

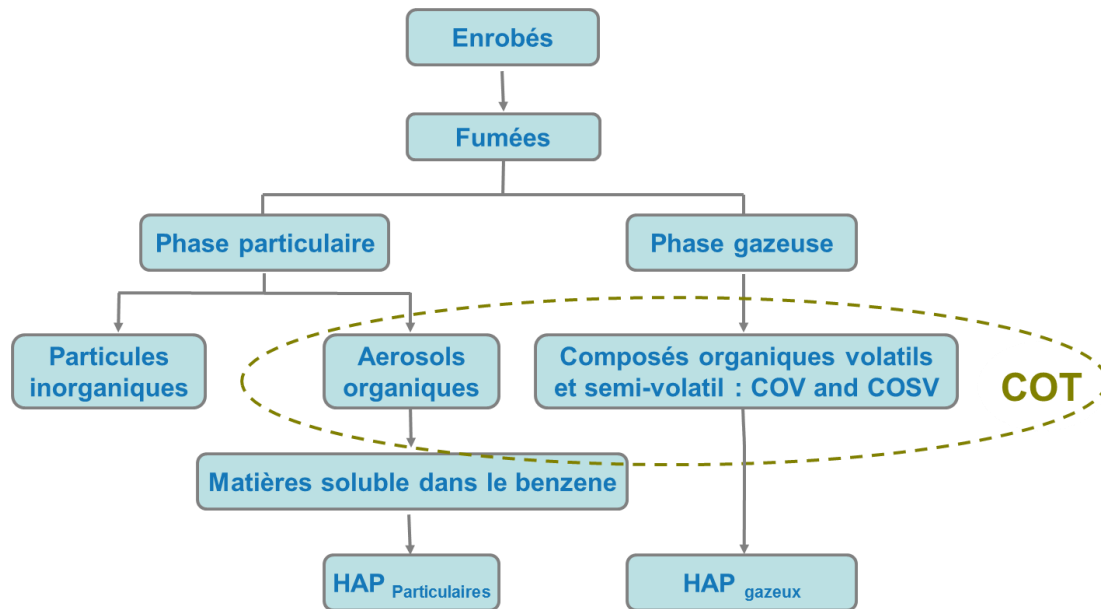
Analyse comparative des émissions selon les procédés de fabrication

V. Gaudefroy IFSTTAR
L. Boulangé Eiffage Infrastructures
V. Mouillet CEREMA DeterMED



Objectifs

- **Evaluer** les traceurs pour **les émissions** de matériaux bitumineux élaborés à des températures réduites par comparaison avec l'enrobage à chaud


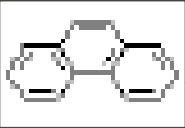


- Traceur global : COT
- Traceurs spécifiques : HAP



Composés hydrocarbonés aromatiques polycycliques (HAP)

16 HAP listés comme polluants prioritaires par l'agence de protection environnementale américaine (US EPA)

Classifications des HAP en f(toxicité)					
HAP	Génotoxicité		Cancérogénicité		
	Légers	IPCS ^a	IPCS ^a	IARC ^b	US-EPA ^d
 128.7 g/mol		-	(?)	2B	C
 178.23 g/mol		(?)	?	3	D
		(?)	-	3	D
		-	-	3	D
		?	(?)	3	D
		-	-	3	D
		+	(+)	3	D
		(?)	(?)	3	D
		+	+	2B	B2
		+	+	2B	B2
		+	+	2B	B2
		+	+	1	B2
		+	+	2B	B2
		+	+	2A	B2
		+	+	3	D

^aIPCS, 1998 ; ^bIARC, 2010; ^dUS-EPA, 1993.

Propriétés cancérogènes de certains HAP

- Classification IPCS :**
 + : effet positif
 - : effet négatif
 ? : incertain
 () : résultats dérivant d'un faible nombre de données
- Classification IARC :**
 1 : cancérogène
 2A : cancérogène probable
 2B : cancérogène possible
 3 : inclassable
 4 : probablement non cancérogène
- Classification US-EPA :**
 A : cancérogène
 B1 et B2 : cancérogène probable
 C : cancérogène possible
 D : inclassable
 E : probablement non cancérogène

