



Lyon 1



/ malet



Projet

Substitution du perchloroéthylène

Groupe de travail

Responsable UCBL : Bruno Andrioletti

Post-Doctorant : Jérémy Chaignon

7 Février 2024

Nantes (JTR)

Colas : Carole Gueit, Sylvain Henry, Carole Obeidy

Eiffage : Florent Schrevel

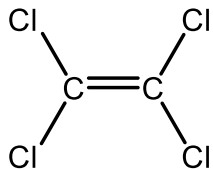
Vinci Construction : Thomas Lebarbe, Jean-Etienne Urbain

Indura : Charlotte Martinez

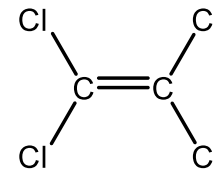
Spie batignolles malet : Aurélia Nicolai

Routes de France : Brice Delaporte, Christine Leroy

Introduction



Pourquoi substituer le perchloroéthylène ?



Bon solvant du bitume

Facile à **évaporer**

Ininflammable

Traces détectables dans les liants récupérés

MAIS



Induit des contraintes fortes (protections respiratoires) dans nos laboratoires (classé **probablement cancérigène** (2A) par le CIRC

¹/Possiblement lié à la **maladie de Parkinson** ²)

Déjà interdit dans l'industrie du **nettoyage à sec**

¹ Guha et al. , *Carcinogenicity of trichloroethylene, tetrachloroethylene, some other chlorinated solvents, and their metabolites*. The Lancet Oncology, 2012

² Dorsey et al. , *Trichloroethylene: an invisible cause of Parkinson's disease?* Journal of Parkinson's Disease 2023

Méthodologie

- Protocole en **6 étapes** pour déterminer le **candidat le plus efficace**



Test de solvation

Vérification de la théorie de Hansen



Extraction à petite échelle

Tests sur 40 g de BBSG 0/10 R20 (Bitume 35/50)



