



Les HAP dans les enrobés bitumineux

Club EER Aquitaine Poitou-Charentes - 2 juillet 2015

Laurent MORICEAU – DterSO/DLB/GIT





Les HAP dans les enrobés bitumineux

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) peuvent provenir de la présence :

- de goudron (résidus de distillation de la houille) dans le liant
- de dérivés houillers dans certains liants d'enduits ou de couche d'accrochage
- de dérivés houillers utilisés pour réduire la viscosité des bitumes (bitumes fluxés)

Le goudron a été utilisé, seul ou en mélange avec du bitume, de la fin du XIX^e siècle à la fin du XX^e siècle.

- Les goudrons ne sont plus utilisés depuis 1993 (2002 pour les enrobés au bitume-goudron et anti-K)
- Les dérivés houillers ne sont plus utilisés depuis 2005

Intérêts du goudron :

- bonne adhésivité aux granulats,
- excellente résistance aux solvants pétroliers



Présence dans les enrobés bitumineux

Teneurs en HAP 1000 à 10 000 fois plus faibles dans les bitumes que dans les goudrons

Goudrons :

Pyrolyse de la houille

Haute température : 1000-1200°C

→ génération de HAP (pyro-synthèse)

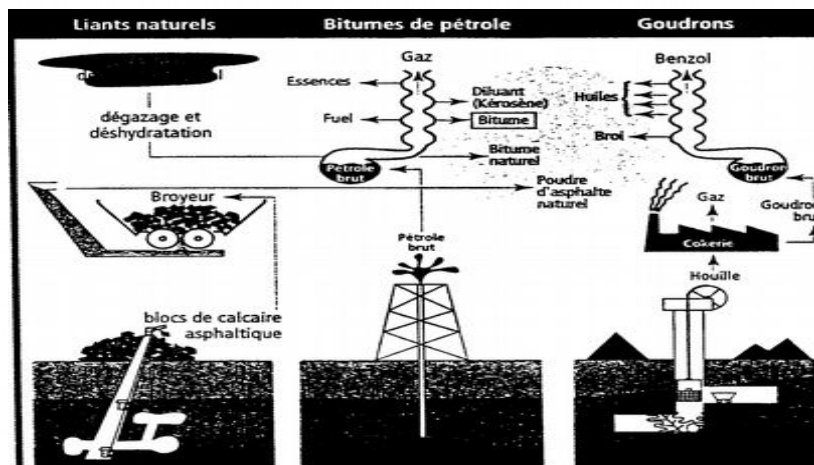
Bitumes :

Distillation du pétrole

« basse » température 350°C max

Concentrations des HAP (ppm ou µg/g) dans du bitume et du brai de houille (Brandt et al. 1985)

HAP	Bitume (min-max)	Brai de houille
Phenanthrene	0,32-7,3	19 850-25 700
Anthracene	0,01-0,32	4 600-7 310
Fluoranthene	0,1-0,72	29 000-36 000
Pyrene	0,17-1,5	21 300-27 200
Chrysene	0,8-3,9	11 200-24 510
Perylene	0,04-3,9	2 770-3 500
Benzo(k)fluoranthene	nd-2,2	5 250-6 010
Benzo(a)pyrene	0,22-1,8	11 360-15 170
Benzo(g,h,i)perylene	1,2-5,7	3 430-3 530
Anthanthrene	nd-0,11	1 231-1 728
Dibenzo(a,i)pyrene	nd-0,6	127-164
Coronene	nd-0,4	nd-120



Exemple de teneur en Benzo(a)Pyrène ;

- brai de houille : 10 000 mg/kg,

- bitume : 1 mg/kg

(source INRS 2009)



Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Note d'information IDRRIM n°27

