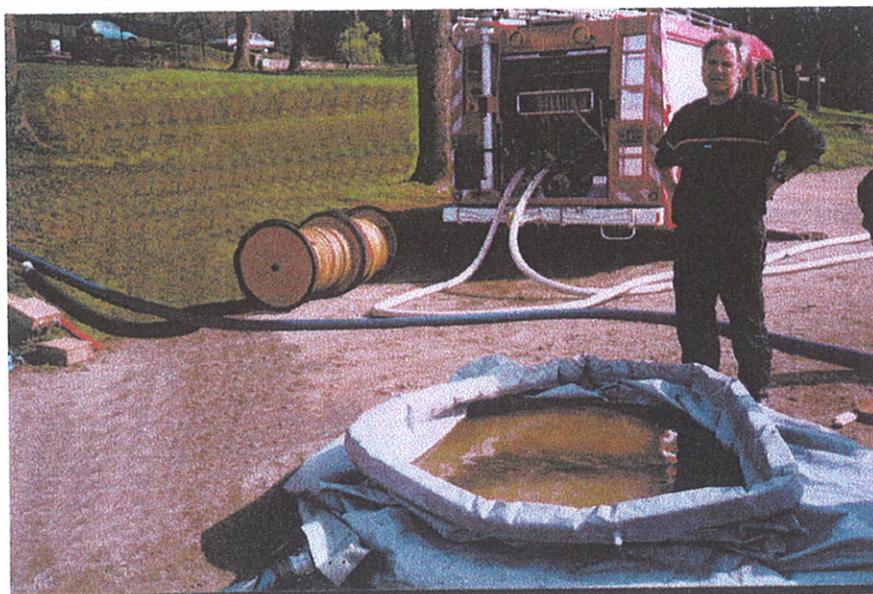


Figure 8 : réservoir souple gonflable utilisé lors d'une opération.

L'utilisation d'un outillage antidéflagrant (en bronze d'aluminium et en autres alliages spéciaux à base de cuivre) est nécessaire pour parer à tout risque d'explosion ou d'incendie (24).

E- Conduite à tenir face à une pollution d'un cours d'eau

E-1 Modalités interventionnelles

E-2 Prélèvements

E-2-1 Equipement du personnel

E-2-2 Techniques de prélèvement

E-2-3 Caractéristiques de la fiche de prélèvement

E-2-4 Stockage et préservation

E-3 Les moyens d'analyse

E-3-1 Laboratoires agréés

E-3-2 Malette DLE

E-3-3 Oxymètre

E-4 Suivi d'une pollution le long d'un cours d'eau

E-4-1 Largeur au miroir

E-4-2 Profondeur moyenne

E-4-3 Section mouillée

E-4-4 Vitesse du courant

E-4-5 Débit du courant

E-4-6 Temps d'arrivée d'un polluant en un point

E-4-7 Temps de passage de la pollution en un point

E-1 Modalités interventionnelles

Après un accident routier entraînant un déversement de produits pétroliers dans un cours d'eau, la chronologie des opérations fractionnées à effectuer par les sapeurs-pompiers sera la suivante :

- Délimiter le risque (reconnaissance des lieux de l'accident, déclenchement de l'alerte pour la pollution, organisation d'un périmètre de sécurité...).
- Identifier les produits.
- Alerter les personnes compétentes (demande de renseignements concernant la toxicité et les propriétés des produits, les consignes de sécurité pour leur manipulation, transport et stockage).
- Protéger et obturer.
- Dépoter et décontaminer (évacuation du véhicule accidenté et du produit transporté qui aura alors été reconditionné).

La mise en place d'un P.C. (Poste de Commandement) dirigé par un Commandant des Opérations de Secours (C.O.S.) est souvent nécessaire pour :

- Coordonner les différents chantiers.
- Centraliser les renseignements concernant la pollution (nature des produits, consultation des banques de données disponibles...).
- Contacter les laboratoires pour les demandes d'analyses (rôle du C.O.D.I.S.)
- Prévenir les industriels utilisant l'eau, les pisciculteurs, les riverains,... (C.O.D.I.S.)
- Relations avec les autorités, la presse, les associations de pêche, les riverains,... (rôle du C.O.D.I.S. et du C.O.S.)

Remarque : qu'est-ce que le C.O.D.I.S. ?

Le C.O.D.I.S. est le Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours ; il a été introduit par la circulaire ministérielle du 24 juillet 1991. Il assure la gestion centralisée et unique de tous les moyens sapeurs-pompiers du département ; c'est également un organe de coordination de toutes les interventions en cours et de leur évolution. Sous l'autorité du directeur départemental, il fonctionne en continu et s'adapte aux différents niveaux d'activité opérationnelle (normal ou de crise).

Les unités spécialisées C.M.I.C. et cellule antipollution devront également assurer :

La pose d'un barrage et la récupération du produit flottant insoluble dans l'eau nécessitant :

- Choix du lieu de pose du barrage.
- Pose du barrage.
- Récupération du produit flottant.

La mise en place d'un réseau de mesure avec :

- Contrôle visuel si possible de la pollution avec mesure du débit, vitesse du courant, vitesse de diffusion de la nappe.
- Choix des lieux de prélèvements.
- Organisation de la prise d'échantillons.
- Acheminement des échantillons aux laboratoires d'analyse après prélèvement.

L'intervention sur le sol se fera de la façon suivante :

- Confinement de la nappe d'hydrocarbures.
- Aspiration ou pompage du polluant pour en enlever la plus grosse partie.
- absorption du résidu (absorbants).
- Ramassage à la pelle ou à l'aide de tout engin mécanique des résidus les plus lourds ainsi que des matières imbibées, puis conditionnement dans des fûts métalliques (produits volatils) ou des sacs plastiques (produits lourds et résidus) avec une fermeture, en vue d'un stockage avant élimination.

L'organigramme ci-après (figure 9) schématise à titre d'exemple, les actions à mener lors de la pollution d'une ressource servant à l'alimentation en eau potable ; il permet de constater la complémentarité des intervenants et de situer le rôle des sapeurs-pompiers dans toutes les phases précédant la prise de décision (21).

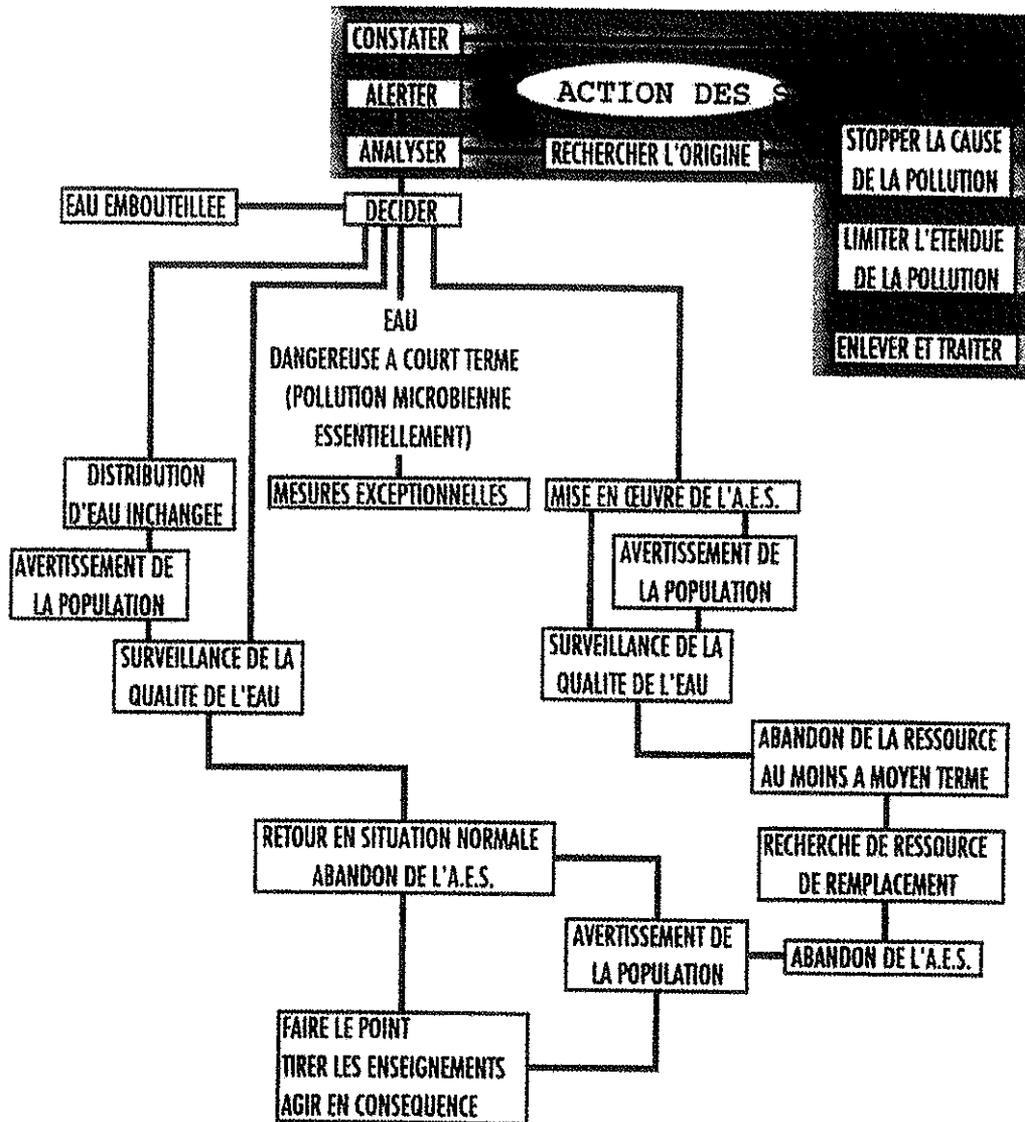


Figure 9 : organigramme décisionnel lors d'une pollution d'une ressource pour

A.E.P (21).

Il convient d'aborder le problème de la pollution des eaux par une étude méthodologique tenant compte du rôle particulier dévolu aux sapeurs-pompiers, c'est-à-dire la recherche de quelques critères globaux et spécifiques de pollution permettant un diagnostic rapide d'une situation accidentelle suivi de la mise en œuvre des premières mesures conservatoires pour assurer la protection des personnes, de l'environnement et des biens (figure 10).

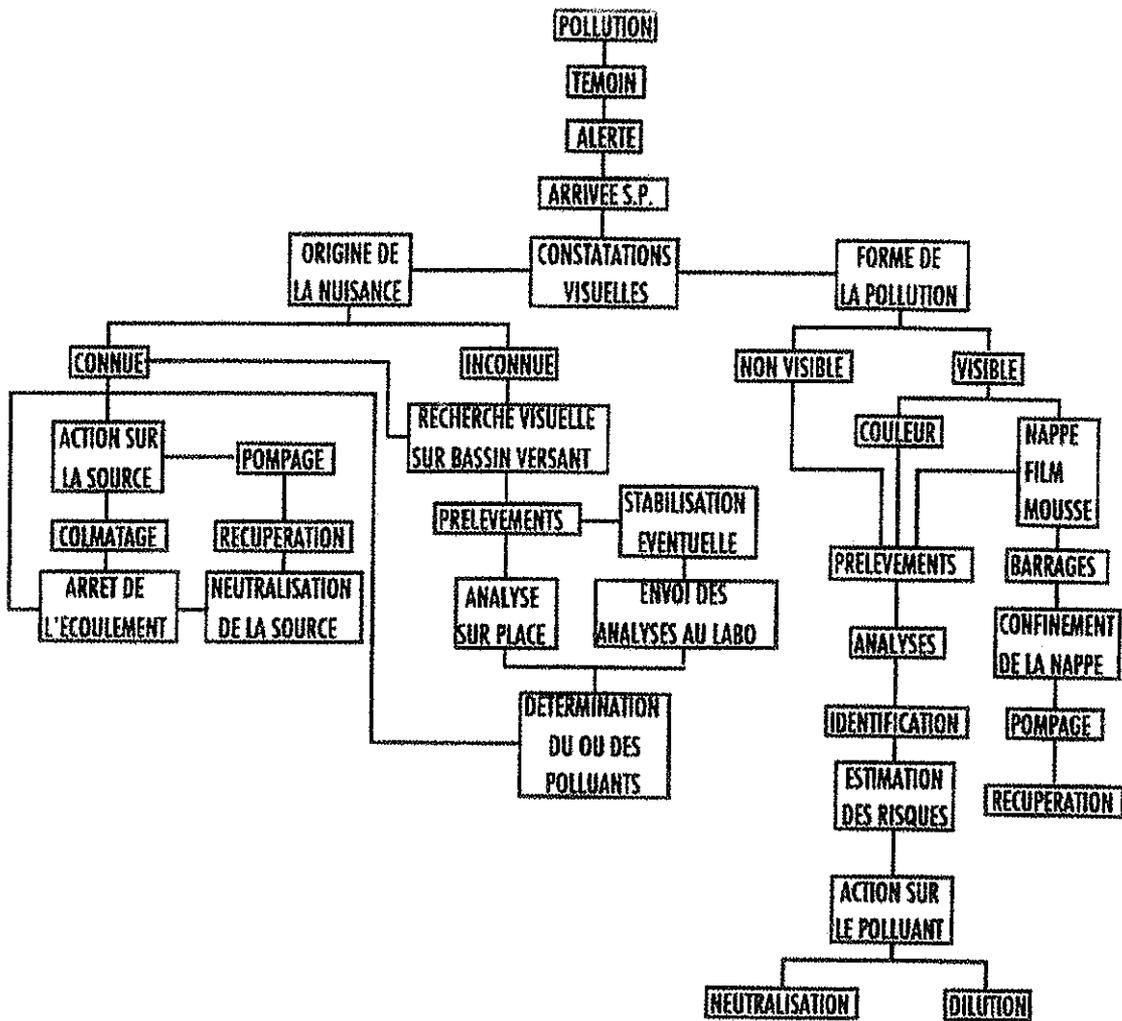


Figure 10 : organigramme de diagnostic rapide d'une situation accidentelle et des mesures conservatoires attenantes (21).

Quand l'origine de la nuisance est connue, on peut avoir une action sur la source, avec un colmatage et donc arrêt de l'écoulement, ou pompage avec récupération et neutralisation de la source.

Quand l'origine est inconnue, on fait alors une recherche visuelle sur le bassin versant, des prélèvements avec une analyse sur place, pour la détermination du ou des polluants ; si une stabilisation éventuelle a lieu, on peut alors envoyer les prélèvements au laboratoire à fin d'analyses. Ce protocole peut également s'appliquer pour une origine connue.

E-2 Prélèvements

L'ordre chronologique suivant peut être retenu :

- prendre le matériel et l'équipement nécessaires,
- procéder au prélèvement en bidons et flacons,
- identifier les échantillons au moyen d'étiquettes,
- remplir les fiches de prélèvement accompagnant chaque point de mesures.

E-2-1 Equipement du personnel (21)

Il comprend :

- bottes ou cuissardes ;
- cartographie du secteur ;
- papier, stylo feutre indélébile, étiquettes ;

- matériel de prélèvement : seau, cannes de prélèvement ou préleveur, écope, corde, bidons plastique en polyéthylène de 2 à 5 litres (par point de prélèvement) pour analyse de base, flacons en pyrex (ou en verre borosilicaté) d'un litre (par point de prélèvement) pour analyse des produits organiques.

E-2-2 Techniques de prélèvement (21)

Les lieux de prélèvement sont choisis en fonction de la localisation du flot de polluant, de l'étendue de la pollution à partir du constat de terrain (mortalité piscicole, effet sur la faune et la flore, aspect et odeur du cours d'eau).

Pour le cas des substances flottantes (mousse, écume, graisses et hydrocarbures), on se rappellera que ce sont de simples prélèvements d'identification. La méthode préconisée sera l'écumage : remplir le flacon au $\frac{3}{4}$, dans ce seul cas (figure 11); les prélèvements se font d'une manière générale (figure 12) :

En amont du rejet, en un point non influencé par ce dernier : dans le cas d'un cours d'eau, ce point peut être fixé à 50 m environ du point de déversement. Le prélèvement en amont du rejet permettra de comparer la qualité des eaux entre l'amont du déversement et l'aval (P0).

Au point de pollution pour un cours d'eau ; ce point est situé à l'aval immédiat du déversement, le prélèvement étant effectué dans une veine d'eau contaminée par l'effluent (P2). Dans le but de faciliter les recherches des polluants par le laboratoire et de guider l'interprétation des résultats obtenus dans la zone de mélange, il sera intéressant de disposer d'un prélèvement de l'effluent avant mélange (P1).

En aval du point de déversement lorsqu'est réalisé le mélange, c'est-à-dire à une distance de 50 m du point de déversement (P3).

Encore plus en aval : en autant de points qu'il apparaîtra nécessaire (P4 et suivants).

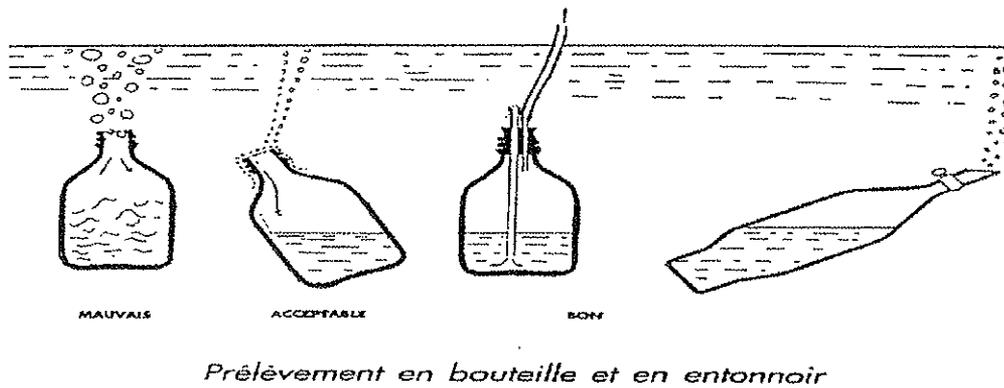
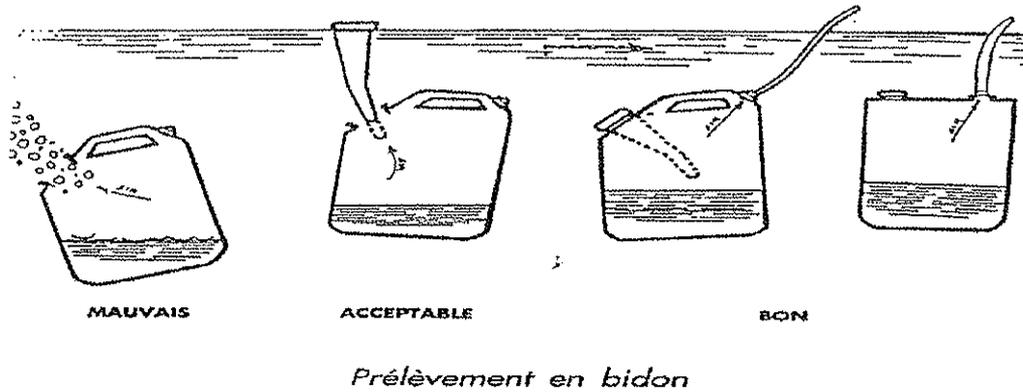
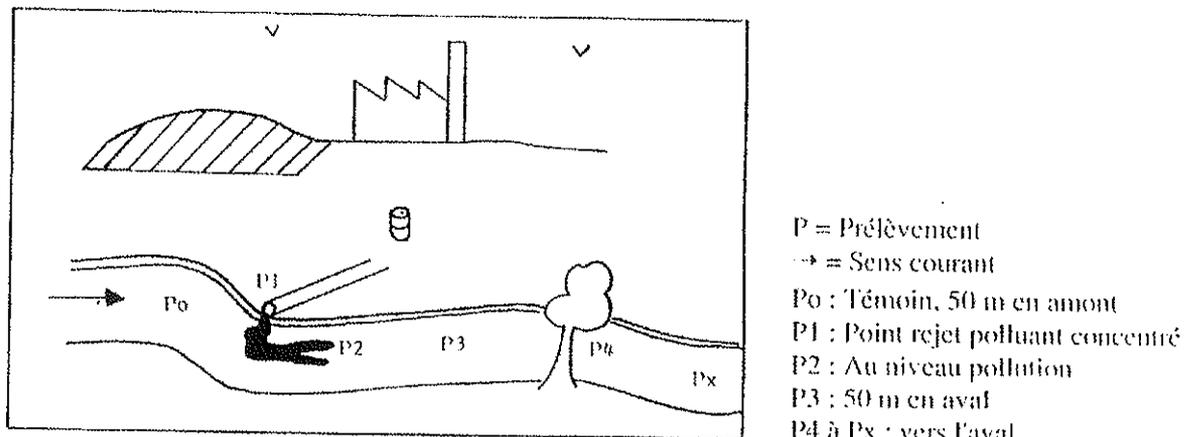


Figure 11 : prélèvement en bidon et en bouteille (21).

