

# IMPACT DES MOLÉCULES OXYGÉNÉES PRÉSENTES DANS UN BIOCARBURANT SUR LES ÉMISSIONS DE SUIES

G. Lefevre, B. Rossow, A. Coppalle et J. Yon

Biovar: Biocarburants de deuxième génération :  
de la raffinerie à la propulsion



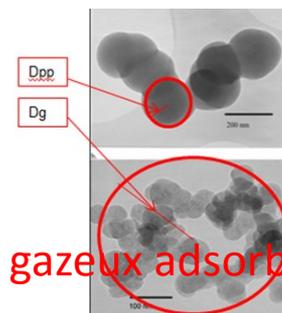
Financement labex EMC3  
Resp F. Maugé LCS Caen  
Laboratoires: LCS (Caen) CORIA (Rouen)

# La génération des particules de suies dans la combustion des biocarburants

rappel sur les particules de suies:

Forme complexe: agrégat

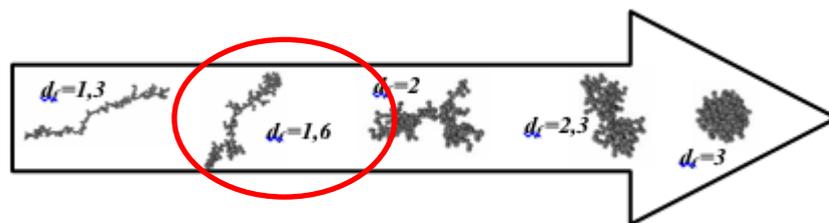
====> m, Dg et N



Composition: C  
+ des composés gazeux adsorbés

$$N_p = k_f \left( \frac{D_g}{D_{pp}} \right)^{D_f}$$

- $N_p$  le nombre de particules primaires
- $k_f$  un préfacteur déterminé expérimentalement
- $D_f$  la dimension fractal,



$$m^{aggr} = N_p * \rho_p * \frac{\pi}{6} * d_p^3 = \rho_{eff} * \frac{\pi}{6} * D_m^3$$

Distribution sur les diamètres Dg (et Dp)

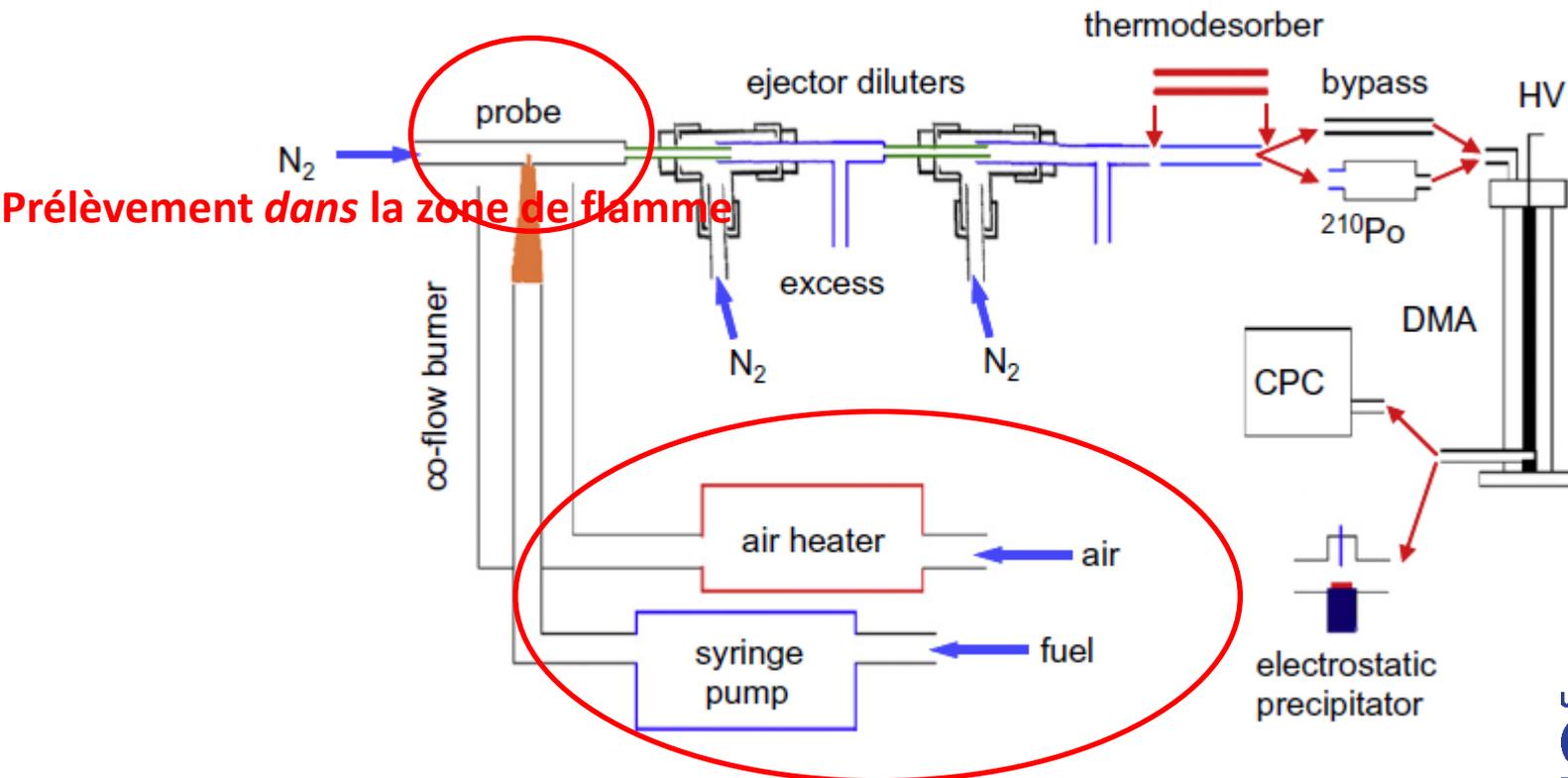
$$\frac{dN}{d \log D_g} = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left( \frac{-(\log D_g - D_{g,moyen})^2}{2\sigma^2} \right)$$