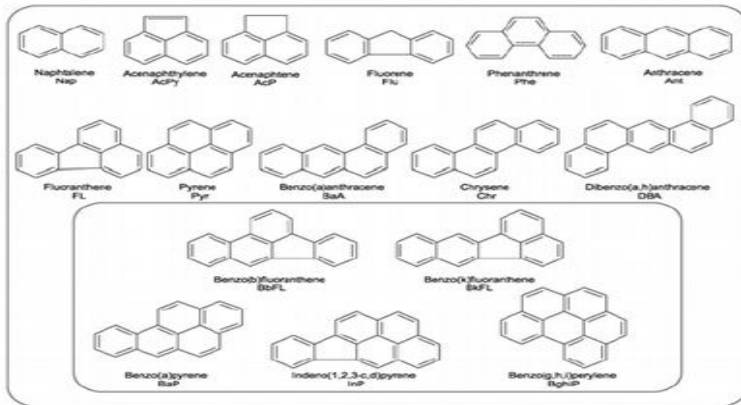
- Les HAP peuvent être à l'origine de certains cancers (cutanés, pulmonaire, vessie).
 - L'exposition aux HAP peut surtout avoir lieu par voie cutanée ou par inhalation de fumées **lorsque les liants sont chauffés ...**
- ... mais leur présence dans les poussières de rabotage ne peut être exclue. Les mesures de prévention prévues pour la silice cristalline permettront de couvrir le risque lié à l'éventuelle présence de HAP dans les poussières.





Dangerosité des HAP

16 HAP prioritaires de l'Agence américaine de protection de l'environnement identifiés dans la composition des bitumes.



1 : cancérogène
2A : probablement cancérigène pour l'homme,
2B : possiblement cancérigène pour l'homme
3 : inclassable quant à la cancérogénicité pour l'homme (possibles mais insuffisamment étudiée),
n.e : non étudié

Nom	Nombre cycles	Formule chimique	Classe IARC
Naphtalène	2	C ₁₀ H ₈	-
Acénaphtylène	3	C ₁₂ H ₈	-
acénaphène	3	C ₁₂ H ₁₀	3
fluorène	3	C ₁₃ H ₁₀	3
anthracène	3	C ₁₄ H ₁₀	3
phénanthrène	3	C ₁₄ H ₁₀	3
fluoranthène	4	C ₁₆ H ₁₀	3
pyrène	4	C ₁₆ H ₁₀	3
benzo(a)anthracène	4	C ₁₈ H ₁₂	2B
chrysène	4	C ₁₈ H ₁₂	2B
benzo(a)pyrène	5	C ₂₀ H ₁₂	1
benzo(b)fluoranthène	5	C ₂₀ H ₁₂	2B
dibenzo(ah)anthracène	5	C ₂₂ H ₁₄	2A
benzo(k)fluoranthène	5	C ₂₀ H ₁₂	2B
benzo(ghi)pérylène	6	C ₂₀ H ₁₂	3
indéno(1.2.3-cd)pyrène	6	C ₂₂ H ₁₂	2B



Réglementation du code du travail

- Les travaux exposant aux HAP présents dans la suie, le goudron, la poix, la fumée ou les poussières de la houille sont considérés comme cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction au sens du code du travail (CMR) par arrêté du 5 janvier 1993
- Ils sont soumis aux règles particulières de prévention (articles R.4412-59 à 93 du code du travail) : *Évaluation des risques, Mesures et moyens de prévention, Contrôle des valeurs limites d'exposition professionnelle, Information et formation des travailleurs ...*
- Valeurs limites d'exposition professionnelle : **pas de valeur limite d'exposition réglementaire** mais une valeur recommandée par la CNAMTS pour le benzo(a)pyrène à 150 ng/m³

*Il semble que le recyclage d'enrobés routiers contenant au maximum **50 mg/kg de H.A.P.** ne génère pas d'exposition supérieure à la valeur de 150 ng/m³ recommandée par la CNAMTS pour le benzo(a)pyrène.*

(INRS)



La gestion des déchets avec HAP (élimination)