Les prélèvements pourront être effectués dans le courant ou hors du courant, là où une moindre vitesse d'écoulement peut laisser subsister les traces d'une pollution résiduelle (analyse qualitative).



TECHNIQUES DE PRELEVEMENT

Figure 12 : techniques de prélèvement (21).

E-2-3 Caractéristiques de la fiche de prélèvement (21)

Destinée à renseigner les laboratoires, la fiche de prélèvement (figure 13) n'est ni un constat, ni un procès-verbal.

Elle doit être remplie sur le terrain à chaque opération de prélèvement (une par point de prélèvement) ; elle peut servir de base à la rédaction d'un compte-rendu.

L'étiquetage de l'échantillon doit être incontestable, clair, précis, sans ambiguïté, indélébile, doublé ; il doit comporter la situation du point de prélèvement par rapport au point au rejet de polluant, un code de désignation, la date, l'heure, la désignation du point de prélèvement et la localisation géographique ; il doit être réalisé par étiquettes collées sur flacons secs, étiquettes attachées, marquage au stylo indélébile.

Celle-ci doit être claire, précise, détaillée sans exagération, sincère et sans ambiguïté ; elle doit comporter l'identification précise de l'agent préleveur, la date et l'heure de prélèvement, la localisation précise du prélèvement, une description des lieux, du milieu, du climat.

SDIS 87 - CMIC

PRELEVEMENT AQUEUX

DEPARTEMENT :	COMMUNE :
LIEU-DIT :	AUTRES :
DATE :	HEURE : H mn
POLLUTION DE : RIVIERE <input type="checkbox"/> CANAL <input type="checkbox"/> LAC <input type="checkbox"/> RETENUE <input type="checkbox"/>	
AUTRES <input type="checkbox"/>	
DENOMINATION :	
AFFLUENT DE :	
RESPONSABLE DE LA CELLULE :	
IDENTITE DES EQUIPIERS :	
MOTIF DES PRELEVEMENTS :	
POSITION PRECISE DU PRELEVEMENT :	
- En surface :	
- Au fond :	
- A Xm de profondeur :	
- De la berge :	
- Au milieu du cours d'eau :	
- A Ym de la berge :	
PAR RAPPORT AU REJET POLLUANT	- POINT DE REJET DU POLLUANT CONCENTRE <input type="checkbox"/> P.1
	- AU POINT DE DEVERSEMENT <input type="checkbox"/> P.2
	- EN AVAL (50 m) <input type="checkbox"/> P.3
	- EN AMONT (50 m) <input type="checkbox"/> P.4
COMPORTEMENT APPARENT DU POLLUANT DANS L'EAU :	
MISCIBLE <input type="checkbox"/> FLOTTE <input type="checkbox"/> COULE <input type="checkbox"/> AUTRES <input type="checkbox"/>	
LARGEUR DU COURS D'EAU (m) : HAUTEUR D'EAU (m) :	
VITESSE COURANT (m/s) :	
TEMPS ENSOLEILLE <input type="checkbox"/> COUVERT <input type="checkbox"/> ORAGEUX <input type="checkbox"/> PLUVIEUX <input type="checkbox"/>	
CONDITIONS D'ECOULEMENT : CRUE <input type="checkbox"/> ETIAGE <input type="checkbox"/> MOYEN <input type="checkbox"/> AUTRES <input type="checkbox"/>	
LABORATOIRE CONTACTE :	
AUTORITE OU SERVICE ACCORDANT LA DEMANDE D'ANALYSE :	
ANALYSE A EFFECTUER :	
(en concertation avec le laboratoire contacté ou sur ordre de l'Officier)	

Figure 13 : fiche de prélèvement aqueux utilisée par la C.M.I.C. 87.

E-2-4 Stockage et préservation

Recommandations pour les prélèvements dans les effluents liquides destinés aux laboratoires : les hydrocarbures seront confinés dans un flacon en verre hermétiquement bouché avec une quantité minimum de 1 000 mL, sans utilisation de conservateur (réactif visant à retarder les modifications chimiques et biologiques après prélèvement de l'échantillon et pouvant fausser les résultats quand les concentrations attendues sont faibles) et conservés pendant 6 jours à 4 °C (21).

Remarque (26)

D'autre part, il faut savoir que depuis la Loi du 16 décembre 1964, relative au régime des eaux et à la lutte contre leur pollution, qui a été modifiée par la Loi du 3 janvier 1992 sur les ressources en eau, la législation en vigueur représente une véritable déclaration des droits de l'eau, pour une gestion globale, commune, cohérente et prévisionnelle, pour un objectif de réduction des prélèvements et des rejets polluants.

La Loi de 1964, basée sur une logique de bassins hydrographiques, a créé les Comités de Bassin et les Agences de l'Eau. Le Limousin relève des Agences Loire-Bretagne et Adour-Garonne (figure 14).

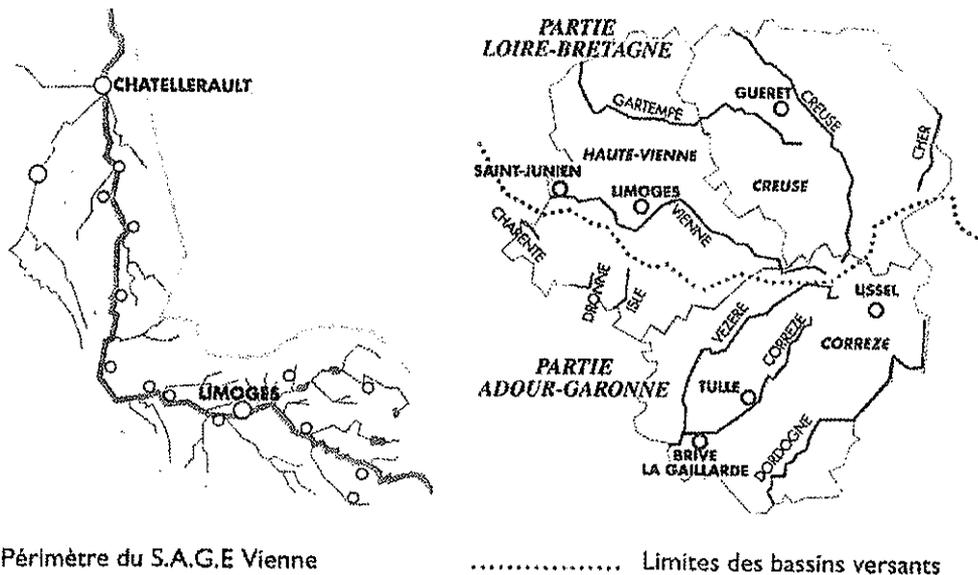


Figure 14 : bassins hydrographiques concernant le Limousin.

Avec cette législation encore plus spécifique et précise, le concept du pollueur-payeur s'est affirmé grandement. En effet, lors d'une pollution accidentelle, l'ingénieur du Génie Rural des Eaux et Forêts, l'ingénieur des Ponts et Chaussées, les chefs des Services de la Navigation sur les canaux, les associations de pêche et les particuliers peuvent porter plainte.

Indépendamment des officiers et agents de police judiciaire, les infractions peuvent être constatées pour dresser un procès-verbal, par :

Des fonctionnaires et agents assermentés et commissionnés du service de police des eaux (D.D.A.F., D.D.E., Service de la navigation, D.D.A.S.S.).

Les inspecteurs des installations classées.

Les agents des douanes.

Le maire pour les infractions municipales.

Le procès-verbal est dressé en respectant les conditions de prélèvements d'échantillons déjà citées (décret 75-177 du 12 mars 1975), ceci afin de permettre le recouvrement ultérieur des frais engagés pour combattre la pollution (qui s'effectuera à l'amiable ou par poursuite selon le décret 81-362 du 13 avril 1981).

Le sapeur-pompier n'est en aucun cas assermenté pour faire des prélèvements en vue d'une recherche de responsabilité lors d'une pollution de cours d'eau.

Remarque : évolution d'une pollution le long d'un cours d'eau (21)

Lors d'un rejet d'une substance dans un cours d'eau, celle-ci se trouve entraînée vers l'aval par l'écoulement. Les variations de vitesse entraînent une dispersion progressive du produit dans la masse d'eau.

Schématiquement, nous pouvons considérer qu'en fonction des veines d'eau dans lesquelles se trouvent les différentes parties du rejet, ces dernières se déplaceront à des vitesses plus ou moins rapides par rapport à la vitesse moyenne du courant ; certaines pourront même rester piégées dans des zones d'eaux mortes.

Comme lors de rejet de polluants atmosphériques, la résultante des deux phénomènes de transport et de mélange est appelée « dispersion ».

Le déversement instantané de polluant dans l'eau se traduit par la présence, au point de rejet, d'une masse de produit concentré qui va subir le phénomène de dispersion. Il s'ensuit, en parallèle de la dérive de la pollution vers l'aval :

Une disparition du polluant quelquefois totale au point de déversement.

Une augmentation du volume de la tranche d'eau concernée vers l'aval.

Et du fait de la loi de conservation de la masse, une diminution progressive de la concentration maximale observable au sein de la nappe polluante.

Ces phénomènes seront directement liés aux caractéristiques physico-chimiques des substances déversées (solubilité dans l'eau, viscosité, densité, etc.).

Face à ces rejets, il est extrêmement difficile de connaître la représentativité des prélèvements réalisés. Une solution technique adaptée peut consister à mettre en place un protocole d'échantillonnage à intervalle de temps régulier, sur un point fixe judicieusement choisi en aval, en fonction de la vitesse du courant et de l'heure présumée du déversement.

La variation d'au moins un des paramètres globaux : couleur, pH, résistivité, oxygène dissous, température, permet dans la plupart des cas de sélectionner les échantillons représentatifs du passage de la pollution en vue d'une analyse plus fine.

E-3 Les moyens d'analyse

E-3-1 Laboratoires d'analyses agréés (27)

Pour connaître les composantes de la pollution de l'eau, des laboratoires agréés pour les analyses des effluents peuvent procéder à la recherche de différents paramètres.

On peut donc faire la recherche :

- d'une pollution oxydable qui crée une consommation d'oxygène dissous dans l'eau ; elle est caractérisée par :

La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O.) qui mesure la totalité de ce qui est oxydable par voie chimique.

La Demande Biologique en Oxygène (D.B.O₅) qui mesure l'oxygène consommé en 5 jours par les bactéries qui dégradent l'effluent.

- Les Matières En Suspension (M.E.S.) : matières fines minérales et organiques, biodégradables ou non, éliminées le plus souvent par décantation.
- Les toxiques (ou matières « inhibitrices de la vie ») telles que les métaux lourds (chrome, cuivre, nickel), les cyanures, le phénol, les produits organochlorés, les produits phytosanitaires...
- Les autres formes de pollutions : la température, l'azote, le phosphore, les sels (chlorures, sulfates, nitrates), **les hydrocarbures...**

Le laboratoire régional de contrôle des eaux de la ville de Limoges a par exemple, reçu l'agrément pour 6 types d'analyses de paramètres spécifiques d'une pollution d'eau douce, à savoir (28) :

- Agrément 1 : M.E.S. , D.C.O., D.B.O₅ , sels dissous, azote Kjeldalh, phosphore total.
- Agrément 2 : matières inhibitrices.
- Agrément 3 : température, pH, conductivité, couleur, oxydabilité au KMnO₄ ,oxygène dissous immédiat, taux de saturation en oxygène, azote Kjeldalh, anions et cations courants.
- Agrément 4 : les cyanures totaux, les métaux et en particulier les métaux « lourds », l'indice phénol.
- Agrément 5 : les pesticides organochlorés et organophosphorés, les P.C.B. totaux, les phtalates totaux.
- Agrément 6 : les agents de surfaces anioniques et non ioniques, les substances extractibles au chloroforme, C.O.T., les graisses et les huiles, **les hydrocarbures totaux.**

La méthode infrarouge (AFNOR T90-203) à l'aide d'un spectrophotomètre infrarouge, effectuée sur un extrait au tétrachlorure de carbone après passage sur une colonne de résine (retenant les substances polaires extraites) permet de détecter tous les hydrocarbures par comparaison avec la réponse d'un mélange témoin ou « équivalent étalon ».

C'est la méthode infrarouge qui est utilisée pour doser les hydrocarbures totaux (en mg / L) dans un échantillon d'eau ; il s'agit alors de la norme AFNOR T90-114 dont la limite de détection opérationnelle est fixée à 0,5 ppm c'est-à-dire 500 µg / kg.

Cette méthode permet de contrôler la qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable dont la teneur en hydrocarbures dissous ou émulsionnés ne doit pas être supérieure à 1 mg / L.

En cas de contrôle d'une éventuelle pollution d'une ressource en eau, il est conseillé d'utiliser une méthode faisant appel à une extraction à l'hexane (ou de préférence au pentane) suivie d'une chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire ; seule une telle détermination permettra d'identifier, par leurs présences individualisées, les hydrocarbures caractéristiques du produit pétrolier (par exemple, pristane (C₁₇) et phytane (C₁₈) pour le gazole ou le fioul domestique) et ainsi de ne pas risquer d'interpréter comme un signal de pollution la présence soit d'hydrocarbures d'origine naturelle (provenant des végétaux par exemple) soit d'hydrocarbures provenant d'une contamination chronique du sous-sol (friche industrielle, décharge non contrôlée, activités diverses non réglementées, etc.).

E-3-2 Mallette DLE (Dräger) (29)

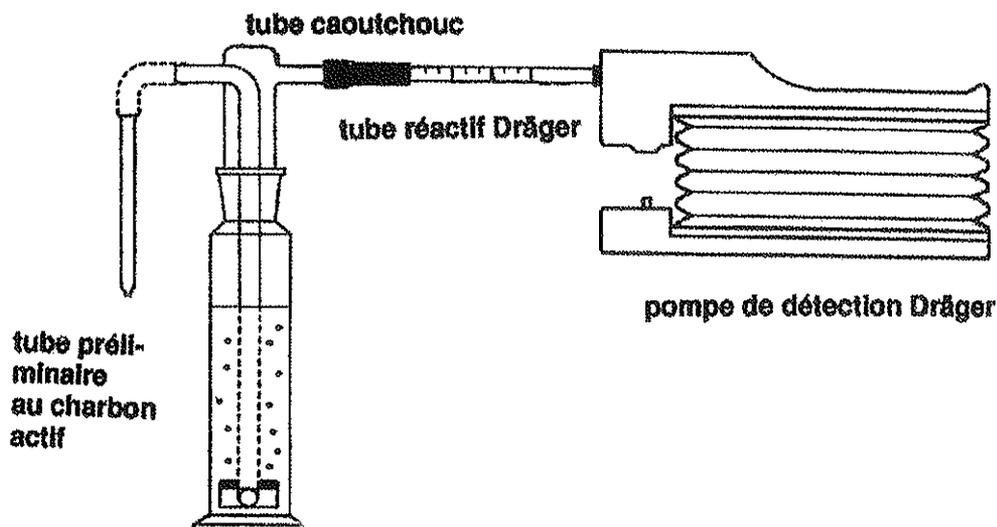


Figure 15 : procédé d'extraction d'air DLE Dräger (29).

A l'origine le dispositif de mesure par tubes réactifs Dräger a été développé pour déterminer les concentrations de substances nocives dans l'air ambiant (figure 16).

Il se compose d'un tube réactif et d'une pompe adaptée (figure 15).

Pendant la mesure, la pompe aspire un volume reproductible d'air à travers le tube. Dans le tube se produit une réaction chimique entre un réactif et la substance contenue dans l'air ; cette réaction provoque un virage de la coloration de la couche indicatrice du tube, dont la longueur correspond à la quantité de substance présente dans le flux d'air.

La concentration se lit en général directement sur l'échelle imprimée ; l'utilisateur n'a pas besoin de calibrer le tube. Le volume et les caractéristiques d'aspiration de la pompe doivent correspondre avec une faible tolérance aux conditions demandées par le réactif.

L'évolution constante de cette technique a permis l'utilisation de ce procédé pour la détermination de substances nocives volatiles dans l'eau et le sol.

Les réactifs nécessaires à la mesure étant en règle générale liés par physisorption au matériau porteur du tube Dräger, une mesure directe d'un échantillon d'eau par aspiration d'eau à travers le tube n'est pas possible ; avec une telle procédure le réactif serait retiré du matériau porteur par le liquide et un virage de coloration de la couche indicatrice du tube ne serait plus possible.

Pour pouvoir utiliser les tubes réactifs pour la mesure de substances nocives volatiles dans l'eau, le procédé de mesure Dräger par extraction d'air DLE a été développé et se compose d'une extraction et d'une mesure de la substance nocive. Le principe de base de cette méthode est l'extraction de la substance à mesurer de l'échantillon liquide et la mesure simultanée du gaz extrait avec un tube réactif.

La substance nocive contenue dans le liquide passe en phase gazeuse. Ceci est possible pour un grand nombre de composés volatils organiques et inorganiques, lorsque l'on fait passer de l'air à travers l'échantillon d'eau. Avec ce procédé d'extraction, des molécules de la substance nocive passent en phase gazeuse. La répartition de la substance nocive dans un système biphasique liquide-air, est décrite par la loi de Henry.

En connaissant les constantes A , B, et C, on peut déterminer la concentration Y de la substance nocive à l'aide de la formule suivante :

$$Y = A \times B \times (X + C)$$

Avec A : constante de calibrage d'une bouteille de lavage de gaz donnée

B : constante de système dépendant de la substance à analyser

C : constante de système dépendant du tube réactif

(figure 16)

Dans cette formule X correspond à la valeur mesurée indiquée sur l'échelle du tube Dräger. Cette valeur est donnée en règle générale en ppm (= mL / m³). L'unité de la concentration de la substance nocive déterminée figure dans la prescription de mesure correspondante.

Un tube préliminaire à charbon actif (figure 15) est utilisé pour éviter l'influence de substances nocives présentes dans l'atmosphère du site de mesure sur le résultat. Le tube préliminaire est monté sur la bouteille de lavage de gaz pour que les substances nocives éventuellement présentes dans l'air soient absorbées sur le charbon et n'entrent pas en contact avec le liquide.