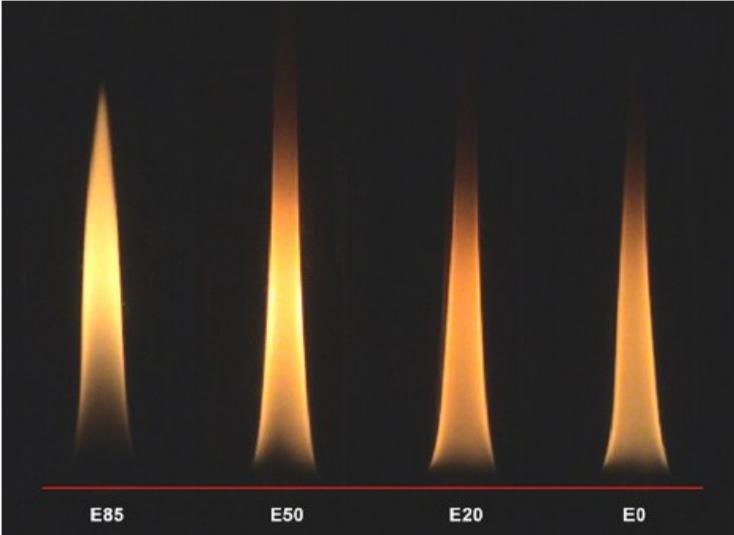
# La génération des particules de suies dans la combustion des biocarburants

- De nombreux travaux sur la comparaison biocarburants/carburants
- ce qui est connu: la présence de O dans le carburant diminue le contenu en suies

Soot formation in ethanol/gasoline fuel blend diffusion flame  
Matti Marricq Combustion and Flame (2012)

Etude de mélanges à 0-20-50 et 85% d'**éthanol dans de l'essence**





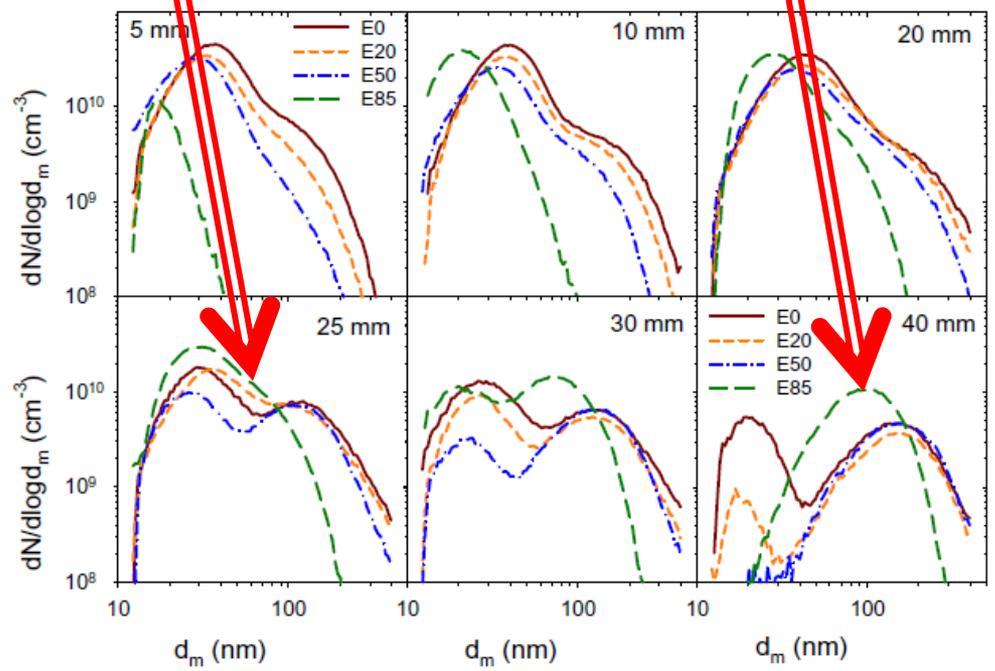
Marick, comb & flame 2012, mélange essence/ethanol

