



Les biocarburants aéronautiques: Une solution d'avenir ?

N. Jeuland (Safran Tech) & O. Penanhoat (Snecma)
avec la contribution d'Alain Coutrot (Safran)

Conférence Arts & Métiers - 19 octobre 2015

SOMMAIRE

- 1. Les carburants aéronautiques: quoi, combien ?**
- 2. Les carburants alternatifs: motivations**
- 3. Les carburants alternatifs: exigences de certification**
- 4. Les carburants alternatifs: les filières**
- 5. Les carburants alternatifs: perspectives**

/01/

Les carburants aéronautiques: quoi, combien ?

LE TRANSPORT AÉRIEN REPRÉSENTE...

→ En Europe

- 450 aéroports
- 227 compagnies aériennes
- 827 millions de passagers en 2011 (Eurostat)

→ Dans le monde

- Près de 1400 compagnies aériennes
- opérant plus de 25000 avions civils
- depuis plus de 3600 aéroports dans le monde
- Au total,
 - plus de 29 millions de départs ont lieu par an
 - soit plus de 80 000 vols par jour.
 - 500 000 à 1 million de personnes en permanence en vol

→ Une croissance estimée de 4 à 5% /an

2.97

billion passengers
carried by airlines¹⁴ (in 2013, it was 3.1 billion¹⁵)

37.4
million

commercial flights worldwide¹⁶ (in 2013, there were 36.4 million). Counting just scheduled airlines, there were 31 million flights in 2012¹⁵

49,871
routes
served globally¹³

5.4

trillion kilometres
flown by passengers (in 2013, it was 5.7 trillion)¹⁷

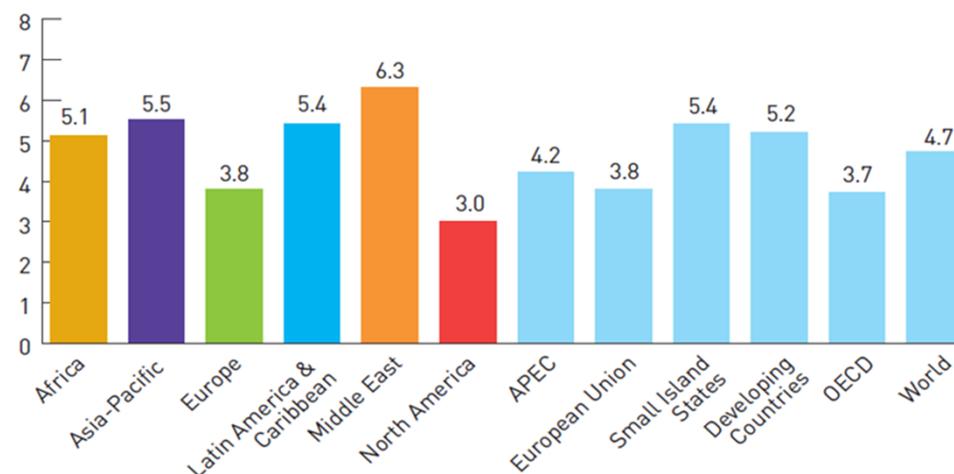
1,397

Commercial airlines²¹

3,864

Airports with scheduled commercial flights²² (there are 41,821 airfields in the world, including military and general aviation²³)

Projected annual growth rate for international traffic by region, 2012 - 2032⁵⁵



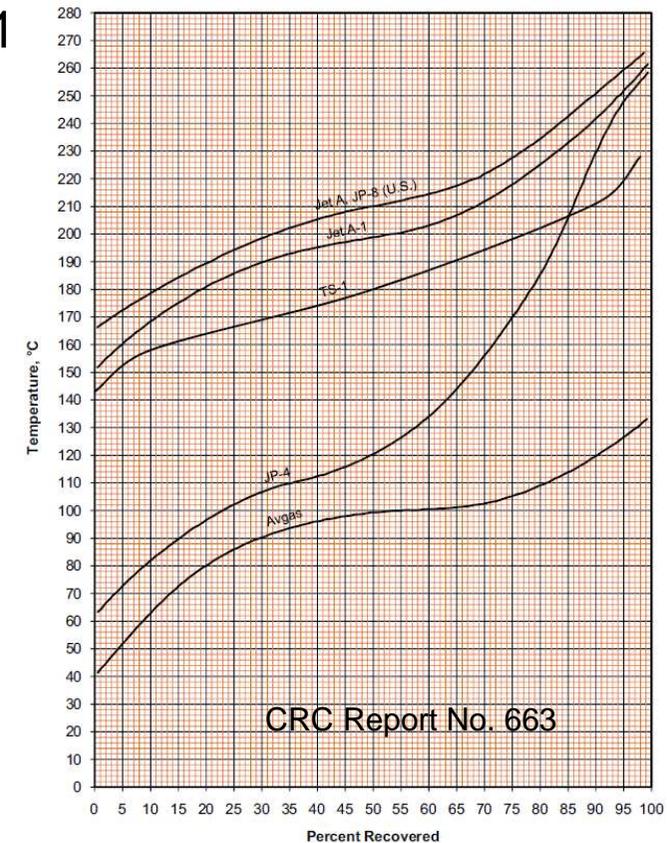
CARBURANTS AÉRONAUTIQUES

→ Définition:

- Kérosène: Produit pétrolier liquide, incolore ou légèrement jaune, principalement utilisé pour la constitution de carburéacteurs (anciennement pour l'éclairage, pétrole lampant).
- Il est caractérisé par sa coupe pétrolière et sa courbe de distillation
- Utilisé dans l'aviation civile sous le nom JetA (US) ou JetA-1

→ Autres types de kérosènes utilisés (militaire)

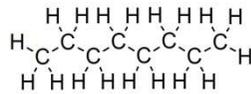
- Large coupe (JP4 / F40)
 - Contient des fractions plus légères => utilisation grand froid (usage très limité)
- Haut point d'éclair (JP5 / F44)
 - Contient des fractions plus lourdes => Utilisation en Aéronavale (sécurité/inflammabilité)



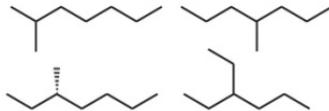
COMPOSITION DU KÉROSÈNE

- Le kérosène est un mélange d'hydrocarbures : pas de composition définie
- 75 à 90% : Alcanes (ou paraffines) C_nH_{2n+2}

- Paraffines normales



- Iso-Pararaffines



- Paraffines cycliques



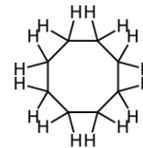
cyclopropane



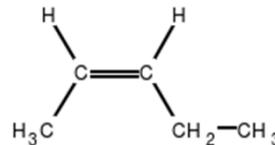
cyclobutane



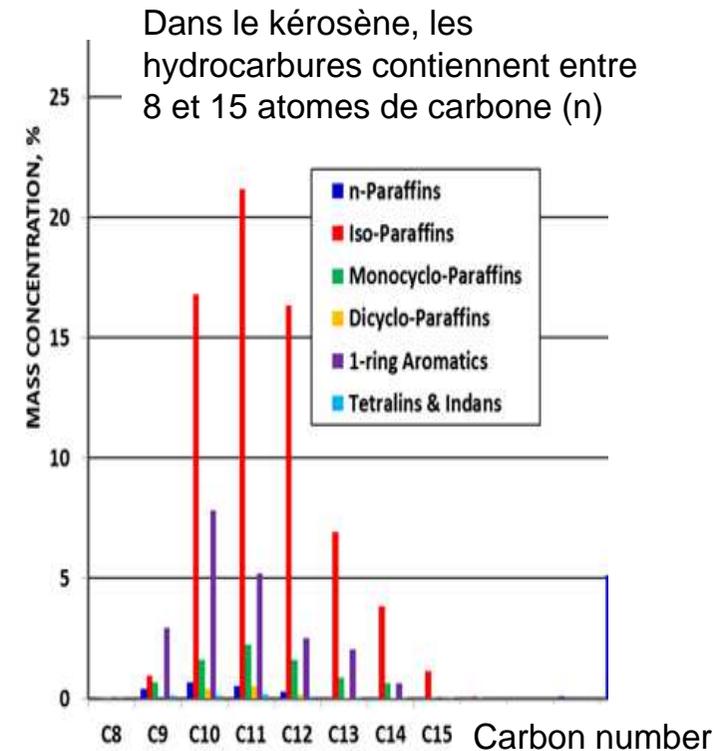
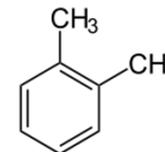
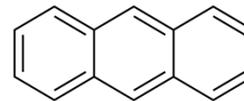
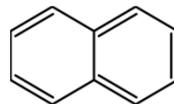
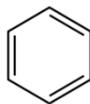
cyclohexane



- < 5%: Alcènes (ou oléfines) C_nH_{2n}



- 5-25%: Aromatiques C_nH_n



LE CARBURANT : DES CARACTÉRISTIQUES CLÉ POUR LA PERFORMANCE, L'OPÉRABILITÉ ET L'ÉCONOMIE DU MOTEUR

Vecteur énergétique + fluide caloporteur + lubrifiant + fluide hydraulique

Fuel	Jet A
Specification	ASTM D 1655
Acidity, mg KOH/g	0.10
Aromatics, % vol, max	25
Sulfur, mass%	0.30
Sulfur, mercaptan, mass%	0.003
Distillation, °C:	
Initial boiling point	—
10% recovered, max	205
50% recovered, max	Report
90% recovered, max	Report
End point	300
Vapor pressure, kPa, max	—
Flash point, °C, min	38
Density, 15°C, kg/m ³	775–840
Freezing Point, °C, max	–40
Viscosity, –20°C, mm ² /sec, max	8
Net Heat of combustion, MJ/kg, min	42.8
Smoke point, mm, min	18
Naphthalenes, vol%, max	3.0
Copper corrosion, 2 hr @ 100°C, max rating	No. 1
Thermal stability	
Filter pressure drop, mm Hg, max	25
Visual tube rating, max	<3
Static test 4 hr @ 150°C, mg/100 ml, max	—
Existent gum, mg/100 ml, max	7

Safety

Inflammation (Flash point, volatility)
Cold properties (Freezing point, viscosity, water)

Compatibility with existing equipments

Chemical composition (aromatic content, sulfur, water)
Engine wear (lubricity)

Future Technologies

Thermal behaviour (specific heat, thermal stability)
Impact on materials (aromatics, sulfur / polar materials)

Durability / Cost of ownership

Deposits (thermal stability, gums)
Corrosion (sulfur, acidity, water)
Wear (lubricity)

Fluid Performance Prediction

Cold conditions (freezing point, viscosity, latent heat of vaporization, calorific value...)
Hot conditions (distillation, thermal stability)
Compressibility

Performances

Energy (heating value, density)
Running conditions (cold properties, volatility, flash pt)



Maintenance

See Durability

Material Compatibility

Chemical composition (aromatic content, sulfur, water)
Permeation (volatility)

Deposits / Varnishes

Thermal Stability, gums
Chemical composition, contaminants
Distillation

Hot-End Life

Thermal Stability
Chemical composition (aromatics)
Acidity, Sulfur
Distillation

Cold start and Altitude Relight

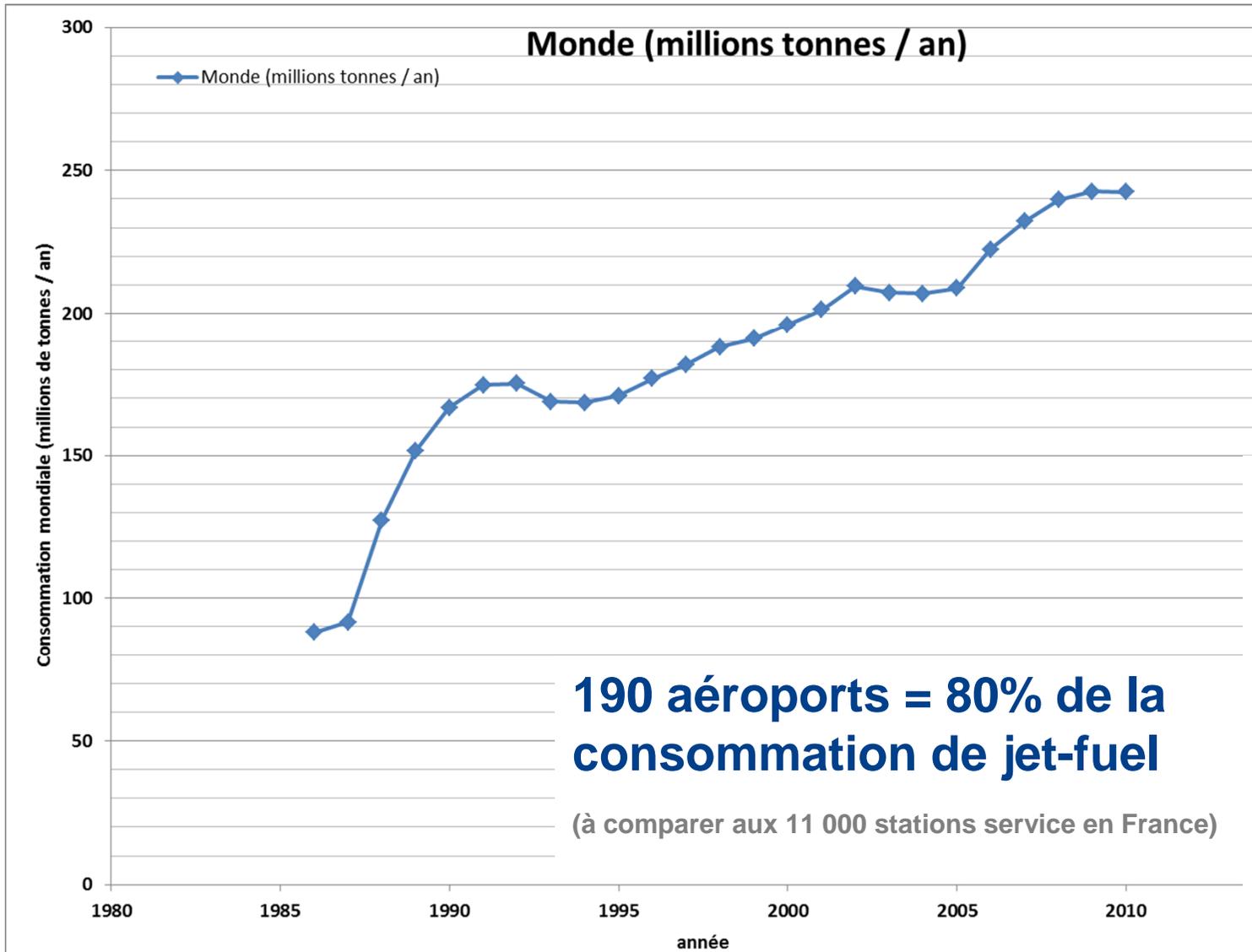
Cold flow properties (viscosity, freezing point)
Volatility
Auto-ignition properties
Other properties (Cp, surface tension)

Emissions

Chemical composition (aromatics, PAH)
Sulfur
Distillation

+ facteurs déterminants sur la sécurité du vol

CONSOMMATION MONDIALE DE CARBURANTS AÉRONAUTIQUES

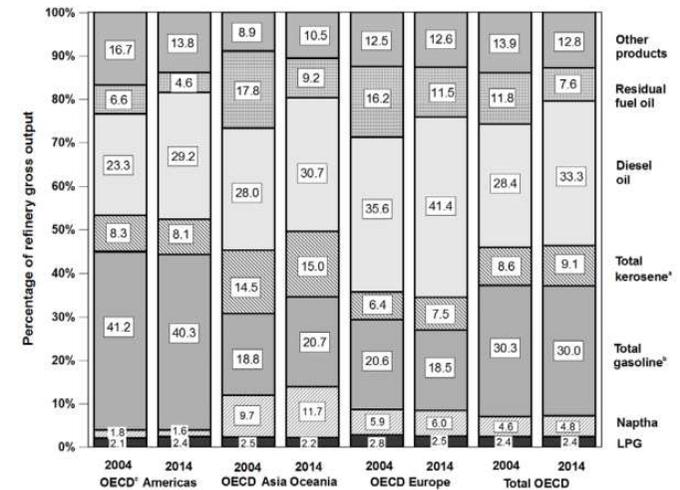


273
billion litres

of jet fuel used by commercial operators.
This equates to 72.2 billion gallons, or
around 220 million tonnes of Jet A-1²⁷

- ~ 8 % des produits pétroliers
- ~ 9 % des carburants

Figure 1.6. Refinery Gross Output by World Region, 2004 and 2014



/02/

Les carburants alternatifs: motivations

INTRODUCTION : POURQUOI DES CARBURANTS ALTERNATIFS ?