Influence des paramètres de lavage

Température, nombre et temps de cycles de lavage



Récupération de bitume

Récupération de bitume après solubilisation dans le solvant et caractérisation



Extraction à moyenne échelle

Tests sur 400 g d'enrobé

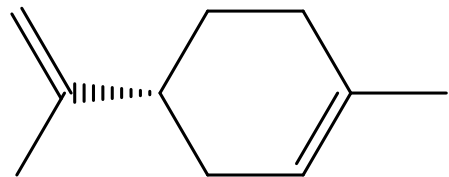


Essai machine large échelle

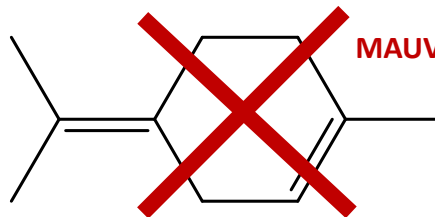
Test sur extracteur de bitume

Candidats

Au départ : 9 candidats

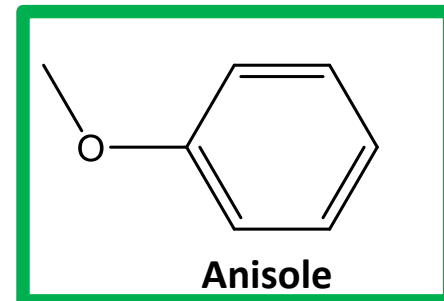


D-limonène

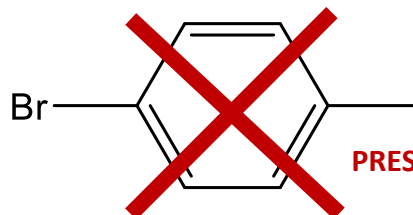


Terpinolène

MAUVAISE STABILITE THERMIQUE



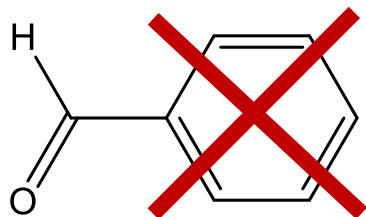
Anisole



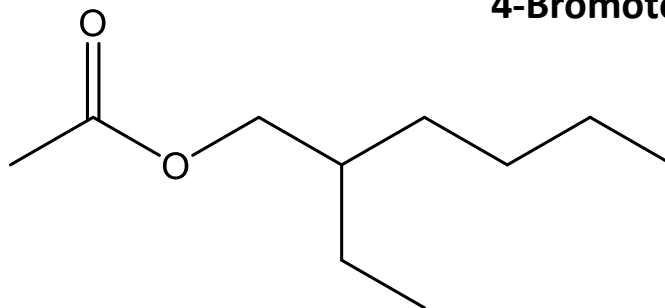
4-Bromotoluène

PRESENT DANS UNE ANNEXE DE REACH

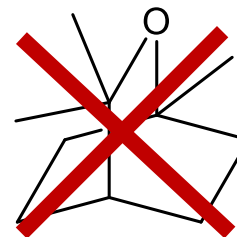
MAUVAISE STABILITE THERMIQUE



Benzaldéhyde

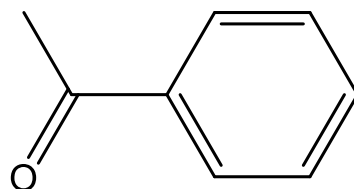


Acétate de 2-éthylhexyle



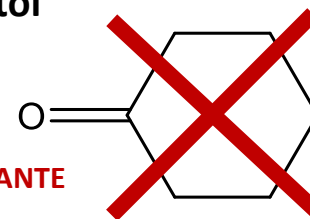
Eucalyptol

PLUS CHER
MOINS EFFICACE



Acétophénone

VLEP CONTRAIGNANTE

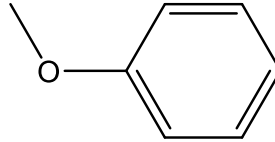


Cyclohexanone

Essais machine extraction - Deuxième phase de test

Choix du solvant :

Anisole



• 8 échantillons différents :

- Liant Classique (Total Feyzin 35/50), granulats Basalte : **CB**
- Liant Classique (Total Feyzin 35/50), granulats Silico-Calcaire : **CSC**
- Liant modifié au polymère **SBS**, granulats éruptif : **SBS**
- Liant modifié au polymère **EVA**, granulats éruptif : **EVA**
- Enrobé à Froid : **EF**
- Agrégats d'Enrobé :
 - AE avec bitume pur peu oxydé**
 - AE avec bitume pur moyennement oxydé**
 - AE avec bitume modifié**

Résultats - Deuxième phase de test

Nature Matériaux	Solvant d'extraction	Teneur en liant (%)	TBA (°C)	Pénétrabilité 25 °C (1/10mm)	G* (MPa)		Passant (%masse)		
					15°C – 10 Hz	15°C – 10 Hz	0,063 mm	2 mm	6,3 mm
CB	Perchloroéthylène	5,0	60,0	20	NR	NR	8,3	32	66
CB	Anisole	5,1	57,2	25	NR	NR	9,1	32	64
CSC	Perchloroéthylène	5,3	58,2	23	NR	NR	9,4	33	64
CSC	Anisole	5,3	56,0	26	NR	NR	9,3	33	63
SBS	Perchloroéthylène	5,3	71,2	24	45,1	34,8	9,5	33	65
SBS	Anisole	5,3	69,9	26	43,4	35,1	9,6	32	63
EVA	Perchloroéthylène	5,3	66,2	24	55,0	34,5	9,9	32	63
EVA	Anisole	5,3	64,3	25	62,8	33,5	9,8	32	65
EF	Perchloroéthylène	5,6	44,1	116	8,9	48,9	7,5	40	65
EF	Anisole	5,6	42,2	128	7,4	55,9	7,0	39	65
AE très oxydé	Perchloroéthylène	4,8	95,2	3	225,6	15,1	9,5	37	94
AE très oxydé	Anisole	4,8	93,6	3	220,5	15,4	9,9	40	94
AE avec BMP	Perchloroéthylène	5,5	78,4	8	94,1	23,6	12,9	45	78
AE avec BMP	Anisole	5,3	78,8	9	101,1	23,6	12,5	43	77
AE peu oxydé	Perchloroéthylène	5,3	65,8	13	90,7	29,8	10,5	44	80
AE peu oxydé	Anisole	5,2	67,2	13	78,9	28,2	10,9	46	82

*NR: non réalisé

➡ Résultats **répétables** et **proches des références** au perchloroéthylène

➡ Au total : environ **40 extractions à l'anisole** sans souci majeur

➡ **Extractions sans recyclage** pour le moment

Conclusions

- **Validation technique** de l'efficacité de l'anisole
- **Machines** existantes à adapter pour la problématique ATEX:
 - Point éclair de l'anisole = 52°C
 - Confirmation par **expertise ATEX** du rétrofit machine possible

Problématique pour passage à l'étape industrielle:

- Recyclage dans les machines existantes **inadapté** à un solvant **inflammable** (résistances **non ATEX en contact direct** avec le mélange **bitume/solvant**)
 - 1) **Module externe** capable de recycler un solvant inflammable à brancher sur la machine : discussion en cours pour un prototype à tester
 - 2) Proposition de **collaboration avec les fabricants**
 - **Infratest** : refus d'adapter les machines existantes
 - **Proviteq (NEBA) & CV Equipment (AMA)**: en cours



Substitution du perchloroéthylène par l'anisole **interdite** dans l'attente de l'aboutissement des adaptations machines

N°1001 - Novembre-décembre 2023



Substitution du perchloroéthylène - Application sur un extracteur de bitume

**Jérémy Chaignon, Bruno Andrioletti,
Sylvain Henry, Carole Gueit, Carole Obeidy,
Aurélia Nicolai, Elio Ziade, Florent Schrevel,
Jérôme Dherbécourt, Franck Desvignes,
Jean-Étienne Urbain, Thomas Lebarbé,
Charlotte Martinez, Christine Leroy,
Brice Delaporte**

Un groupe de travail a mené des travaux de recherche afin de substituer le perchloroéthylène par d'autres solvants pour l'analyse de matériaux bitumineux. À l'issue d'une phase...