Aspect visuel: E 85 , moins d'émissions de particules

SMPS: Observation d'une bimodalité  
 Pour la flamme de 40mm elle disparaît pour E 85

Emission croissante des suies

“ The nucleation mode includes an appreciable quantity of condensed semivolatile organics, *due at least partly to sampling.* »



Soot size distributions in E0, E20, E50, and E85 flames as a function of height above the burner. Overall flame height of each flame

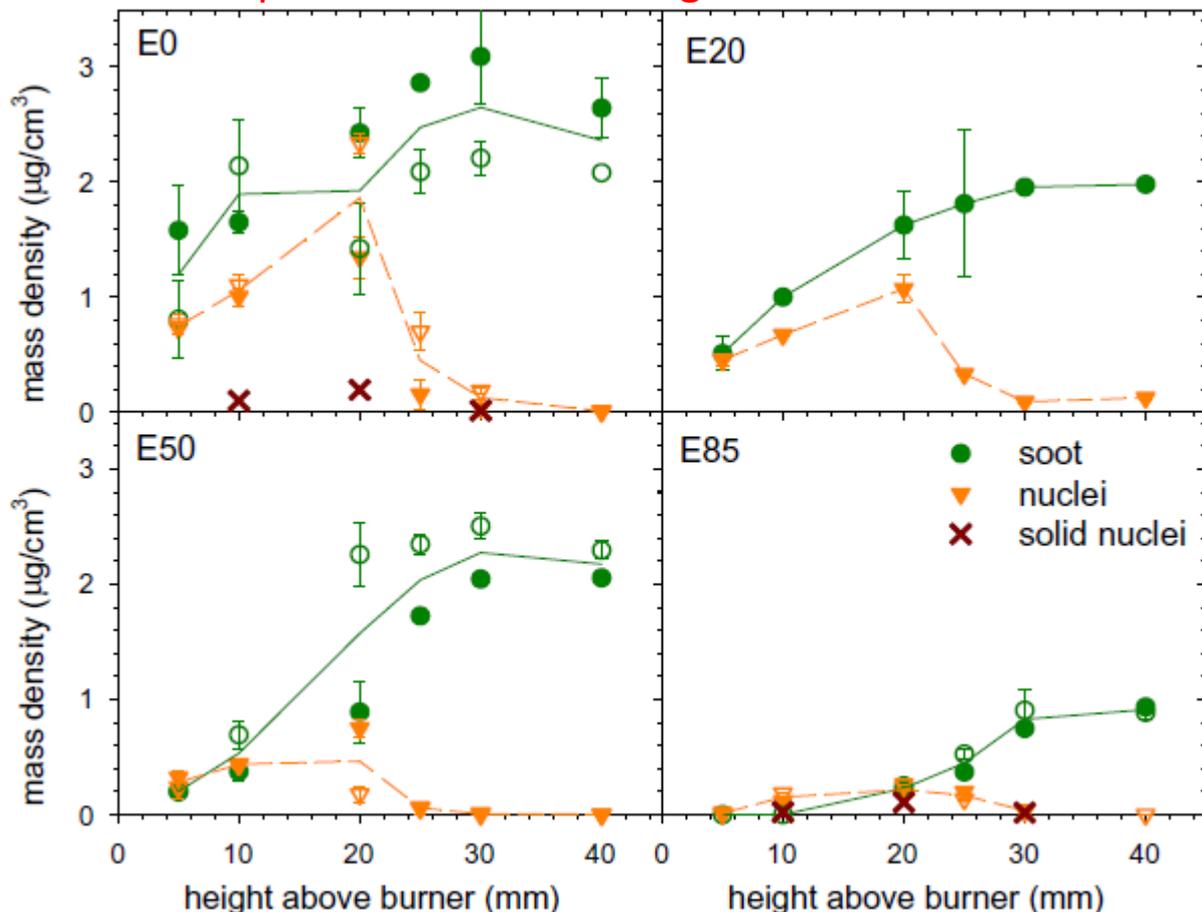
**ces particules de très petits diamètres seraient apportées en partie par la condensation d'hydrocarbures lourds (semi-volatiles)**