→ L'industrie aéronautique repose depuis l'avènement de la turbine sur l'utilisation de carburacteur, qui répond à la plupart des besoins des compagnies aériennes :

- Sûr
- Produit bien connu, avec une logistique parfaitement maîtrisée, même dans des régions peu développées économiquement
- Avec une qualité (à peu près) harmonisée au niveau mondial
- Possédant d'excellentes propriétés (tenue à froid, contenu énergétique, combustion...)
- Parfaitement compatible avec les technologies actuelles (compatibilité matériaux...)



DANS CE CAS, POURQUOI CHANGER ?

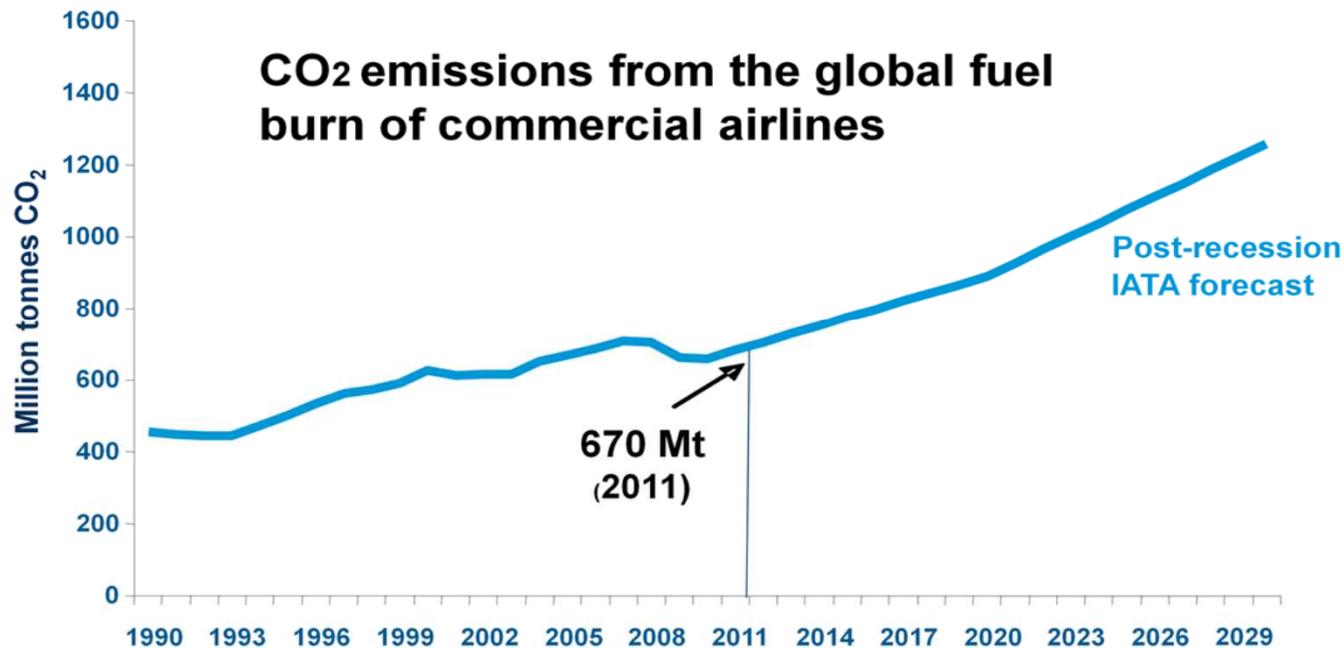


DANS CE CAS, POURQUOI CHANGER ?



→ Augmentation des émissions de CO₂

CO₂ emissions from the global fuel burn of commercial airlines



source : IATA 2011

273

billion litres

of jet fuel used by commercial operators.
This equates to 72.2 billion gallons, or
around 220 million tonnes of Jet A-1²⁷

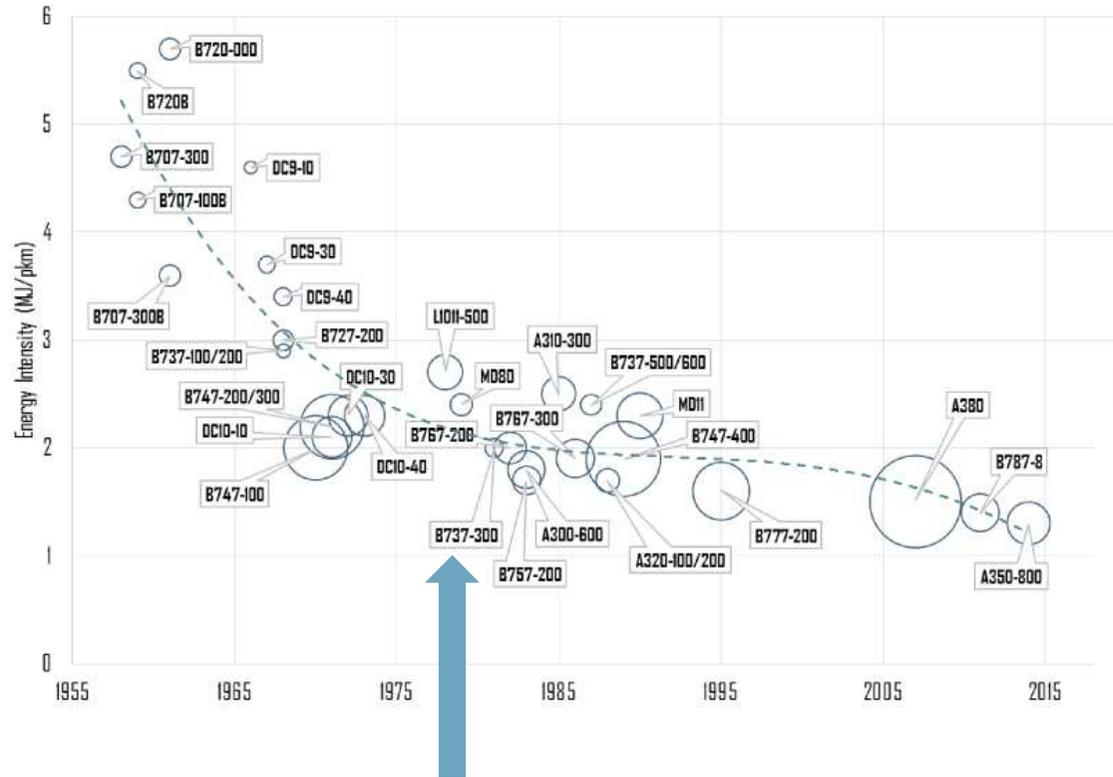
688,739,000 tonnes of carbon dioxide (CO₂)

emitted by airlines (in 2013, it was 705 million tonnes)²⁹. This is 2% of the global human emissions of 36 billion tonnes. Around 80% of aviation CO₂ is emitted from flights over 1,500 kilometres in length, for which there is no practical alternative form of transport

L'aviation représente actuellement
- **2% des émissions globales de CO₂**
(17% des émissions de CO₂ du transport)

Cette part pourrait passer à 3 voir 4% en 2030 si rien n'est fait

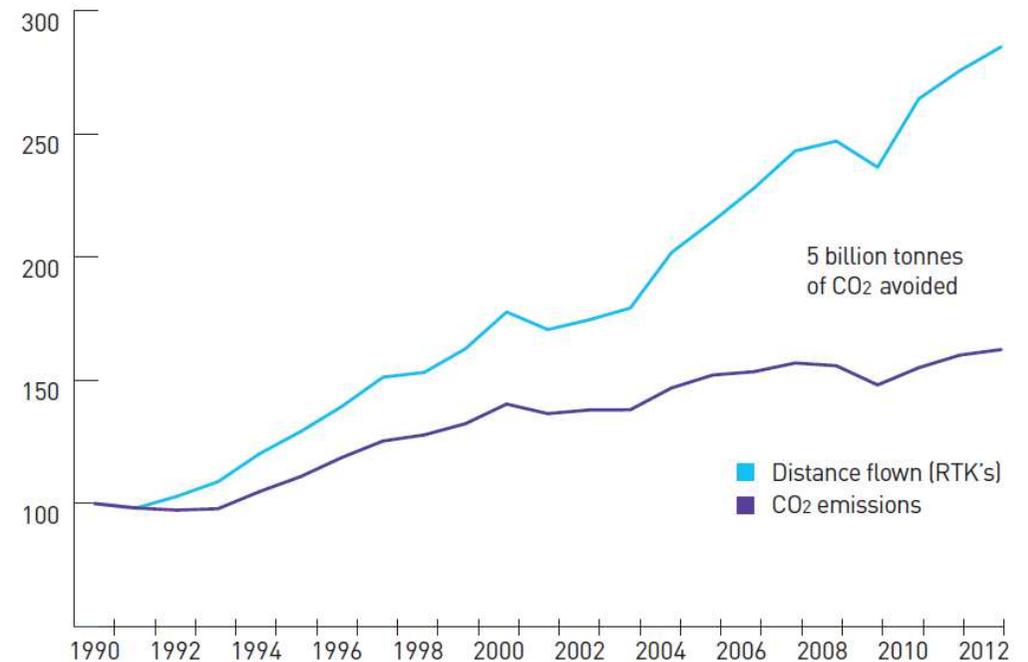
LES PROGRÈS PASSÉS DU TRANSPORT AÉRIEN



Turbofan double flux à fort taux de dilution

Efficacité améliorée de 70% depuis l'avènement des premiers jet

Efficiency increases in air transport, indexed to 1990⁸⁴

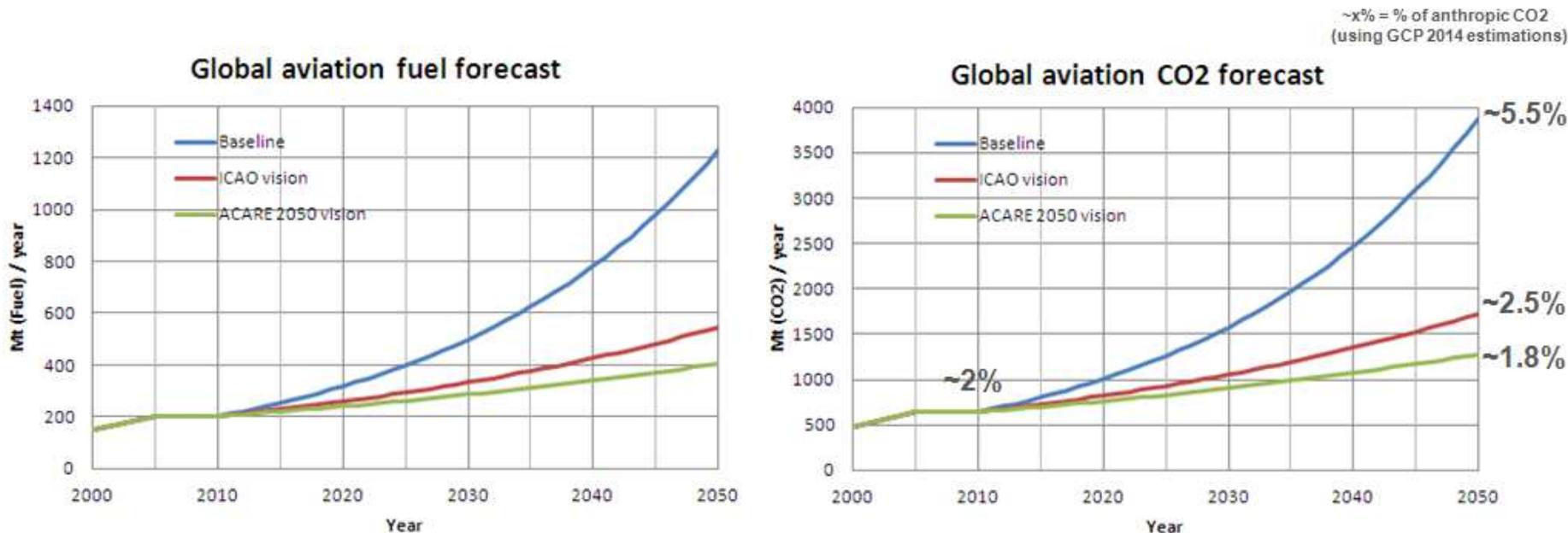


LES PROGRÈS À VENIR DU TRANSPORT AÉRIEN

→ Objectif Européen « ACARE 2050 » :

- -75% CO2 par passager km en 2050 comparé à 2000
- Grâce à l'amélioration de la technologie avion/moteur et à l'ATM.

→ Moyennant cet objectif très ambitieux, le CO2 de l'aviation continuera à augmenter compte tenu de l'hypothèse croissance du trafic.



