



Carburants alternatifs pour l'aviation, situation et tendances

Conférence Aviation et environnement 6 et 7 Février 2013
Pau

Yohan Allouche

1. Contexte

Economique...

Pétrole et Jet Fuel : Eléments clés

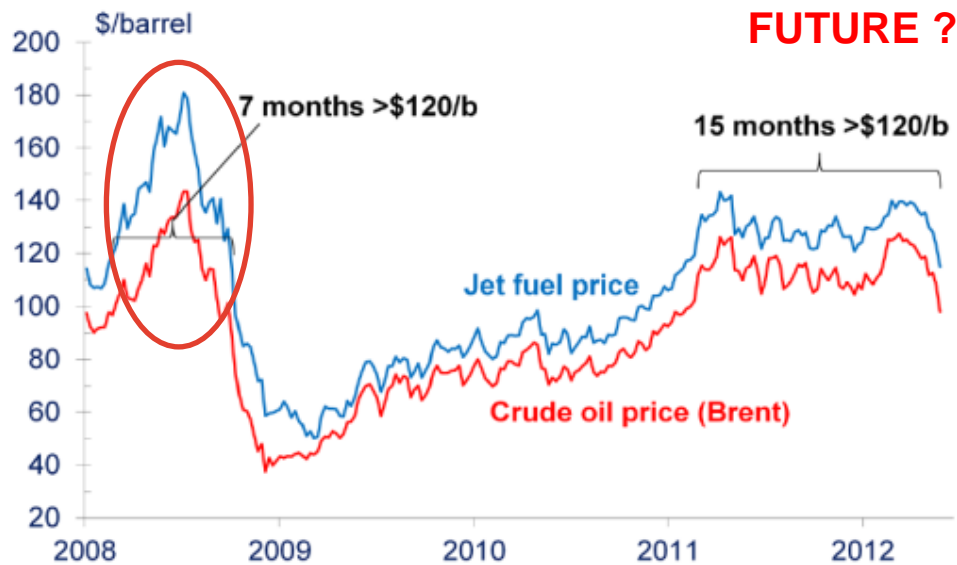
➤ Consommation mondiale (Source: IFP-EN)

-En 2011, 4000 million de tonnes = 4 barils / an / habitant

-Réserves de pétrole: 1 000 milliards barils (according to the Association for the study of Peak Oil)
2 000 milliards barils (according to the United States Geological Survey)

➤ Relation coût pétrole/Jet Fuel (Source: IATA)