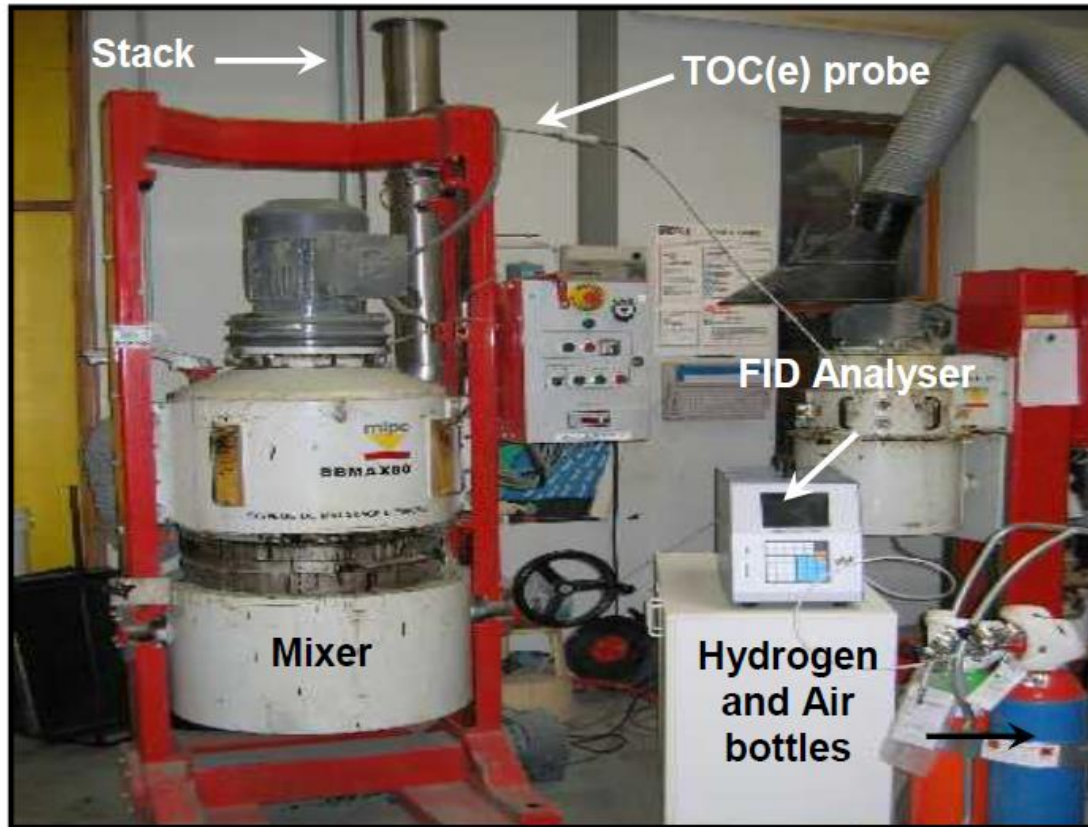
Naphthalène₃
VLE : 50 mg/m³



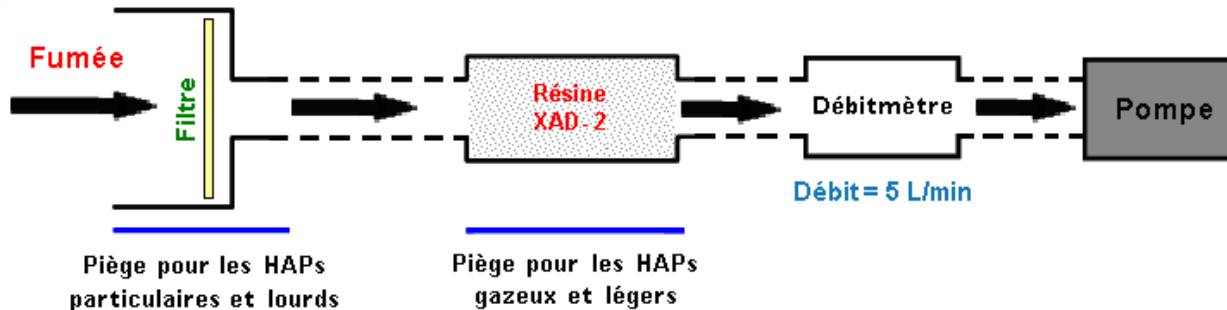
Benzo(a)pyrène₃
VLE : 150 ng/m³



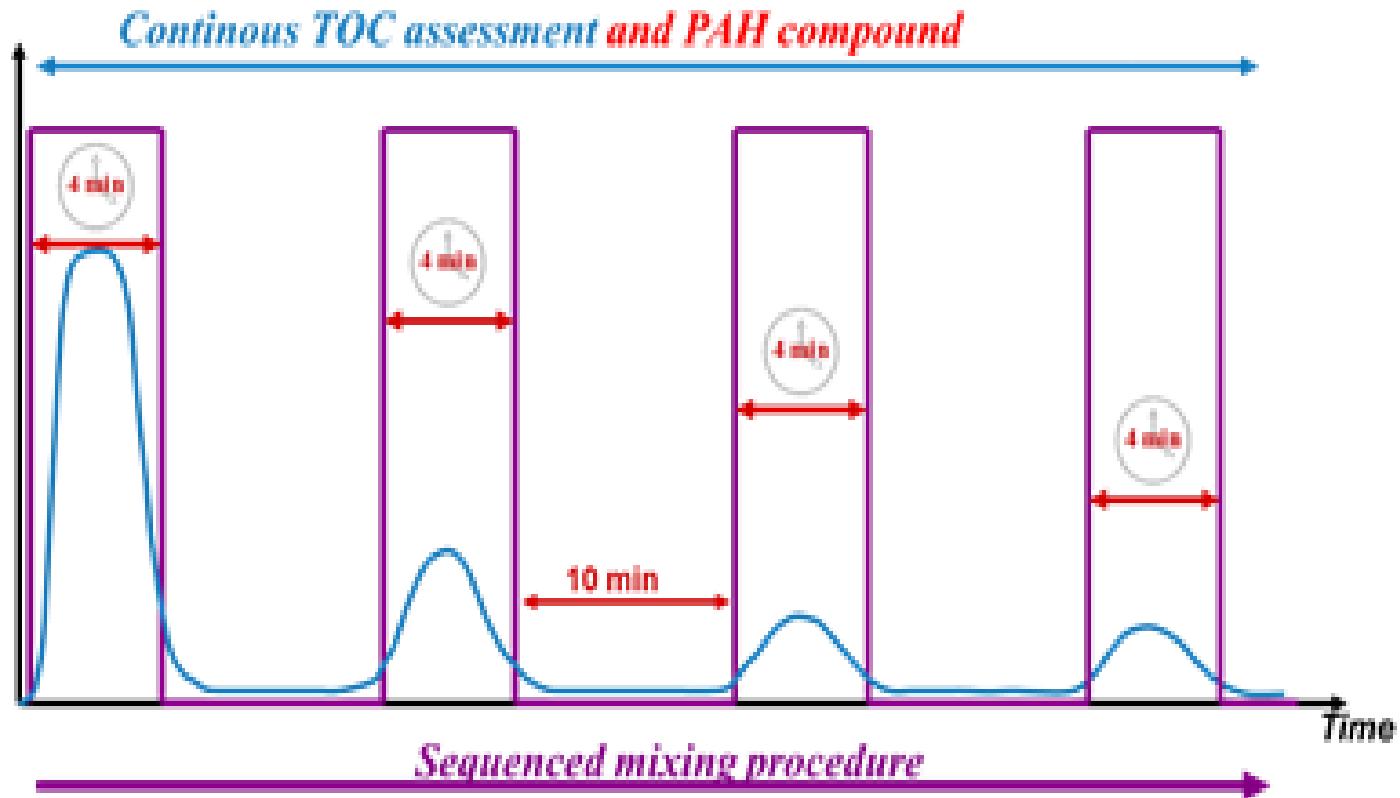
Banc de génération de laboratoire et chaîne de prélèvements