Code de l'environnement : R541-8 et R541-10

R.541-8 : classification des déchets (annexe II) dangereux et non dangereux:

17 03	Mélanges bitumineux, goudron et produits goudronnés
17 03 01*	Mélanges bitumineux contenant du goudron
17 03 02	Mélanges bitumineux autres que ceux visés à la rubrique 17 03 01
17 03 03*	Goudron et produits goudronnés

(* = déchets classés
comme dangereux)

R141-10 : Sont considérés comme dangereux les déchets [qui] contiennent une substance reconnue comme étant cancérogène, des catégories 1 ou 2, à une concentration égale ou supérieure à 0,1 %.

soit 1000 mg/kg

**déchets dangereux si teneur en HAP >
1000 mg/kg**



La gestion des déchets avec HAP (élimination)

Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans [...] les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des ICPE (abroge arrêté du 6 juillet 2011)

- Liste des déchets admissibles sans procédure d'acceptation préalable :

CODE DÉCHET	DESCRIPTION	RESTRICTIONS
17 03 02	Mélanges bitumineux ne contenant pas de goudron	Uniquement les déchets de production et de commercialisation ainsi que les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés.

- Déchets soumis à procédures d'acceptation préalable : critères d'acceptation

PARAMÈTRE	VALEUR LIMITE À RESPECTER exprimée en mg/kg de déchet sec
COT (carbone organique total)	30 000 (1)
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	6
PCB (polychlorobiphényles 7 congénères)	1
Hydrocarbures (C10 à C40)	500
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	50

(1) Pour les sols, une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

Déchets inertes si teneur en HAP < 50 mg/kg



Responsabilité du Maître d'Ouvrage

Code de l'environnement :

En étant à l'initiative des travaux, le maître d'ouvrage est le producteur des matériaux de déconstruction du BTP générés sur ses chantiers.

Il est responsable de leur gestion jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, même lorsqu'il décide de faire assurer tout ou partie de cette gestion par un tiers (article L.541-2).

Il a notamment pour obligations de :

- « d'assurer que la gestion des déchets se fait sans mettre en danger la santé humaine et sans nuire à l'environnement », « d'organiser le transport et de la limiter en distance et volume » (article L.541-1) ;
- « caractériser ses déchets (article L.541-7-1) → caractériser les matériaux de déconstruction du BTP générés et détecter la présence de substances dangereuses (amiante, goudron, etc.) ;
- communiquer à l'administration les informations concernant l'origine, la nature, les caractéristiques et les quantités des matériaux de déconstruction du BTP qu'il produit (article L.541-7)



Méthodes d'analyse HAP

Le dosage des 16 HAP dans les agrégats d'enrobés peut être réalisé :

- de façon qualitative : un test avec un Pak Marker
- de façon quantitative : chromatographie en phase gazeuse selon la norme NF EN 15527.





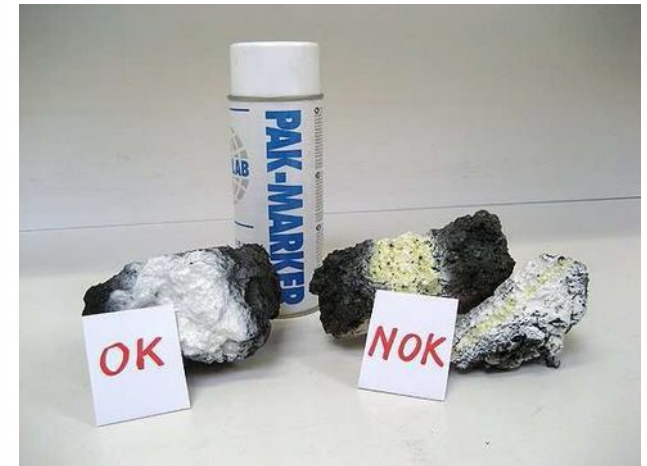
Le test au Pak-Marker

Il constitue une première approche de la présence de HAP

- ne permet pas de différencier et quantifier les molécules.
- méthode qualitative non précise : pas de limite de quantification possible (seuil de détection de l'ordre de 100 mg/kg)