Pétrole brut:
1 baril ≈ 159 L
1 baril/jour ≈ 50 t/an



JET FUEL

→ Aviation ≈ 5% de la consommation mondiale de pétrole brut

→ ≈ 240 millions de tonnes / an

→ Environ 2% des émissions anthropiques de CO₂

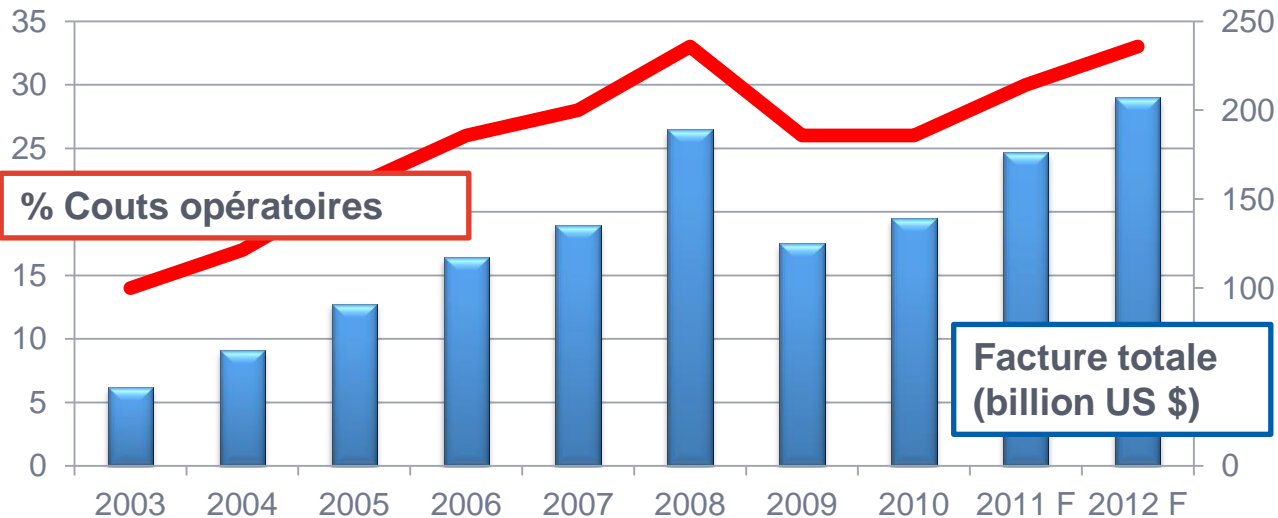
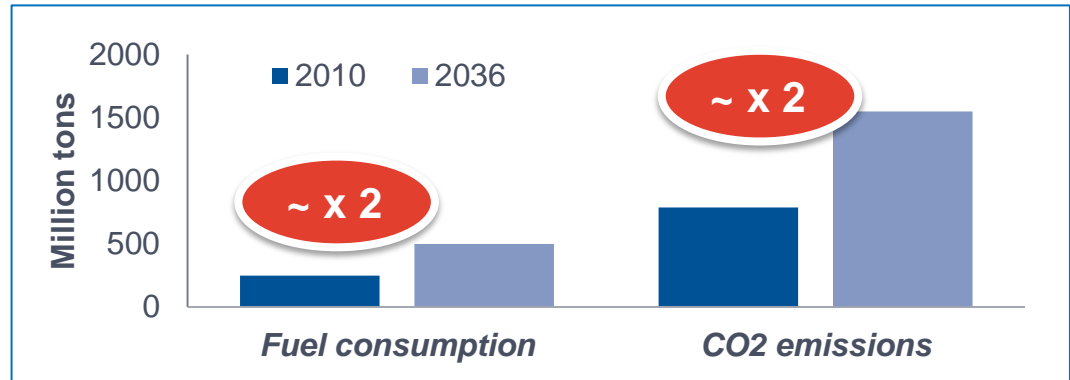
1. Contexte

Economique...

➤ Prévision pour l'aviation

Les projections sont basées sur une croissance globale du trafic de l'ordre de 5% par an (IATA)

➤ Facture de carburant



→ Facture de carburant des compagnies aériennes en 2012 > 30%

→ Impact x2 pour les low cost

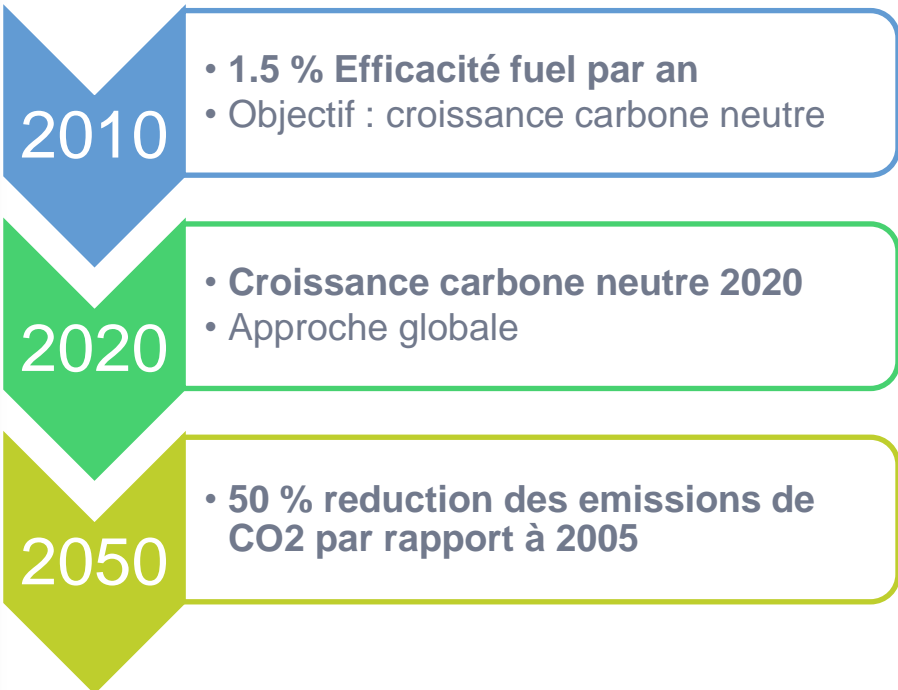
(Sources: IATA)