Procédé d'extraction d'air Dräger DLE 0,5 à 30 mg/l

Essence

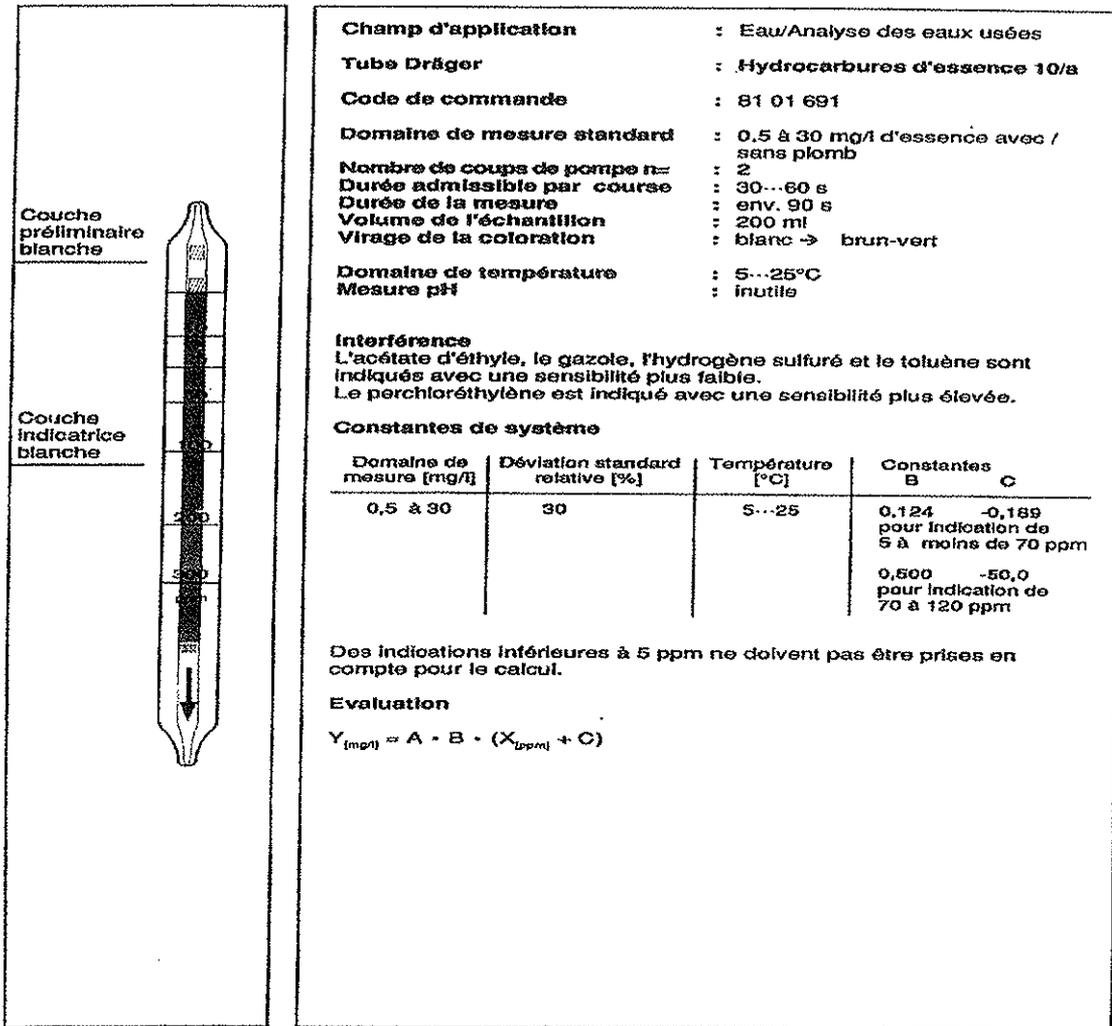


Figure 16 : procédé d'extraction d'air Dräger DLE pour l'essence (29).

E-3-3 Oxymètre (21)

Un oxymètre est un appareil qui permet par une méthode électrochimique de mesurer la teneur en oxygène dissous dans l'eau (norme AFNOR NFT 90-106 de novembre 1973).

Le principe est simple et consiste en la réduction de l'oxygène au niveau de la cathode, ce qui engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution. La mesure de l'oxygène dissous est fonction de la température, de la pression et de la salinité de l'eau. En effet, la solubilité de l'oxygène dans l'eau varie selon les conditions du milieu et notamment elle diminue dans les trois cas suivants :

- augmentation de la température
- diminution de la pression
- augmentation des sels dissous

L'analyse doit être effectuée sur place avec un appareil que l'on appelle oxymètre ; la plupart des appareils donnent directement la teneur en oxygène dissous exprimée en pourcentage de saturation (normale comprise entre 70 % - 100 %) et / ou en mg / L d'oxygène et de nombreux appareils ont une sonde de température intégrée et permettent ainsi la correction de température.

Interprétation des résultats :

- Concentration en oxygène dissous supérieure à 8,5 mg / L : présence de salmonidés.
- Concentration comprise entre 6 et 8,5 mg / L : présence normale de cyprinidés.
- Concentration inférieure à 5 mg / L : seuil de danger pour tous les poissons.

N.B. : on a pu remarquer qu'il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision (lecture directe avec un thermomètre gradué au 1 / 10 °C de gamme – 20 °C à 40 °C) ; en effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc.

En plus de la température et de l'oxygène dissous, la recherche de paramètres globaux a pour but de vérifier le caractère général des produits déversés dans l'eau, tel que : acidité, basicité, pouvoir oxydant ou réducteur, nature minérale ou organique.

E-4 Suivi d'une pollution le long d'un cours d'eau (21)

Dans la plupart des cas de pollution des eaux, les services d'incendie et de secours sont impliqués dès lors qu'apparaissent des mortalités de poissons, des colorations anormales de l'eau ou la présence d'un film flottant d'hydrocarbures. Or, dans ces différentes situations, il est primordial que les sapeurs-pompiers puissent rapidement :

Localiser la source d'émission.

Estimer le temps d'arrivée, les durées de passage et les concentrations atteintes dans la masse d'eau polluée en différents points stratégiques tels que : captages d'eau potable, irrigation, alimentation du bétail, etc.

Pour ce faire, on peut se baser sur un certain nombre d'observations et de tests portant sur l'évolution de quelques paramètres globaux facilement accessibles sur le terrain.

E-4-1 Largeur au miroir (21)

En l'absence d'information précise sur la largeur de l'écoulement (largeur du miroir), il y a possibilité de la trouver (figure 17):

- en repérant un point remarquable A situé sur la rive opposée en bordure de rivière (arbre, piquet de clôture, etc.),
- en se plaçant sur sa propre rive un repère B en amont ou en aval du point A,
- en se plaçant au point A' sur sa propre rive en face du point A,
- en mesurant (en pas) la distance A'B puis en la reproduisant au delà du point B et en fixant un repère C à l'endroit obtenu,
- en s'éloignant du bord de l'eau perpendiculairement à la rive depuis le repère C jusqu'à se trouver en alignement des points A et B ; on marque le point obtenu comme étant le point D,
- en mesurant la distance CD, on obtient alors la largeur de la rivière AA'.

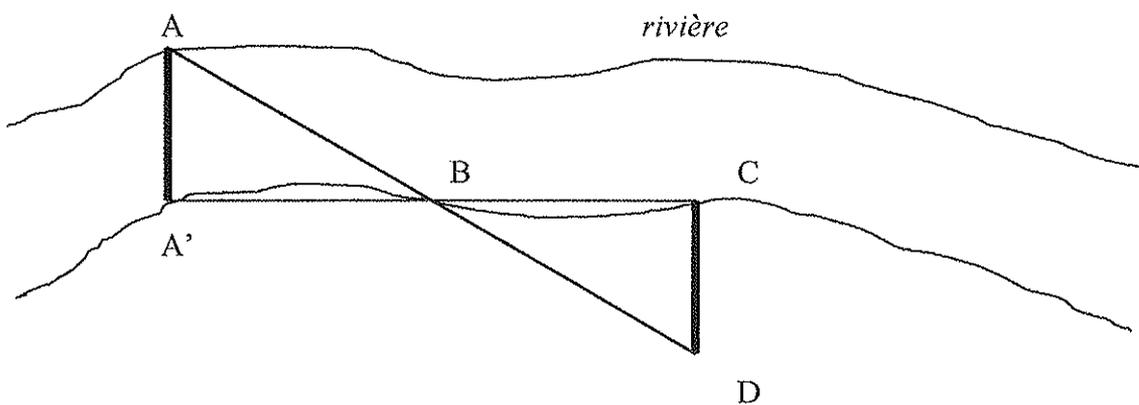


Figure 17 : mesure pratique de la largeur d'une rivière.

La connaissance de la largeur de la rivière est une donnée importante car, associée à la vitesse du courant, elle intervient directement dans la détermination des longueurs de barrages à mettre en œuvre en cas de pollution par des hydrocarbures.

E-4-2 Profondeur moyenne (21)

Cette donnée est fondamentale pour estimer le débit de la rivière polluée lorsque celui-ci ne peut être communiqué directement par les services spécialisés.

Le jaugeage s'effectue à l'aide d'une tige métallique graduée, à pied avec cuissardes lorsque la vitesse du courant et la profondeur de la rivière le permettent. En général, 5 à 10 verticales se révèlent suffisantes pour l'estimation de la profondeur moyenne.

E-4-3 Section mouillée (21)

A partir des données obtenues précédemment, nous sommes en mesure d'approcher l'aire de la section mouillée :

$$S = h_m \times B$$

Avec S : aire de la section mouillée

h_m : profondeur moyenne

B : largeur du miroir

E-4-4 Vitesse du courant (21)

La vitesse est le plus souvent estimée en m / s. Elle peut être excessivement variable dans une section droite. En effet, de par les phénomènes de frottement, non seulement le long des berges et sur le fond, mais encore au contact de l'air à la surface du liquide, la plus grande vitesse s'observe le plus souvent légèrement sous la surface libre de l'eau, dans l'axe de l'écoulement.

En l'absence de données précises ou de matériel spécifique tels que les moulinets de jaugeage qui permettent de mesurer la vitesse du courant en plusieurs points d'une section en travers, une estimation de la vitesse du courant de surface pourra néanmoins être réalisée au moyen d'un flotteur.

Choisir un tronçon de rivière le plus rectiligne possible, d'une longueur L suffisamment longue pour que le temps de parcours T du flotteur soit supérieur à 15 secondes (du fait des écarts de vitesse sur la section droite évoquée).

N.B. : pour ces essais l'intervenant peut utiliser une bouteille bouchée dans laquelle on introduira un peu d'eau pour la lester. Un bidon ou un bâton peut aussi faire l'affaire ; le flotteur ainsi choisi devra être placé sur l'eau en amont du point de départ de la prise de vitesse afin de ne pas augmenter l'imprécision des mesures.

Mesurer à plusieurs reprises le temps T mis par le flotteur pour parcourir cette distance L .

Faire au moins un essai en bordure de rive et un en plein courant car les courbes d'égales vitesses sont l'illustration de vitesses de surface inégales dans une section droite.

Faire la moyenne des résultats, la vitesse moyenne de surface est déterminée par :

$$V_{ms} = L / T$$

Avec V_{ms} en m / s, L en mètres et T en secondes.

La vitesse moyenne de surface est légèrement inférieure à la vitesse moyenne de la rivière avec un facteur de pondération de 0,90 à 0,95 pour une rivière moyenne de plaine et de 0,80 pour une rivière lente de plaine.

E-4-5 Débit du courant (21)

C'est le volume liquide qui passe à travers une section déterminée par unité de temps.

On l'exprime généralement en m^3 / s ou en L / s.

On utilise surtout les débits instantanés et les valeurs moyennes des débits sur un intervalle de temps donné (jour, mois, année).

Ainsi le débit d'une rivière sera calculé par la formule suivante :

$$Q = V_m \times S$$

Avec Q, le débit en m^3 / s ,

V_m , la vitesse moyenne en m / s,

S, surface mouillée en m^2 .

E-4-6 Temps d'arrivée d'un polluant en un point (21)

En matière de pollution des eaux, il est particulièrement important de connaître l'heure d'arrivée d'un polluant sur un point vulnérable.

Pour ce faire, connaissant la vitesse du courant et la distance séparant le point « cible », en toute première approximation il est possible d'appliquer la formule suivante :

$$H_{\text{arrivée}} = H_{\text{départ}} + (D / V_m)$$

Avec $H_{\text{départ}}$ = heure de début de rejet,

V_m = vitesse moyenne en m / h,

D = distance en m entre les deux points.

En considérant une pollution par hydrocarbures, la localisation du point de pose de barrages flottants sera, outre les problèmes spécifiques d'accès et d'aménagement des rives, directement dépendante de ce paramètre.

En effet, le Commandant des Opérations de Secours (C.O.S.) devra nécessairement intégrer, dans ses idées de manœuvre :

- Les délais d'acheminement des secours spécialisées sur les lieux (T_{ach}).
- Le temps nécessaire à la mise en place effective des barrages (T_{mpb}).
- Une marge de sécurité (liée aux possibles difficultés de trouver des ancrages sûrs)
(T_{anc}).

Une fois ces temps connus et additionnés au temps écoulé entre le début du déversement et la prise de décision ($T_{\text{écoul}}$), il peut être dégagé un temps de référence ($T_{\text{réf}}$).

$$T_{\text{réf}} = T_{\text{ach}} + T_{\text{mpb}} + T_{\text{anc}} + T_{\text{écoul}}$$

Si l'on prend comme origine des temps l'heure de début de rejet, l'heure de fin de pose du barrage est donc :

$$H_{\text{fp}} = H_{\text{départ}} + T_{\text{réf}}$$

Le point de pose ne pourra être choisi et convenir que si :

$$H_{\text{fp}} < H_{\text{arrivée}}$$

Or, $H_{\text{arrivée}} = H_{\text{départ}} + (D / V_m)$; on peut alors écrire :

$$T_{\text{réf}} < D / V_m$$

Le point de pose choisi devra donc se trouver à une distance telle du point de rejet du polluant que :

$$D > T_{\text{réf}} \times V_m$$

Il sera toujours possible de calculer régulièrement le temps restant disponible en fonction du point atteint par la pollution à différentes étapes clés de l'opération ; D devient alors la distance restant à parcourir par la pollution jusqu'au barrage, V_m , la vitesse moyenne du courant sur le tronçon de rivière considéré, et $T_{réf}$ le temps correspondant aux techniques appliquées restant à terminer.

E-4-8 Temps de passage de la pollution en un point (21)

Un ordre de grandeur du temps de passage en un point fixe d'une nappe polluante peut être obtenu en estimant que le temps d'étalement du polluant est égal à la moitié du temps de parcours.

La formule de calcul est donc :

Durée de passage = durée du rejet + $\frac{1}{2}$ temps d'arrivée de la pollution sur site.

E- RECUPERATION FINALE DES
POLLUANTS ET RETRAITEMENT

Les méthodes de collecte et de transport des hydrocarbures sont simples ; quelques sociétés (SANICENTRE,...) se sont spécialisées dans ce type de travaux pour des substances chimiques variées, notamment de nombreux polluants liquides et déchets chimiques dangereux.

Après la période de décantation-séparation dans les réservoirs souples de grande capacité des sapeurs-pompiers, on pourra aisément récupérer la phase organique constituée des hydrocarbures polluants par simple pompage mécanique avec un camion citerne équipée d'une pompe antidéflagrante.

Généralement, les déchets seront conditionnés et transportés dans des conteneurs en acier ; le stockage se fera dans des récipients hermétiques de même nature (éviter l'aluminium et le polyéthylène) dans un endroit frais et ventilé, loin de toute source d'allumage et à l'écart des produits oxydants (11).

Le produit absorbé et le liquide récupéré peuvent être traités et / ou incinérés dans des installations de traitement homologuées.

Les principaux moyens de retraitement sont la centrifugation, le filtre-presse, la floculation-décantation-filtres à bandes, le lavage à l'eau chaude-hydrocyclone-décantation. Après ce traitement, les polluants liquides ainsi « régénérés » vont rentrer dans le cycle habituel des hydrocarbures (fioul lourd de chauffe, par exemple).

Quant à l'incinération, elle devra suivre la réglementation relative à la protection de l'air.

F- Présentation du site de la Briance au niveau du viaduc de Pierre-Buffière (autoroute A 20)

G-1 La Briance

G-1-1 Caractéristiques physiques et géographiques

G-1-2 Géologie

G-1-3 Climatologie

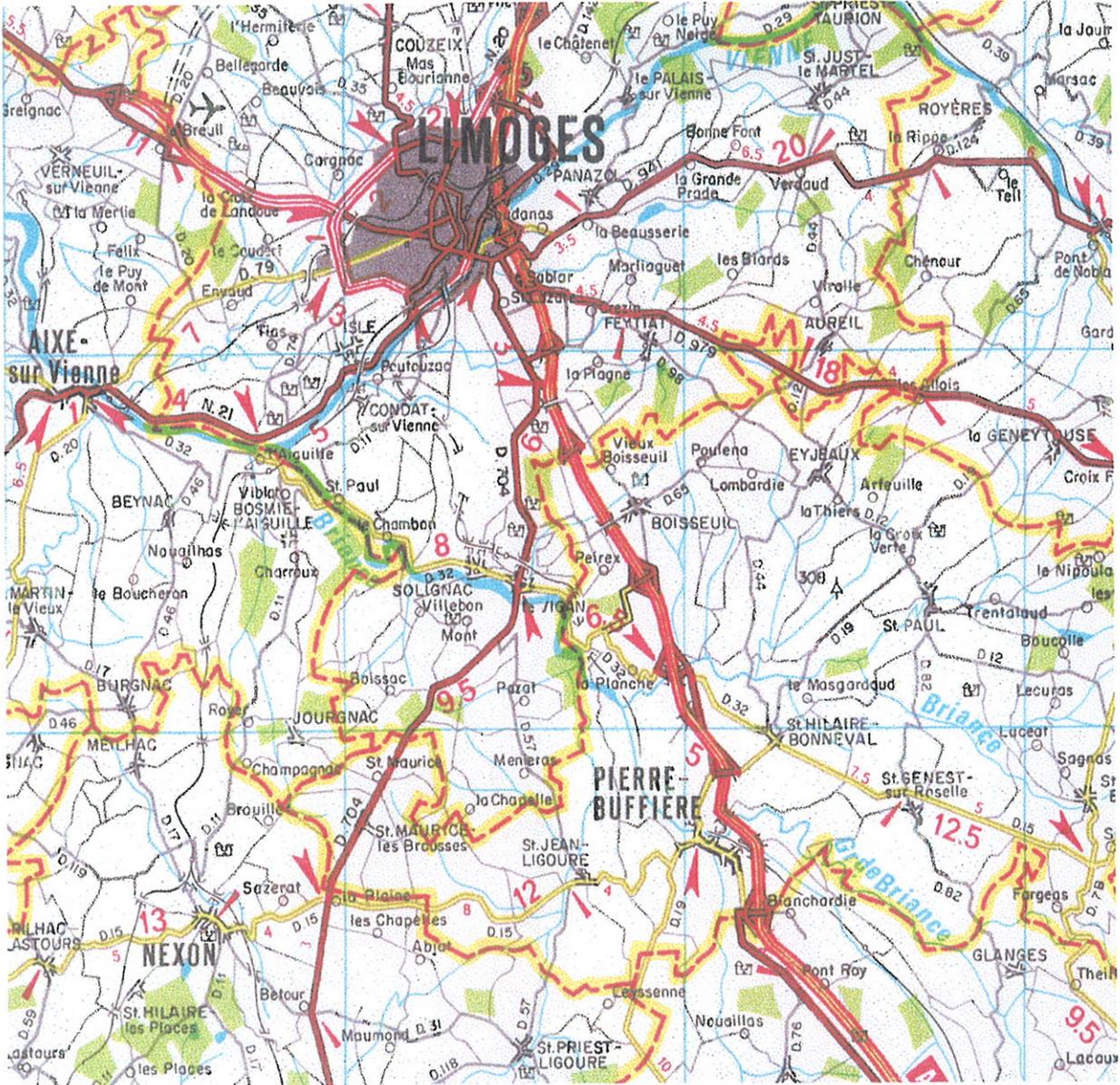
G-1-4 Hydrologie

G-1-5 Population et activités potentiellement polluantes

G-1-6 Usages de l'eau

G-2 Le viaduc de la Briance

G-3 L'usine d'A.E.P. de Solignac



Cartographie du site de la Briance (1 / 180 000^{ème}).



Site de la Briance au niveau du viaduc de l'A 20 (en arrière plan).

G-1 La Briance

G-1-1 Caractéristiques physiques et géographiques (31)

La Briance prend sa source au sud-ouest du département de la Haute-Vienne, sur la commune de Surdoux, à la ferme de Malassagne, à 570 m d'altitude.

Son cours, d'une longueur totale de 58 km, suit un axe orienté sud-ouest / nord-est et présente une pente moyenne de 0,62 %. La superficie de son bassin versant est de l'ordre de 628 km².