Principe :

- pulvérisation d'un solvant sur l'échantillon d'enrobé.
- ce solvant dissout les HAP et au séchage, fait virer la couleur de la peinture au jaune par réaction;
 - si couleur est jaune : présence de HAP
 - si couleur ne change pas : dosage quantitatif nécessaire pour démontrer l'absence de HAP





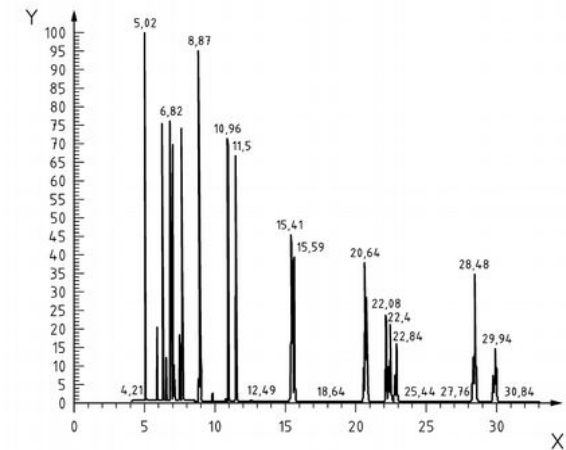
Chromatographie en phase Gazeuse couplée à détection par spectrométrie de masse (GC-SM) :

méthode de référence

- norme NF EN 15527: « dosage des HAP dans les déchets par chromatographie en phase gazeuse / Spectrométrie de masse (GC-SM) »
- applicable aux bitumes et déchets bitumineux
- laboratoires spécialisés – mesures précises
- limite de quantification adaptée au seuil de 50 mg/kg MS : 0,1 mg/kg

Procédure :

- extraction des HAP à l'aide de solvant (acétone, hexane...)
- Injection dans GC-MS (300°C)
- Séparation / détection des composés



X Temps en min
Y Abondance relative



Chromatographie en phase Gazeuse couplée à détection par spectrométrie de masse (GC-MS) :

Norme NF EN 15527

- 1 laboratoire déjà COFRAC
- des laboratoires en cours d'accréditation COFRAC pour 2015
- Des labos avec équivalence COFRAC (accrédités par un organisme signataire, comme le COFRAC, d'accords internationaux reconnaissant comme équivalentes les accréditations qu'elles délivrent) : exemple laboratoires accrédités par le DAKKS en Allemagne





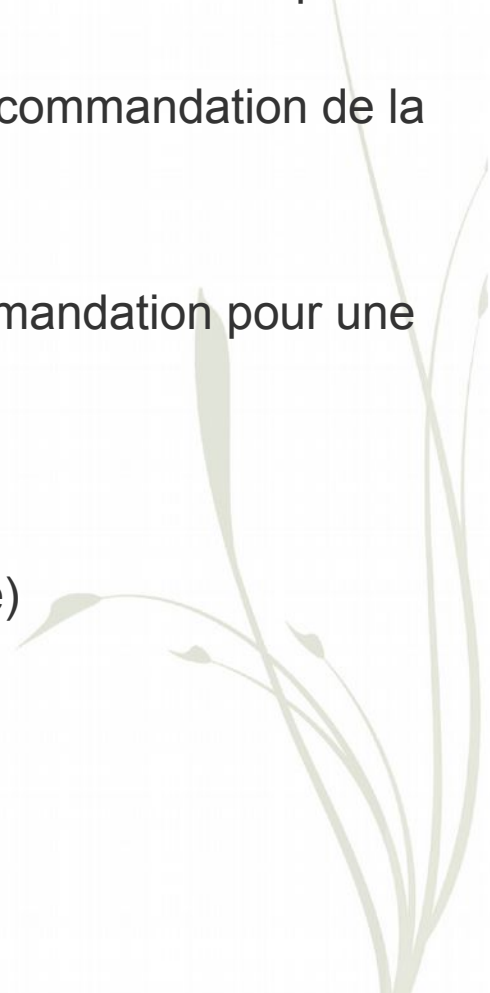
Préparation des échantillons

Selon la norme NF EN 15527 :