* ACARE = Advisory Council for Aeronautic Research in Europe

CO₂ : LES ENGAGEMENTS IATA

2010

1.5% p/a fuel efficiency

Working towards CNG

2020

CNG from 2020

Implementation of global approach

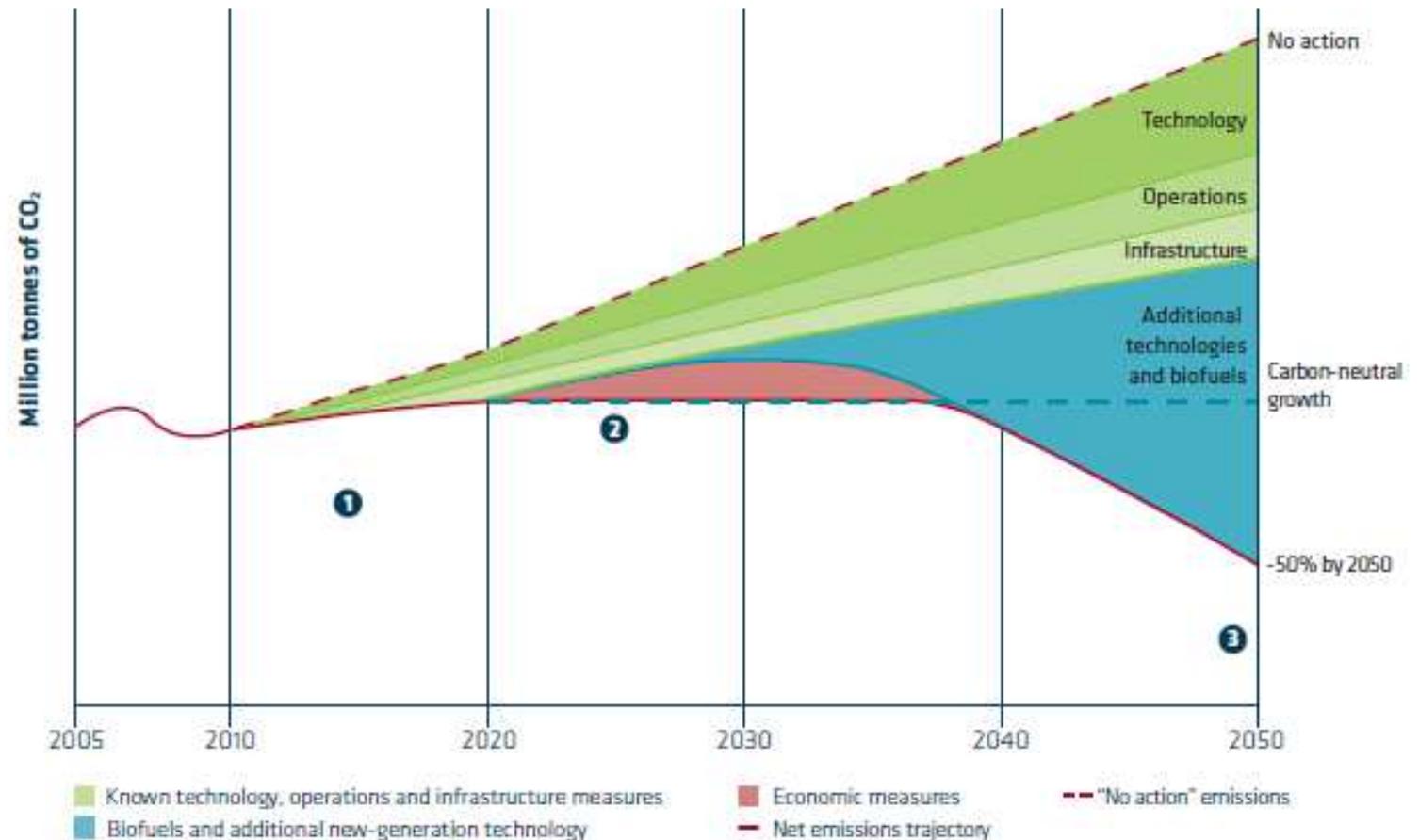
2050

50% reduction in net CO₂ emissions over 2005 levels

CNG : Carbon Neutral Growth

CO₂ : LES ENGAGEMENTS IATA (2)

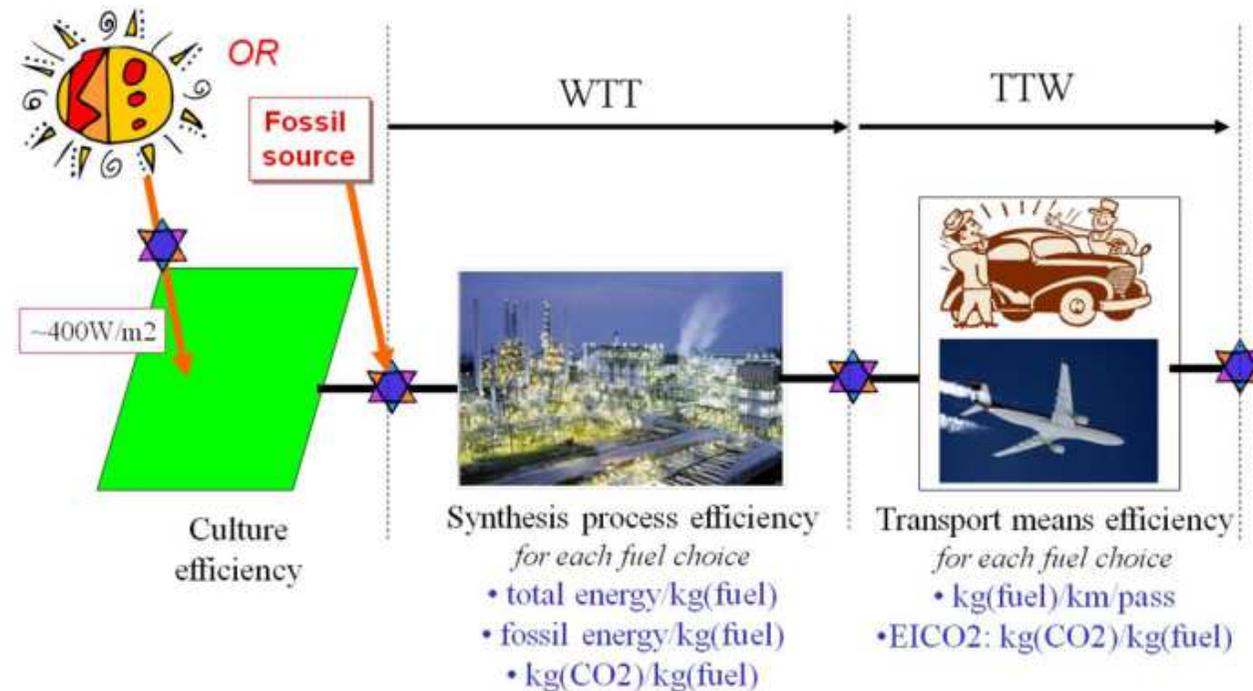
- 1 improve fleet fuel efficiency by 1.5% per year from now until 2020
- 2 cap net emissions from 2020 through carbon neutral growth
- 3 by 2050, net aviation carbon emissions will be half of what they were in 2005.



(Schematic, indicative diagram only)

CO₂ : LA QUESTION CLE DES ACVs (ANALYSES DE CYCLES DE VIE)

→ Analyses de Cycle de Vie (ACV) des carburants alternatifs:



→ Bénéfice CO₂ des carburants alternatifs issus de la biomasse?

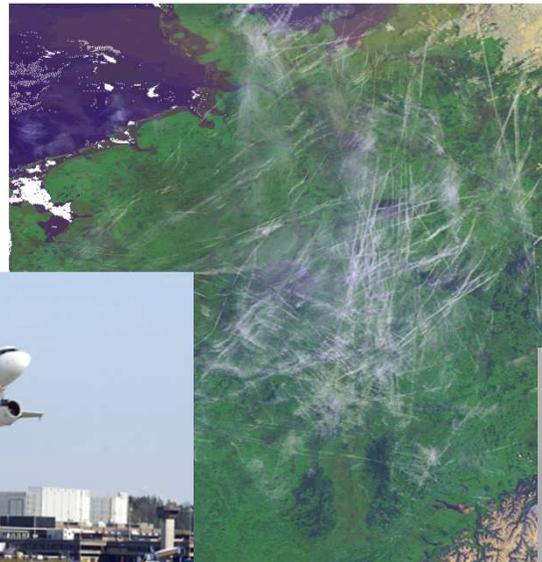
- repose fondamentalement sur les ACVs, et il est donc indispensable d'avoir une méthodologie validée, tout au moins au niveau Européen.
- Toutes les filières ne sont pas équivalentes d'un point de vue bilan CO₂.
- Directive Européenne (RED/sustainability criteria): toute nouvelle unité de production de biocarburants à partir de 2018 devra réaliser un gain CO₂ supérieur à 60%.

DANS CE CAS, POURQUOI CHANGER ?



→ Participer à la réduction des émissions polluantes

- Composition chimique (aromatiques → impact particules fines/trainées de condensation...)
- Teneur en soufre (particules fines, émissions acides...)
- Qualité de l'air à proximité des aéroports



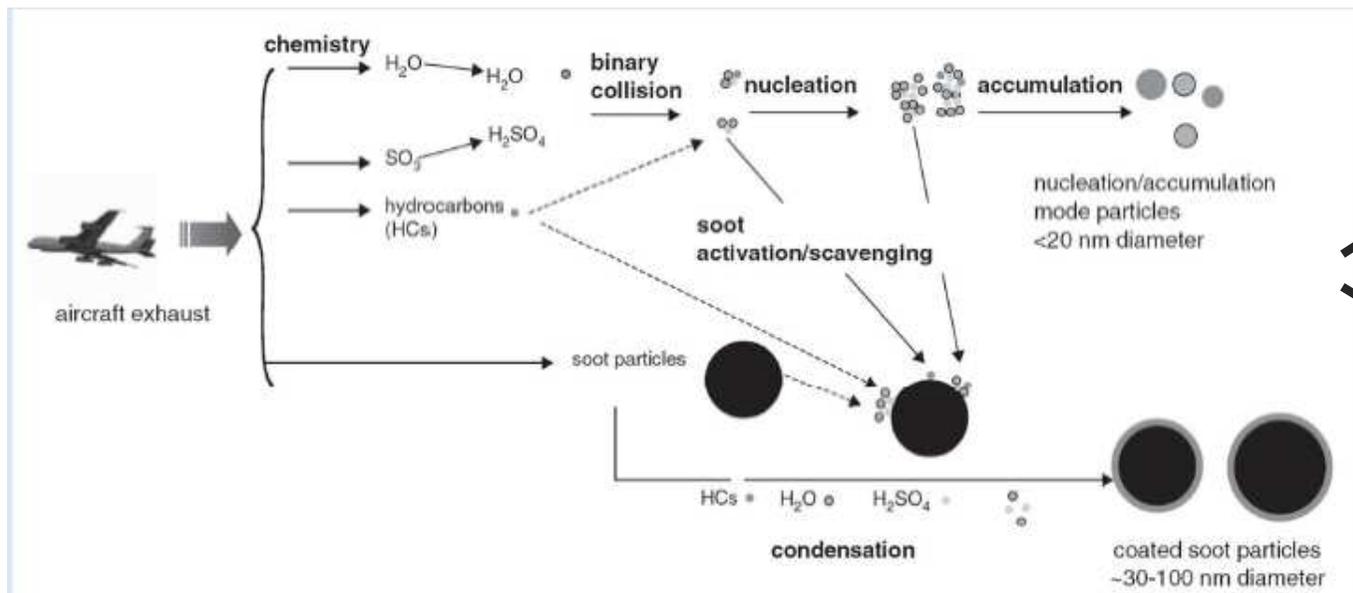
**I LOVE
THE SMELL OF
JET FUEL
IN THE MORNING**

BÉNÉFICES SUR L'ÉMISSION DE PARTICULES (1)

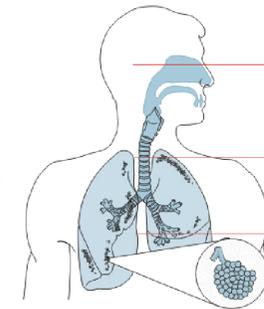
→ La combustion du carburant peut produire des fines particules:

- non volatiles (principalement carbonées) ou volatiles (à base d'hydrocarbures imbrulés, de SOx, de NOx)
- La teneur en aromatiques et en soufre du carburant favorise leur formation

→ Celles-ci ont un impact sur la Qualité de l'Air et indirectement sur le Climat



Qualité de l'Air!



Angriffsorte	Partikel-durchmesser
Nasen-Rachenraum	5-10 µm
Luftröhre	3-5 µm
Bronchien	2-3 µm
Bronchiolen	1-2 µm
Alveolen (Lungenbläschen)	0.1-1 µm

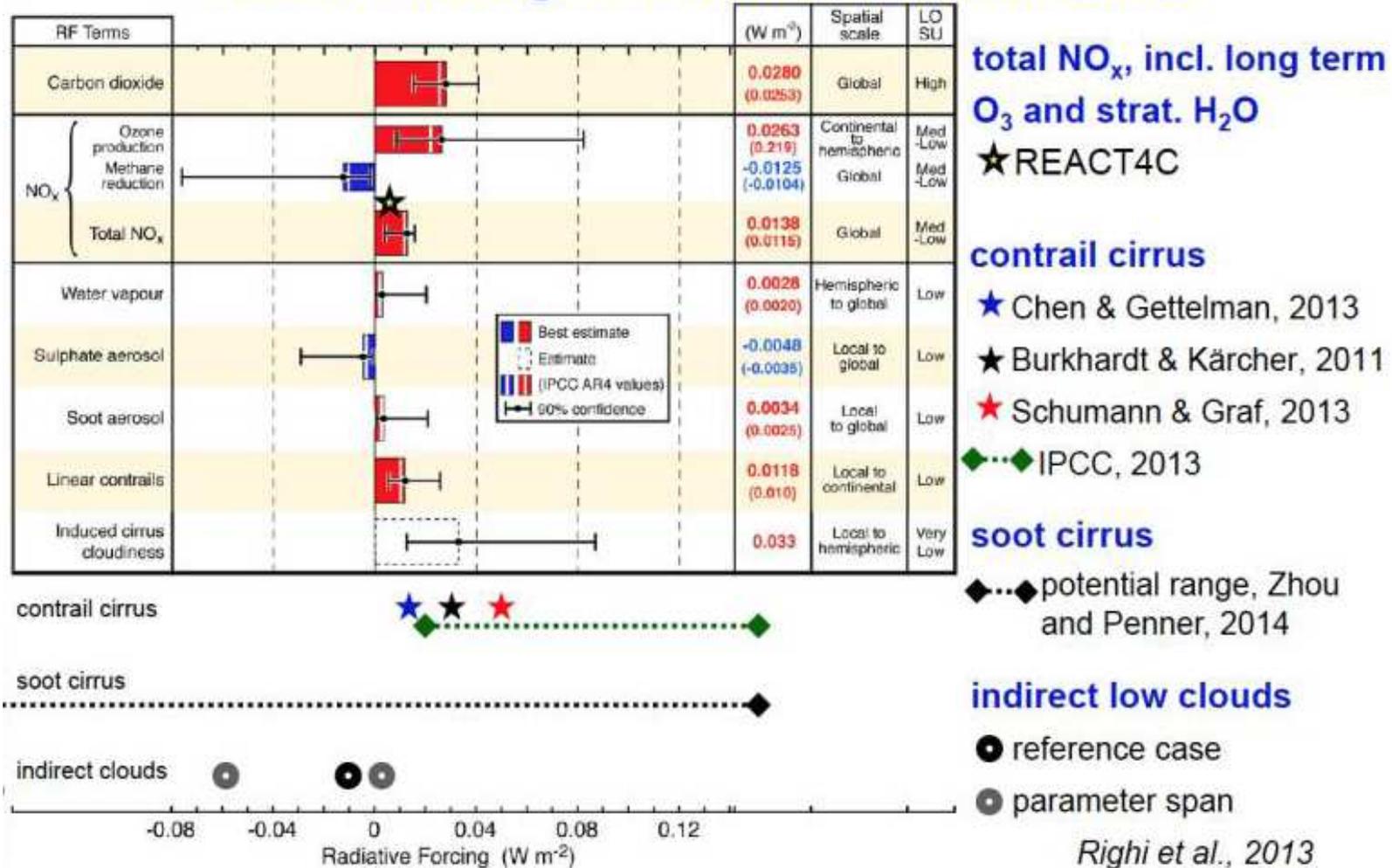
Contrails/Induced cirrus: Climat!