C'est un affluent rive gauche de la Vienne avec laquelle elle conflue à Bosmie-l'Aiguille à l'altitude de 210 m.

Ses principaux affluents sont, de l'amont vers l'aval :

- *La Roselle*

A 425 m d'altitude, la Roselle prend sa source au nord de la commune de Linards, en limite de la forêt d'Aigueperse ; elle se jette en rive droite de la Briance après un parcours de 23 km à l'altitude de 230 m. Elle présente une pente générale de 0,86 % et un bassin versant de 130 km².

- *La Petite Briance*

Prenant sa source sur la commune de La Porcherie, à proximité du hameau de Pisserat, à 447 m d'altitude, elle se jette en rive gauche de la Briance, à l'altitude de 275 m et après 17 km de parcours. La pente moyenne est de 1 % et elle draine un bassin versant d'environ 66 km².

- *Le Breuilh*

D'une longueur totale de 18 km, ce cours d'eau prend sa source dans la forêt de Fayat, aux Gardenets, à 425 m d'altitude. Il conflue à 240 m d'altitude, soit une pente générale de 1,2 %, après avoir drainé un bassin versant de 70 km².

- *La Ligoure*

Elle s'écoule depuis la Croix d'Hervy, au sud de la commune de Saint Priest Ligoure, à 408 m jusqu'à la Briance où elle conflue à 228 m d'altitude après 21 km de cours, soit une pente de l'ordre de 0,86 %. Elle draine ainsi un bassin versant de 116 km².

G-1-2 Géologie (31)

Les bassins de la Briançonnais et de ses affluents présentent le même type de support géologique, composé de terrains cristallophylliens, avec en dominance, des gneiss supérieurs.

Ainsi, la Briançonnais coule de sa source à Pierre-Buffière dans des gneiss à 2 micas parsemés de filons d'amphibolite et de terrains sédimentaires à hauteur de Saint Vite, pour rejoindre ensuite une large zone de migmatites sous forme de diorites orientées, et de nouveau, se retrouver dans des gneiss à 2 micas jusqu'au Vigan, pour terminer dans des leptynites.

Concernant la granulométrie, on retrouve le long de la Briançonnais des blocs, des galets, des graviers, du sable et de la vase.

En matière de couverture végétale on peut observer tout au long de la Briançonnais des bryophytes, des spermatophytes immergées, des éléments organiques grossiers (litières, branchages, racines,...) ou des algues ; les surfaces naturelles ou artificielles (roches, dalles, sols, parois,...) sont constituées de blocs de plus de 250 mm, de sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) de 250 à 25 mm, de granulats grossiers de 25 mm à 2,5 mm, de sables et de limons de moins de 2,5 mm et enfin de sédiments fins plus ou moins organiques (vases) de moins de 1 mm de diamètre.

G-1-3 Climatologie (31)

La région baignée par les bassins de la Briance et de ses affluents est relativement homogène et caractérisée par un climat de type océanique assez humide avec des températures assez douces.

Ainsi, la hauteur moyenne des précipitations diminue progressivement de 1 100 à 900 mm au nord d'une ligne passant par Saint Priest Ligoure et Saint Bonnet Briance.

Quant au nombre moyen de jours de précipitations, il évolue, sensiblement selon le même partage, de plus de 130 jours à moins de 120 jours par an.

En ce qui concerne les températures, la moyenne annuelle est comprise entre 10 et 11 °C sur toute la zone concernée par ces bassins, avec des moyennes journalières minimales comprises entre 0 et 1 °C et des maximales comprises entre 23 et 24 °C.

G-1-4 Hydrologie (31)

Le régime hydrologique du bassin versant de la Briance est contrôlé par une station hydrologique située sur le cours inférieur, à l'aval de Solignac, à un peu moins de 4 km de la confluence avec la Vienne.

On peut alors remarquer que, sur la période allant de 1966 (date de la création de cette station) à 1996, les écoulements moyens (débits caractéristiques en m^3 / s) sont, pour les mois de :

- Janvier : 14,500
- Février : 16,100
- Mars : 12,000
- Avril : 10,900
- Mai : 8,180
- Juin : 5,780
- *Juillet* : 3,560
- Août : 2,300
- Septembre : 3,340
- Octobre : 5,330
- Novembre : 7,410
- Décembre : 12,600

soit un débit moyen sur l'année de $8,5 \text{ m}^3 / \text{s}$ ou $14,2 \text{ L} / \text{s} / \text{km}^2$ sachant que la superficie du bassin versant représente 597 km^2 et 447 mm de précipitations en moyenne toujours sur l'année.

G-1-5 Population et activités « potentiellement polluantes » (31)

Les principales agglomérations traversées par la Briance et ses affluents, ou qui peuvent avoir un impact direct ou indirect, sont au nombre de vingt.

Région à vocation essentiellement agricole, il n'existe pas d'activité industrielle particulière en dehors de l'exploitation d'une carrière dans le cours inférieur de la Briance. Les seules sources de pollution chronique sont donc d'origine agricole ou domestique.

On note aussi qu'un certain nombre de communes ont développé des systèmes d'assainissements collectifs.

G-1-6 Usages de l'eau (31)

Alimentation en eau potable

Deux stations de pompage de l'eau destinées à l'alimentation en eau potable sont recensées sur ce bassin.

Elles sont localisées sur la Briance, à l'amont du Vigen (pour l'A.E.P. de Solignac) et sur le Breuilh, à Pierre-Bufferière.

Loisirs halieutiques

En dehors du tronçon aval de la Briance, à partir de sa confluence avec la Roselle, la quasi-totalité du bassin est classée en première catégorie piscicole, avec de nombreux parcours de pêche, surtout sur les zones amont, où l'on peut y rencontrer des espèces de la famille des salmonidés (truite) et de celle des cyprinidés (poissons « blancs »).

Loisirs nautiques

Trois baignades d'eau douce, sur plan d'eau, sont contrôlées sur ce bassin notamment à La Croisille, sur la Briance.

G-2 Le viaduc de la Briance



Le viaduc de la Briance (figure ci-dessus) que l'on peut admirer depuis l'agglomération de Pierre-Buffière même, fait partie d'un ensemble de deux viaducs qui se succèdent le long de l'autoroute A 20 (Toulouse-Limoges).

Ce viaduc (figure 18) qui surplombe donc la Briance fait une longueur totale de 308 mètres ; il est soutenu par 5 piliers de tailles différentes.

Les deux voies autoroutières qui passent sur ce viaduc sont individualisées et sont séparées d'environ 3,60 m ; la largeur de chacun de ces deux axes routiers est de 9 mètres. De chaque côté des deux axes, ont été construites des glissières renforcées pour éviter toute chute de véhicule du viaduc.

L'axe viaduc amont (nord) est équipé d'un bassin de tranquillisation avec 4 bassins brise-charge, qui ont pour but de récupérer et de rejeter dans la Briance les eaux pluviales s'écoulant sur l'autoroute en amont du viaduc.

Le cours d'eau de la Briance s'écoule entre le deuxième et le troisième pilier du viaduc (repère Limoges-Toulouse). Ce troisième pilier, qui est le plus proche de la Briance, fait une hauteur de 56,5 m.

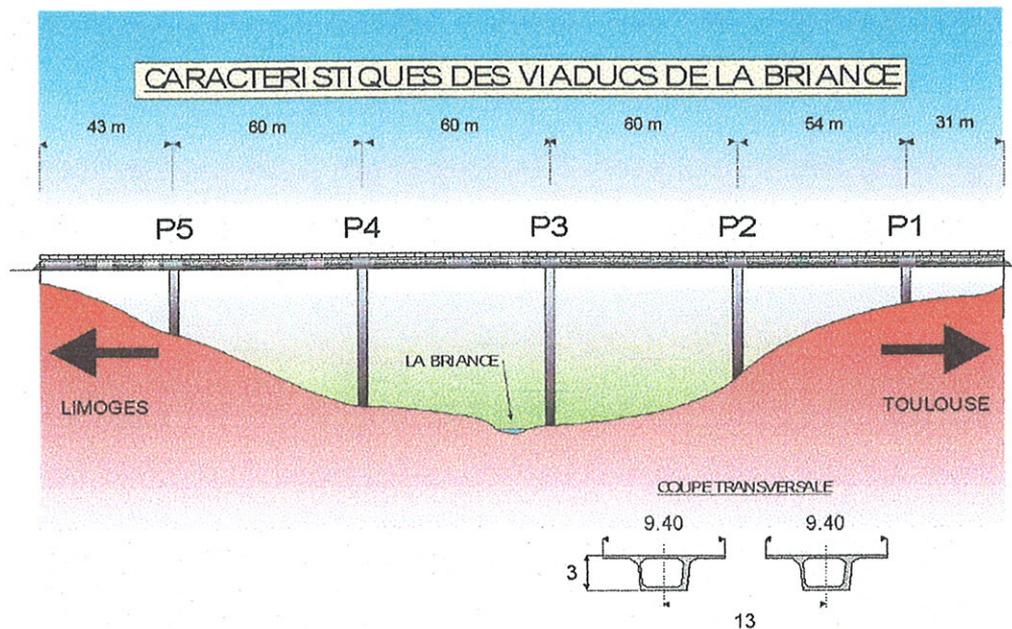


Figure 18 : caractéristiques officielles du viaduc de la Briance (A 20).
 (plan tiré des services de la Direction Régionale de l'Équipement (D.R.E.))

G-3 L'usine d'A.E.P. de Solignac



L'usine d'A.E.P. (Alimentation en Eau Potable) de Solignac (figure ci-dessus) est une usine de production d'eau potable appartenant au syndicat mixte Vienne-Briance-Gorre et gérée par la S.A.U.R., Société d'Aménagement Urbain et Rural.

Cette société pompe l'eau brute dans ses différents sites d'alimentation, la traite selon des procédés physico-chimiques et distribue à ses usagers (nombreuses communes desservies appartenant au syndicat Vienne-Briance-Gorre), par l'intermédiaire de ses réseaux de distribution, une eau potable sur les plans chimiques, bactériologiques, sans saveur ni odeur (obligation par décret du 3 janvier 1992) – il est à noter que la S.A.U.R. s'occupe également de l'assainissement des eaux usées : service de l'eau mais aussi de l'assainissement.

En ce qui concerne la prise d'eau brute sur la Briance, elle se fait à environ 2 km en amont de l'usine de traitement et de pompage de Solignac, ceci afin d'éviter toutes les pollutions dues aux rejets urbains des deux agglomérations du Vigen et de Solignac. La prise d'eau a lieu à environ 200 mètres en amont du pont du Vigen sur le bord de la Briance (figure ci-après).



Prise d'eau brute de l'usine d'alimentation en eau potable au Vigen.

G- Simulation d'un accident de poids lourd
transportant des hydrocarbures sur l'autoroute
A 20 au niveau du viaduc de la Briance

H-1 Scénario de l'accident autoroutier

H-2 Déclenchement de l'alerte et arrivée des secours sur les lieux

H-3 Etude des sites possibles pour une intervention antipollution avec pose de barrage flottant

H-3-1 Le moulin de Richebourg

H-3-2 Le moulin de Bonaret

H-3-3 En amont de la prise d'eau du Vigen

H-4 Pose du barrage flottant

H-5 Opérations d'antipollution

H-6 Modélisation informatique du suivi du polluant le long du cours d'eau
(logiciel SPILL)

H-7 Prélèvements pour analyses

H-8 Fin de l'opération d'antipollution

La Loi n° 96-369 du 3 mai 1996 relative aux services d'incendie et de secours (article 7) et son décret d'application du 26 décembre 1997 définissent précisément le S.D.A.C.R. comme étant le Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques qui dresse l'inventaire des risques de toute nature pour la sécurité des personnes et des biens auxquels doit faire face le département et qui détermine les objectifs de couverture de ces risques pour ce service ; le S.D.A.C.R. est élaboré , sous l'autorité du préfet, par le directeur du service départemental d'incendie et de secours (2 , 3).

Le S.D.A.C.R. est un des principaux moyens pour la gestion unique dans le domaine opérationnel ; il est conçu pour que les décisions de principe ou de gestion soient prises en fonction d'une analyse la plus rationnelle et rigoureuse possible des besoins et des moyens mis en place dans le département.

Il est à noter que dans le S.D.A.C.R. de la Haute-Vienne, l'autoroute A 20 tient une place particulière en ce qui concerne l'analyse du risque Transport de Matières Dangereuses par la route qui est un risque modéré mais devant s'accroître prochainement avec l'achèvement définitif de l'A 20 ; le risque d'atteinte du milieu aquatique compte tenu de la présence de prises d'eau (amont du Vigen pour l'A.E.P. de Solignac) est également soulevé (30).

H-1 Scénario de l'accident autoroutier



Accident routier d'un camion de T.M.D. à Saint-Junien (87).

On a vu que le type de scénario d'accident est souvent le même !

Nous étudierons donc l'accident d'un véhicule transportant des hydrocarbures (essence sans plomb, gazole ou fioul domestique) sur l'A 20 au niveau du viaduc.

Le véhicule de T.M.D. (tracteur remorquant une citerne de 30 000 L) roule, en ce matin ensoleillé de juillet, sur l'autoroute A 20 dans le sens Limoges – Toulouse ; dans la longue ligne droite précédant le passage des viaducs, le véhicule prend de la vitesse. Sur le viaduc de la Briance, le conducteur alors assoupi, ne maîtrise plus le véhicule : celui-ci fait un écart sur la droite, et suite à une tentative pour rétablir la trajectoire, se renverse alors sur la chaussée du viaduc, entre le deuxième et le troisième pilier – une voie de circulation sur les deux reste cependant libre.

Remarque

Si la voie de circulation est totalement obstruée la tactique d'intervention sera modifiée notamment au niveau de l'engagement de la berce antipollution.

Le véhicule qui est un tracteur remorquant une citerne multicompartimentée (en unités de 2 à 5 000 L chacunes) d'une capacité totale de 30 000 litres d'hydrocarbures laisse échapper, par de grosses fissures dans sa structure (2 unités touchées), environ 10 000 litres dont 9 000 s'écoulent directement dans la Briance située juste en-dessous du viaduc où vient d'avoir lieu l'accident ; les 1 000 litres restants se répandent autour du véhicule.

Le conducteur sort indemne du véhicule-tracteur et fait signe aux quelques voitures circulant de ralentir et de s'arrêter pour porter secours.

Un automobiliste donne l'alerte en 5 minutes environ au Centre de Traitement de l'Alerte (C.T.A.) du S.D.I.S..

H-2 Déclenchement de l'alerte et arrivée des secours sur les lieux

D'après les données recueillies sur l'accident mettant en jeu un déversement d'une grosse quantité de matières dangereuses dans un cours d'eau, il y a alors départ, via le C.T.A. / C.O.D.I.S. :

- des moyens de secours du Centre de Secours du secteur concerné, en l'occurrence, celui de Pierre-Bufferière.

Certains sapeurs-pompiers de ce corps sont alors sélectivés pour partir sur ce théâtre d'opération.

Pour ce type de mission, c'est-à-dire un accident autoroutier, les véhicules engagés sont :

Un F.P.T. (Fourgon Pompe-Tonne) utilisé en cas d'incendie et doté d'A.R.I. (Appareil Respiratoire Isolant).

Un V.S.A.B. (Véhicule de Secours aux Asphyxiés et aux Blessés) pour le secours à personnes.

Un V.S.R. (Véhicule de Secours Routier) avec du matériel de signalisation routière et de désincarcération en cas d'accident.

Un V.L.R.C. , véhicule léger servant de véhicule de commandement avec une liaison radiotéléphonique.

- des moyens de secours sapeurs-pompiers spécialisés du département (Centre de Secours Principal de Limoges) avec :

La Cellule Mobile d'Intervention Chimique (C.M.I.C.).

La Berce AntiPollution (B.A.P.) avec camion porte-berce (figure 19).

(se reporter aux *ANNEXES 3 et 4* pour les inventaires de la C.M.I.C. et de la B.A.P.)



Figure 19 : berce antipollution déposée sur sol.

Le Véhicule Léger Officier de Garde (V.L.O.G.).

Ainsi que GALIEN 87 (véhicule léger pharmacien officier).

La gestion de l'intervention se fera, dès son arrivée sur les lieux, par l'officier de garde du C.S.P. de Limoges qui prendra le cas échéant des mesures complémentaires telles que la demande d'un camion de terre ou de sable pour absorber le polluant sur la chaussée ou celle d'autres secours éventuels.

Parallèlement, le C.O.D.I.S. prévient en urgence :

- Le D.D.S.I.S. (Directeur Départemental des Services d'Incendie et de Secours) et l'Officier de Garde Départemental ;
- La D.D.A.S.S. (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales);
- Le Directeur de cabinet du préfet de la Haute-Vienne ;
- La D.D.E. (Direction Départementale de l'Équipement);
- La D.D.A. (Direction Départementale de l'Agriculture);
- La D.R.I.R.E. (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement);
- La D.I.R.E.N. (Direction Régionale de l'ENvironnement);
- La Fédération Départementale de Pêche ;
- Le Maire de la commune concernée ou le secrétaire.

Les ingénieurs hydrologues de la S.A.U.R. seront également prévenus rapidement qu'une pollution importante de la Briance par des hydrocarbures s'est produite.

Dès cet instant, le protocole d'urgence de la station pourra être mis en place sans délai, évitant ainsi une pollution générale du circuit d'approvisionnement en eau potable :

- Arrêt immédiat de la production de l'usine.
- Gestion de la pollution : réagir vite selon les moyens en place et agir en concertation avec les collectivités et administrations (D.D.A.S.S.,...).
- Gestion de la réserve en eau potable (délestage de réservoirs, manœuvres de réseau, ouverture d'interconnexions...).

Entre le déclenchement de l'alerte et la prise de décisions au C.T.A. / C.O.D.I.S. vont se passer moins de 3 minutes.

Dès l'instant où les sapeurs-pompiers du centre de secours de Pierre-Buffière sont sur le site (en 10 minutes environ), plusieurs opérations vont être effectuées simultanément sous les ordres du chef d'agrès :

Reconnaissance par la plaque danger de la matière transportée par le camion accidenté à l'aide d'une réglette T.M.D. (figure 20), qui permet aux hommes sur le terrain de connaître la conduite à tenir face à ce type de matière ; les renseignements donnés par cette réglette proviennent exclusivement de fiches de sécurité sur le produit considéré. Le mode d'emploi de la réglette est simple : les numéros de danger des panneaux orange de signalisation des camions citernes sont classés dans un ordre croissant et en déplaçant la carte coulissante de la réglette, on fait apparaître le numéro de danger recherché dans la fenêtre centrale (33 par exemple) et on lit alors les renseignements et consignes indiqués en face des différents signes : porter un A.R.I., des gants de protection...

N° d'identification de DANGER		33	N° d'identification de DANGER					
DANGERS de la Matière								
INFLAMMABLE		2	d'ASPHYXIE					
EXPLOSIIF		1	Par inhalation, ingestion, ou par contact, toxique :					
COMBURANT		2	- grave					
TOXIQUE		2	- d'IRRITATION R. très grave					
CORROSIF		2	- de BRÛLURES R. mortel					
INDICATION du RISQUE								
recommandations très importantes								
enlever les chaussures et vêtements souillés								
en cas de projections oculaires ou cutanées laver à l'eau pendant au moins 15 minutes								
brûlures par le feu protéger la zone brûlée par un pansement stérile								
brûlures par le froid								
gêne ou arrêt respiratoire trouble de la conscience faire ventilation artificielle								
faire appel à des secours médicaux								
NE PAS ÉTEINDRE si fuite non contrôlée immédiatement								
SI PAS DE FUITE : refroidir à l'eau avec précautions								
REFROIDIR le réservoir si il est exposé au FEU								
TOUS AGENTS EXTINCTEURS								
EAU PULVÉRISÉE Pour éteindre l'incendie employer								
MOUSSE								
POUDRE								
CO2								
il est recommandé de NE PAS EMPLOYER D'EAU SAUF EXCEPTION (où l'eau est recommandée) :								
EAU INTERDITE								
Limiter SABLE SEC								
Extincteur INTERDIT								
Mousse INTERDITE								
<table border="1"> <tr> <th>N° DANGER 30</th> <th>N° DANGER 33</th> </tr> <tr> <td>N° MATIÈRE : 1171 1180 1197</td> <td>N° MATIÈRE : 1090 1148 1170 1219 2058</td> </tr> </table>					N° DANGER 30	N° DANGER 33	N° MATIÈRE : 1171 1180 1197	N° MATIÈRE : 1090 1148 1170 1219 2058
N° DANGER 30	N° DANGER 33							
N° MATIÈRE : 1171 1180 1197	N° MATIÈRE : 1090 1148 1170 1219 2058							
PLACER LA LIGNE VERTICALE AU CENTRE DE LA FENÊTRE								

Figure 20 : réglette T.M.D..