Conditions sévères
de prélèvement
au plus proche de la
source d'émission



Protocole de génération de fumées

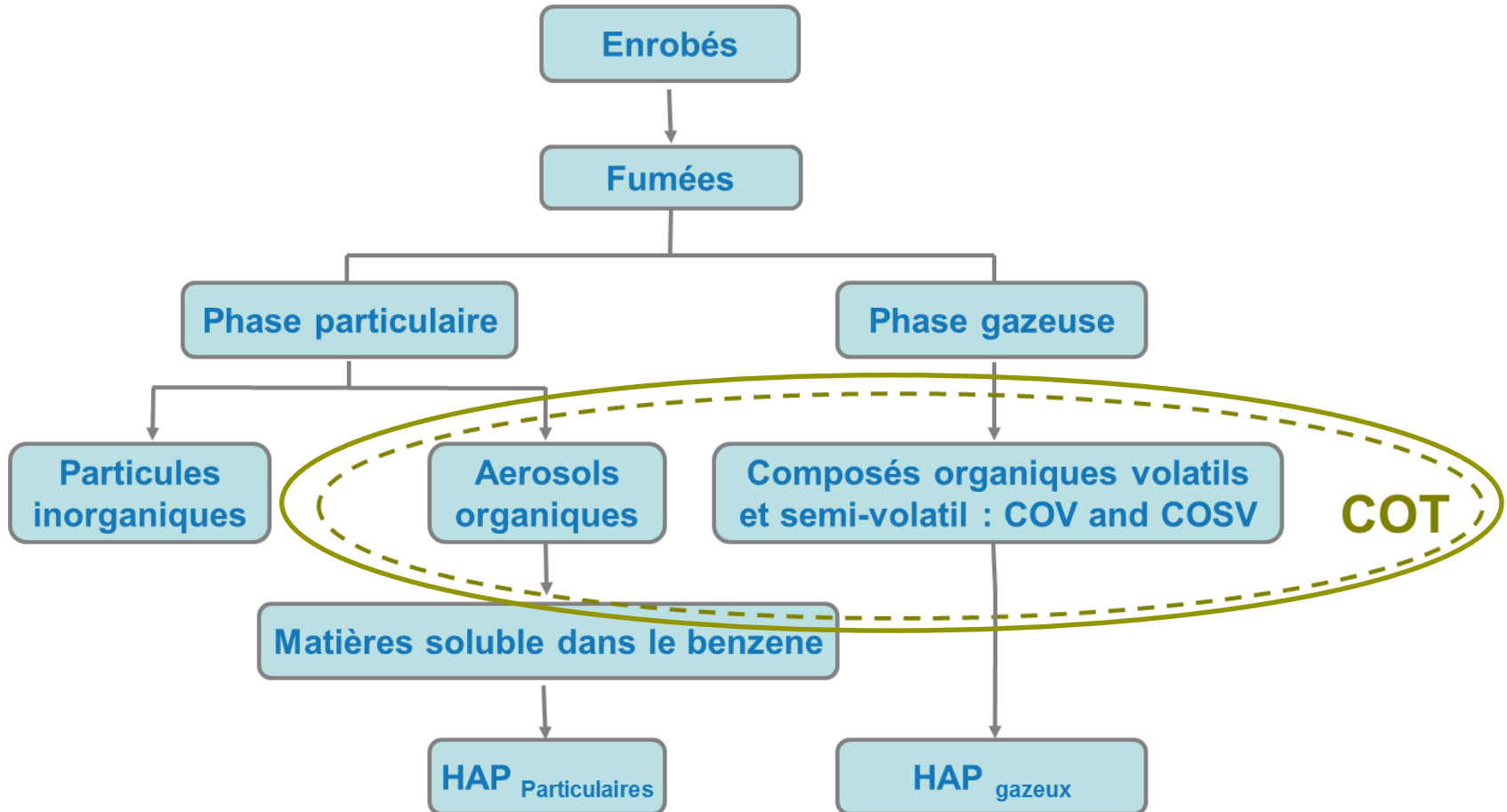


Programme expérimental

Formule	Température de fabrication (°C)	Taux de Recyclage (%)	Cycle de recyclage (-)	Grade du liant d'apport (-)	Température des granulats / agrégats (°C)
C	160	0	0	35/50	160 / -
T	140	0	0	35/50	140 / -
M	140	0	0	35/50	140 / -
AE0C	160	40	0	50/70	210 / 110
AE1C	160	40	1	50/70	210 / 110
AE2C	160	40	2	50/70	210 / 110
AE0T	140	40	0	50/70	160 / 110
AE1T	140	40	1	50/70	160 / 110
AE2T	140	40	2	50/70	160 / 110
AE0M	140	40	0	50/70	160 / 110
AE1M	140	40	1	50/70	160 / 110
AE2M	140	40	2	50/70	160 / 110