BÉNÉFICES SUR L'ÉMISSION DE PARTICULES (2)

→ Effets directs et indirects potentiels liés aux particules fines aéronautiques

Radiative forcing from aviation with new results



total NO_x, incl. long term
O₃ and strat. H₂O

★ REACT4C

contrail cirrus

★ Chen & Gettelman, 2013

★ Burkhardt & Kärcher, 2011

★ Schumann & Graf, 2013

◆◆◆ IPCC, 2013

soot cirrus

◆◆◆ potential range, Zhou and Penner, 2014

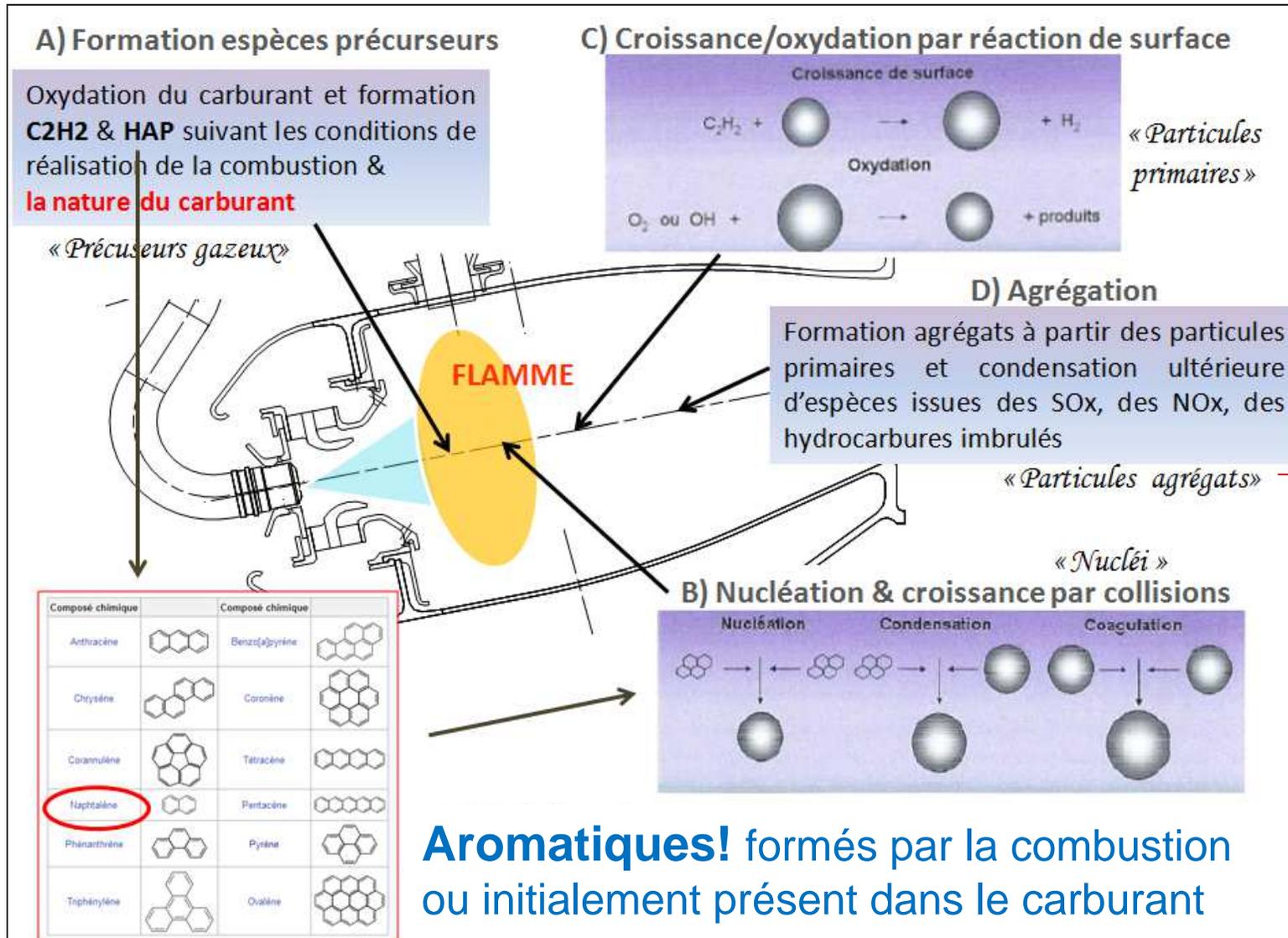
indirect low clouds

● reference case

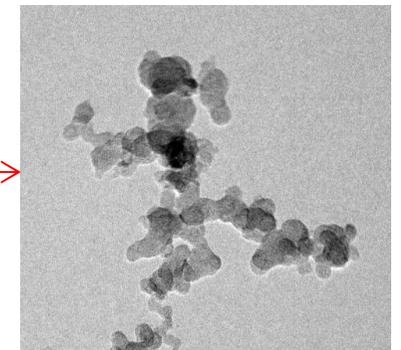
● parameter span

BÉNÉFICES SUR L'ÉMISSION DE PARTICULES (3)

→ La composition du carburant influence la formation des particules



Particules! (nvPM)

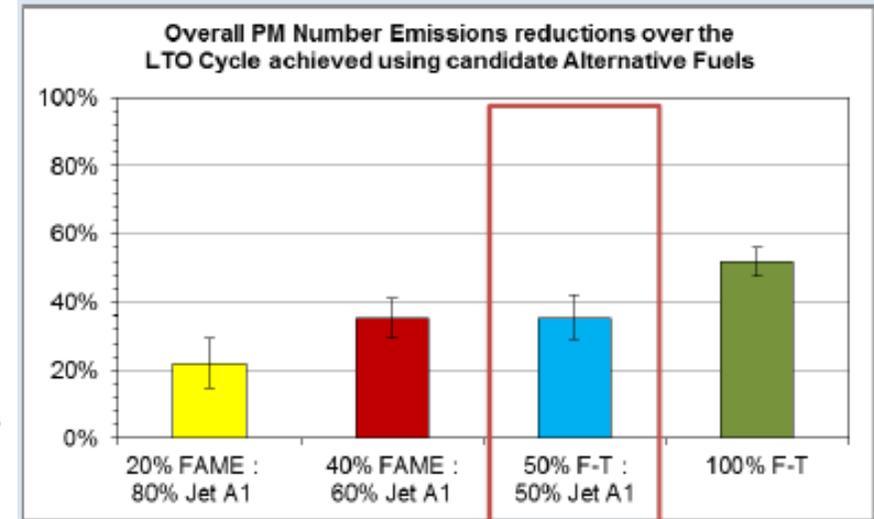


10nm à 100nm

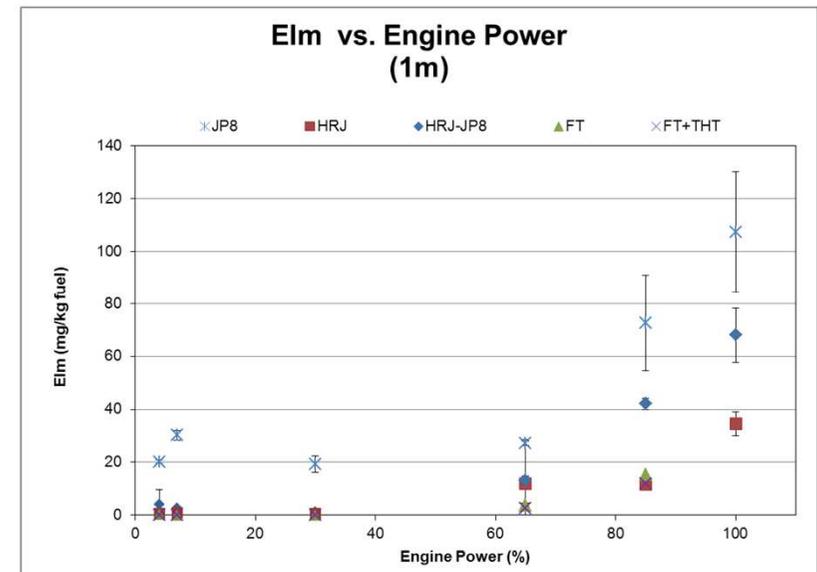
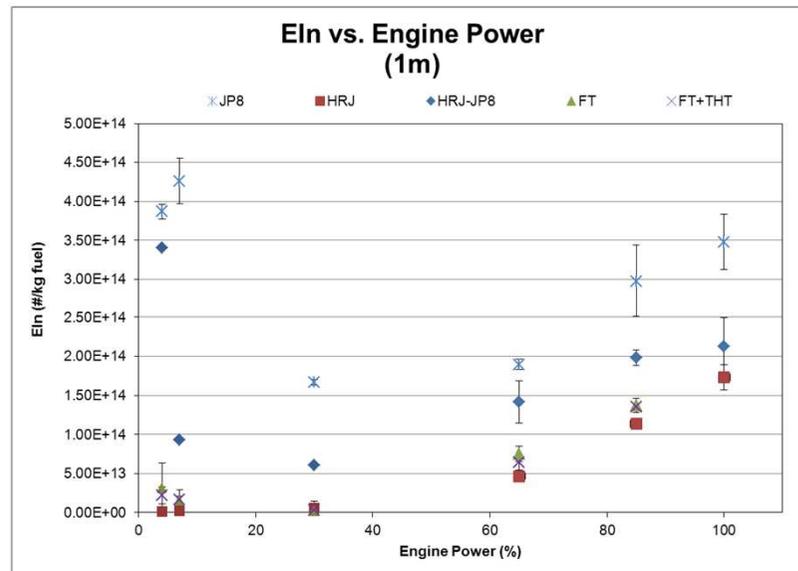
BÉNÉFICES SUR L'ÉMISSION DE PARTICULES (3)

- Le faible taux d'aromatiques peut réduire significativement les particules fines non volatiles,
- La réduction en soufre a un effet immédiat sur les particules volatiles issues des SO_x.

Mesures sur CFM56-7B
(Nov 2007)



Mesures sur
CFM56 (AAFEX II)



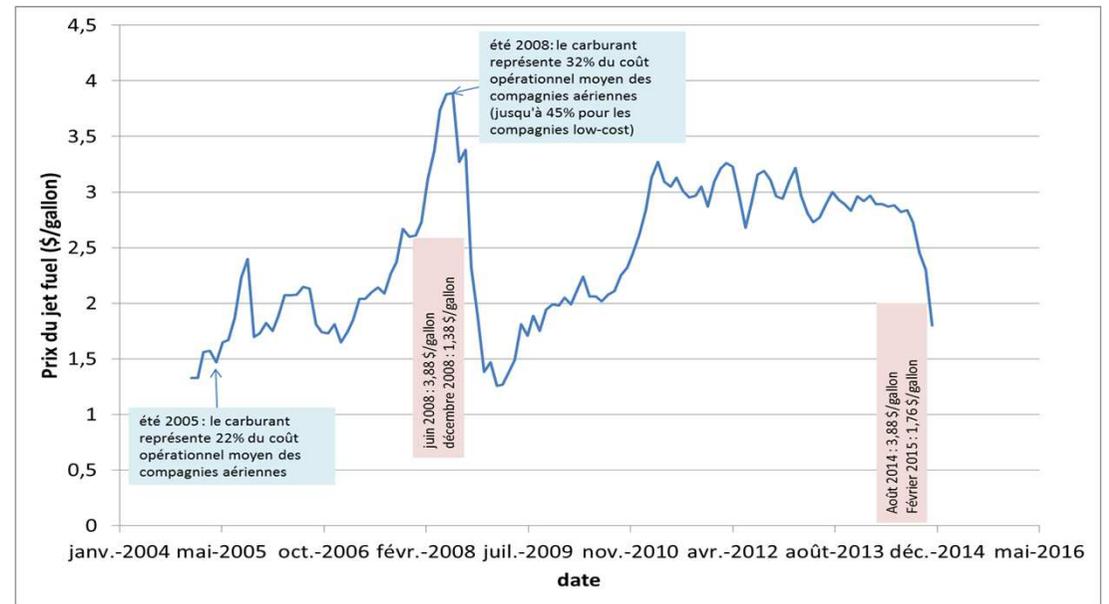
DANS CE CAS, POURQUOI CHANGER ?



→ Besoin de diversification (géostratégique, coûts...)



Test d'un mélange 50/50 de biocarburant dans un F/A 18 de la patrouille Blue Angels



- Les filières alternatives ne sont pas compétitives actuellement mais pourraient avoir un intérêt financier dans le futur (augmentation du prix du pétrole, stabilisation des cours via une diversification des ressources, mécanismes de fiscalité carbone...)
- Ces filières pourraient également avoir un impact sur la balance commerciale, l'emploi, l'agriculture...