(il faut savoir que la réglette T.M.D. n'a pas été remise à jour suite à la modification des textes concernant le T.M.D. (01.01.1997)).

Il semble qu'à l'heure actuelle l'utilisation de fiche réflexe (figure 21) comme celle utilisée par les sapeurs-pompiers du C.S.P. de Limoges soit des plus efficaces quant à la remontée au C.O.D.I.S. 87 d'informations précises lors d'un accident de T.M.D..

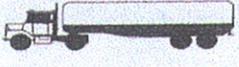
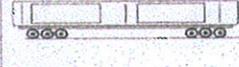
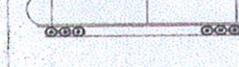
Corps des Sapeurs Pompiers		ACCIDENT DE MATIERES DANGEREUSES MESSAGE TYPE				
MODES DE TRANSPORTS						
 SEMI REMORQUE CITERNE <input type="checkbox"/>	 CAMION CITERNE <input type="checkbox"/>	 ENSEMBLE CAMION CITERNE AVEC REMORQUE <input type="checkbox"/>	 CONTENEUR CITERNE <input type="checkbox"/>			
 SEMI REMORQUE PLATEAU <input type="checkbox"/>	 CAMION PLATEAU <input type="checkbox"/>	 CAMION PLATEAU AVEC REMORQUE <input type="checkbox"/>	 SEMI REMORQUE PLATEAU PORTE CONTENEUR <input type="checkbox"/>			
 CAMION BENNE <input type="checkbox"/>	 VEHICULE UTILITAIRE <input type="checkbox"/>	 WAGON COUVERT <input type="checkbox"/>	 WAGON CITERNE <input type="checkbox"/>	Autres <input type="checkbox"/>		
Véhicule renversé <input type="checkbox"/>		Chargement renversé <input type="checkbox"/>				
FUITE Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>						
<i>Phase</i>		<i>Importance</i>		<i>Localisation</i>		
Solide <input type="checkbox"/>		Goutte à goutte <input type="checkbox"/>		Trou d'homme <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/>		
Liquide <input type="checkbox"/>		Filet <input type="checkbox"/> Brèche <input type="checkbox"/>		Vanne <input type="checkbox"/>		
Gazeuse <input type="checkbox"/>		Enflammée <input type="checkbox"/>		Bride <input type="checkbox"/>		
Nb VICTIMES		LIEU EXACT		ENVIRONNEMENT		
Blessées : DCD :		Route : Secondaire <input type="checkbox"/> Nationale <input type="checkbox"/>		Pluie <input type="checkbox"/>		
Incarcérées :		Autoroute <input type="checkbox"/>		Vent <input type="checkbox"/>		
Intoxiquées :		Urbain <input type="checkbox"/> Semi-urbain <input type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/>		Présence cours d'eau <input type="checkbox"/>		
Touchées par le produit :		Pont <input type="checkbox"/> Gare <input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/>		Présence égouts <input type="checkbox"/>		
Pas de victimes <input type="checkbox"/>		Autres <input type="checkbox"/>		Présence pente <input type="checkbox"/>		
IDENTIFICATION						
Plaque orange Inscrivez ici les numéros CODE DANGER  N°ONU		Pictogrammes transports        N°1 <input type="checkbox"/> N°2 <input type="checkbox"/> N°3 <input type="checkbox"/> N°4.1 <input type="checkbox"/> N°4.2 <input type="checkbox"/> N°4.3 <input type="checkbox"/> N°5 <input type="checkbox"/>       N°6.1 <input type="checkbox"/> N°6.1A <input type="checkbox"/> N°6.2 <input type="checkbox"/> N°7 <input type="checkbox"/> N°8 <input type="checkbox"/> N°9 <input type="checkbox"/>				colisage

Figure 21 : fiche réflexe type.

Instauration d'un périmètre de sécurité (d'environ 100 m) sur les deux axes autoroutiers du viaduc par les sapeurs-pompiers munis chacun de leurs A.R.I. (selon les consignes données par la lecture de la réglette) ; arrêt ou déviation de la circulation routière par le centre ville de Pierre-Buffière, pouvant être gérée par la gendarmerie nationale de Pierre-Buffière.

Les deux compartiments de 5 000 L de la citerne se sont vidés en 30 minutes ; après l'arrivée des sapeurs-pompiers sur le site de l'accident, le rejet dans la Briance des hydrocarbures restant sur la chaussée du viaduc a été maîtrisé par un dépôt d'absorbant et de terre.

La durée du rejet dans le cours d'eau aura été de plus de 4 heures au total.



Site de la Briance au-dessous du viaduc de Pierre-Buffière.

La suite de notre étude concernant cette intervention va consister à trouver un endroit, sur les bords de la Briance, qui devra avoir toutes les caractéristiques suivantes :

- Se trouver sur le trajet de la nappe d'hydrocarbures et en amont de l'usine d'A.E.P. de Solignac.
- Etre à une distance suffisante du point de rejet du polluant pour laisser le temps nécessaire aux secours spécialisés d'intervenir.
- Etre suffisamment vaste et stable pour accueillir la berce antipollution, la C.M.I.C., le F.T.P., les véhicules de commandement.

D'autre part, la Briance à cet endroit, devra avoir les caractéristiques hydrodynamiques suivantes :

- Une vitesse de surface de courant compatible avec une opération d'antipollution (pose d'un barrage flottant rigide type « OK Corral » avec jupe de 30 cm et éléments raccordables de 30 m chacun)
- Une profondeur moyenne satisfaisante (en théorie : 5 x 30 cm soit 1,5 m)
- Une largeur convenable.

Tout d'abord, calculons le temps nécessaire à la nappe d'hydrocarbures pour arriver de la source de la pollution jusqu'à la prise d'eau de la station de pompage (distantes d'environ 9 km) ainsi que son temps de passage.

Pour cela, nous utiliserons tout d'abord la formule, vue précédemment, qui estime le temps d'arrivée d'un polluant en un point D :

$$H_{\text{arrivée}} = H_{\text{départ}} + (D / V_m)$$

Avec $D = 9.000 \text{ m}$ (9 km),

$V_m = 0,6 \text{ m / s}$: vitesse moyenne de surface de la Briance en *juillet*, pour le faciès lotique c'est-à-dire aux endroits du cours d'eau où la vitesse moyenne de surface du courant est supérieure à 5 cm / s, par opposition au faciès lentique (31).

Donc $H_{\text{arrivée}} = 9.000 / 0,6 = 15000$ secondes soit **4 h 10 min** environ.

(à l'aide de cette formule, nous raisonnerons en durée et non en horaire pour une plus grande lisibilité des résultats)

Il faudra donc environ 4 h 10 min à la nappe d'hydrocarbures rejetés du viaduc de Pierre-Buffière dans la Briance pour atteindre la prise d'eau (au Vigen) de la station de pompage de Solignac (avec une vitesse moyenne de courant de 0,6 m / s).

Recherchons ensuite la durée de passage de cette nappe de polluant en ce dernier point :

Durée de passage = durée de rejet + $\frac{1}{2}$ temps d'arrivée de la pollution sur site.

Soit durée de rejet estimée au minimum à 4 heures.

Et le $\frac{1}{2}$ temps d'arrivée du polluant est d'environ 2 h 05 min.

Donc la durée de passage sera d'environ **6 h 05 min** au minimum.

H-3 Etudes des sites possibles pour une intervention antipollution avec pose de barrage flottant

Remarque

Il faut savoir que selon l'article 18 de la Loi du 3 janvier 1992, les sapeurs-pompiers ont accès aux propriétés privées pour mettre fin aux causes de danger ou d'atteinte au milieu aquatique et prévenir ou limiter les conséquences de l'incident ou de l'accident (26).

H-3-1 Le moulin de Richebourg



Le moulin de Richebourg (figure ci-dessus) situé sur le bord de la Briance, en suivant la sortie 40 de l'A 20 après les viaducs puis l'agglomération de Pierre-Buffière (D 15), sur la route C 22, est à 2 km du point de rejet des hydrocarbures.

Cet endroit est facile d'accès pour les secours spécialisés grâce à la présence de larges bandes de terrain plat au bord de l'eau devant les habitations du lieu-dit.

A cette période, la vitesse moyenne du courant est de 0,6 m / s ; la largeur de la rivière est de 10 m et la profondeur moyenne au niveau de l'écluse est supérieure à 1,5 m.

Calculons le temps d'arrivée du polluant en ce point :

$$H_{\text{arrivée}} = 2.000 / 0,6 = 3333 \text{ secondes soit } \mathbf{56 \text{ minutes environ.}}$$

On peut également calculer la durée de passage du polluant en ce point ; elle sera alors d'environ 4 h + 28 min (56 / 2) = **4 h 28 min.**

Si on reprend une formule déjà étudiée précédemment :

$$T_{\text{réf}} = T_{\text{ach}} + T_{\text{mpb}} + T_{\text{anc}} + T_{\text{écoul}}$$

Où T_{ach} est le délai d'acheminement des secours spécialisés sur les lieux, soit dans ce cas, **35 minutes** ;

T_{mpb} est le temps nécessaire à la mise en place du barrage, soit **25 minutes** ;

T_{anc} est une marge de sécurité liée aux possibles difficultés de trouver des ancrages sûrs par exemple ou à tout autre problème inhérent à l'opération, soit **5 minutes** ;

$T_{\text{écoul}}$ est le temps écoulé entre le début du déversement et la réception du message d'alerte soit **5 minutes**.

Après addition, le temps de référence ($T_{\text{réf}}$) est alors de **70 minutes (soit 4200 secondes)**.

Si on prend le moment du début de rejet comme origine des temps, le moment de fin de pose est donc :

$$H_{\text{fp}} = H_{\text{départ}} + T_{\text{réf}}$$

Soit $H_{fp} = 0 + 70 = 70$ minutes.

On comprend aisément que le point de pose choisi ne pourra convenir que si :

$$H_{fp} < H_{arrivée}$$

Or $H_{fp} (= 70 \text{ min}) > H_{arrivée} (= 56 \text{ min})$.

Le moulin de Richebourg ne peut donc être retenu comme site d'accueil des unités antipollution des sapeurs-pompiers dans ce cas précis.

H-3-2 Le moulin de Bonaret



Le pont de Chalusset qui surplombe la Briance près du moulin de Bonaret (figure ci-dessus) – sortie 40 de l'A 20, D 15, C 22, sur la D 32A – se trouve à 5 km du point de rejet des hydrocarbures.

A cet endroit, d'accès facile, après le passage du pont, la berce antipollution ainsi que les autres véhicules d'intervention peuvent se positionner sur le bord de la rive, sur un large chemin de terre au niveau de l'écluse du moulin.

La vitesse moyenne de courant est toujours de 0,6 m / s ; la largeur de la rivière est de 10 m et la profondeur moyenne avant l'écluse est supérieure à 1,5 m à cette période.

Si l'on suit le même raisonnement que précédemment, le temps d'arrivée du polluant en ce point sera cette fois-ci de :

$$H_{\text{arrivée}} = 5.000 / 0,6 = 8333 \text{ secondes soit } \mathbf{2 \text{ h } 18 \text{ min } (138 \text{ min })}.$$

La durée de passage du polluant sera alors d'au moins $4\text{h} + 69 \text{ min} = \mathbf{5 \text{ h } 09 \text{ min}}$.

Calculons de nouveau le temps de référence $T_{\text{réf}}$, où seul change le temps T_{ach} (délais d'acheminement des secours spécialisés sur place), qui est cette fois-ci de **50 minutes**.

$$\text{Avec } T_{\text{réf}} = T_{\text{ach}} + T_{\text{mpb}} + T_{\text{anc}} + T_{\text{écoul}}$$

$$\text{Soit } T_{\text{réf}} = 50 + 15 + 5 + 5$$

$$\text{Soit } T_{\text{réf}} = \mathbf{75 \text{ minutes}}.$$

$$\text{Or } H_{\text{fp}} = T_{\text{réf}} (= 75 \text{ min })$$

Et, dans ce cas-là, on a bien : $H_{\text{fp}} (= 75 \text{ min }) < H_{\text{arrivée}} (= 138 \text{ min })$.

On peut donc conclure que le site du moulin de Bonaret en amont du pont de Chalusset convient tant au plan de l'espace que du temps nécessaire à une opération de lutte antipollution de ce type.

Calculons à présent le seuil de vitesse de surface du courant de la Briance qui peut encore permettre la pose d'un barrage flottant au moulin de Bonaret :

Pour cela, prenons comme valeur limite de $H_{\text{arrivée}}$, le temps H_{fp} , calculé précédemment, qui est de 75 minutes (4500 secondes).

$$\text{On a alors } H_{\text{arrivée}} = H_{\text{fp}} = D / V_m$$

$$\text{Soit } V_m = D / H_{\text{fp}}$$

$$\text{Soit } V_m = 5.000 / 4500 = \mathbf{1,11 \text{ m / s.}}$$

A partir de ce seuil de vitesse (1,11 m / s) et au-dessus, le site d'accueil du moulin de Bonaret ne convient plus à une intervention antipollution sur ce cours d'eau.

Il convient donc de faire l'étude d'un autre endroit apte à recevoir les moyens de secours spécialisés.

H-3-3 En amont de la prise d'eau superficielle du Vigen



D'après la topographie du site de la Briançe, il semble seulement possible, en dernier recours, d'installer les unités d'antipollution du S.D.I.S. 87 dans une zone en amont du pont du Vigen (direction D 32 A puis D 32, sur la D 704) et de la prise d'eau sur la Briançe (figure précédente).

Il existe à l'endroit situé juste avant la prise d'eau, un vaste espace de parking et un pré au bord de la route communale capable d'accueillir la C.M.I.C. et la cellule antipollution.

De plus, le cours d'eau a une profondeur moyenne supérieure à 1,5 m par endroit, à cette période, et sa largeur est d'environ 12 m.

Remarque

On sait que la pose de barrage devient inutile lorsque la vitesse moyenne de surface du courant est supérieure à 2 m / s.

Calculons alors le temps d'arrivée du polluant rejeté du viaduc à la prise d'eau de la station de pompage (qui est aussi le temps d'arrivée du polluant sur le site d'antipollution retenu) qui sera de :

$$H_{\text{arrivée}} = D / V_m$$

$$\text{Soit } H_{\text{arrivée}} = 9.000 / 2 = 4500 \text{ s} = 75 \text{ min.}$$

H-4 Pose du barrage flottant



Pose d'un barrage flottant.

Du point de vue opérationnel, avant toute pose d'un barrage, il est nécessaire qu'à chaque fois, sur le site retenu par les secours spécialisés, une estimation de la vitesse moyenne de surface soit réalisée par les sapeurs-pompiers, ainsi qu'une estimation de la profondeur moyenne et de la largeur de la rivière considérée.

On peut déterminer graphiquement les longueurs de barrages flottants à mettre en œuvre en fonction de la vitesse du courant (figure 22).

En effet, connaissant la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau V , on choisit l'ouverture O par rapport à l'orthogonale au point d'ancrage amont A à donner au barrage.

L'intersection de la droite d'angle O avec la droite correspondant à la largeur du cours d'eau donne, d'une part la position du point d'ancrage aval C , d'autre part la longueur L de barrage à mettre en œuvre en projetant le point d'intersection sur les réglettes situées à droite sur le graphique page suivante.

La lecture de la distance du point d'ancrage aval C par rapport au point d'ancrage amont A s'effectue sur la réglette D située à l'extrême droite du graphique. La longueur de barrage L se lit à l'intersection avec la réglette correspondant à l'ouverture donnée.

Déterminons graphiquement, par exemple, la longueur de barrage à mettre en œuvre sur la Briance pour le site du moulin de Bonaret, dans les conditions hydrodynamiques de l'accident.

Sachant que la largeur du cours d'eau à cet endroit est de 10 mètres et que la vitesse de courant est de 0,6 m / s environ à ce moment précis, on obtient l'intersection de la droite d'abscisse 10 m avec la droite $O = 30^\circ$ (vitesse d'écoulement inférieure à 0,8 m / s) qui se situe au point C dont la projection donne la distance $D = 9$ m et la longueur de barrage à mettre en place $L = 20$ m.

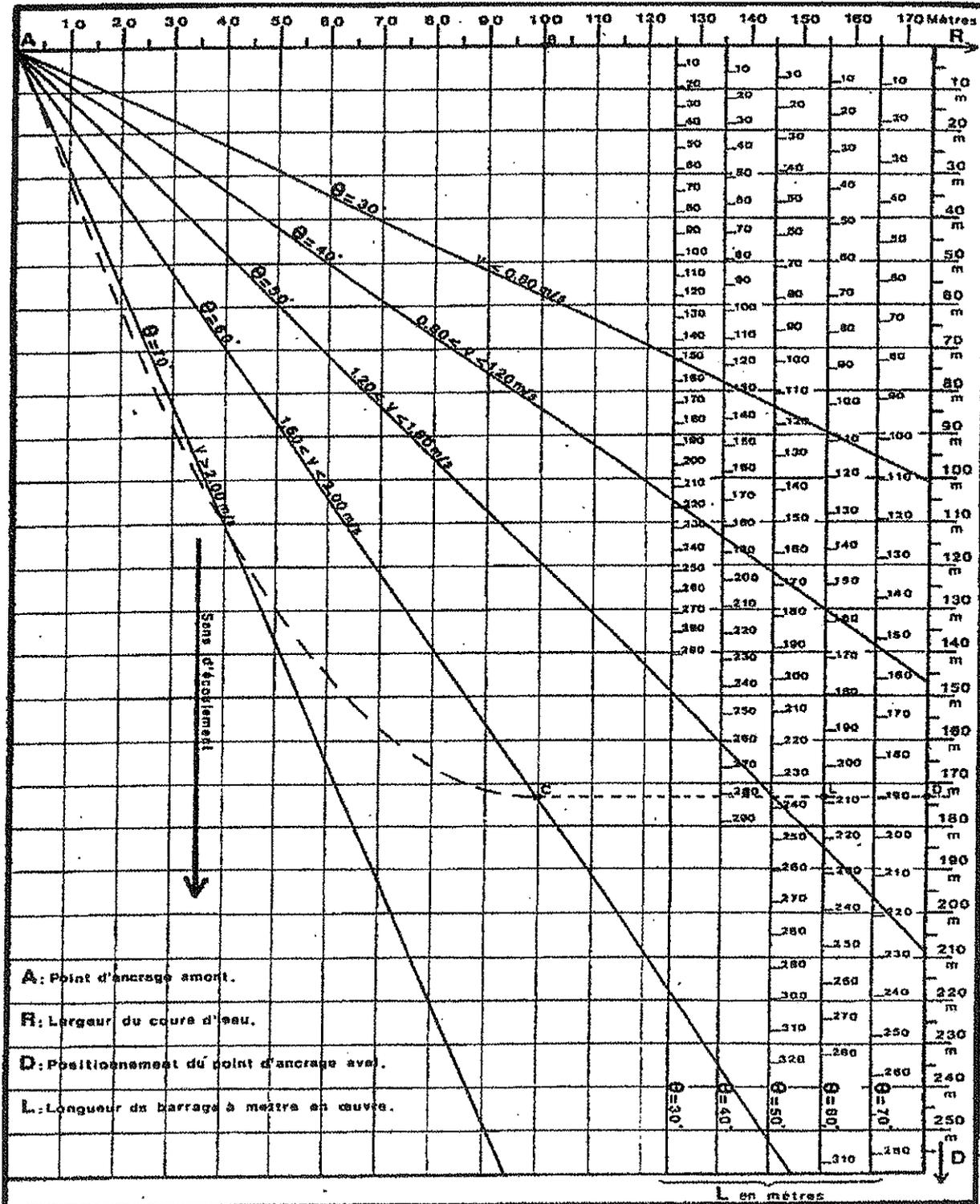


Figure 22 : table de calcul des longueurs de barrage nécessaire à la pose.