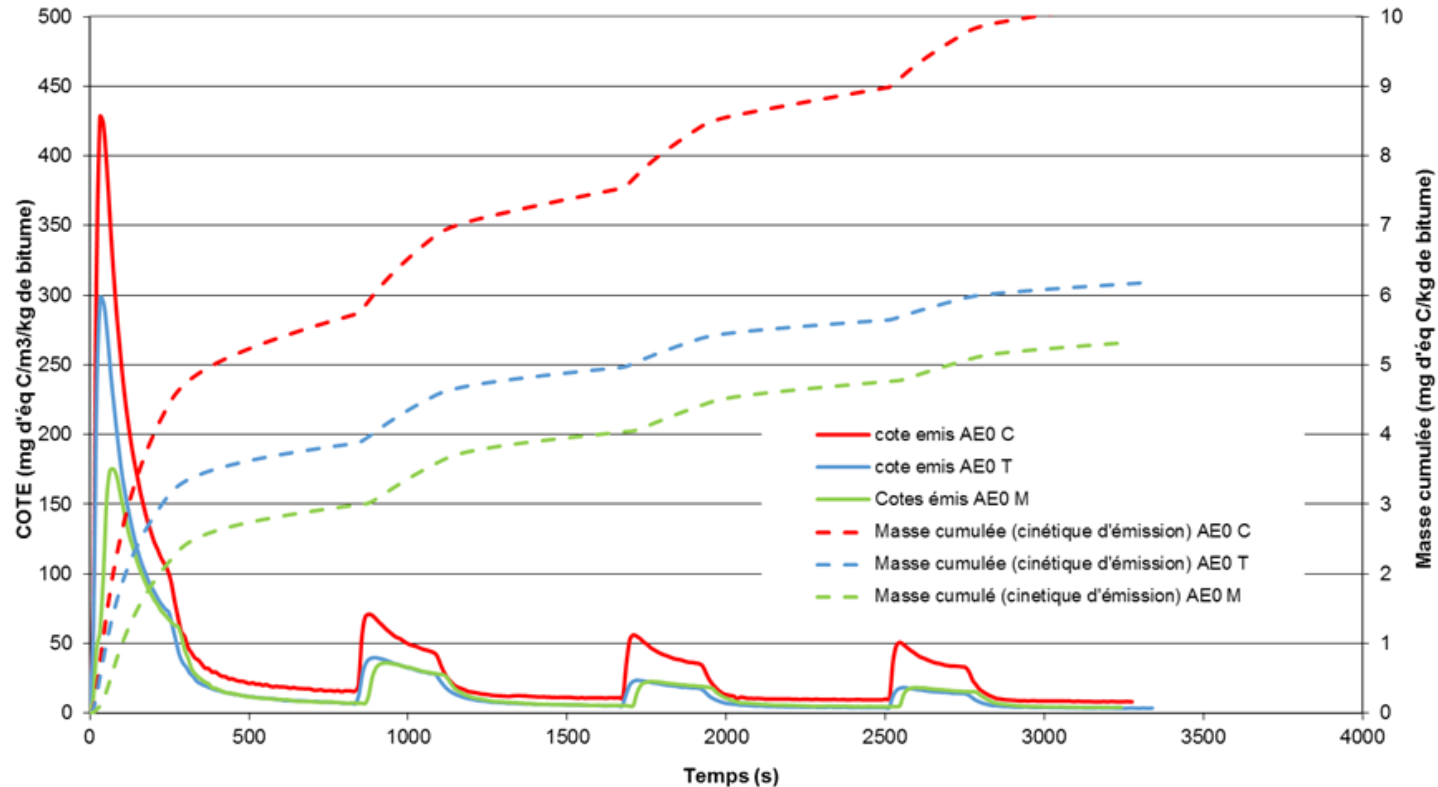
Composés organiques totaux



Influence de la température de fabrication et de l'état du bitume d'apport

Niveau 0

Courbe d'émission de COTE en fonction du temps



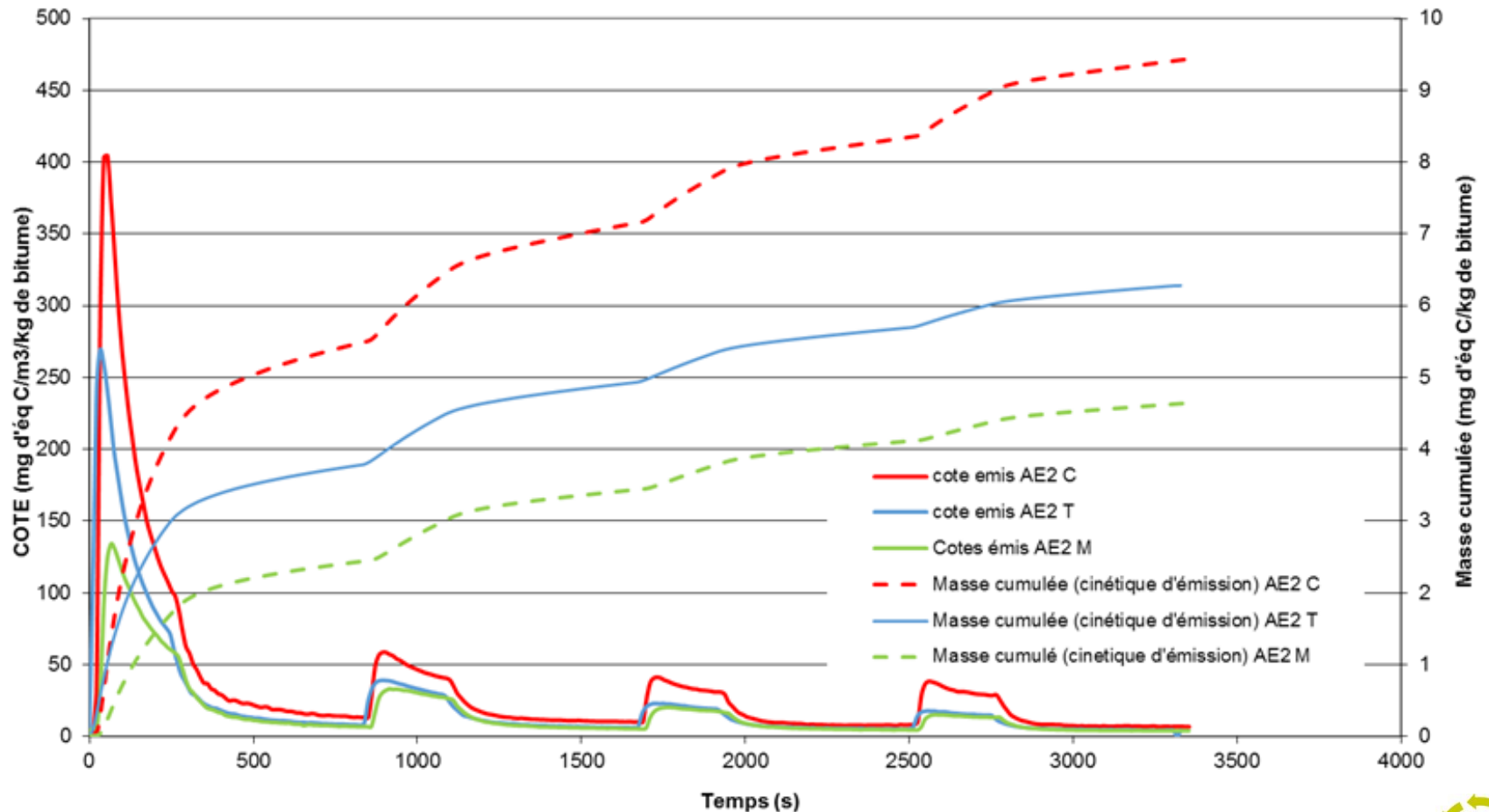
Température de fabrication plus élevée : plus d'émission de COTE

COTE plus faible pour tiède mousse que tiède additif : émissions avec conditionnement du bitume dans la machine à mousse (mode op en lab)