1. Contexte

Objectifs volontaires et ambitieux ...

(global aviation industry and European Commission)

➤ **ACI, CANSO, IATA, ICCAIA**
(engagement en 2009)



➤ **ACARE goals for 2020**
(Année de référence 2000)



CO ₂	→ - 50%
NO _x	→ - 80%
Bruit	→ - 50%

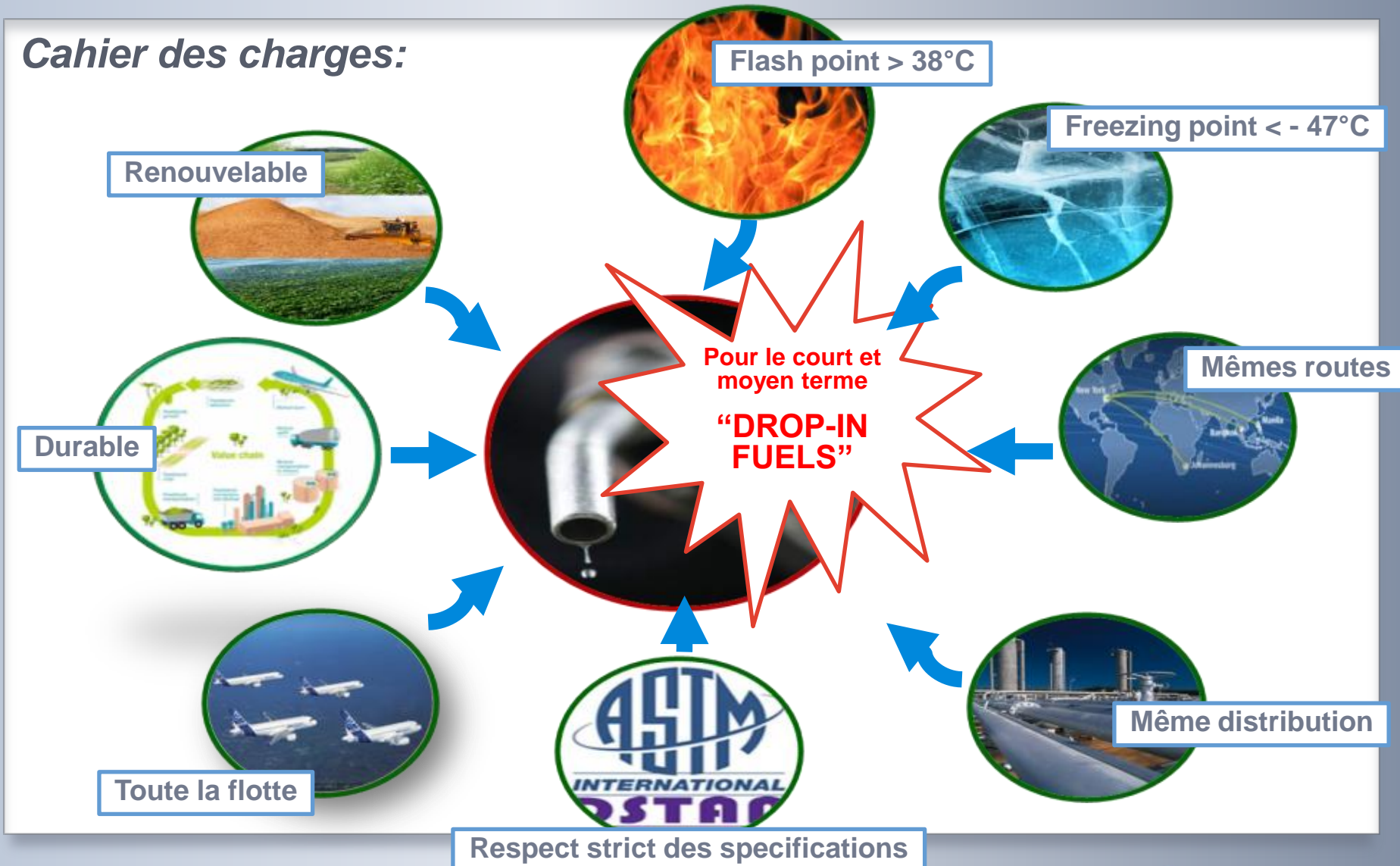
+ “Green manufacturing”