Les sapeurs-pompiers pourront ancrer une extrémité du barrage flottant en un point de la rive qui accueille les unités d'antipollution et la seconde en un point de l'autre rive du cours d'eau situé 9 m en aval du précédent, à l'aide d'une corde attachée à l'extrémité du barrage et lancée par-delà la rivière.

H-5 Opérations d'antipollution

Après que la pose du barrage ait été réalisée, toute intervention des sapeurs-pompiers sur la nappe de polluant arrivant sur site, sera précédée d'une mesure de concentration des hydrocarbures dans l'eau, voire de l'explosivité jusqu'à ce que les composants légers se soient évaporés.

Le barrage flottant doit rester en place le temps nécessaire au passage complet de la nappe de polluant et à sa récupération.

Cette dernière opération pourra être réalisée à l'aide d'appareils tels qu'une motopompe aspirante type Skimmer 4 CV (figure ci-dessous) reliée à un réservoir souple 10 m³ recevant l'eau polluée (ATTENTION aux moteurs thermiques des pompes).



Une entreprise chargée de collecter les polluants sera ensuite contactée (figure 23).



Figure 23 : collection finale des polluants liquides par un camion-pompe.

Les hydrocarbures éventuellement encore présents le long des bords de la Briance (dans les zones lenticules du cours d'eau c'est-à-dire là où la vitesse de surface est inférieure à 5 cm / s) pourront être récupérés à l'aide d'absorbant type fibres de tourbe traitée (Oclansorb).

Il faudra toujours surveiller le risque d'inflammation des hydrocarbures imprégnés sur les absorbants (pour rappel, un absorbant imprégné d'un raffiné léger combustible présente le même risque d'incendie que le raffiné lui-même).

Par la suite, selon le degré de pollution des berges et la nature du polluant, les terres en contact avec le polluant pourront être excavées et traitées, selon des techniques particulières.

Pour éviter une atteinte des eaux souterraines, le C.O.S. pourra proposer dès les premières heures d'intervention (c'est-à-dire avant que les effluents liquides n'atteignent les eaux souterraines) la réquisition de moyens de génie civil afin d'excaver dans des délais adaptés, les terres polluées sur les rives du cours d'eau.

En cas d'atteinte des eaux souterraines, le relais sera passé aux moyens non sapeurs-pompiers afin de traiter la zone source et la nappe avec des techniques de dépollution adaptées.

H-6 Modélisation informatique du suivi de polluant le long du cours d'eau (logiciel SPILL : déversements en rivière)

Le logiciel informatique SPILL est un modèle américain permettant de prédire la dispersion des produits chimiques déversés accidentellement dans une rivière (33).

Il donne une estimation des teneurs rencontrées dans l'eau en fonction :

- du volume déversé,
- des caractéristiques du produit,
- des caractéristiques de la rivière.

(se reporter à l'*ANNEXE 5* pour l'utilisation du logiciel)

Il permet notamment de connaître :

- la longueur de rivière polluée,
- la durée de la pollution.

Ces données pourront bien sûr être utiles pour prendre des décisions relatives à l'arrêt du pompage de l'eau pour l'alimentation en eau de boisson ou aux risques pour l'environnement.

SPILL ne donne qu'un ordre de grandeur ; les résultats obtenus doivent être validés par des prélèvements in situ.

↗ la banque de données « produits chimiques »

Deux points importants sont décrits

↘ la modélisation informatique

Prenons **pour exemple** de modélisation comparative, le cas du déversement de 9 000 litres d'essence sans plomb et de 9 000 litres de gazole dans la Briance ; si on prend les caractéristiques suivantes pour cette simulation :

Distance entre le viaduc et le site de pompage	9 km
Largeur moyenne du cours d'eau	11 m
Profondeur moyenne de la rivière	0,80 m
Vitesse moyenne de surface à cette période	0,60 m / s
Température de l'air	20 °C
Température de l'eau	16 °C
Débit du cours d'eau	3,56 m ³ / s
Masse d'hydrocarbures déversée au centre du cours d'eau	6 660 kg pour l'essence sans plomb 7 650 kg pour le gazole

- On obtient pour l'essence sans plomb (produit n° 72) les résultats suivants :

Distance (km)	0,90	1,80	2,70	3,60	4,50	5,40	6,30	7,20	8,10	9,00
Temps (h)	0,42	0,83	1,25	1,67	2,08	2,50	2,92	3,33	3,75	4,17
[C] (mg/L)	129	91,5	74,7	64,7	57,9	52,8	48,9	45,7	43,1	40,9

Avec [C], la concentration en hydrocarbures de l'eau de la rivière.

- Pour le gazole (produit n° 68), on obtient alors :

Distance (km)	0,90	1,80	2,70	3,60	4,50	5,40	6,30	7,20	8,10	9,00
Temps (h)	0,42	0,83	1,25	1,67	2,08	2,50	2,92	3,33	3,75	4,17
[C] (mg/L)	149	105	85,8	74,3	66,5	60,7	56,2	52,5	49,5	47

Avec [C], la concentration en hydrocarbures de l'eau de la rivière.

D'après ces deux tableaux comparatifs, on remarque que les temps d'arrivée des deux polluants étudiés sont identiques entre eux ; quant aux concentrations en hydrocarbures de l'eau de la rivière, elles sont différentes mais néanmoins assez voisines selon la modélisation réalisée.

H-7 Prélèvements pour analyse

Les opérations de prélèvement ont pour objectifs essentiels de déterminer :

- Le type de polluant.
- L'origine de la pollution.
- Ses effets.
- Son étendue et de prévoir, de contrôler son évolution dans le temps et dans l'espace.

En ce qui concerne les prélèvements de la C.M.I.C. pour les laboratoires d'analyse, on a vu précédemment qu'il fallait en réaliser en différents points prédéterminés :

- Un comme témoin, à 50 m environ en amont du point de déversement,
- un au point de pollution du cours d'eau c'est-à-dire au niveau du viaduc de Pierre-Bufferière (D 82 A),
- plusieurs en aval du point de pollution, notamment au niveau du barrage flottant (moulin de Bonaret, amont du pont du Vigen).

Les prélèvements seront effectués dans le courant et hors du courant, sur les berges du cours d'eau en aval du point de déversement, là où une moindre vitesse laisse subsister des traces d'une pollution résiduelle ; ils seront réalisés par écumage du film d'hydrocarbures flottant à la surface de l'eau, dans un flacon d'un litre en verre bouché hermétiquement et rempli au $\frac{3}{4}$.

Les échantillons ainsi prélevés, conservés à l'obscurité, seront apportés à un laboratoire d'analyse agréé le plus rapidement possible ; il est souhaitable que le pollueur soit parfaitement identifié de façon à assumer le coût de ces analyses.

Remarque

Les résultats des analyses effectuées par les sapeurs-pompiers seront à visée opérationnelle et à l'usage du commandant des opérations de secours pour interpréter l'origine et l'évolution de la pollution. En aucun cas, ils ne pourront avoir de valeur légale. Il convient aussi de garder à l'esprit que les sapeurs-pompiers ne sont pas assermentés en matière de prélèvement des eaux ; par conséquent, seuls un O.P.J. (Officier de Police Judiciaire) ou tout autre agent de l'Etat habilité, pourront constater les infractions à la pollution de l'eau (Loi du 3 janvier 1992) (26).

H-8 Fin de l'opération d'antipollution

L'intervention pour les unité d'antipollution du S.D.I.S. 87 se terminera dès lors que la nappe d'hydrocarbures sera entièrement arrêtée par le barrage flottant puis finalement récupérée et que les rives longeant la Briançonne auront vu leur terre souillée, traitée ou excavée.

Les prélèvements de contrôle de l'eau de la Briançonne, qui est une eau brute destinée à la consommation humaine, devront indiquer un retour à la normale pour les taux d'hydrocarbures totaux, c'est-à-dire à une valeur inférieure à 1 mg / L.

Le pompage de cette eau redeviendra alors possible pour une utilisation comme eau brute afin de produire de l'eau potable.

I- Mesures préventives face à ce type d'accidents
et de pollution de site

I-1 Prévention au niveau du transport

I-2 Amélioration de l'infrastructure routière

I-3 Autres améliorations envisageables

On sait que la route représente les trois-quarts du trafic de matières dangereuses ; celui-ci correspond à environ 5% du trafic de toutes les marchandises transportées (13).

Après accident, les matières peuvent, par ruissellement ou infiltration, polluer les rivières et les champs captants.

Les mesures préventives peuvent être de trois natures et concerner:

- le transport des matières dangereuses,
- l'infrastructure autoroutière,
- le plan d'« alerte pollution », qui touche d'autres acteurs comme les sapeurs-pompiers et le distributeur d'eau potable.

I-1 Prévention au niveau du transport

Cette pollution est inhérente aux accidents avec écoulements de produits. Toutes les actions menées pour améliorer la sécurité du transport routier concourent donc à diminuer la pollution de l'eau ou des sols.

Le conducteur est le premier intervenant ; il peut avoir une mallette de première intervention pour la protection de l'environnement, constituée par exemple d'une pelle, d'un balai, de matériau absorbant et d'un récipient collecteur (seulement pour les petites quantités) approprié ; il faut aussi qu'il ait eu une formation pratique. Pour la protection du public et pour éviter le suraccident, la présence de quatre signaux d'avertissement autoporteurs réfléchissants (cônes, triangles, etc.) est maintenant rendue obligatoire (12).

En cas d'épandage, le conducteur doit donner l'alerte rapidement en précisant sa position exacte et la nature du produit transporté. La plupart des sociétés pétrolières ont mis en place un système de remontée rapide des informations sur leur service logistique en cas d'accident, pour faciliter les interventions (camion de repompage), analyser les causes et suivre les statistiques.

Le R.T.M.D.R. (Règlement pour le Transport des Matières Dangereuses par Route) définit des normes de matériels, les règles de conduite, de formation, les obligations du donneur d'ordre et du transporteur. Le transport routier doit satisfaire également aux exigences du Code de la route, du Code du travail, et à celles des textes concernant la protection de l'environnement.

Enumérons un certain nombre de dispositions prises concernant les véhicules, les citernes, la formation,... (34)

Equipement électrique protégé

Limiteur de vitesse

Dispositif anti-emballement

Commandes de sécurité

Pare-flammes

Extincteurs

Freins d'endurance

Système anti-blocage des roues

Soupapes-clapets de fond-vannes-flexibles-protections

Contrôle de véhicules

Formations réglementaires des conducteurs (base-recyclage-extension)

Classification des produits et des risques

Règles de circulation et de stationnement

Procédures d'urgence

...

Les progrès concernant les caractéristiques de résistance des conteneurs aux ruptures des parois sous l'effet de chocs ou de déformations sont tout aussi importants vis-à-vis du risque de pollutions accidentelles : suffisantes, elles permettent d'éviter ou de ralentir la libération de produits dangereux (34).

La majorité des accidents étant dus à une faute de conduite ou à une mauvaise maîtrise du véhicule, il apparaît important de mettre l'accent sur la conduite préventive et l'action sur le comportement du conducteur afin qu'il ne soit jamais face à une situation difficile : la formation du conducteur est donc primordiale.

Tous les acteurs concernés (Administration, constructeurs, équipementiers, transporteurs, chargeurs, organismes de formation) peuvent largement participer à l'amélioration de la sécurité du transport des matières dangereuses.

I-2 L'amélioration de l'infrastructure routière

Des mesures simples peuvent être prises dans ce but (35) :

- limitation de vitesse des poids lourds excédants une certaine charge roulante,
- renforcement de la signalisation de sécurité routière,

et ceci avant le passage des viaducs de Pierre-Buffière.

D'autres mesures de prévention sur ce grand axe routier consisteront à prévoir des cuvettes de rétentions et des déshuileurs aux abords du viaduc avec adjonction d'un système de récupération des eaux le long de la chaussée du viaduc (35).

La pose de glissières pleines fabriquées avec des matériaux renforcés serait également envisageable dans l'objectif de limiter les ruissellements accidentels en contre-bas.

Il sera bien entendu nécessaire de veiller à l'entretien de ces structures de protection complémentaires pour tendre vers une efficacité maximale face à de tels risques.

I-3 Autres améliorations envisageables

Elles touchent en priorité les responsables de l'usine d'A.E.P. de Solignac mais également les sapeurs-pompiers.

La création d'un plan de secours d'urgence destiné à faire face à une pollution accidentelle des eaux de la Briançonnais pourrait éventuellement se réaliser à partir de fiches réflexes de tous les services ou autorités concernés par l'événement et avec une diffusion immédiate de l'alerte aux usagers de la zone polluée.

En effet, à l'opposé des actions menées lors des incendies pour lesquels les sapeurs-pompiers se trouvent être seuls intervenants, la lutte contre la pollution des eaux met en présence de très nombreux acteurs (21) :

- élus,
- représentant de l'Etat,
- pouvoirs publics :
 - Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (D.D.A.S.S.)
 - Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (D.D.A.F.)
 - Direction Départementale de l'Équipement (D.D.E.) et Direction de l'Aménagement du Département (D.A.D.)
 - Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (D.R.I.R.E.)
 - Direction Régionale de l'ENvironnement (D.I.R.EN.)
 - Police, Gendarmerie...
- Exploitants privés et laboratoires agréés...

Il serait aberrant de ne pas en tenir compte d'autant plus que certains de ces services ont pour mission quotidienne le suivi de la qualité des eaux.

Il paraît bien évident que la prévention d'une pollution accidentelle des eaux intérieures passera par une interconnexion entre les pouvoirs publics précités, les grandes entreprises du pétrole et leurs transporteurs, ainsi qu'avec les sapeurs-pompiers spécialisés dans les interventions d'antipollution.

Ainsi, peut-on imaginer avant tout accident sur site potentiel l'élaboration d'un plan d'action, qui a pour but de fixer les procédures opérationnelles à appliquer par l'équipe d'intervention pour une opération déterminée.

Le plan doit être écrit et comporter, au moins, les indications suivantes (25) :

- la description de l'organisation mise en place pour l'intervention,
- la désignation des responsables de l'opération et de leurs remplaçants le cas échéant,
- la définition des procédures de communication,
- le plan des lieux,
- la description des risques liés à l'opération,
- les consignes de sécurité à respecter pendant l'opération,
- la description des procédures de contrôle du personnel,
- la définition des procédures de décontamination,
- la description des tâches à effectuer,
- la description des programmes de mesure de l'eau, de l'air, et des prises d'échantillons...

Si l'opération doit s'étendre sur plusieurs jours, ce plan sera mis à jour chaque soir au cours de débriefings quotidiens en fonction (25) :

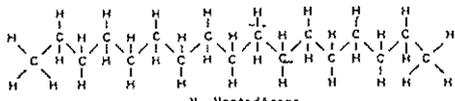
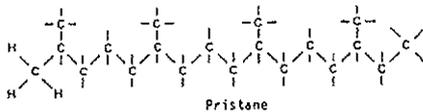
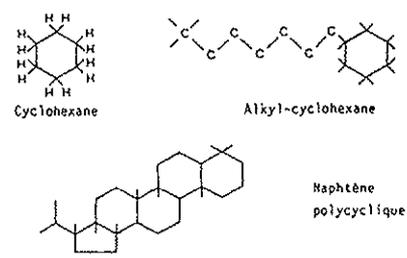
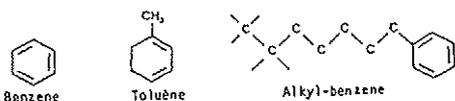
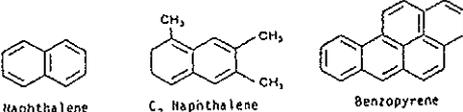
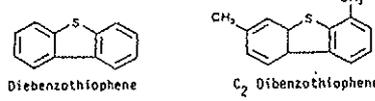
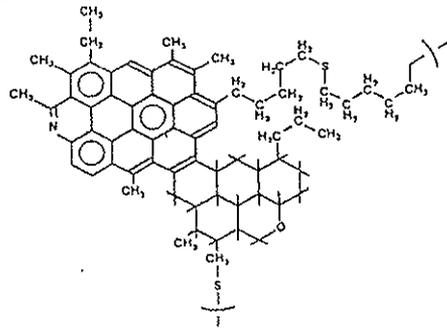
- de l'évolution de la situation,
- de l'évolution des risques,
- de l'exécution du plan.

En conclusion, pour tenter d'éviter une atteinte écologique dans un site à risques où se côtoient autoroute et rivière, fleuve ou même petit cours d'eau qui sont très souvent source d'eau de consommation, il apparaît nécessaire et même primordial de tout mettre en œuvre pour améliorer la sécurité du transport de matières dangereuses.

C'est l'élément essentiel pour prévenir la débauche de formidables moyens matériels et humains, respecter notre patrimoine qu'est l'environnement et préserver la Santé Publique... .

Annexes

Annexe 1 (11)

Classes	Familles	Constituants	Type de molécule
Hydrocarbures saturés	normaux ou linéaires	C, H	 n. Heptadécane
	branchés (iso)	C, H	 Pristane
	Naphtènes ou cycloparaffines	C, H	 Cyclohexane Alkyl-cyclohexane Naphtène polycyclique
Hydrocarbures aromatiques	Monoaromatiques	C, H	 Benzène Toluène Alkyl-benzène
	Polyaromatiques	C, H	 Naphthalene C ₃ Naphthalene Benzopyrene
	Composés soufrés	C, H, S	 Dibenzothiophène C ₂ Dibenzothiophène
Résines	Composés hétérocycliques polaires	C, H, O, S ou N	 Naphtol Dibenzofurane
Asphaltènes	composés hétérocycliques	C, H, O, S ou N, métaux (Ni, V etc...)	 Formule théorique

Différentes familles chimiques d'un hydrocarbure

Annexe 2

Limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinées à la consommation humaine (17)

paramètres organoleptiques :

coloration après fixation dépassant 200 mg / L de platine en référence à l'échelle platine / cobalt.

paramètres en relation avec la structure naturelle des eaux :

- température de l'eau supérieure à 25°C
- pour les substances suivantes, valeurs des concentrations supérieures aux valeurs ci-après :
 - chlorures : 200 mg / L
 - sulfates : 250 mg / L
 - pour les eaux superficielles, pourcentage d'oxygène dissous inférieur à 30 % de la valeur de saturation.

paramètres concernant les substances indésirables :

pour les substances suivantes, valeurs des concentrations supérieures aux valeurs suivantes :

- a) nitrates : 50 mg / L pour les eaux superficielles
- b) ammonium : 4 mg / L
- c) oxydabilité (KMnO_4) en milieu acide : 10 mg / L
- d) phénols (indice phénol) : 0,1 mg / L
- e) agents de surface (réagissant au bleu de méthylène) : 0,5 mg / L

f) hydrocarbures dissous émulsionnés après extraction au tétrachlorure de carbone :

1 mg / L

g) zinc : 5 mg / L

h) baryum : 1 mg / L

paramètres concernant les substances toxiques :

pour les substances suivantes, valeurs des concentrations supérieures aux valeurs ci-après :

a) arsenic : 100 µg / L

b) cadmium : 5 µg / L

c) cyanures : 50 µg / L

d) chrome total : 50 µg / L

e) mercure : 1 µg / L

f) plomb : 50 µg / L

g) sélénium : 10 µg / L

h) pesticides pour le total des trois substances suivantes (parathion, H.C.H., dieldrine) : 5 µg / L

i) hydrocarbures polycycliques aromatiques : 1 µg / L (pour le total des six substances suivantes : fluoranthène, benzo-(3,4)-fluoranthène, benzo-(11,12)-fluoranthène, benzo-(3,4)-pyrène, benzo-(1,12)-pérylène, indéno-(1,2,3-cd)-pyrène)

paramètres microbiologiques :

Eau contenant plus de 20 000 coliformes et plus de 10 000 streptocoques fécaux par 100 millilitres d'eau prélevée.