Influence de la température de fabrication et de l'état du bitume d'apport

Niveau 2

Courbe d'émission de COTE en fonction du temps

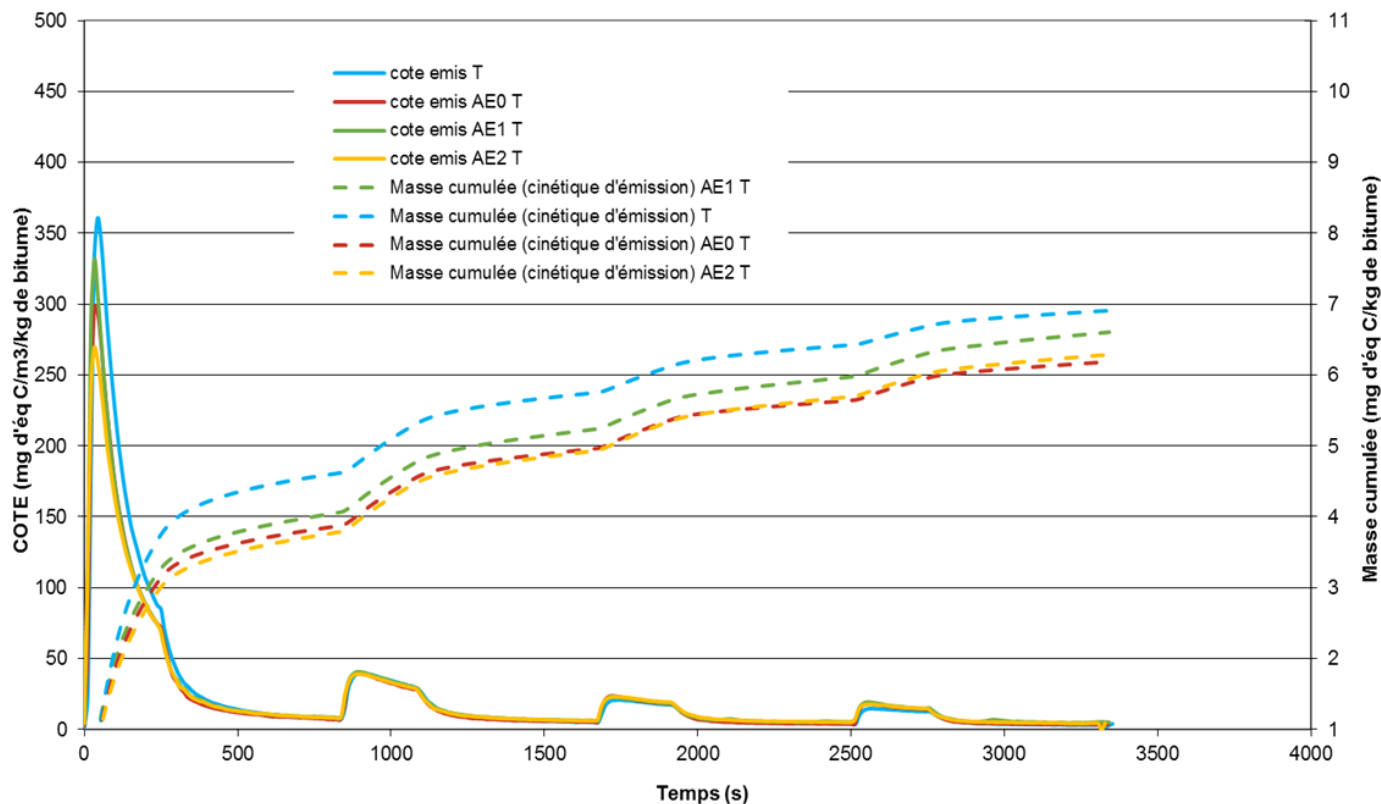


Influence du cycle de recyclage

TIEDE

Expression par kg
de bitume d'apport

Courbe d'émission de COTE en fonction du temps



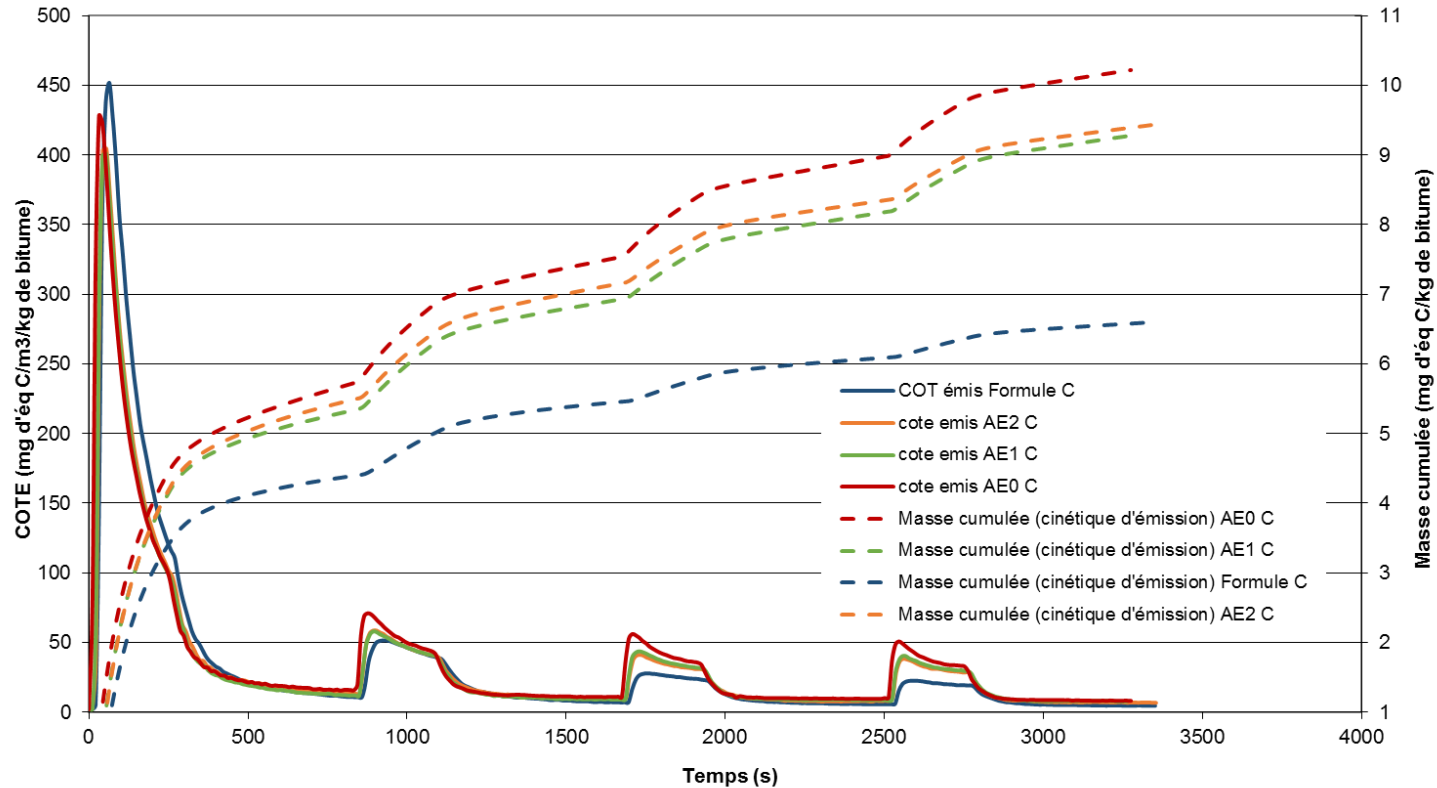
- Diminution des émissions COTE avec augmentation du cycle de recyclage
- diminution du bitume d'apport (de grade 50/70) car le mélange s'enrichit en liant à chaque cycle de recyclage.
 - épuisement progressif de la phase organique bitumineuse des agrégats