# La génération des particules de suies

## dans la combustion des biocarburants

Etude de M. Marick, comb & flame 2012, mélanges essence/éthanol

Concentrations massiques obtenues en intégrant les distributions des tailles



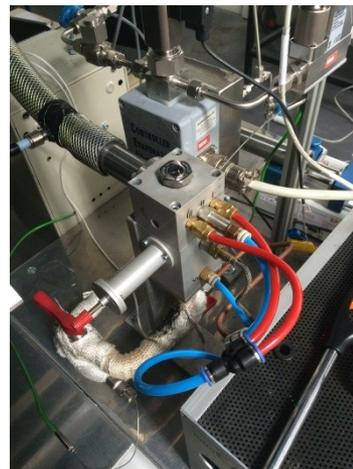
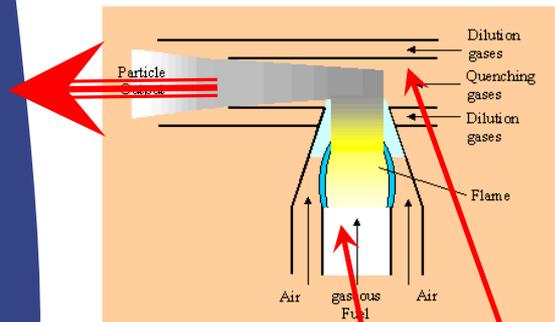
**Conclusion: En terme de masse ==> E 85: emission plus faible  
la présence de O dans le carburant diminue le contenu en suies**

- Projet Biocar: Moyens mis en œuvre
- *CAST propane: Source d'émissions de particules de suies*

### Schéma de principe du générateur miniCAST (gaz)

### Photo de la chambre de combustion du CAST

**Prélèvement après la zone de flamme**



Système avec un contrôle et une flexibilité de l'air de combustion et de l'air de dilution/refroidissement (quenching)

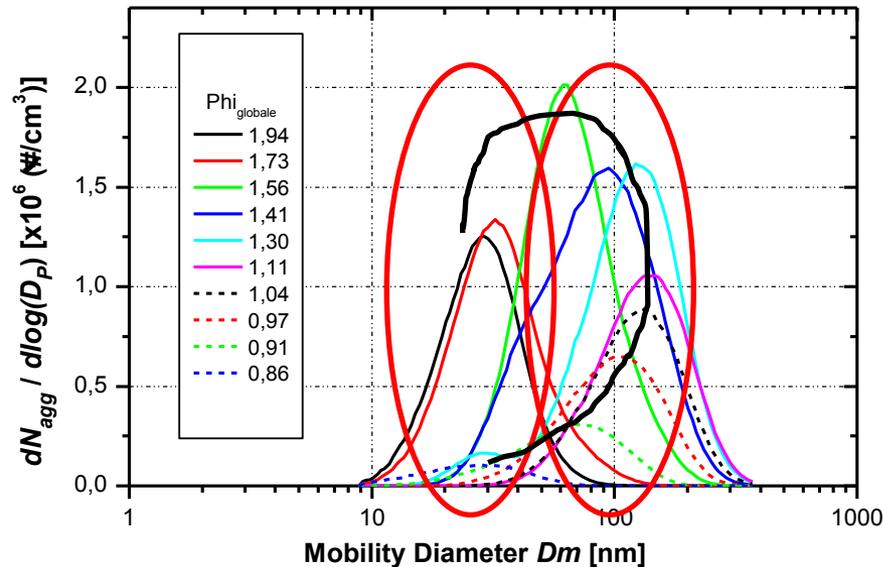
Contrôle de la richesse globale :

$$\phi = \frac{\left(\frac{m_{combustible}}{m_{air}}\right)_{exp}}{\left(\frac{m_{combustible}}{m_{air}}\right)_{stoechio}}$$

- Projet Biocar: Moyens mis en œuvre
- *CAST propane: Source d'émissions de particules de suies*

Variation de la richesse globale :