- Prétraitement (séchage, réduction granulaire) selon la norme NF EN 15002
Caractérisation des déchets - Préparation de prises d'essai à partir de l'échantillon pour laboratoire (juin 2015)
- Réduction granulométrique par écrasement, découpe ou broyage (recommandation de la norme)
- Granulométrie inférieure à 2 mm (recommandation de la norme)
- Prise d'essai entre 10 à 25g (exigence de la norme) avec une recommandation pour une prise d'essai d'environ 20 g)

Selon la note Idrrim n° 27 :

- Carottes de diamètre 40 à 50 mm (couches à raboter et sous-jacente)
- Matériau exempt d'amiante
- Broyage de l'ensemble du prélèvement à 4mm maximum
- Extraction d'un échantillon de 10g minimum

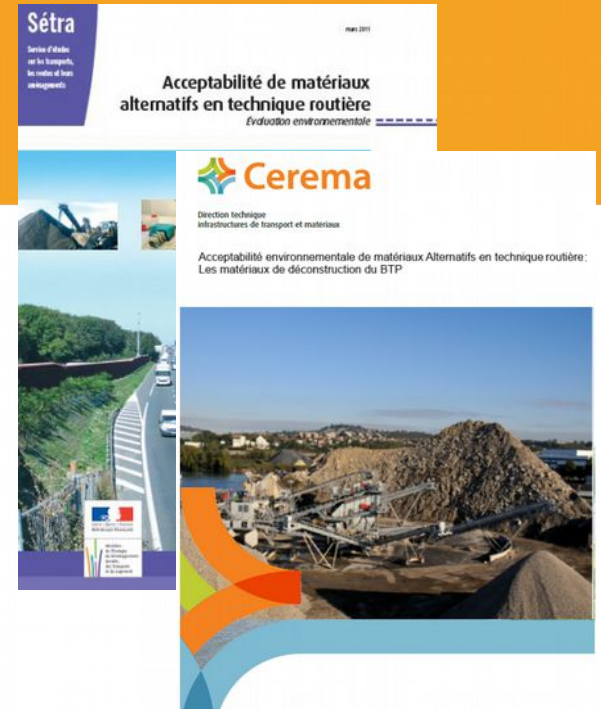




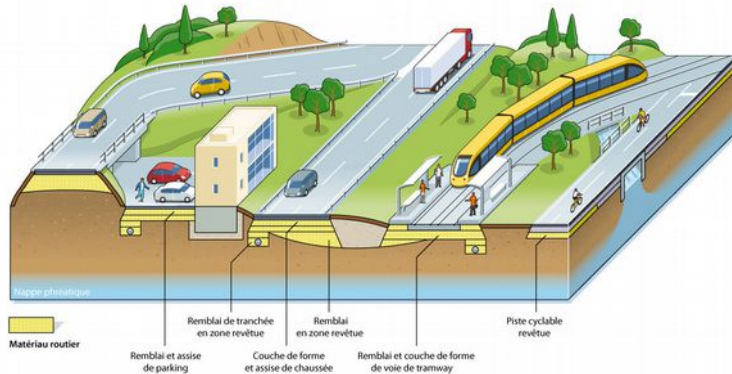
Le recyclage des enrobés avec HAP

Le guide d'application : matériaux de déconstruction du BTP (attendu été 2015)

Acceptabilité environnementale des matériaux de déconstruction (Béton, enrobés, mixte) selon les usages