Influence du cycle de recyclage

CHAUD

Expression par kg
de bitume d'apport

Courbe d'émission de COTE en fonction du temps



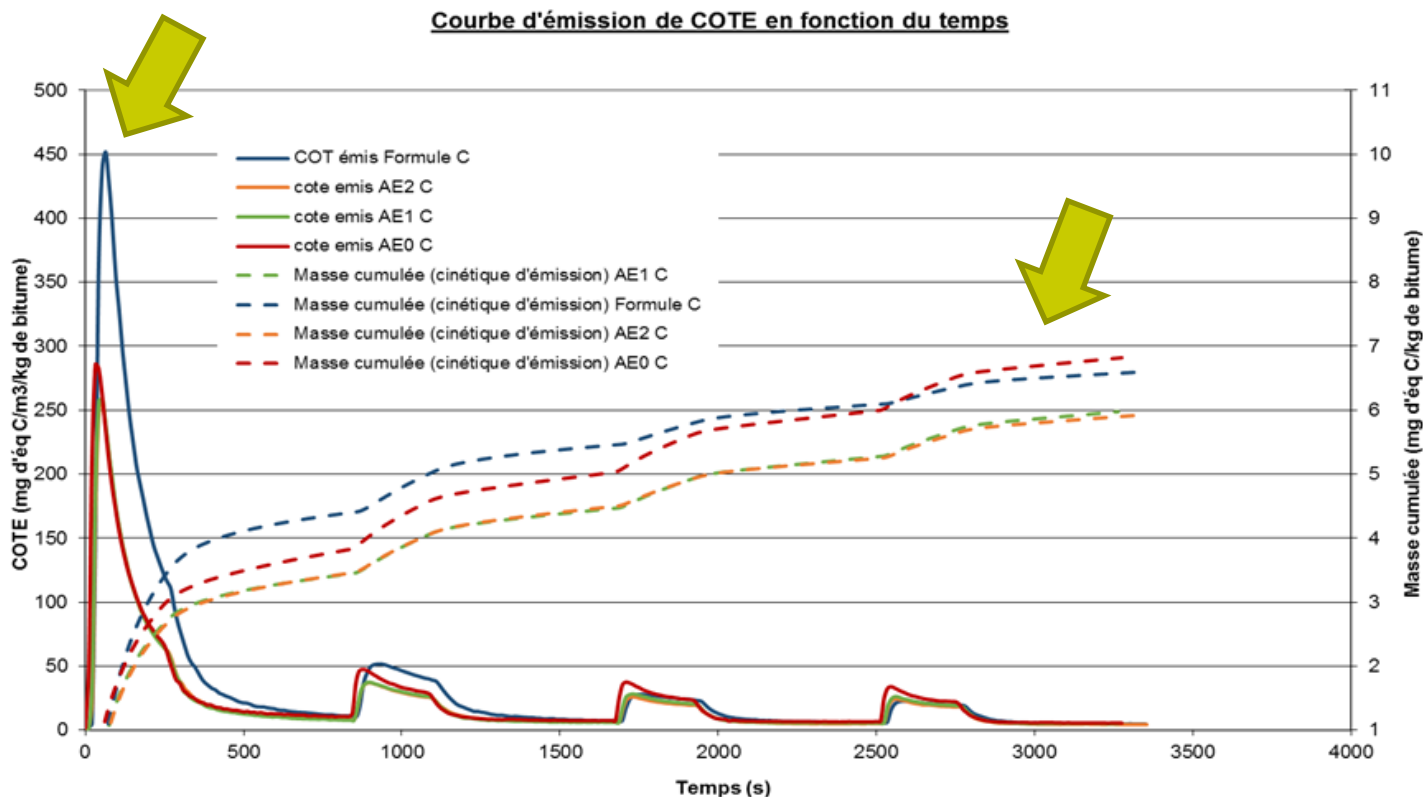
Diminution des émissions COTE avec augmentation du cycle de recyclage

- diminution du bitume d'apport à chaque cycle
- épuisement progressif de la phase organique bitumineuse des agrégats