/03/

Les carburants alternatifs: le processus de certification

LES ALTERNATIVES ECARTEES

→ Cryo fuels physical properties are too different from kerosene

- need for new airframe concept + need for production/distribution system from scratch

→ Automotive agro fuels

- too low calorific power
- not enough thermal stability and poor low T° properties

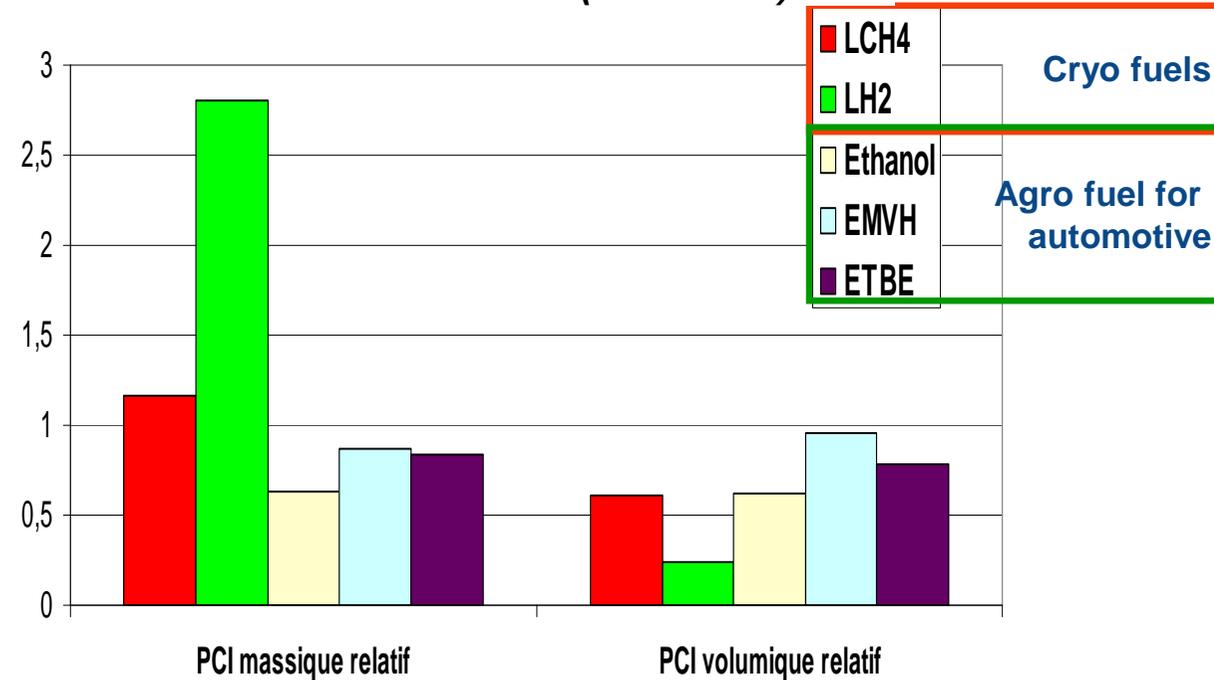
→ Critical points

- Mass and Volume Calorific Power
- Fuel system compatibility
- Vapor- lock / carbon deposition

→ Drop in capability:

- Compatibility with current fleets
- Compatibility with distribution infrastructure on airports

Calorific Power (ref JETA1)



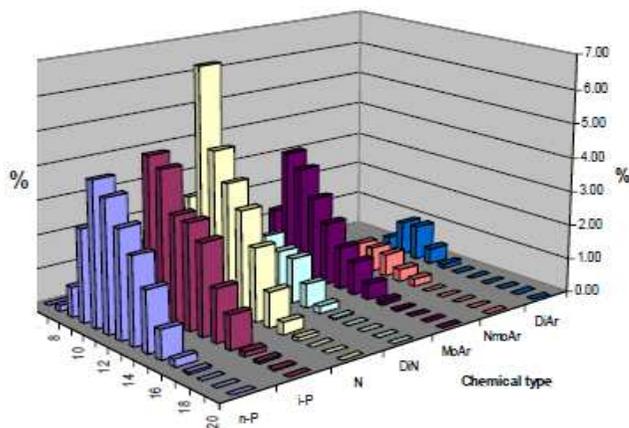
**Only one solution :
drop-in synthetic kerosene**

LA RÈGLE DE BASE : LA NOTION DE « DROP-IN »

→ **Tout carburant alternatif doit être « drop-in » :**

Drop-in : carburant pouvant se substituer en partie ou en totalité au jet fuel conventionnel sans impact opérationnel (pas de modification des infrastructures, notamment au niveau des aéroports) ni modification des avions et des moteurs existants ou en cours de développement

→ **Le carburéacteur est un mélange complexe de molécules de différentes familles chimiques → comment définir un carburant “drop-in” ?**



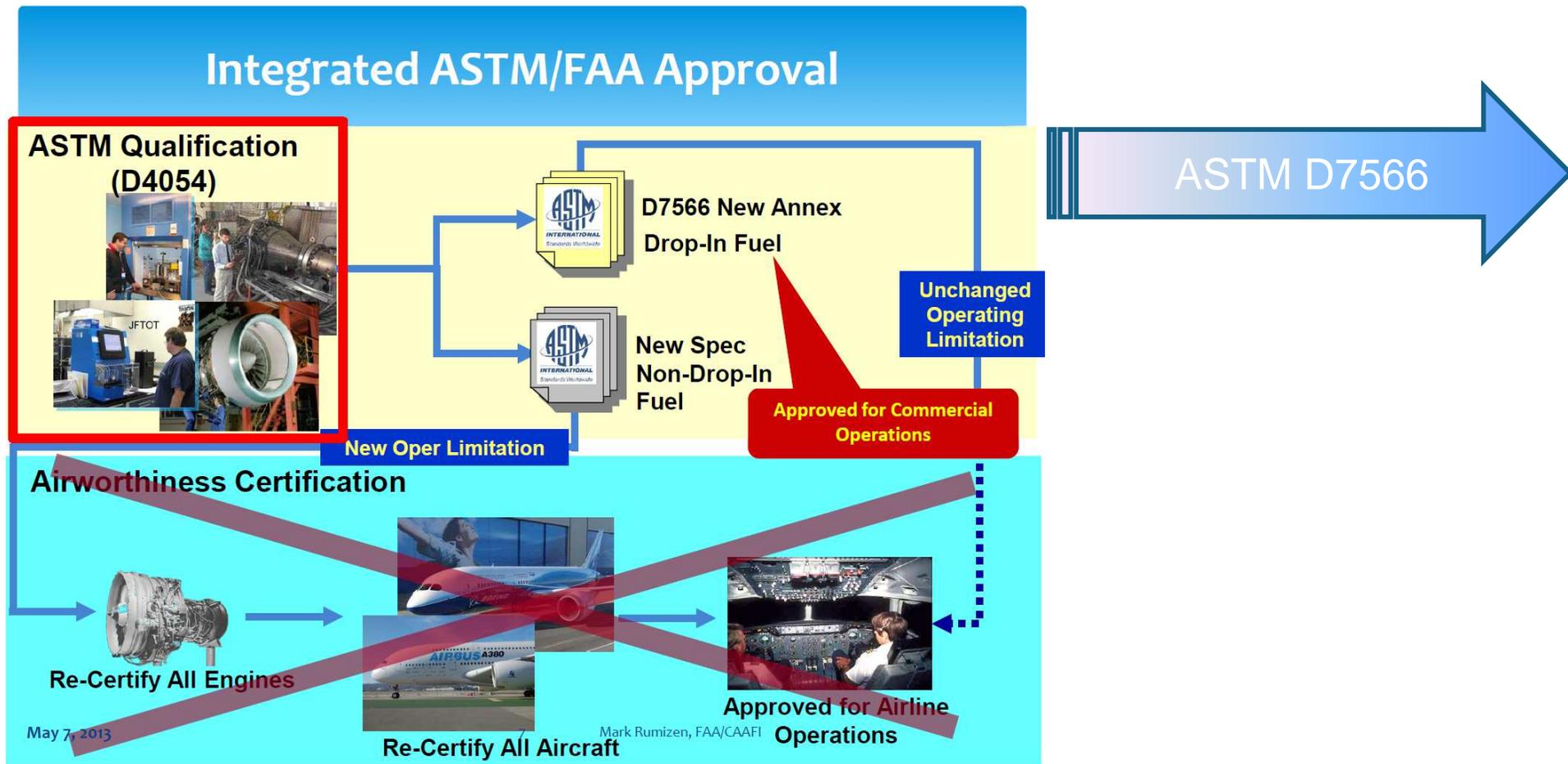
→ **Similarités en terme de composition**

→ **Similarité en terme de propriétés physico-chimiques**

CARBURANTS DROP-IN: CERTIFICATION

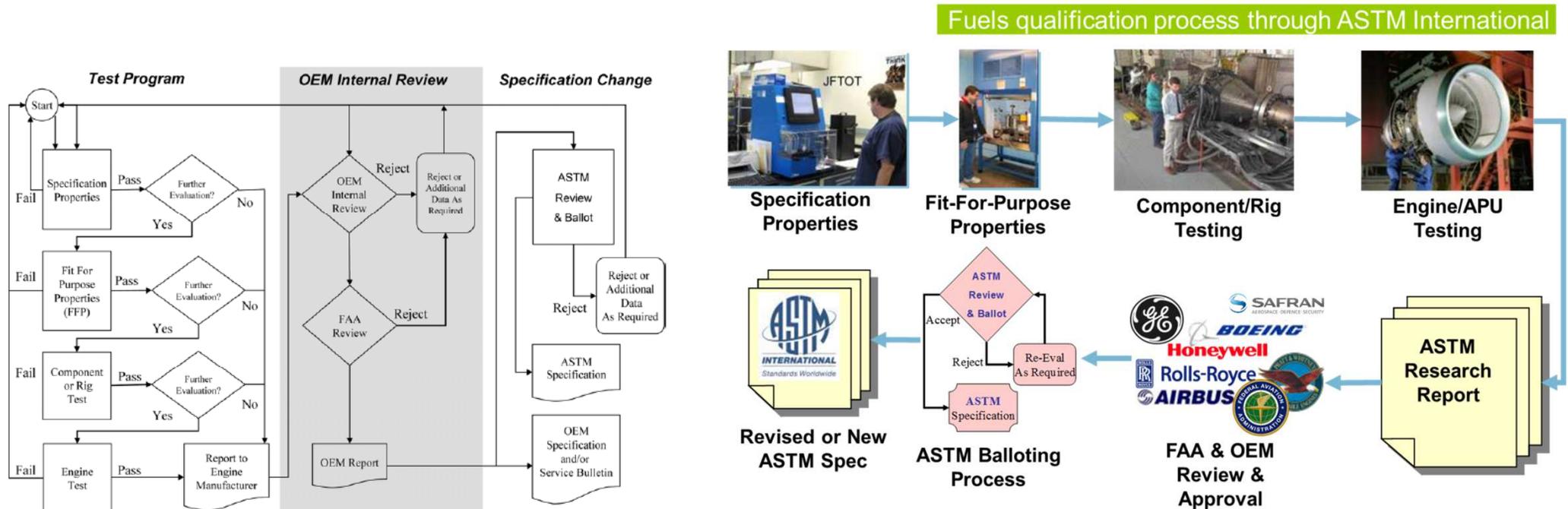
→ Drop-in

- Pas de re-certification des matériels existants
- C'est le carburant qui sera certifié
 - Validation par l'ASTM sous couvert FAA



LE PROCESSUS DE CERTIFICATION

- Le processus de certification est un processus par étapes visant à assurer le maintien d'un niveau de sécurité optimal
- Basé sur une matrice d'essai exhaustive et une revue par les OEMs
- Processus long, complexe et pouvant être très coûteux



VALIDATION DES CARBURANTS DE SYNTHÈSE ASTM D4054

→ ASTM D4054 “Qualification and Approval of New Aviation Turbine Fuels and Fuel Additives”

→ 4 étapes

- Avoir les caractéristiques de base du Jet A-1 (table 1 de l'ASTMD1655)



50 litres

- Répondre aux exigences fonctionnelles « Fit For Purpose »



400 litres

- Essais composants (optionnels)



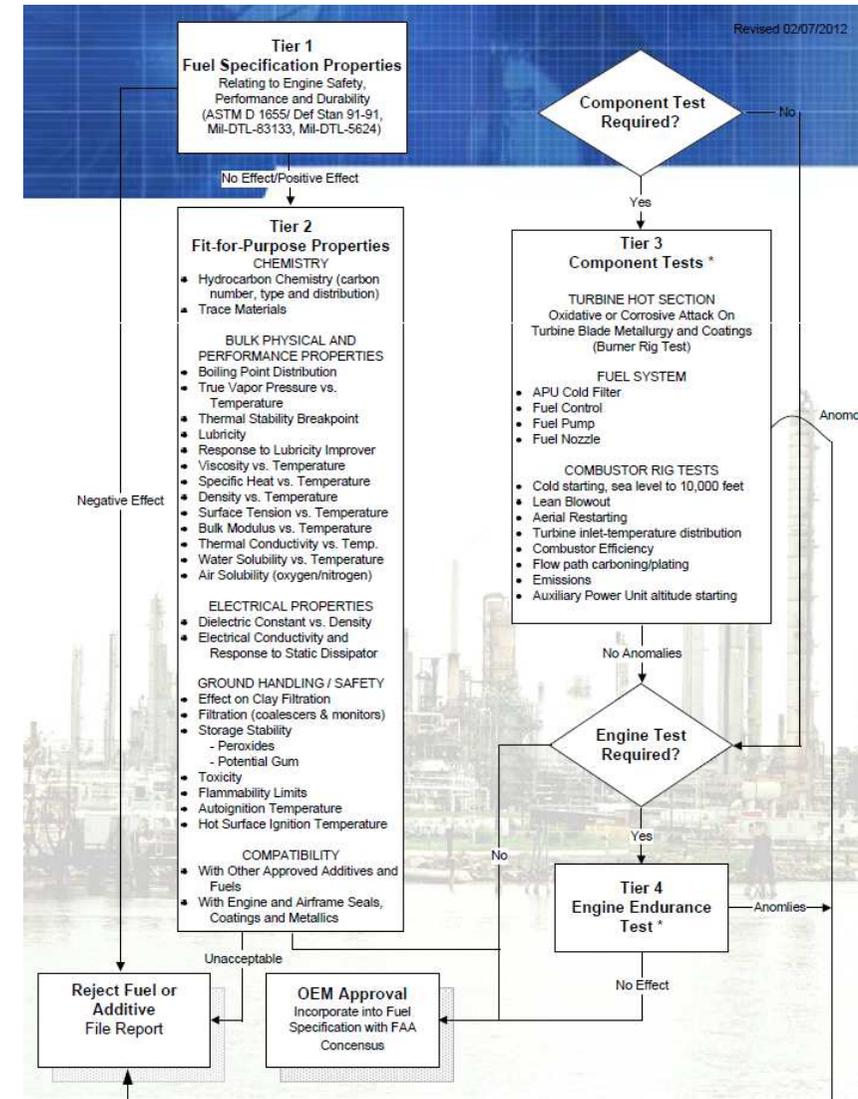
1000-10000 litres,
2 ans, 3 M€

- Essais Moteur (optionnels)



1 000 000 litres
1 an, 3 M€

~500 litres
1 an
500 k€



LE PÉRIMÈTRE DE LA CERTIFICATION

→ La certification vise à assurer la totale compatibilité des carburants avec les matériels existant

→ Elle n'a pas pour vocation de couvrir les éléments tels que :

- La durabilité des filières
 - Couvert par les mécanismes nationaux (RED, RFS2) ou privés (RSB, RSPO, Bon-Sucro...)
 - Besoin d'harmonisation pour l'aéronautique. Travaux en cours au sein de l'OACI

- La viabilité économique et industrielle de ces filières
- Les mécanismes d'aide au développement de ces filières (MBM...).