- Influence sur la concentration et sur le diamètre des particules de suie



Particules de suie issues du CAST Propane

# Projet Biocar: Moyens mis en œuvre

## CAST propane: bi-modalité possible pour des mélanges riches (mesures avec SMPS)

Richard H. Moore et al, 2014 Aerosol Science and Technology

zone d'apparition  
De la bimodalité

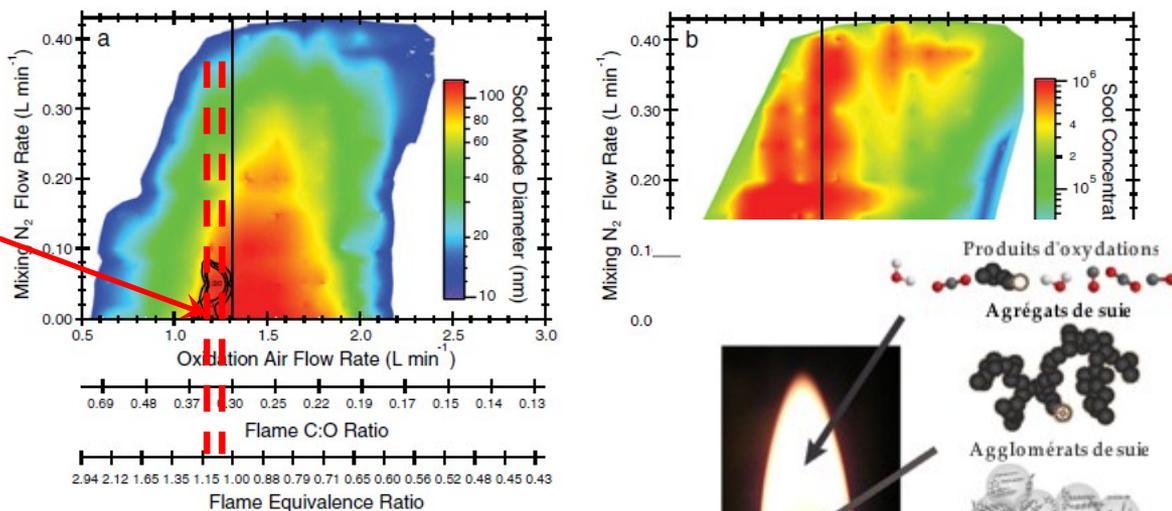


FIG. 2. (a) Soot mode diameter and (b) soot concentration over the range of Mini-CA reactor dilution or for coagulation in the sample lines. The inset contours in (a) denote a range of 10–30 nm. The vertical line represents the stoichiometric flow ratio, and conditions to

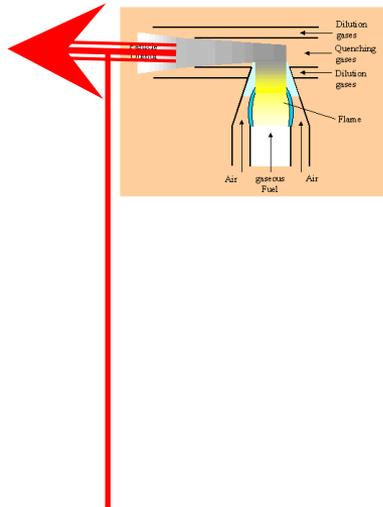
Particules solides: 2:1 (v/v)  
contours  
éan.  
10-30 nm possible?

==> quelle est la nature  
de ces particules ultra-fines  
observées à l'émission?