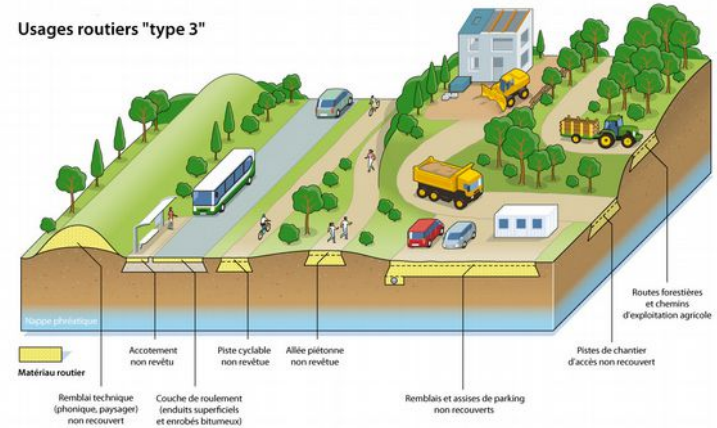
Usages routiers "type 1"



usages routiers de type 1 :

- couche de forme ;
- couche de fondation ;
- couche de base et couche de liaison.
- ...

Usages routiers "type 3"



usages routiers de type 3 :

- en sous-couche de chaussée ou d'accotement ;
- en couche de roulement ;
- ...



Le recyclage des enrobés avec HAP

Famille et type d'usage	Limitations liées à l'environnement immédiat	Limitations liées à la mise en œuvre
ENROBE – Type 1	<p>Sauf avis contraire d'un hydrogéologue-expert, l'utilisation des matériaux alternatifs est interdite :</p> <ul style="list-style-type: none">- dans les zones inondables et à moins de 50cm des plus hautes eaux cinquantennales ou, à défaut, des plus hautes eaux connues ;- à moins de 30m de tout cours d'eau, y compris lacs et étangs. Cette distance est portée à 60m dans certains cas;- dans les périmètres de protection rapprochée (PPR) des captages d'alimentation en eau potable (AEP) ;- dans les zones couvertes par une servitude d'utilité publique instituée, en application de l'article L.211-12 du code de l'environnement, au titre de la protection de la ressource en eau ;- dans les karsts affleurants pouvant modifier les écoulements d'eau présente en continue ou de façon temporaire dans l'ouvrage ou son environnement immédiat.	<p>Capacité de stockage temporaire sur chantier limitée à 1000 m³</p> <p>Au-delà de 1000m³ sur chantier, avis d'un hydrogéologue-expert</p>
ENROBE – Type 3	Pas de limitation	Pas de limitation



Le recyclage des enrobés avec HAP

Valeurs limites à respecter pour les matériaux alternatifs de la famille « ENROBE »

TABLEAU 2B	ENROBE Ra ≥ 80 – NF EN 933-11 Fiche technique - NF EN 13108-8	
	Usages de type 1	Usages de type 3
Paramètres		
	Analyse en contenu total (mg/kg de matière sèche)	
Hydrocarbures (C10-C21)	300	300
HAP	50/500*	50

(*) Une valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche est admise dans le cas d'un recyclage à froid, c'est-à-dire sans réchauffage des agrégats d'enrobés



Seuils HAP : Ce qu'il faut retenir

Si $[HAP] \leq 50$ mg/kg MS :

- Valorisation : à chaud ou à froid
- Élimination : Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI)

Si 50 mg/kg MS $\leq [HAP] \leq 500$ mg/kg MS (seuil à venir)

- Valorisation : à froid uniquement
- Élimination : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND)

Si 500 mg/kg MS $\leq [HAP] \leq 1000$ mg/kg MS

- Valorisation : impossible
- Élimination : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND)

Si $[HAP] \geq 1000$ mg/kg MS

- Valorisation : impossible
- Élimination : Installation de Stockage de Déchets Dangereux (ISDD)





Merci de votre attention