Sustainability criteria	National legislations		Voluntary schemes					
	RED	RFS2	2BSVs	Bon-sucro	ISCC	RSB	RSPO	
Economic criteria	Not included	Not included	Not included	Partially included	Not included	Included	Included	
Social criteria	Not included	Not included	Not included	Partially included	Partially included	Included	Included	
Soil, air & water protection	Not included	Not included	Not included	Partially included	Partially included	Included	Included	
Land conversion restrictions - biodiversity & carbon stock protection	Included	Included	Common sustainability criteria coverage				Included	Included
GHG savings	Included	Included	Included	Included	Included	Included	Included	

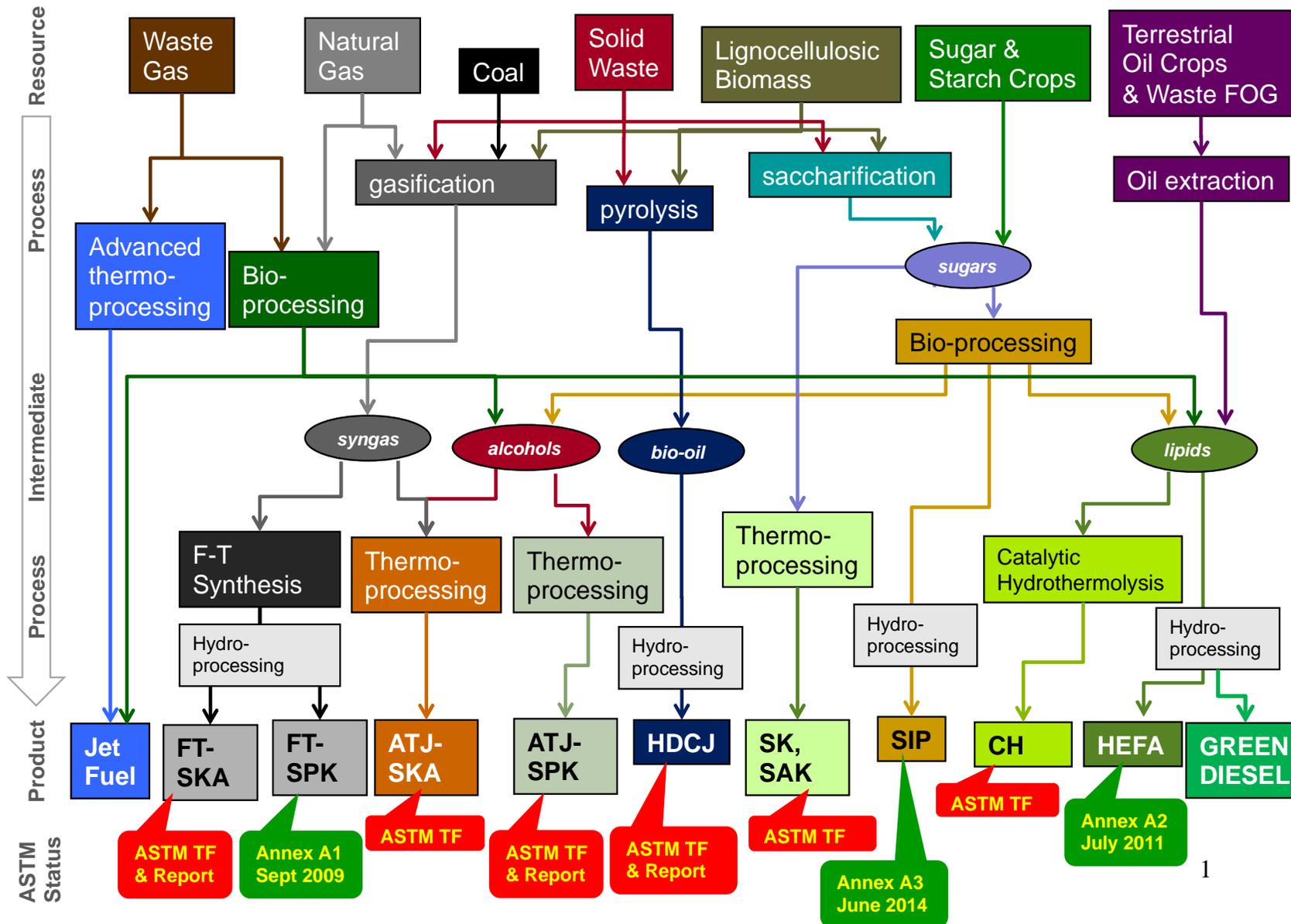
Legend:
■ Included (Green)
■ Partially included (Yellow)
■ Not included (Red)

Des questions systémiques dont les solutions n'apparaissent pas clairement

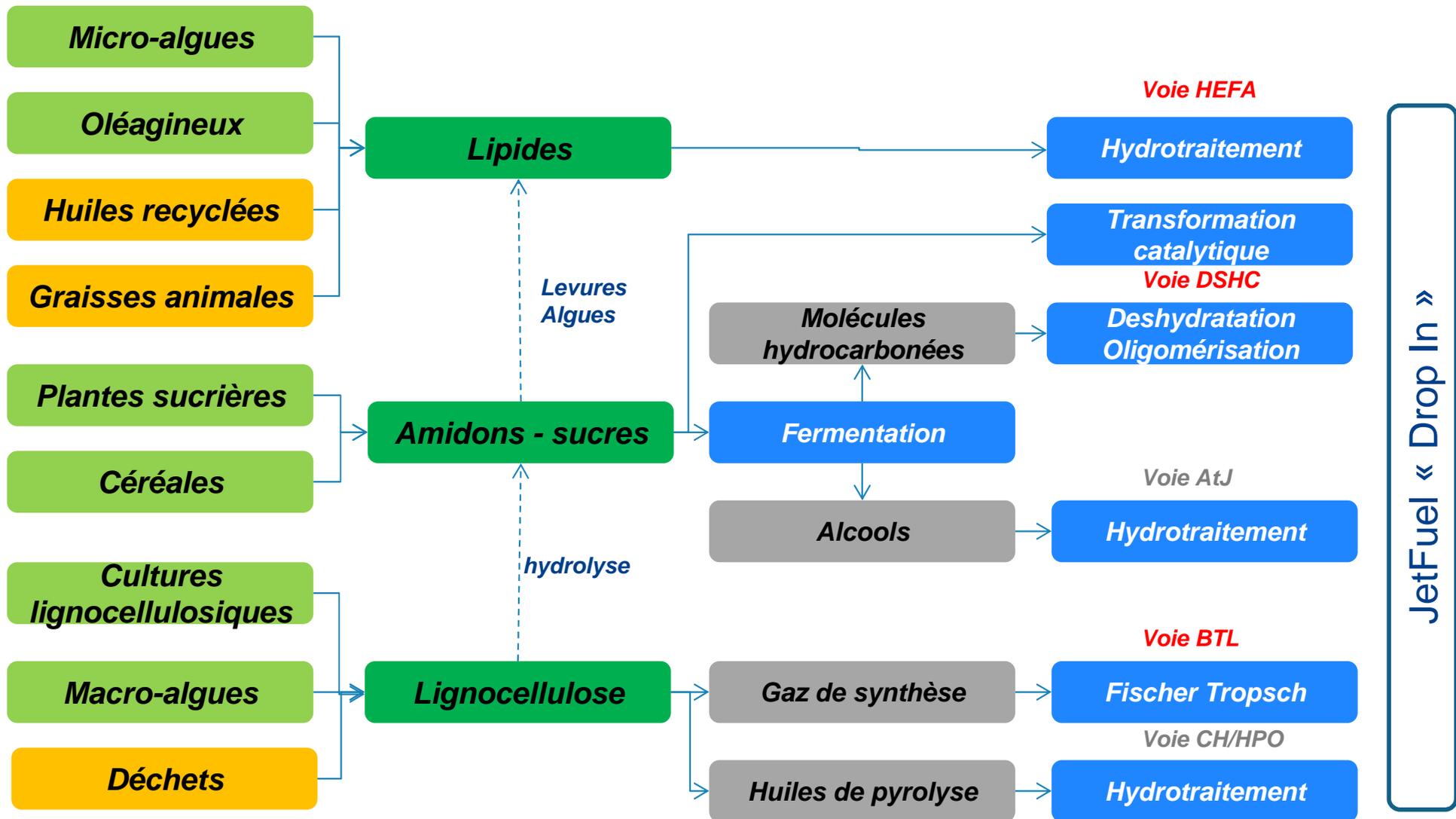
/04/

Les carburants alternatifs: les filières

FILIÈRES A L'ÉTUDE



FILIÈRES A L'ÉTUDE:PHOTOGRAPHIE SIMPLIFIÉE



CERTIFICATION

→ **3 filières certifiées (HEFA 50%, FT 50%, DSHC 10%)**

→ **Travaux actuels sur 2 volets principaux**

- Voie AtJ (Alcohol to Jet)
 - Principe : Alcool → oléfine (déshydratation) → paraffine (oligo / hydroisom)
 - Certification prévue pour 1^{er} semestre 2016
 - Certification limitée, pour l'instant, à la voie isobutanol
- Voie « Green Diesel »
 - Voie poussée par Boeing / Neste
 - Procédé HEFA, mais avec upgrading limité (hydroisom) → incorporation à faible teneur (<5% vol?)

→ **Autres voies « en stand-by »**

- Voie liquéfaction (biomass catalytic cracking) : plus de réelle activité depuis la liquidation de KiOR

FISCHER-TROPSCH

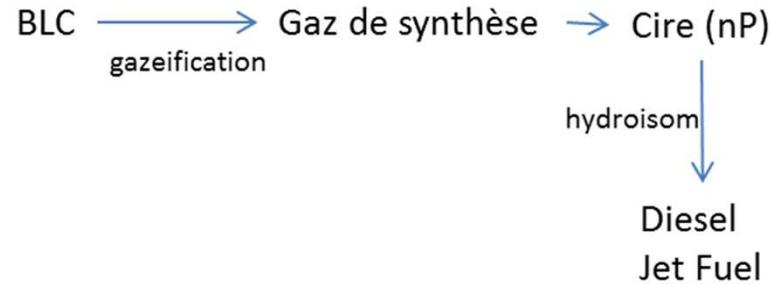
Matière première

Charbon (CtL)

Gaz naturel (GtL)

Ligno-cellulose (BtL)

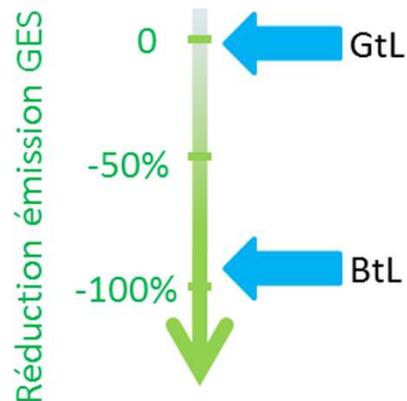
Procédé (BtL)



Divers

- CAPEX très élevé
- Voie certifiée, vols de démo sur filière GtL (« avion au gaz naturel ») en 2010
- Pas de démo industrielle pour du BtL (depuis la mort de Choren)
- Techno existant depuis longtemps

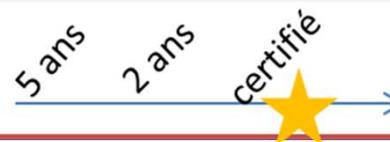
Bilan environnemental



Maturité industrielle



Certification



Ruins of the German synthetic petrol plant (Hydrierwerke Pölitze – Aktiengesellschaft) in Police, Poland

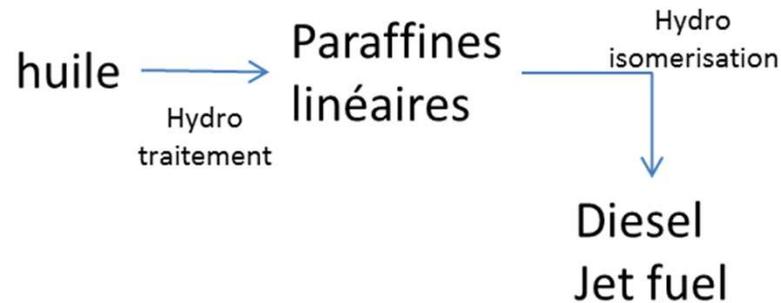
HYDROTRAITEMENT D'HUILES VÉGÉTALES (HEFA)

Matière première

Court terme : huiles végétales et animales

Moyen / Long terme : nouvelles ressources huiles (algues, levures...)

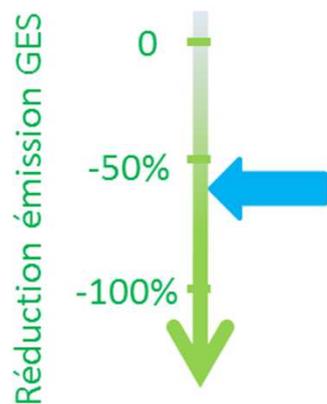
Procédé



Divers

- OPEX élevé (prix des huiles)
- Synergie avec gazole - Optimal pour diesel. Quid de la production de Jet ?
- Disponible industriellement (Neste Oil, procédé Vegan Axens)
- Discussions actuelles : taux d'incorporation, qualité produit, synergie avec Gazole (cf Boeing), nouvelles ressources en huile

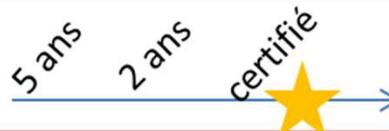
Bilan environnemental



Maturité industrielle



Certification



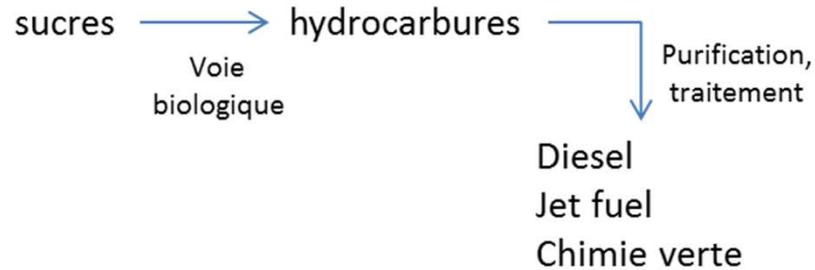
SUGAR TO ALCANES (DSHC)

Matière première

Court terme : sucres

Moyen / Long terme :
lignocellulose

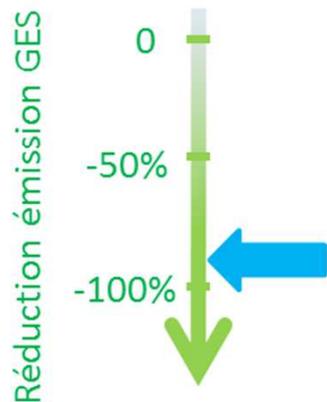
Procédé



Divers

- Voie Total / Amyris certifiée en 2014
- Incorporation à faible teneur (10%), soucis de tenue à froid à plus forte teneur
- Utilisation de sucres. Travaux sur les sucres par voie lignocellulosique
- Vol de demo Airbus (Bourget), Etihad. Vol commerciaux en cours via la Lab'Line Air France (Sneema partenaire)