## - Développement d'un CAST liquide

### Développement d'un système pour la mise en vapeur de carburant liquide

↓ vers le CAST



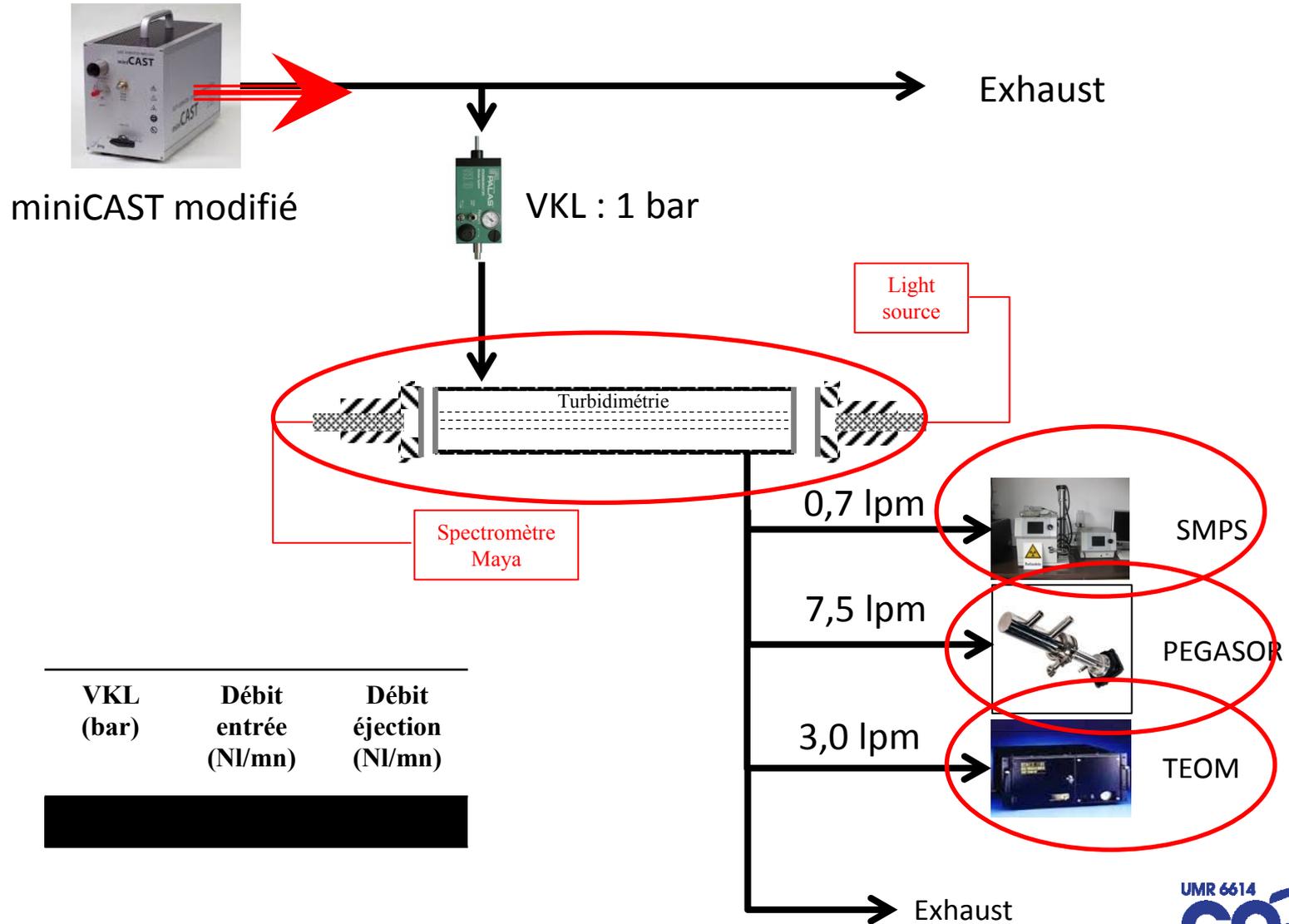
Ce dispositif permet de contrôler le débit de carburant liquide mais aussi le débit d'azote (Gaz vecteur)

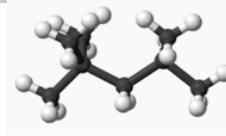
**Prélèvement *après* la zone de flamme**

**Rq: Perte de stabilité de la flamme avec l'ajout de composés oxygénés**

# Projet Biocar: Moyens mis en œuvre

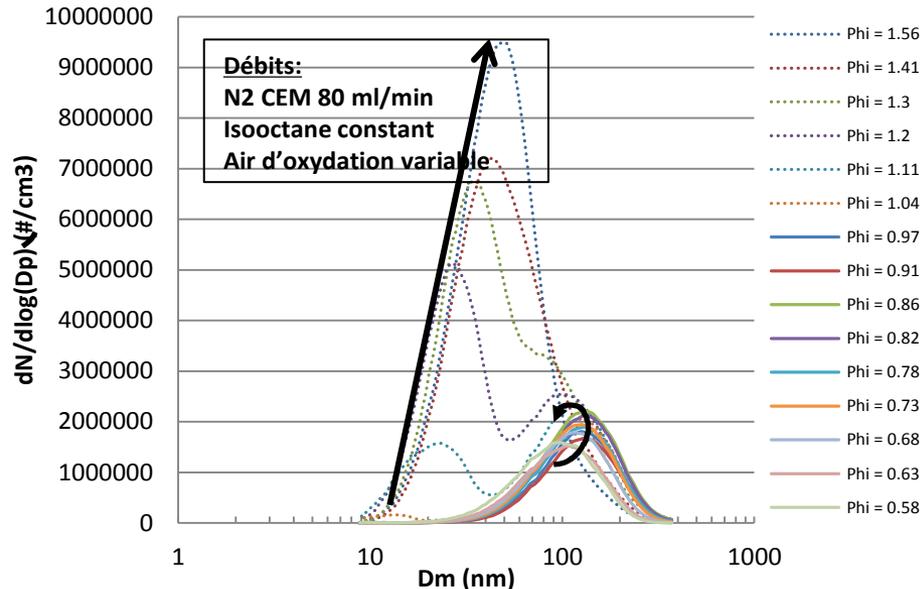
## - Dispositif de mesures





### Variation de la richesse globale :

- Influence sur la concentration et sur le diamètre des particules de suie



Particules de suie issues du CAST Liquide :  
Isooctane

Comme pour le propane: observation d'une bi-modalité  
==> plus prononcée

# Projet Biocar: Résultats

## Combustion d'un biocarburant de synthèse

Composants	Surrogate 100/0 (% en masse)	Mélange 90/10 (% en masse)	Mélange 80/20 (% en masse)	Mélange 70/30 (% en masse)	Mélange 60/40 (% en masse)	Mélange 50/50 (% en masse)
Hexane	21	18.9	16.8	14.7	12.6	10.5
2-3 diméthyle- butène	7.4	6.66	5.92	5.18	4.44	3.7
Toluène	41.9	37.71	33.52	29.33	25.14	20.95
Cyclohexane	12.15	10.935	9.72	8.505	7.29	6.075
Isooctane	17.55	15.795	14.04	12.285	10.53	8.775
Anisole	0	10	20	30	40	50