Influence du cycle de recyclage

CHAUD

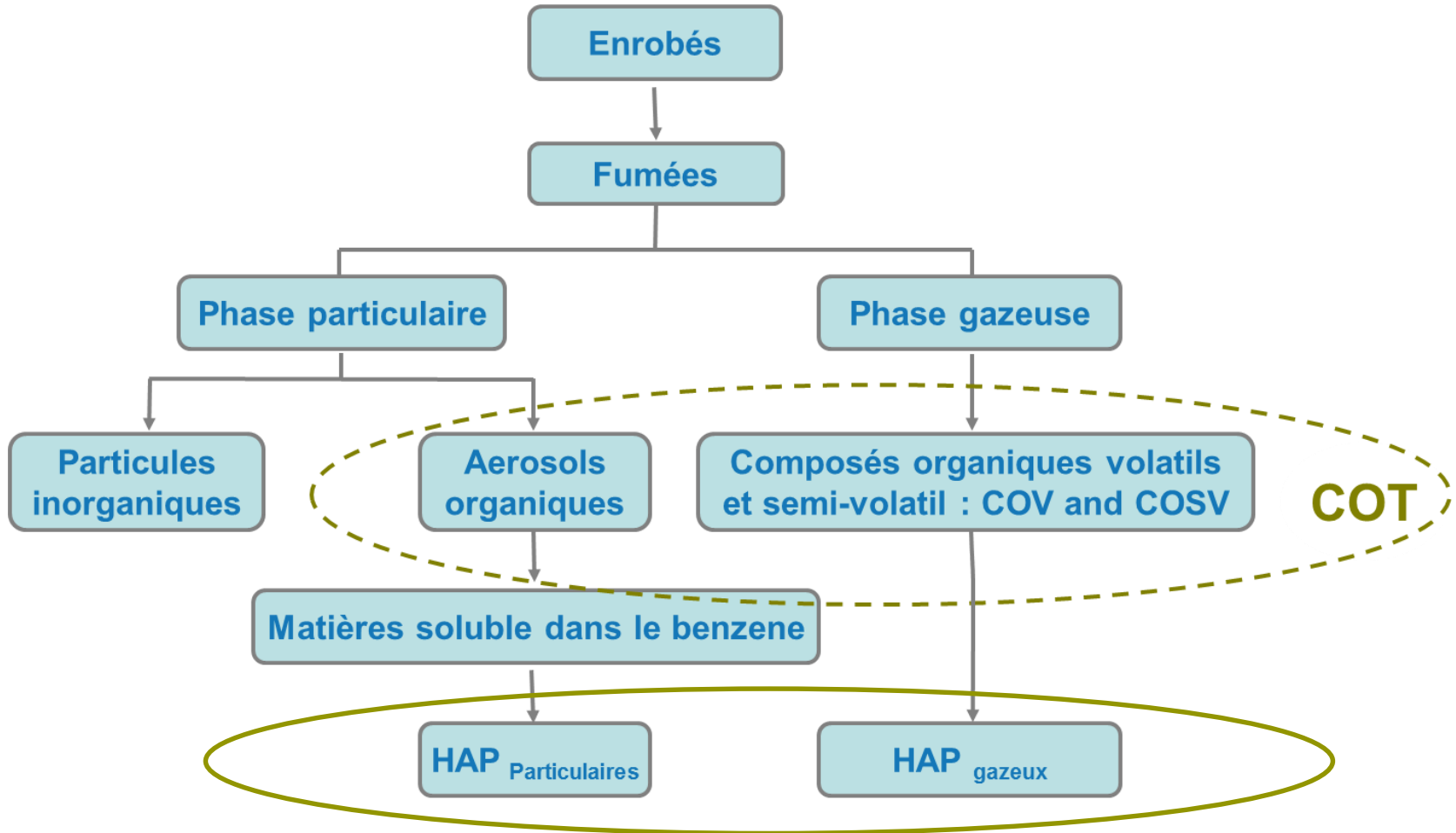
Expression par kg
de **bitume total**



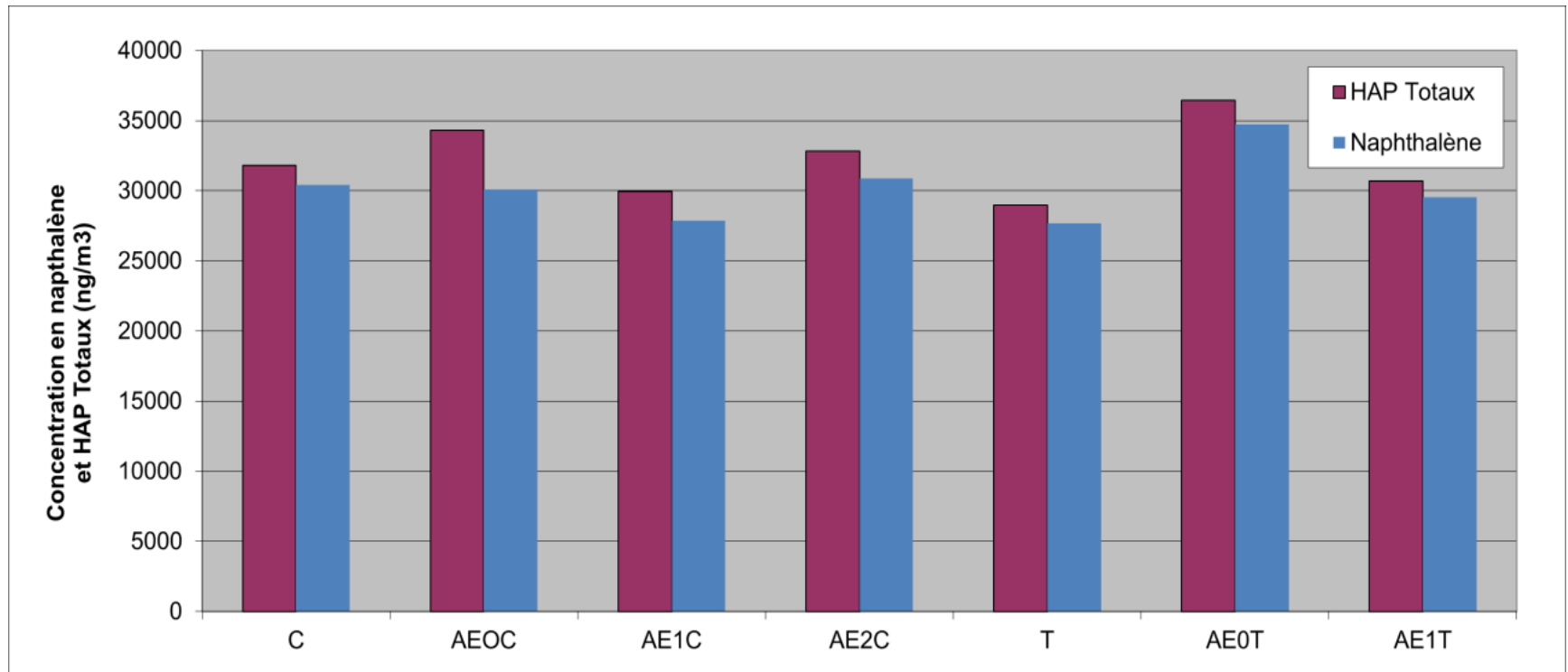
La quantité de liant utilisé est influente : Diminution des émissions COT des mélanges AEOC, AE1C et AE2C (bitume 3,6%); mélange chaud (5,39%)

Le niveau instantané de COT est plus important à chaud sans agrégat, mais à la 4^{ème} séquence d'agitation, c'est AEOC qui est plus générateur de COT

Composés hydrocarbonés aromatiques polycycliques (HAP)