Bilan environnemental



Maturité industrielle



Certification



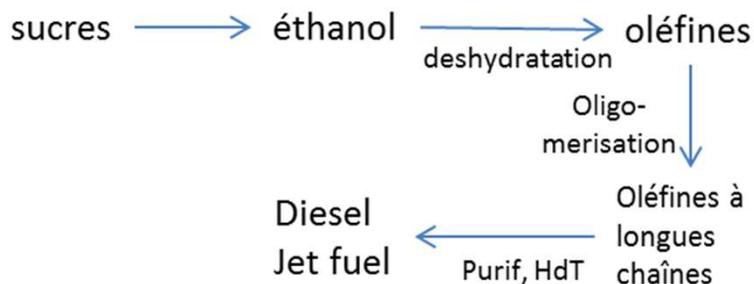
ALCOHOL TO JET (AtJ)

Matière première

Court terme : sucres

Moyen / Long terme :
lignocellulose, fumées
industrielles

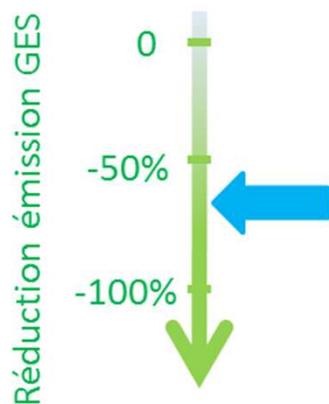
Procédé



Divers

- Beaucoup d'acteurs sur la partie « alcool », beaucoup moins sur la partie « to Jet » !
- Spécificité Gevo : partir d'isobutanol (moins d'hydroisom)
- Certif prévue en 2014 / 2015 pour la voie isobutanol. Pas de date pour les autres voies
- Jouent sur la synergie entre procédé AtJ et FT haute température

Bilan environnemental



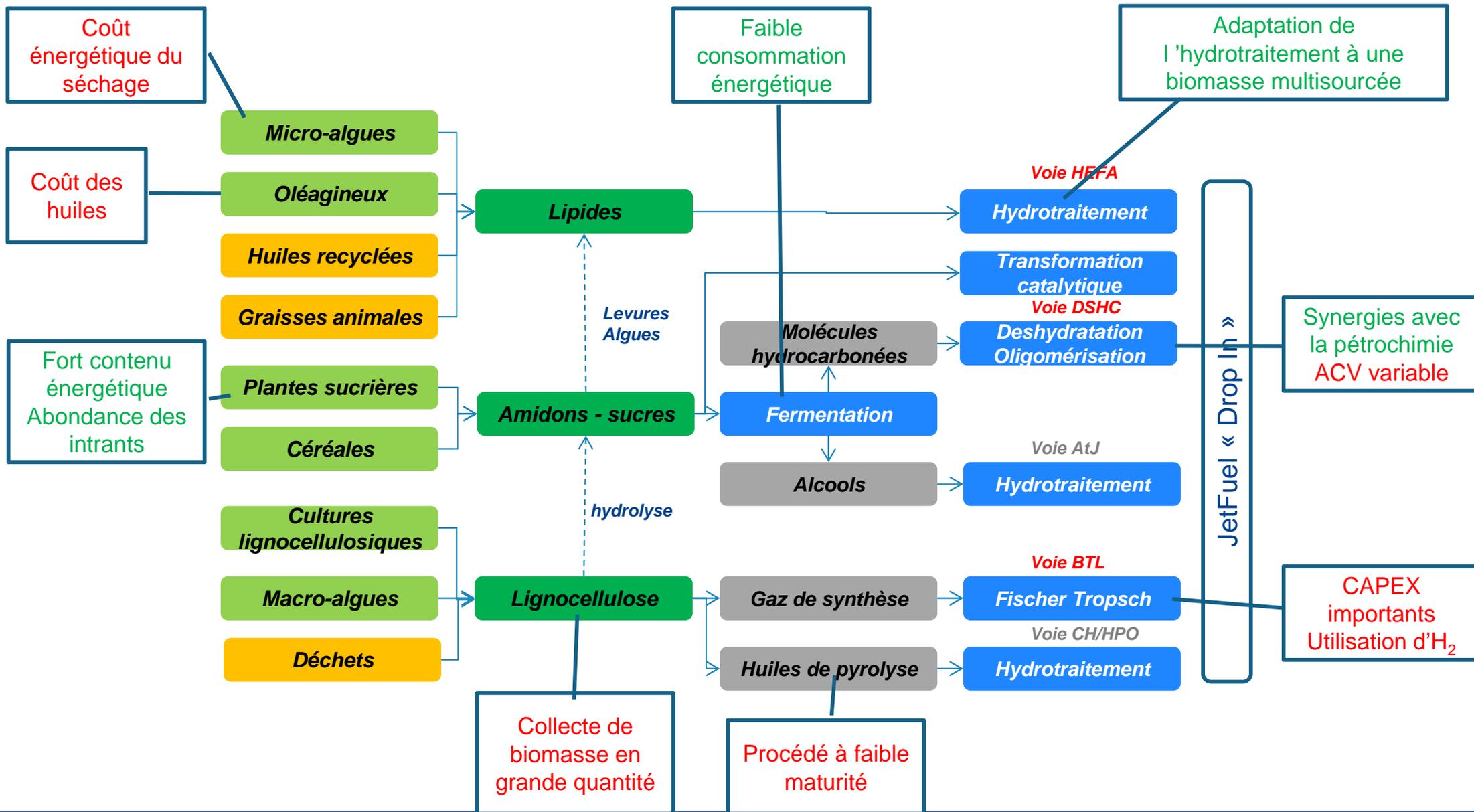
Maturité industrielle



Certification

FILIÈRES A L'ÉTUDE

Les plus
Les moins



ET BIEN D'AUTRES PISTES DE DÉVELOPPEMENT

→ Nouvelles ressources renouvelables

- Voie « CO / CO2 »
 - Utilisation de CO (fumées industrielles) → éthanol → AtJ (voie « Lanzatech »)
 - Valorisation du CO2 (voie « sunfuel » / « SolarJet »...) → gaz de synthèse (CO + H2) par craquage solaire → FT
- « Waste to Liquid » : utilisation de déchets ménagers
- Nouvelles filières huiles : microalgues, salicornes...

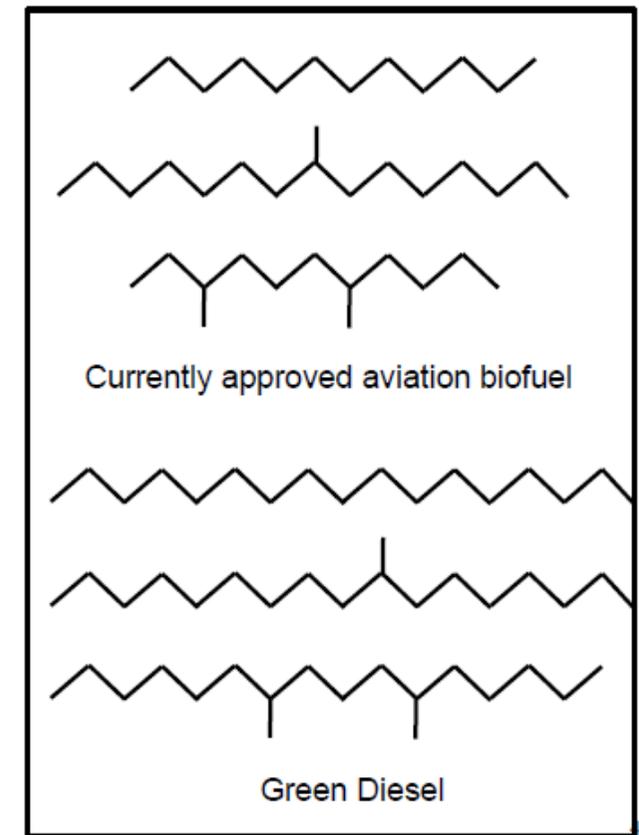
→ Nouveaux procédés de transformation

- Nouvelles voies biologiques : utilisation de la lignocellulose via la voie alcools
- Optimisation des procédés existant
 - FT : co-production (XBtL, voie BioTfuel), ajout d'hydrogène (voie CEA Syndiese)
 - HEFA : optimisation catalyseur, versatilité huile
 - Algues, déchets: liquéfaction hydrothermale

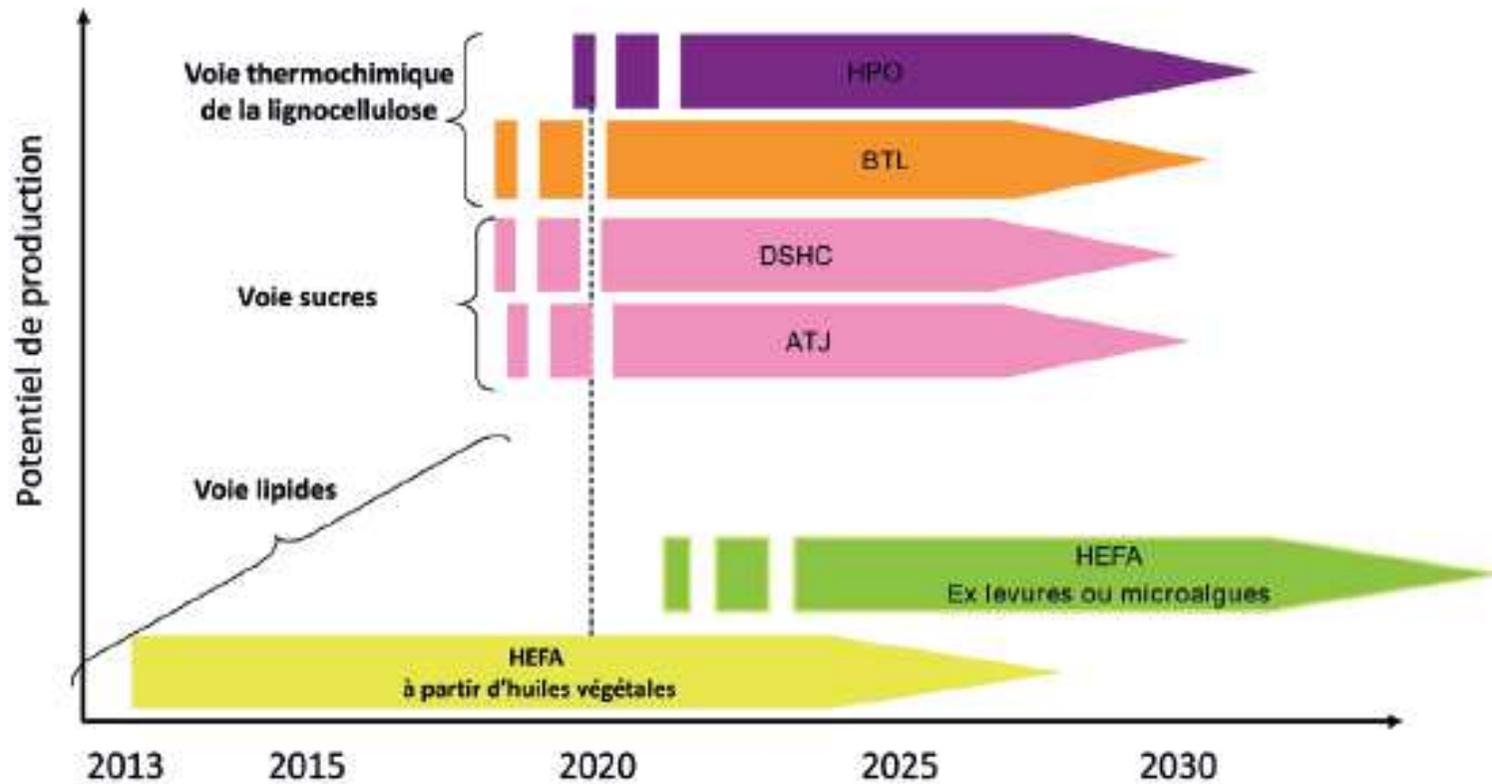
LA SYNERGIE AVEC LES BIOCARBURANTS AUTO

→ L'approche Green Diesel soutenue par Boeing:

- Une variante de la filière HEFA (0 soufre / 0 aros)
- Visant un carburant valorisable pour les transports routiers et aériens
- **Mais dont l'économie reste basée sur une subvention**



PERSPECTIVES DE MATURITÉ DES FILIÈRES



Proposition de classement des différentes filières en termes de maturité/capacité de production (source : IFPEN)

/05/

Les carburants alternatifs: perspectives

CARBURANTS ALTERNATIFS: PERSPECTIVES...



**Depuis 2011: 2500 vols
par une trentaine de compagnies
aériennes**



PERSPECTIVES D'INDUSTRIALISATION (1)

→ La fourniture de biojet fuel reste actuellement extrêmement complexe, avec un nombre très limité de fournisseurs

- NESTE (mais axé diesel, production Jet fuel « sur demande »)
- Amyris (mais là aussi, production de jet fuel « sur demande »)
- Des acteurs mis en faillite: Choren, KIOR

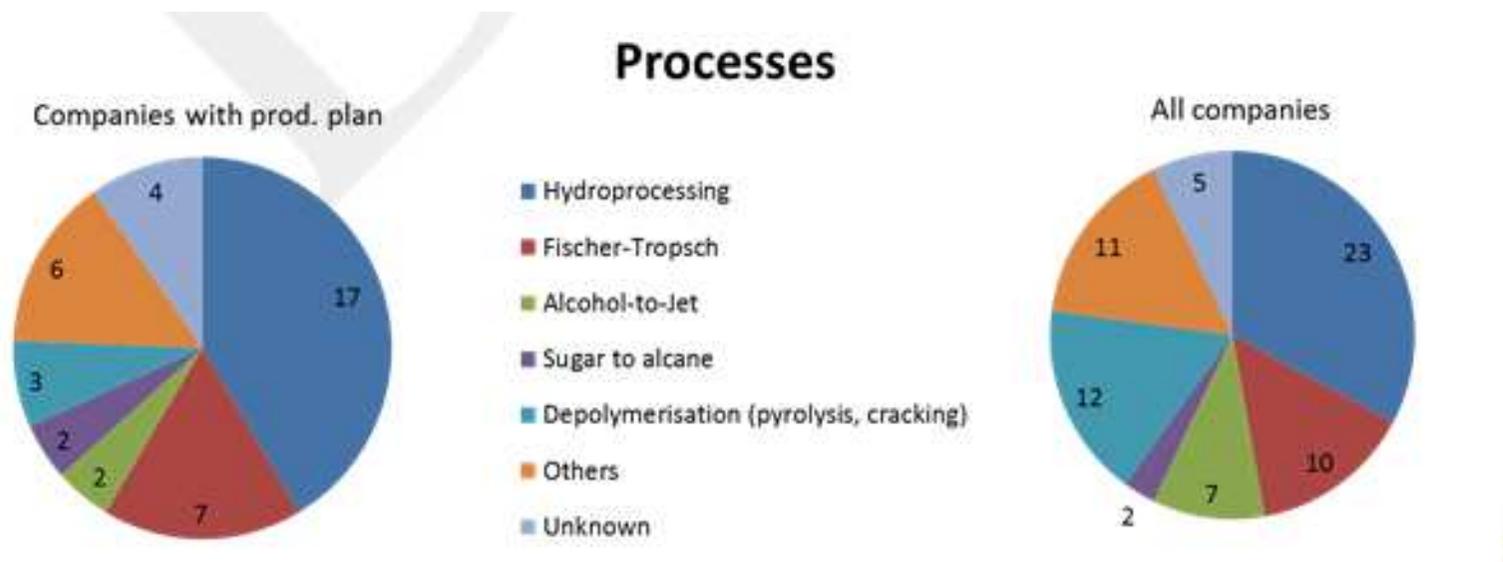


Figure 2: Summary of geographic distribution, company types, expressed interest in production jet fuel, and processes deployed by the identified companies

PERSPECTIVES D'INDUSTRIALISATION (2)

→ Constat:

- la capacité de production, à l'horizon 2020, est quasiment nulle
- Cette capacité de production est directement dépendante de la certification (ou non) de la filière « **green diesel** »
- La baisse actuelle du prix du brut ne va pas dans le sens des investissements (voir annonces récentes NER300...)
- Des annonces subsistent, notamment aux US (voir AltAir, Fulcrum...).