Annexe 3**Inventaire de la C.M.I.C. 87 (véhicule MASTER) (32)**

CABINE :

- 1 poste émetteur récepteur Alcatel MX 11
- 1 réglette T.M.D.
- 1 carnet de messages
- 1 carnet de bord
- 1 Guide Orange S.P.G. (2 volumes)

CELLULE CENTRALE :

1° rangement sur cabine :

- 1 ensemble super protection chaleur radiante Akvarex Cover
(pantalon – veste : heaume – 1 paire de gants)
- 1 trousse Colmatrouss*

3° rangement penderie :

- 6 combinaisons Trellechm (dont 2 avec équipement radio)
- 6 paires de bottes Trelborg

4° rangement sur supports :

- 6 A.R.I. – FENZY 5500 avec bouteilles
- 6 bouteilles 6 litres 300 bars

7° rangement latéral bas droit :

- 6 rouleaux plastique fluorescent pour balisage
- 1 batterie
- 2 bidons en plastique avec fermeture étanche de 100 litres

8° sur le plancher :

- 1 groupe électrogène GENELEC N° 26267

CELLULE ARRIERE :

- 1 poste radio mobile Motorola 400 Mhz
- 1 mini-station météorologique

1° sur étagère :

- 1 chargeur N° 0220
- 2 modules sur chargeur N° 05774 06067
- 1 Sulfipac Dräger n° 8310460
- 1 appareil de mesure de chlore PAC II N° 68 06292 Dräger
- 1 explosimètre-oxygéno-mètre MX 11 Oldham (40498) + chargeur
(40152)
- 1 détecteur multifonction (CH₄, O₂, CO, HCN) Multiwarn 2 Dräger
- 5 postes portatifs Motorola GP 900 400 Mhz

2° sur tablettes :

- 1 mallette de reconnaissance Dräger
- 1 mallette pour mesure des polluants dans l'eau (type DLE)

3° sur plancher :

- 1 mallette tubes réactifs
- 1 jerrican essence pour GE
- 2 tourets câble électrique
- 1 microscope

4° rangement arrière gauche haut :

- 10 poches prélèvement d'air (plastique avec pompe)
- 1 pompe et 2 poches Téflon (prélèvement gazeux)

5° étagère sous Minitel :

- diverses pipettes, agitateur en verre, poches à eau
- 9 flacons plastiques pour prélèvement (polluant minéral)
- 9 flacons en verre actinique pour prélèvement (polluant organique)
- panier porte-bouteilles pour prélèvement

+ 1 valise documentation :

- 1 document Merck Index
- 1 document Aldrich
- 1 document Sigma
- 1 index phyto-sanitaire 1999
- 1 fiche prélèvement eau
- 1 fiche prélèvement gaz
- 3 tomes Weka
- 2 classeurs fiches toxicologiques INRS

6° rangement arrière droit haut :

- 5 béchers 100 mL
- 2 béchers 50 mL
- 9 tubes à essai
- 1 porte tube à essai
- pissette 250 mL eau distillée
- pissette 250 mL éthanol 95°

6°bis rangement arrière central haut :

- 1 préleveur porte-bouteilles + tube télescopique
- 1 préleveur téflon par aspiration
- 1 préleveur téflon vertical 800 mL + 10 m de câble acier téflonné

9° rangement arrière droit bas :

- 1 cuvette
- 9 flacons en verre incolore pour prélèvement (pesticides)
- 1 sac poubelle

10° rangement arrière gauche :

- 18 piquets de balisage
- 1 massette

RANGEMENT SUR LE TOIT :

- 1 antenne portative
- 1 échelle parisienne
- 1 girouette
- 1 anémomètre

+ VALISE DE RECONNAISSANCE :

- 1 sonde atmosphérique avec rallonge
- 1 pompe avec adaptateur pour sonde
- 1 pompe accuro Dräger 100 cm³
- 1 flacon pour prélèvement 50 mL
- 1 tournevis Tom Pousse
- 1 tournevis 205 – 2,3 x 60
- 1 spatule
- 1 boîte papier pH (0 – 14)
- 2 tests simultanés 81 017 35 - N°I - mars 1999

- 2 tests simultanés 81 017 36 – N°II – mars 1999
- 2 tests simultanés 81 017 70 – N°III – mars 1999
- 1 polytest 28 401 – avril 1999
- 1 brise tubes réactifs
- 1 adaptateur pour tests simultanés
- 2 clefs pour fermeture mallette.

+ VALISE D'IDENTIFICATION :

10	Tubes acétate d'éthyle 200 / a		Avril 1999
10	Tubes acétone 100 / b		Juin 1999
10	Tubes acide chlorhydrique 1 / a		Mai 1999
10	Tubes acide cyanhydrique 2 / a		Avril 1999
10	Tubes acide fluorhydrique 1,5 / b		Avril 1999
10	Tubes acide formique 1/ a		Avril 1999
10	Tubes acide nitrique 1/a		Avril 1999
10	Tubes alcool 100 / a		Avril 1999
10	Tubes aldéhyde formique 0,2 / a		Mai 1999
9	Tubes ammoniac 5 / a		Juin 1999
10	Tubes anhydride carbonique 0,1% a		Juin 1999
10	Tubes anhydride sulfureux 1 / a		Avril 1999
10	Tubes arsenic		Juin 1999
10	Tubes benzène		Avril 1999
10	Tubes bromure de méthyle 5 b		Avril 1999
10	Tubes chloroforme 2 / a		Avril 1999

10	Tubes chlorure de cyanogène 0,25 / a		Avril 1999
10	Tubes chlorure de vinyle 1/ a		Avril 1999
10	Tubes ester phosphorique (soman) 0,05 / a		Avril 1999
10	Tubes hydrazine 0,25 / a		Avril 1999
10	Tubes hydrocarbures 0,01% / b		Mai 1999
9	Tubes hydrocarbures d'essences 10 / a		Juin 1999
10	Tubes hydrogène sulfuré 0,2 / a		Juin 1999
10	Tubes oxyde de carbone 10 / b		Mai 1999
10	Tubes perchloréthylène 2 / a		Juin 1999
10	Tubes phénol 1 / b		Juin 1999
10	Tubes phosgène 0,25 / b		Juin 1999
10	Tubes sulfure de carbone 30 / a		Avril 1999
10	Tubes trichloréthylène 2 / a		Juin 1999
10	Tubes vapeurs nitreuses 2 / a		1999
10	Tubes test acides		Avril 1999
10	Tubes test amines		Avril 1999
10	Tubes tétrachlorure de carbone 5 / c		Juin 1999
10	Tubes activation formaldéhyde		Juin 1999
10	Tubes thioéther (ypérite)		Avril 1999
9	Tubes toluène 5 / b		Juin 1999
10	Tubes charbon actif type G		Avril 1999

10	Tubes charbon actif type B		Avril 1999
10	Tubes silicagel type B		Avril 1999
10	Tubes silicagel type G		Avril 1999
1	Boite tubes réactif charbon actif type (NIOSH) + bouchon plastique		
1	Boite tubes réactif silicagel type (NIOSH) + bouchon plastique		
1	Livre de poche concernant les tubes réactifs Dräger		
1	Documentation concernant les tubes réactifs		
1	Flacon extran AP13 pour DLE (tensioactif)		

+ VALISE DLE :

- 1 pompe détectrice gaz Dräger modèle 31
- rapports de mesure
- 1 stylo
- 1 calculette de poche
- 1 thermomètre
- 1 flacon laveur de gaz
- 1 sachet pièces détachées
- 1 gobelet gradué 250 mL
- 20 tubes adaptateurs au charbon (juillet 1999)

- 1 coupe tube
- 1 notice d'utilisation
- 1 tournevis
- 1 compteur pour pompe détectrice

Annexe 4

Inventaire de la berce antipollution (32)

PARC N° 51

1 CLASSEUR comprenant :

- 1 notice d'entretien Skimmer
- 1 notice d'entretien barrage flottant
- 1 inventaire de la berce antipollution

COTE GAUCHE

	A	E	H	K	
Avant	B	F	I	L	
	C				Arrière
	D	G	J	M	

ETAGERE B :

- 4 tuyaux de refoulement diam. 100 mm de 20 m pour Skimmer
- 2 tuyaux de refoulement diam. 70 de 20 m pour hydrocarbures
- 1 boîte de colliers Serflex diam. 100 mm
- 1 crépine diam. 70
- 2 raccords de réduction diam. 70 x 50 (pétrolier)
- 1 raccord de réduction diam. 100 x 80 (pétrolier)

ETAGERE C :

- 3 pioches
- 1 hache
- 1 masse 5 kg
- 1 pelle de charbonnier
- 1 pelle US
- 5 pelles rondes
- 1 pelle carrée
- 3 bigots
- 3 fourches

ETAGERE D :

- 3 balais de cantonnier
- 7 flotteurs P.M.
- 1 flotteur G.M.
- 1 Skimmer à moteur thermique 4 CV.
- 1 pompe manuelle type Jappy
- 9 pieux d'ancrage

ETAGERE E :

- 4 x 100 feuilles Pollu Sorb F1 (0,43 x 0,48 m)

ETAGERE F :

- 1 réservoir souple pour récupération 3 m³ avec demi raccord diam. 70 en entrée et sortie à vanne et raccord de réduction 100 / 70
- 1 housse couleur verte pour réservoir souple.

ETAGERE G :

- 1 pompe hydraulique anti-déflagrante à turbine pour pompage des hydrocarbures
- 1 piquet de mise à la terre
- 2 réservoirs souples pour récupération hydrocarbures 3 m³ avec demi raccord diam. 70 entrée et sortie à vanne avec sac de rangement
- 1 tuyau d'aspiration de 2 m diam. 70 avec crépine
- 1 tuyau d'aspiration de 2 m diam. 70

ETAGERE H :

- 29 sacs de produit « absorbant eau » (déversement hydrocarbures)
Oclansorb (13 litres)

ETAGERE I :

- 5 caisses plomb de lestage pour barrage
- 6 pieux pour barrage
- 3 masses de 4 kg

ETAGERE J :

- 3 bidons de 100 litres pour récupération
- 2 bidons de 50 litres pour récupération
- 4 seaux de 20 litres en plastique

ETAGERE K :

- 5 poubelles (100 litres) avec couvercle
- 2 barils « absorbant eau » solidifiant Pollu Solid RTP50LBB

ETAGERE L :

- 1 réservoir souple noir pour récupération, 10 m³ sans vanne

ETAGERE M :

- 5 sacs de produit « absorbant sol »
- 8 barils de produit « absorbant sol »

CELLULE CENTRALE

- 120 mètres de barrage type « OK Corral » jupe de 30 cm diam.
15 cm de flotteur
- 1 connecteur en T pour assemblage des éléments du barrage
- 1 brouette
- 5 épuisettes (havenets de 70 cm)
- 1 pieu d'ancrage grand modèle
- 1 pince grand modèle

COTE DROIT :

	N				R				V		
	1	2	3	4					23		
	O				S				W		
Arrière	5	6	7	8	16	17	18	19		Y	Z
	P				T						
	9	10	11	12							
	Q				U						
	13	14	15		20	21	22		X		
											Avant

ETAGERE N :CAISSE N°2

- 2 cordages 16 mm en nylon de 20 m avec anneau et mousqueton
- 2 commandes 8 mm en nylon de 20 m

CAISSE N°4

- 6 serpillières
- 7 serpillières pour hydrocarbures

ETAGERE R :

- 11 sacs de produit « absorbant eau » Oclansorb (44 litres)

CAISSE N°15 (matériel en bronze) (total 43)

- 1 pelle de terrassier emmanchée
- 1 pioche de terrassier emmanchée
- 1 burin de 305 x 21
- 1 chasse goupille-pointe 6 mm LG 150
- 1 clé à débonder les fûts
- 1 pince multiprise de 50 mm
- 1 massette forme barille de 53 mm
- 1 grattoir d'aire emmanché l=12 cm
- 1 grattoir coudé
- 1 clé tricoise pour tuyaux de 50 – 70 et 100 mm
- 1 clé tricoise pour tuyaux de 50 et 70 mm
- 1 clé à molette de 43
- clés mixtes de 16 à 46 mm
- clés à fourche

ETAGERE U :CAISSE N°20

- 29 fiches d'ancrage

CAISSE N°21

- 4 herses avec manille pour point d'ancrage
- 4 systèmes d'assemblage pour barrage flottant
- 2 manilles

ETAGERE X :

- 1 pompe flottante « Aquafast » 45 m³ moteur thermique

ETAGERE Y :

- 5 coussins obturateur de conduite : 50 / 80 cm – 30 / 50 cm
– 19 / cm – 9 / cm – 7 / 15 cm
- 1 Douche Autonome Portable pour neutraliser les brûlures par acide
ou base
- 4 lave-œil individuels stériles
- 1 bi-bouteilles de plongée 2 x 8 litres
- 6 paires de cuissardes
- 4 waders

Annexe 5

Logiciel SPILL : déversements en rivière (33)

COMMENT TROUVER LES CARACTERISTIQUES D'UN PRODUIT CHIMIQUE ?

Deux types de produits chimiques s'offrent à vous :

- Les produits chimiques **industriels** (lettre majuscule « **I** »).
- Les produits chimiques **agricoles** (lettre majuscule « **A** »).
- Choisir le type de produit chimique (la liste n'apparaît pas à ce moment) en tapant « **I** » ou « **A** ».
- Choisir « **list of chemicals by common name** » pour voir apparaître la liste de produits chimiques choisie, classés par ordre alphabétique de leurs noms courants.
- Chercher le nom du produit chimique voulu. Pour se déplacer dans la liste utiliser les flèches [↑] [↓].
- Le produit trouvé, **NOTER son numéro de registre**.
- Quitter la liste en allant jusqu'à la fin de la liste à l'aide de la flèche [↓].

L'écran revient sur le « **Main Menu** ».

Pour visualiser les propriétés du produit retenu :

- Choisir « **Search for a specific chemical – choice 5** ».
- Si l'on connaît le code danger du produit, le rentrer : les caractéristiques physiques et toxicologiques du produit apparaissent.
- Sinon taper [Entrée], puis entrer le numéro de registre déterminé auparavant, puis à nouveau [Entrée].

Parmi la liste de nombreuses données, **NOTER** les plus importantes (cf. tableau ci-après), la valeur la plus importante étant celle de la concentration dans les eaux de boisson.

- Pour lire toutes les données, se servir des touches [↓] [↑].
- Répondre N à la question « **Hard Copy (Y / N) ?** ».
- Répondre à la question « **Une autre recherche (Y / N) ?** »

Si oui (Y), l'écran revient à « **Search for a chemical** »

Si non (N), l'écran revient au « **Main Menu** »

Le tableau suivant donne les explications de toutes les propriétés utiles à connaître, ainsi que la relation entre les valeurs des paramètres et les données opérationnelles.

POLLUTION EN RIVIERE : MARCHE A SUIVRE

- Choisir « **Rivers –Choice 6** ».

Si l'on connaît les caractéristiques de la rivière, choisir le choix n°5, sinon aller directement au paragraphe suivant.

SI VOUS CONNAISSEZ LES CARACTERISTIQUES DE LA RIVIERE

- Choisir « **Site Specific Values – Choice 5** »
- Entrer le nom de la rivière
- Entrer au moins 3 des 4 valeurs suivantes :

* **profondeur ;**

***vitesse de surface (en m / s) ;**

***débit (en m³ / s) ;**

***largeur (en m).**

- Si l'on connaît les valeurs suivantes, les rentrer. Sinon taper « 0 ».
 - * **vitesse de frottement (en m / s) [= 0,1 x vitesse surface, en approximation] ;**
 - * **dispersion (longueur) (en m² / s) ;**
 - * **dispersion (largeur) (en m² / s) ;**
 - * **distance de mélange (en m).**
- Effectuer les opérations du paragraphe suivant, excepté la première instruction.

SI VOUS VOUS CONTENTEZ DE DONNEES APPROXIMATIVES (en l'absence de données précises)

- Choisir le type de rivière dans laquelle a lieu le déversement :
 - **petite rivière (choix 1) ;**
 - **rivière moyenne (choix 2) ;**
 - **grande rivière (choix 3) ;**
 - **très grande rivière (choix 4).**

Vous pouvez vous aider dans votre choix du tableau suivant :

Type de rivière	Largeur (m)	Profondeur (m)	Vitesse de surface (m / s)	Débit (m ³ / s)
Petite rivière	28	1	0,5	14
Rivière moyenne	56	2	0,5	56
Grande rivière	400	9	0,5	1800
Très grande rivière	756	10	0,9	6800

Il faudrait choisir le type de rivière qui se rapproche le plus de votre cas.

- le type de rivière entré, l'ordinateur affiche un tableau demandant les caractéristiques du site ; vous devez donner :

- la température de l'air (en °C) entre 0 et 35 °C ;
- la température de l'eau (en °C) entre 0 et 35 °C ;
- l'épaisseur de la couverture de glace (% de la profondeur) ; absence de glace = 0 et rivière totalement glacée = 1) ;
- vitesse du vent (m / s) ; 2 m / s par défaut ;
- la position du déversement.

→ sur le côté de la rivière : répondre S

→ au centre de la rivière : répondre C

Taper les valeurs approximatives ; cela n'influe guère dans la modélisation.

Donner ensuite :

- le nom du produit déversé puis son numéro de registre (il est possible d'entrer le numéro seul)
- la masse du produit déversé (en kg)

- la fraction dissoute dans l'eau – elle peut se déduire de la solubilité notée auparavant par le tableau suivant :

Classe	Solubilité (ppm)	Fraction
Insoluble	$< 10^3$	0,05
Faiblement soluble	10^3 à $5 \cdot 10^4$	0,2
Moyennement soluble	$5 \cdot 10^4$ à $5 \cdot 10^5$	0,5
Très soluble	$5 \cdot 10^5$ à 10^6	0,8
Miscible	$> 10^6$	1

1 ppm = 1 mg / L = 0,1 mg / 100 mL

Ces données fournies, l'écran affiche le tableau « **OPTIONS** ».

RESULTATS – EXPLOITATION

- Choisir « **Summary of River – Choice 1** »

L'écran affiche :

- les données caractéristiques de la rivière ;
- les conditions de déversement ;
- les propriétés du produit chimique (Vérifier la concordance des résultats concernant les propriétés. Si besoin, il faudra changer certaines données fournies auparavant (notamment la fraction dissoute dans l'eau, en fonction de la solubilité)).

Répondre « N » à la question « **Hard Copy Y / N** ».

On revient au tableau « **OPTIONS** ».

- Choisir « **Concentration Profile with Distance – Choice 3** »

C'est le résultat recherché qu'il faudra communiquer à votre correspondant.

- Entrer la distance maximum en aval du point d'émission. Cette distance doit être comprise entre 0,1 et 500 km (inclus).

L'écran affiche alors les valeurs des concentrations en fonction de la distance parcourue par le polluant.

Remarque

Notons que la distance maximum en aval entrée auparavant est découpée en intervalles réguliers de distance. Par exemple une distance de 100 km est découpée de 10 en 10 km.

Pour chaque distance ainsi déterminée sont donnés :

- le nombre d'heures écoulées depuis le début du déversement,
 - la concentration en produit chimique présente dans l'eau,
 - noter ces valeurs.
- **Comparer les valeurs de concentration avec la concentration maximum acceptable dans les eaux de boisson (par exemple, pour les H.P.A. : 0,2 µg / L). On en déduit la distance en aval sur laquelle un pompage d'eau de boisson est déconseillé ; signaler à l'interlocuteur qu'il ne s'agit que d'un ordre de grandeur et qu'il faudra suivre la tête et la queue de la nappe par des prélèvements.**
- Appuyer sur n'importe quelle touche,
 - **le graphique concentration (mg / l) = f (distance (km)) apparaît,**
 - afin de mieux cerner la distance avale dangereuse, appuyer sur F4,
 - donner une nouvelle distance,
 - reprendre les mêmes opérations,
 - recommencer autant de fois qu'il est nécessaire en changeant de distance,
 - pour revenir au « **Main Menu** », appuyer sur F10.