## Variation de la teneur en composés oxygéné: anisole

Composants	Surrogate 100/0 (% en masse)	Mélange 80/20 (% en masse)	Mélange 60/40 (% en masse)
Hexane	21	16.8	12.6
2-3 diméthyle- butène	7.4	5.92	4.44
Toluène	41.9	33.52	25.14
Cyclohexane	12.15	9.72	7.29
Isooctane	17.55	14.04	10.53
Ethanol	0	20	40

## Comparaison des effets Avec ceux de l'éthanol

Influence sur :

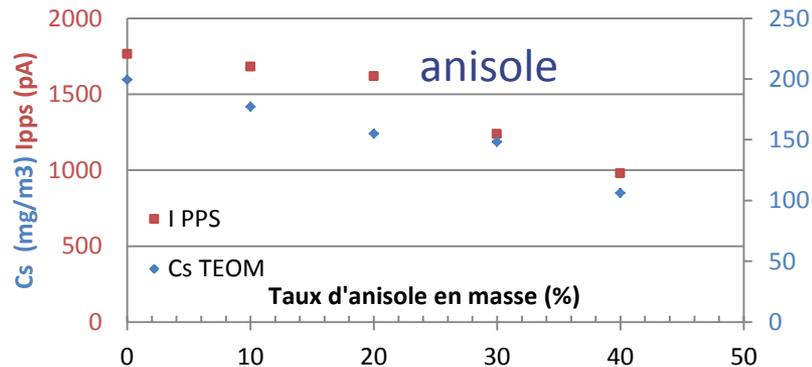
- La production (masse et nombre)
- La distribution des diamètres

## Combustion d'un biocarburant de synthèse: *Mélange pauvre $\phi=0,8$*

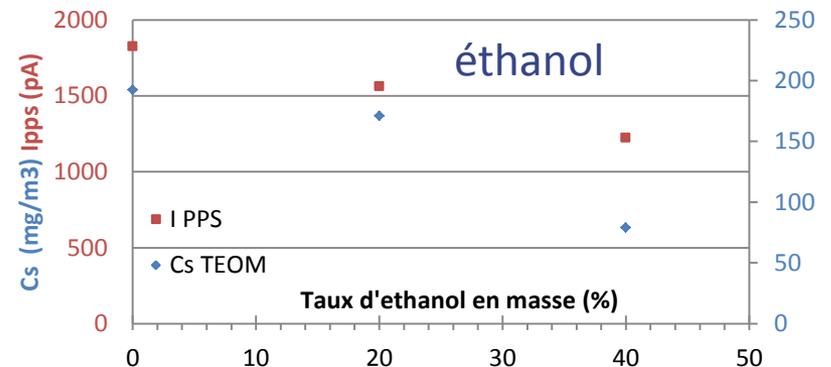
### Variation de la teneur en composés oxygénés

#### Influence sur la concentration massique

Mesure de concentration massique par PPS – TEOM. Les mesures TEOM et PPS sont corrigées de la dilution du VKL (x10) Pour l'anisole



Mesure de concentration massique par PPS – TEOM. Les mesures TEOM et PPS sont corrigées de la dilution du VKL (x10) Pour l'éthanol