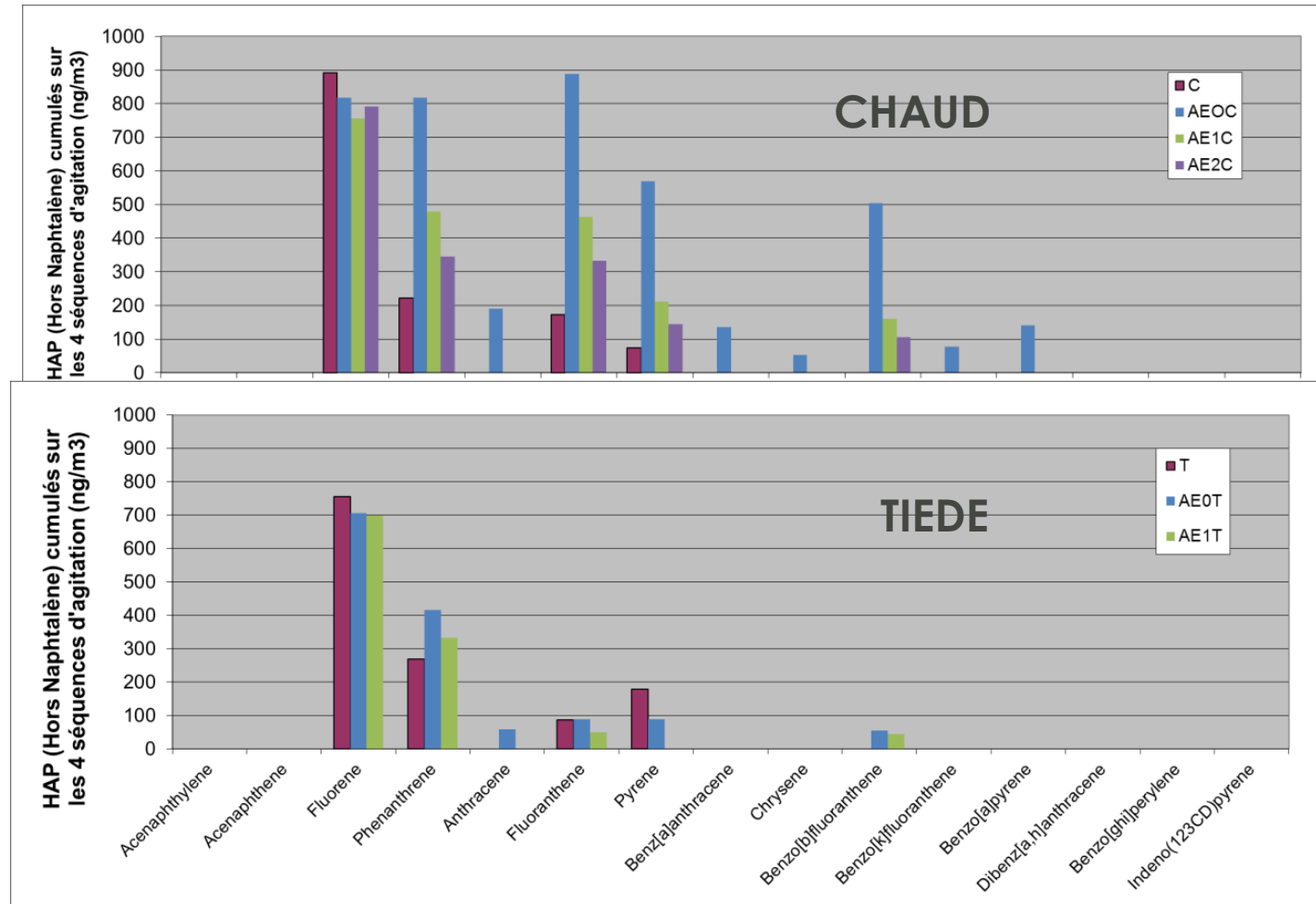
Composition des HAP



Le naphthalène est le composé qui contribue très majoritairement à l'émission de HAP (de 87 à 96% selon la modalité testée)



Influence de la température de fabrication et de l'état d'incorporation du bitume d'apport dans le mélange

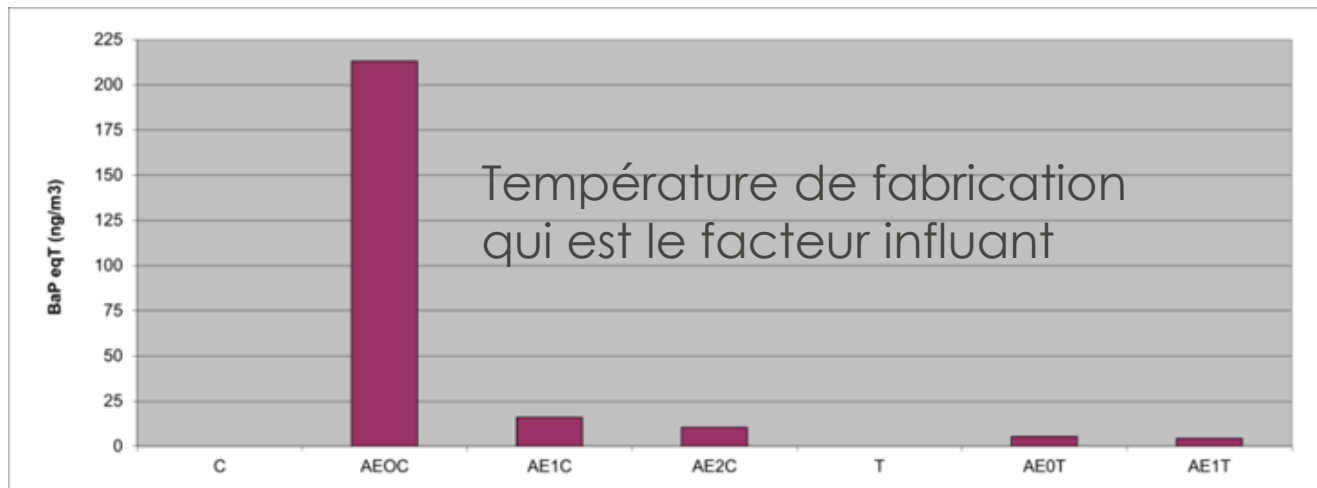


La réduction de la température d'enrobage de 20°C est très bénéfique pour réduire la concentration en HAP dans les fumées

Influence de la formule d'enrobé et du cycle de recyclage

- ➔ Evaluation en laboratoire du potentiel toxique des fumées : indice BaP_{eqT} (VLEP : 150 ng/m³)

$$\text{BaP}_{\text{eqT}} = [\text{BaP}] * 1 + [\text{Di(a,h)A}] * 1 + [\text{BbF}] * 0,1 + [\text{BkF}] * 0,1 + [\text{BaA}] * 0,1 + [\text{Chr}] * 0,01$$



- ➔ Caractère émissif réduit de l'agrégat avec cycles de recyclage
Contribution aux fumées du bitume de l'agrégat diminue alors que celui du bitume neuf augmente (bitume non émissif)

Conclusions

-
- ⇒ Les mélanges à chaud génèrent dans nos conditions de laboratoire plus de composés que les mélanges à tiède avec additif
- ⇒ La concentration en COT et en HAP diminue avec l'augmentation du cycle de recyclage
- ⇒ Dans cette étude, l'émission de composés organiques provient de l'agrégat d'enrobé utilisé dans la formulation des mélanges étudiés,
- ⇒ Le HAP émis est principalement du naphthalène,
- ⇒ Les HAP émis sont plus lourds pour les mélanges à chaud contrairement aux enrobés fabriqués à tiède