AIDE A LA LECTURE DU TABLEAU DE DONNEES CARACTERISTIQUES D'UN PRODUIT CHIMIQUE

(Choice 5 : search for a specific chemical)

Propriété	Paramètre caractéristique	Définition du paramètre	Interprétation
Solubilité	Solubilité (mg / L) « water solubility »	Quantité de produit dissous dans l'eau	<u>Solide</u> : >1% (10 000 mg / L) : soluble en quelques minutes <u>Liquide</u> : >1% (1 000 mg / L) : idem
Evaporation	Pression de vapeur (Pv) (atm) « vapor pressure »	Pression de la vapeur en équilibre avec la phase liquide à une température donnée. Elle traduit l'aptitude du produit à s'évaporer.	-Pv > 1 atm : le liquide s'évapore en quelques minutes -0,03 < Pv < 1 atm : s'évapore en moins d'une heure -0,003 < Pv < 0,03 : s'évapore en quelques heures -Pv < 0,003 : ne s'évapore pratiquement pas
Flottabilité	Densité « specific gravity »	Rapport de la masse volumique du produit avec celle de l'eau	-d < 1 : le produit flotte -d > 1 : le produit coule

Inflammabilité	Point éclair (°C) « flash point »	Température minimale à partir de laquelle les vapeurs d'une substance volatile s'enflamment dans l'air au contact d'une flamme	-< 63 °C : le produit est considéré comme inflammable -plus il est bas (même négatif) plus le produit est inflammable
Bio-accumulation	Log Kow	Kow : coefficient de partage octanol / eau. Exprime l'aptitude du produit chimique à se fixer sur les matières particulaires en suspension et caractérise sa bioaccumulation dans les organismes	-log Kow < 3 : non bioaccumulable -3 < log Kow < 4 : bioaccumulable pendant une semaine -log Kow > 4 : bioaccumulable
Dégradabilité	DBO « 20 day BOD »	Temps nécessaire pour que la moitié du produit se dégrade dans l'environnement	Un produit dégradabile a une DBO ₂₀ de 100 %
Nuisances olfactives	Niveau d'odeur « odor threshold »	Niveau d'odeur détecté dans l'air à partir de la concentration présente dans l'eau à (60 °C)	C'est le seuil d'odeur, mais à 60 °C
Toxicité	Doses létales « 96 fish LC50 »	Doses létales pour les poissons pour une exposition de 48 heures	< 1 mg / L = très toxique 1-10 mg / L = modérément toxique 10-100 mg / L = légèrement toxique

Toxicité	Risques cancérogènes « carcinogen »	Evaluation des risques insidieux provoqués par le polluant	- Pour les animaux - Pour les hommes
Toxicité	Concentration dans les eaux de boisson « safe level / drinking water »	Concentration tolérable maximum dans les eaux de boisson pendant 2 semaines	Si la concentration dépasse cette valeur, le pompage d'eau en tant qu'eau de boisson est déconseillé

Bibliographie

1. Décret Freycinet du 29 décembre 1875 relatif à l'origine de la réglementation des corps civils de sapeurs-pompiers. Paris : éditions du J.O. ; 1876.
2. Loi n° 96-369 du 3 mai 1996 relative aux services d'incendie et de secours. Paris : éditions du J.O. ; 4 mai 1996.
3. Décret n° 97-1225 du 26 décembre 1997 relatif à l'organisation des services d'incendie et de secours. Paris : éditions du J.O. ; 28 décembre 1997.
4. Décret n° 88-623 du 6 mai 1988 relatif à l'organisation générale des services d'incendie et de secours. Paris : éditions du J.O. ; 8 mai 1988.
5. Décret n° 67-168 du 1^{er} mars 1967 modifiant et complétant les articles 46 et 47 du règlement d'administration publique du 7 mars 1953 relatif au service de santé et des secours médicaux des corps de sapeurs-pompiers. Paris : éditions du J.O. ; 1967
6. Ministère de l'Intérieur. 1975 ; Circulaire ministérielle n°181 du 31 mars 1967 et n°141 du 17 mars 1975.
7. Société Française des pétroles British Petroleum ; Brochure d'information technique sur la raffinerie pétrolière. Lavéra (dans la région de Martigues) : S.F. BP.
8. Arrêté du 24 janvier 1994 concernant les spécifications du supercarburant sans plomb (feuille CSR 04 bis-G de septembre 1997). Paris : éditions du J.O. ; 19 février 1994.

9. Arrêté du 28 août 1997 concernant les spécifications du gazole (feuille CSR 09-V de septembre 1997). Paris : éditions du J.O. ; 5 septembre 1997.
10. Arrêté du 9 août 1994 concernant les spécifications du fioul domestique (feuille CSR 10-Q d'octobre 1995). Paris : éditions du J.O. ; 20 août 1994.
11. Guide sur les propriétés des produits raffinés (rapport R.96 20.C). C.E.D.R.E. (Centre de documentation de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux) et I.F.P. (Institut Français du Pétrole) ; mai 1996.
12. « Les accidents de transport de marchandises dangereuses par voie routière et ferroviaire en France – bilan 1996 ». Direction des transports terrestres – Mission des transports des matières dangereuses ; septembre 1997.
13. Arrêté du 5 décembre 1996 relatif au T.M.D. par route (dit A.D.R.) - 2 tomes. Paris : éditions du J.O. ; 1997.
14. « Fuite de fioul à Limoges ». Le Populaire du Centre ; samedi 27 juin 1998.
15. « Mississippi, un dépassement qui coûte cher ». Lettre du C.E.D.R.E. n°38 ; juillet 98.
16. S.P.S.E. (Société du Pipeline Sud Européen) : « Protection des eaux et des sols contre les conséquences d'un déversement de pétrole brut ou de naphta ». Editions I.F.P. ; septembre 1992.

17. Décret n° 91-257 du 7 mars 1991 relatif aux dispositions concernant les eaux douces superficielles utilisées ou destinées à être utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine. Paris : éditions du J.O. ; 1991.
18. R.H. Dreisbach : « Abrégé de toxicologie clinique ». Padoue : éditions PICCIN ; 1997.
19. « The evaluation of the hazards of harmful substances carried by ships ». Reports and studies n°35 - revision of GESAMP reports and studies n°17 (édition revue et corrigée).
20. « La pollution et notre santé ». Actualités pharmaceutiques n°363 ; avril 1998.
21. « Guide d'intervention face au risque chimique ». Fédération Nationale des Sapeurs-Pompiers ; septembre 1992.
22. Lyman MJ, Reehl WF, Rosenblatt DH : « Handbook of chemical property estimation methods Environmental behavior of organic compounds ». Editions Mc Graw-Hill Book Company ; 1982.
23. Brochures et fiches techniques mises à jour concernant le matériel commercialisé par les sociétés suivantes dans le cadre de la lutte contre la pollution de cours d'eau par hydrocarbures et produits chimiques : AERAZUR, ALPHA S.A.R.L., ELF ATOCHEM, GAMLEN INDUSTRIES S.A., HALECO, SCHOELLER & HOESCH, Techniques Michel Brochier, 3M France.

24. « T.E.E.S., équipements d'intervention et matériels de lutte contre les pollutions ». Trans Europe Enviro Services France. Documentation technique mise à jour concernant le matériel commercialisé dans le cadre de la lutte contre la pollution de cours d'eau par hydrocarbures et produits chimiques.
25. 101^{ème} Congrès National des Sapeurs-Pompiers Français (Brest, 22, 23, et 24 septembre 1994) – « Conférences et communications, groupe des risques naturels et technologiques » suite à la journée à thème « pollution des eaux » des 22, 23, et 24 septembre 1994. Brest : Fédération Nationale des Sapeurs-Pompiers ; 1994.
26. Loi sur l'eau du 3 janvier 1992. Paris : éditions du J.O. ; 1992.
27. Arrêté du 18 octobre 1997 portant agrément des laboratoires pour exécuter certains types d'analyses des eaux et sédiments en 1998. Paris : éditions du J.O. ; 1997.
28. Arrêté du 18 avril 1996 portant sur les méthodes de mesure de référence et normes d'analyse des eaux. Paris : éditions du J.O. ; 1996.
29. « Mesure de substances nocives dans les échantillons liquides ». Documentation technique concernant le kit de mesure DLE de Dräger. Dräger ; 1994.
30. S.D.A.C.R. 87 (Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques). S.D.I.S. de la Haute-Vienne ; 1998.

31. « Etude de la qualité des eaux de la Briance et de ses affluents – mai à août 1994 ». Direction régionale de l'environnement – Service de l'eau et des milieux aquatiques ; 1994.
32. Inventaire de la C.M.I.C. 87 et de la berce antipollution 87. Limoges : Pharmacien-Commandant Moesch – Lieutenant Soulier (S.D.I.S. 87) ; février 1999.
33. Manuel d'utilisation du logiciel SPILL – déversements en rivière (C.E.D.R.E. – Brest).
34. « La prévention et les risques liés aux transports – suite à la journée annuelle AFTP / CEP & M-COPREP ». Pétrole et techniques n°401 ; mai 1996.
35. « Les pollutions accidentelles des eaux continentales ». Documentation technique F.N.D.A.E. (Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau). Ministère de l'Agriculture et de la Pêche – Direction de l'espace rural et de la forêt, hors-série n°9.

Table des matières

Remerciements

Plan	7
Avant-propos	13
<u>A- Les missions du sapeur-pompier</u>	
<u>A-1 La Loi de 1996 et le décret du 26 décembre 1997</u>	15
<u>A-2 Le rôle du pharmacien sapeur-pompier</u>	17
<u>A-2-1 Selon la Loi</u>	17
<u>A-2-2 Le rôle particulier du pharmacien sapeur-pompier dans la C.M.I.C.</u> <u>(Cellule Mobile d'Intervention Chimique)</u>	20
<u>B- Les hydrocarbures</u>	
<u>B-1 Schéma de raffinage</u>	23
<u>B-2 Données physico-chimiques</u>	25
<u>B-1-1 L'essence sans plomb</u>	25
<u>B-1-2 Le gazole</u>	26
<u>B-1-3 Le fioul domestique</u>	27
<u>B-3 Additifs</u>	29
<u>B-3-1 Cas des supercarburants</u>	29
<u>B-3-2 Cas du gazole</u>	30
<u>B-4 Dangers physico-chimiques</u>	31

<u>B-5 La Réglementation du Transport de Matières Dangereuses par Route</u>	31
<u>B-5-1 La législation en vigueur – signalisation et étiquetage des véhicules et conteneurs</u>	32
<u>B-5-2 Approche générale des accidents de T.M.D. en France</u>	35
<u>C- Pollution des eaux par les hydrocarbures</u>	
<u>C-1 Impact sur l'environnement</u>	43
<u>C-1-1 Propriétés physico-chimiques d'un produit raffiné gouvernant son impact sur l'environnement</u>	45
<u>C-1-1-1 Volatilité</u>	45
<u>C-1-1-2 Solubilité</u>	47
<u>C-1-1-3 Emulsification</u>	50
<u>C-1-1-4 Dispersion</u>	51
<u>C-1-1-5 Viscosité</u>	52
<u>C-1-1-6 Biodégradabilité</u>	53
<u>C-1-1-6-1 Dégradation des alcanes</u>	54
<u>C-1-1-6-2 Dégradation des aromatiques</u>	54
<u>C-1-2 Ecotoxicité des produits pétroliers</u>	56
<u>C-2 Effets sur l'homme</u>	58
<u>C-2-1 Dangers pour la santé</u>	59
<u>C-2-1-1 Le supercarburant sans plomb</u>	59
<u>C-2-1-1-1 Inhalation ou ingestion</u>	59
<u>C-2-1-1-2 Contact avec les yeux</u>	60
<u>C-2-1-1-3 Contact avec la peau</u>	60
<u>C-4-1-1-4 Exposition chronique éventuelle</u>	61

<u>C-2-1-2 Le gazole et le fioul domestique</u>	61
<u>C-2-1-2-1 Inhalation ou ingestion</u>	61
<u>C-2-1-2-2 Contact avec les yeux et la peau</u>	62
<u>C-2-1-2-4 Exposition chronique éventuelle</u>	62
<u>C-2-1-3 Traitement médico-thérapeutique</u>	62
<u>C-2-2 Etude de la bioaccumulation et de la toxicité d'un hydrocarbure</u>	63
<u>C-2-2-1 Calcul de la bioaccumulation par le log Kow</u>	64
<u>C-2-2-2 Estimation de la toxicité directe ou dose létale 50</u>	65

D- Les moyens de lutte des sapeurs-pompiers

<u>D-1 Eléments d'hydraulique appliquée</u>	70
<u>D-1-1 Ecoulements laminaires, turbulents</u>	70
<u>D-1-2 Ecoulements permanents, non permanents</u>	71
<u>D-1-3 Ecoulements uniformes, non uniformes</u>	71
<u>D-2 Caractéristiques physiques des produits pétroliers raffinés à retenir pour une lutte antipollution</u>	72
<u>D-2-1 Masse volumique et la densité</u>	72
<u>D-2-2 Viscosité</u>	73
<u>D-2-3 Point d'écoulement</u>	74
<u>D-2-4 Pression de vapeur</u>	74
<u>D-2-5 Température d'autoinflammation</u>	75
<u>D-2-6 Point éclair</u>	75

<u>D-2-7 Comment se présentent les nappes d'hydrocarbures à la surface d'un cours d'eau</u>	76
<u>D-2-7-1 Cas d'un produit raffiné léger (essence sans plomb)</u>	76
<u>D-2-7-2 Cas d'un produit raffiné lourd (fioul domestique ou gazole)</u>	76
<u>D-3 Les moyens matériels d'antipollution à la disposition des sapeurs-pompiers</u>	77
<u>D-3-1 Les barrages</u>	78
<u>D-3-1-1 Les barrages (souples ou rigides) à jupe</u>	79
<u>D-3-1-1-1 Souples</u>	79
<u>D-3-1-1-2 Rigides</u>	80
<u>D-3-1-2 Les barrages absorbants avec jupe</u>	81
<u>D-3-2 Les absorbants</u>	84
<u>D-3-2-1 Les absorbants chimiques d'origine synthétique</u>	85
<u>D-3-2-2 Les absorbants chimiques semi-synthétiques</u>	88
<u>D-3-3 Les dispersants</u>	89
<u>D-3-4 Le pompage</u>	92
<u>D-3-4-1 Le Skimmer</u>	92
<u>D-3-4-2 Ecrèmeurs à brosses rotatives ou disques oléophiles</u>	93
<u>D-3-5 Matériels annexes</u>	95
<u>E- Conduite à tenir face à une pollution d'un cours d'eau</u>	
<u>E-1 Modalités interventionnelles</u>	97
<u>E-2 Prélèvements</u>	102
<u>E-2-1 Equipement du personnel</u>	102
<u>E-2-2 Techniques de prélèvement</u>	103

<u>E-2-3 Caractéristiques de la fiche de prélèvement</u>	105
<u>E-2-4 Stockage et préservation</u>	107
<u>E-3 Les moyens d'analyse</u>	111
<u>E-3-1 Laboratoires agréés</u>	111
<u>E-3-2 Malette DLE</u>	114
<u>E-3-3 Oxymètre</u>	117
<u>E-4 Suivi d'une pollution le long d'un cours d'eau</u>	119
<u>E-4-1 Largeur au miroir</u>	120
<u>E-4-2 Profondeur moyenne</u>	121
<u>E-4-3 Section mouillée</u>	121
<u>E-4-4 Vitesse du courant</u>	122
<u>E-4-5 Débit du courant</u>	123
<u>E-4-6 Temps d'arrivée d'un polluant en un point</u>	124
<u>E-4-7 Temps de passage de la pollution en un point</u>	126
<u>F- Récupération finale des polluants et retraitement</u>	128
<u>G- Présentation du site de la Briance au niveau du viaduc de Pierre-Buffière (autoroute A 20)</u>	
<u>G-1 La Briance</u>	131
<u>G-1-1 Caractéristiques physiques et géographiques</u>	131
<u>G-1-2 Géologie</u>	133
<u>G-1-3 Climatologie</u>	134
<u>G-1-4 Hydrologie</u>	134

<u>G-1-5 Population et activités potentiellement polluantes</u>	135
<u>G-1-6 Usages de l'eau</u>	136
<u>G-2 Le viaduc de la Briance</u>	137
<u>G-3 L'usine d'A.E.P. de Solignac</u>	139

H- Simulation d'un accident de poids lourd transportant des hydrocarbures sur

l'autoroute A 20 au niveau du viaduc de la Briance

<u>H-1 Scénario de l'accident autoroutier</u>	143
<u>H-2 Déclenchement de l'alerte et arrivée des secours sur les lieux</u>	145
<u>H-3 Etude des sites possibles pour une intervention antipollution avec pose de barrage flottant</u>	154
<u>H-3-1 Le moulin de Richebourg</u>	154
<u>H-3-2 Le moulin de Bonaret</u>	156
<u>H-3-3 En amont de la prise d'eau du Vigen</u>	159
<u>H-4 Pose du barrage flottant</u>	160
<u>H-5 Opérations d'antipollution</u>	163
<u>H-6 Modélisation informatique du suivi du polluant le long du cours d'eau (logiciel SPILL)</u>	165
<u>H-7 Prélèvements pour analyses</u>	168
<u>H-8 Fin de l'opération d'antipollution</u>	169

I- Mesures préventives face à ce type d'accidents et de pollution de site

<u>I-1 Prévention au niveau du transport</u>	171
<u>I-2 Amélioration de l'infrastructure routière</u>	173
<u>I-3 Autres améliorations envisageables</u>	174

Annexes

Annexe 1	179
Annexe 2	180
Annexe 3	182
Annexe 4	190
Annexe 5	197

Bibliographie

208

Table des matières

214

SERMENT DE GALIEN

Je jure en présence de mes Maîtres de la Faculté et de mes condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.

D'exercer, dans l'intérêt de la Santé Publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.

De ne jamais oublier ma responsabilité, mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères, si j'y manque.

BON A IMPRIMER N° 14

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu, le Doyen de la Faculté

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ

BONNET François – **Pollution accidentelle de la Briance par hydrocarbures ; moyens opérationnels de lutte des sapeurs-pompiers** – 222 f. ; ill. ; tabl. ; 30 cm (*Thèse : Pharm ; Limoges ; 1999*).

Résumé :

Les pollutions accidentelles de cours d'eau par déversement d'hydrocarbures sont de plus en plus fréquentes en France de par l'importance croissante du trafic routier de matières dangereuses.

Le pharmacien sapeur-pompier peut avoir un rôle particulier dans ce type d'opération ; intégré à la Cellule Mobile d'Intervention Chimique (C.M.I.C.), il participe à la gestion de l'intervention sur le terrain avec la cellule antipollution du Service Départemental d'Incendie et de Secours.

Une simulation d'accident sur l'autoroute A 20 au niveau du viaduc de la Briance, affluent de la Vienne, d'un camion qui transporte 30 000 litres d'essence sans plomb, de gazole ou de fioul domestique est réalisée. Ce scénario permet d'appréhender concrètement sur site la gestion de l'intervention à l'aide de la C.M.I.C. 87 et de la berce antipollution : estimation de la cinétique du flux de polluants et pose de barrages flottants en deux sites précis de la Briance.

Mots clés :

- Accident
- Briance
- Hydrocarbures
- Pharmacien
- Sapeurs-pompiers

Jury :

Président : Monsieur C. MOESCH, Professeur d'Hygiène-Hydrologie-Environnement.

Juge : Mademoiselle D. CLEDAT, Maître de Conférences.

Juge : Monsieur le Lieutenant-Colonel J.F. ROCHE, D.D.S.I.S.