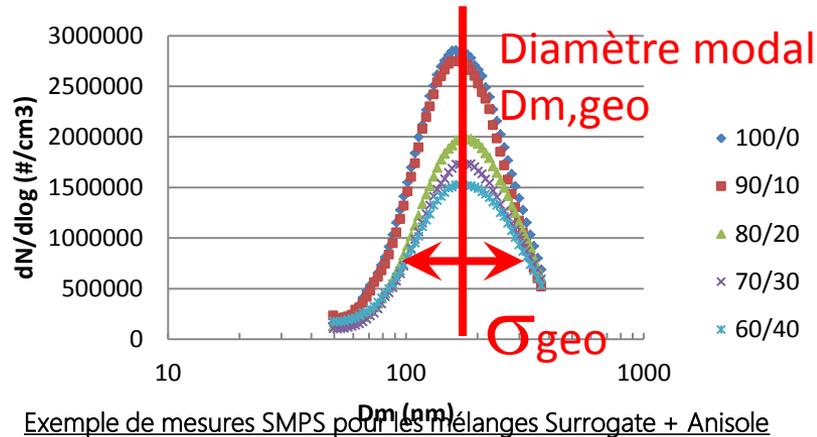


*-Diminution de la concentration massique avec l'ajout de composés oxygénés*

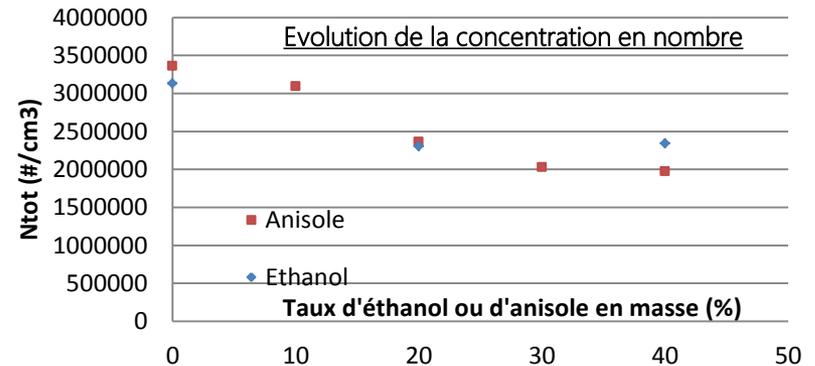
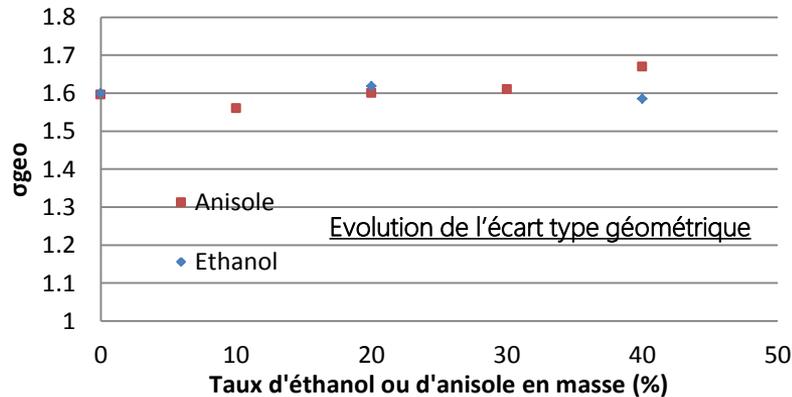
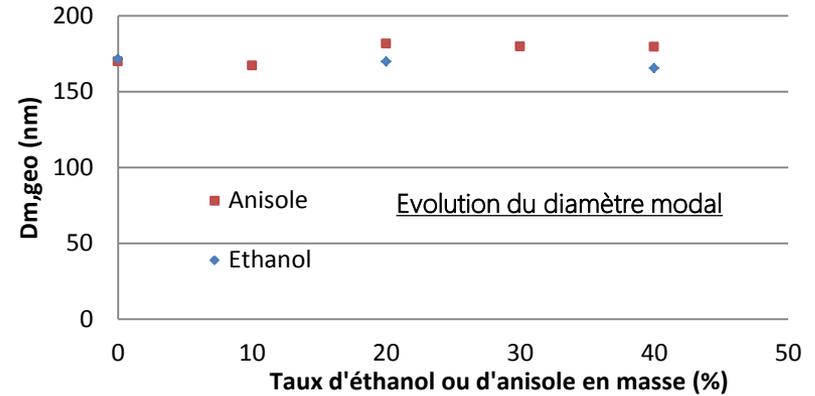
*-Même effet anisole/ éthanol*

# Projet Biocar: Résultats

Combustion d'un biocarburant de synthèse **Mélange pauvre  $\phi=0,8$**  :  
 ==> Influence sur les distribution des diamètres (Mesures SMPS)



Exemple de mesures SMPS pour les mélanges Surrogate + Anisole



- Même effets Anisole/ethanol
- Ajout d'un composé oxygéné: Dm, Pas de changements significatifs
- Réduction de n (part/cm3) avec l'ajout de composés oxygénés

## Conclusion

### *Effet des composés oxygénés sur un biocarburant de synthèse*

- *Observations réalisées à l'émission (dispositif CAST)*
  - Réduction de la concentration massique et du nombre avec l'ajout de composés oxygénés
  - Même effet anisole/ éthanol
  - Réduction proportionnelle au taux de masse des composés oxygénés
  - Pas de changements significatifs sur la distribution en taille
  - Même effets Anisole/ethanol
  - observation d'une bi-modalité sur la distribution en taille ( $\phi > 1$ )
- *Observations à réaliser aussi à l'émission d'un moteur*
- *Propriétés optiques des particules de suies (résultats non présentés)*
  - Avec l'ajout d'anisole ou d'éthanol
  - peu d'influence sur le taux de composés organiques adsorbés