Pour mémoire, objectifs de production:

- UE: 2 millions de tonnes en 2020
- US Civil Aviation: 3 millions de tonnes en 2018

ANERS: US => 100MGallons en 2025!!

Scenario	Without green diesel (kt/y)	Including green diesel (kt/y)
Low	56	3838
Medium	1190	5834
High	2365	6487

Table 5: Alternative jet fuel availability in 2020 (kt/y)

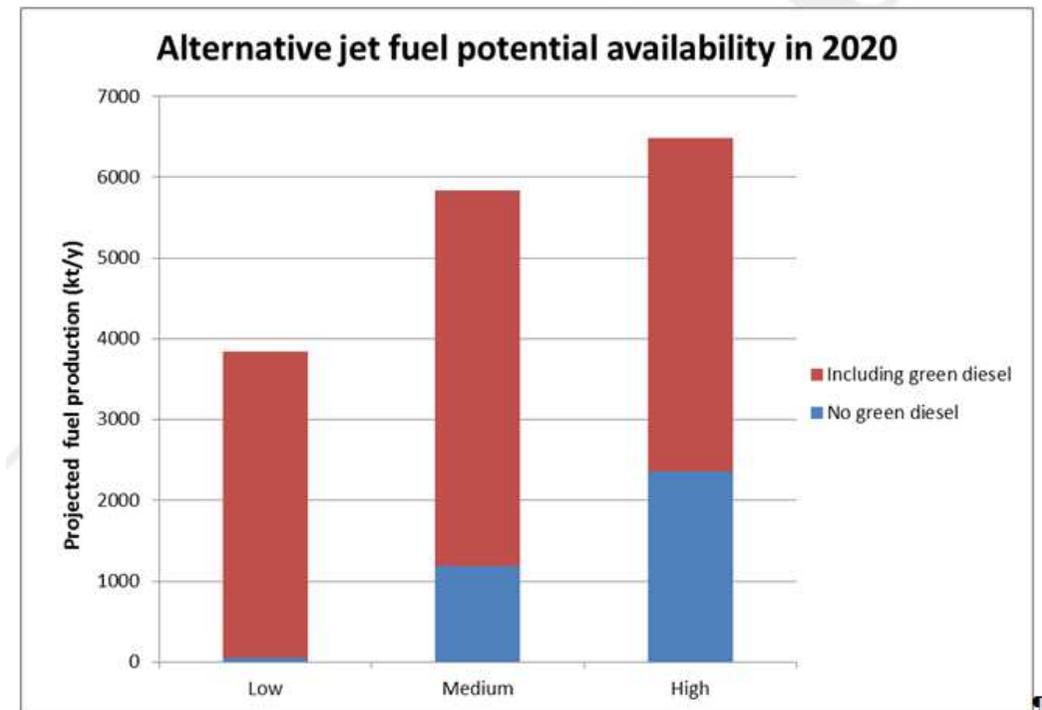


Figure 3: Alternative jet fuel availability in 2020

COMPLEXITE DU MODELE ECONOMIQUE

- **Défaut de compétitivité de toutes les filières actuelles**
 - **BTL** : CAPEX important (gazéification)
 - **HEFA**: Coût de la biomasse
 -
- **Variabilité de la biomasse sur la durée**
 - Variabilité d'origine climatique
 - Transformation des sols sur le long terme
- **Concurrence d'usage de la biomasse : bioénergie, biomolécules (chimie, cosmétiques,...) , biomatériaux**
- **Pour une même filière, compétition entre le biojet fuel et les co-produits (carburant auto et produits hors transports)**

Deux conditions nécessaires pour résoudre l'équation économique:

1. Des mécanismes d'incitation (MBM ? Quotas ? ...) permettant le développement des filières sans mettre en péril la compétitivité entre compagnies aériennes
2. Une insertion optimisée de chaque filière dans chaque contexte régional

Et encore de nombreuses années de R&D sur des filières plus prometteuses

Scénario BLUE Map 2050:

- Aviation 7% de l'énergie des transports
- Biojets 8EJ \approx 200 Md litres \approx 50% de la consommation du transport aérien
- Biomasse 50/50 agricole / déchets
- Rendement 4000- 5000 l/ha (+ 70% de 2010 à 2050)
- soit 100 Millions ha de terres agricoles à mobiliser pour les biojets

Surface de la terre: 51 Milliards ha
 Surface terres émergées: 15 Milliards ha
 Surface Agricole Utile: 5 Milliards ha
 Surface terres arables: 1,5 Milliards ha

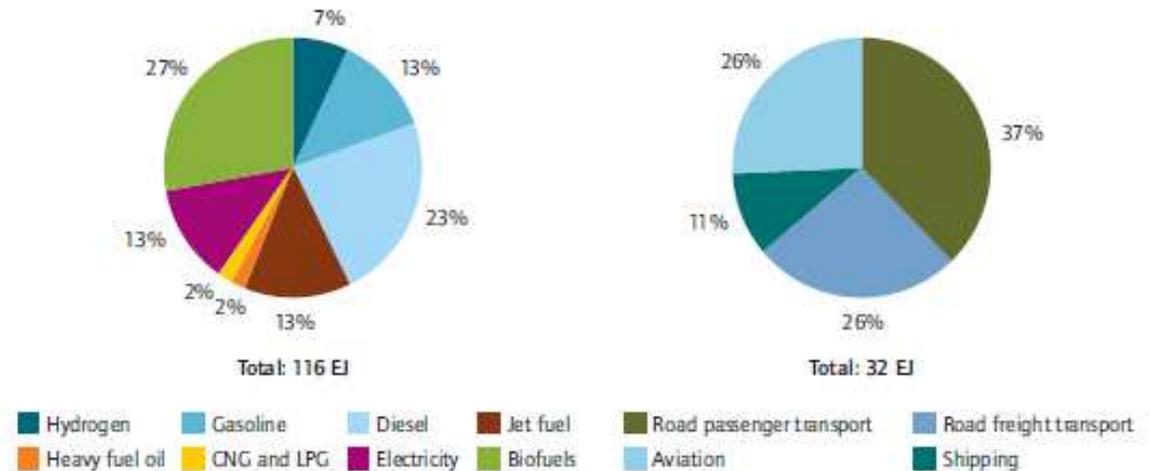


Figure 6: Global energy use in the transport sector (left) and use of biofuels in different transport modes (right) in 2050 (BLUE Map Scenario)

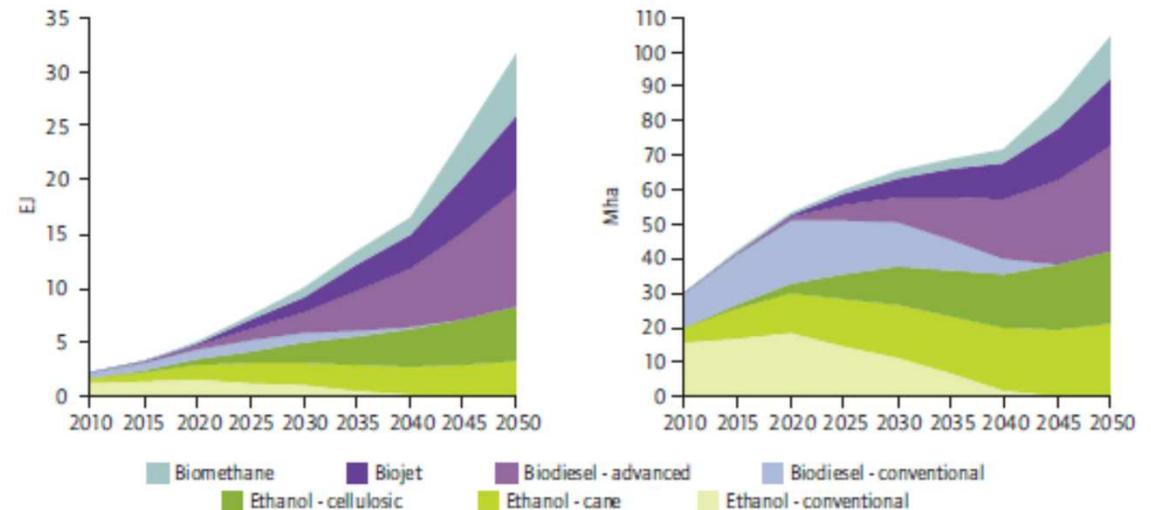


Figure 11: Demand for biofuels (left) and resulting land demand (right) in this roadmap

PERSPECTIVE MOTORISTE (1)

- Pas un « business case » pour le motoriste
- Les carburants drop-in sont sans impact sur le développement technologique des moteurs
- Mais les caractéristiques des carburants alternatifs sont potentiellement bénéfiques pour les émissions polluantes et contributrices aux performances d'opérabilité des moteurs
- Un nouveau champ de recherche apparaît pour améliorer les connaissances sur les relations composition des carburants / opérabilité des moteurs / émissions
- Dans cette perspective, Safran est impliqué dans divers programmes R&T pour progresser sur la compatibilité carburant/moteur et l'optimisation de la composition

PERSPECTIVE MOTORISTE (3)



Illustrations

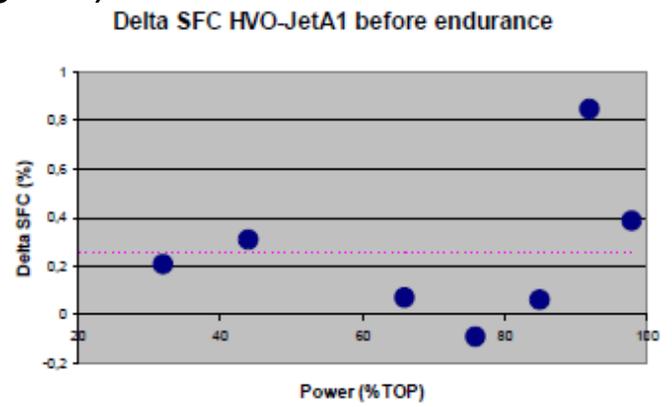
- Campagne moteur à Turbomeca avec carburant HVO: => étude impact sur les performances (sfc) et l'opérabilité (allumage...)



Réservoir dédié HEFA



Arius 2B2



MOCCASSIN : « MOdélisation des Caractéristiques des Carburants Aéronautiques clASSIques et alterNatifs »

Lot 1 : analyse besoins en modélisations et coordination

- Analyses opérationnelle et fonctionnelle du carburant et des circuits carburant aéronef et propulsion
- Variabilité future des carburants aéronautiques
- Constitution bases de données générales partageables
- Confrontation besoins en données et modèles versus disponibles

Lot 2 : comportements à basse température et démarrages à froid

- Modélisation viscosité à froid, tension de surface et point d'apparition des cristaux (freezing point)
- Modélisation pulvérisation et allumage

Lot 3 : comportement à haute température / cokéfaction

- Analyse des modèles existants et de leurs limitations + adaptations de modèles existants
- Revue des essais / moyens d'essais : identifier un protocole d'essais (utilisant un ou plusieurs dispositif(s) d'essais existant(s) ou à construire) permettant de discriminer les carburants alternatif.



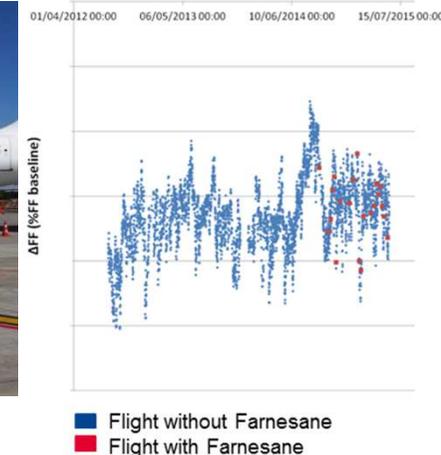
PERSPECTIVE MOTORISTE (4)

■ Lab-line (Air-France/Snecma/Total)

- 1 vol commercial Paris – Toulouse par semaine pendant 1 an (Septembre 2014 – Septembre 2015)
- Carburant : DSHC 10% (Total / Amyris)



Evolution of Δ fuel flow



■ AIREG

- 1 vol Francfort – Hambourg pendant 6 mois (juin – déc. 2011) – 1187 vols
- Carburant : HEFA 50%

CONCLUSIONS

- **Actuellement, 3 filières « drop-in » sont certifiées (et peuvent donc être d'ores et déjà être utilisées en mélange pour des vols commerciaux) :**
 - La filière « FT » (Fischer-Tropsch), à 50% d'incorporation
 - La filière « HEFA » (Hydrotreated Esters and Fatty Acids), à 50% d'incorporation
 - La filière « DSHC » (Direct Sugar to HydroCarbons), à 10% d'incorporation
- **Un grand nombre de filières nouvelles ou d'amélioration de filières existantes sont en cours de certification au niveau de l'ASTM**
- **La dynamique de déploiement industriel est lente et timide sur le moyen terme (2020) en raison de la faiblesse du « business case » et en l'absence d'accord international sur des mécanismes permettant le développement de ces filières**
- **Les ambitions sur le long terme (2050) pour les biocarburants aéronautiques sont immenses: elles supposent des progrès technologiques (x2 les rendements, /2 les coûts) et une approche économique intégrée des écosystèmes régionaux**
- **A ce jour pas d'impacts envisagés sur la technologie des moteurs, mais une implication nécessaire des motoristes pour maximiser les gains techniques et environnementaux de cette transition**
- **Plus généralement, il apparaît que l'optimisation de la composition des carburants futurs (fossiles ou renouvelables) est un axe de recherche important pour le futur.**

KEY MISSIONS, KEY TECHNOLOGIES, KEY TALENTS