➤ **EUROPEAN ADVANCED
BIOFUEL FLIGHTPATH (EABF)**

Remplacement de 2 millions de tonnes de kérosène fossile par des biocarburants par an d'ici 2020

2. Objectifs et stratégie

Cahier des charges:



2. Objectifs et stratégie

Challenge pour l'aviation



ECONOMIE

- Prix du baril
- Emission Trading Scheme "ETS"
- Garantir l'approvisionnement qualité/quantité



ENVIRONNEMENT

- Gaz à effet de serre
- Energie renouvelable et durable



STRATEGIE

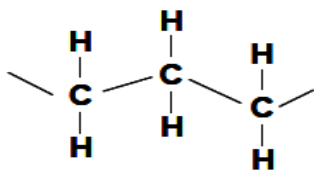
- Autonomie énergétique
- Sécurité de l'approvisionnement

« Piliers » pour le développement des carburants alternatifs

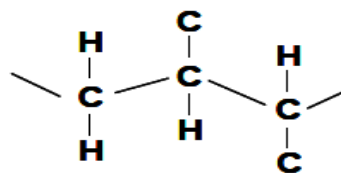
3. Comprendre un carburant aéronautique

Composition et caractéristiques du JetA1

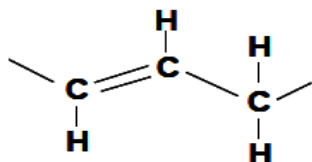
paraffins
saturated and linear chains



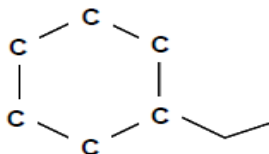
iso-paraffins
saturated and branched chains



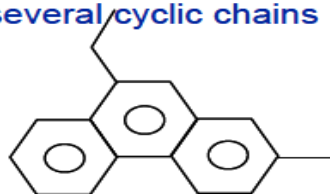
olefins
unsaturated and linear chains



naphthenes
saturated and cyclic chains



polyaromatics
unsaturated and several cyclic chains



aromatics
unsaturated and cyclic chains

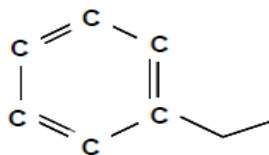


Figure 24: Molecules present in hydrocarbon fuels

COMPOSITION:

Complexe (> 300 composants différents)
avec un mélange d'hydrocarbures de 8 à
16 atomes de carbone par molécule

~ Paraffines 60%

~ 20% naphtènes

~ Aromatiques entre 8 et 20%

+ Traces d'oléfines, de soufre, d'azote,
de composés oxygénés



**Déjà des problèmes avec
le Jet fossile!**



Instabilité: formation insoluble raison
de la présence de réactifs, le stockage,
le mélange...

La variabilité de composition: en
fonction de l'origine du pétrole / de
raffinage

3. Comprendre un carburant aéronautique

Spécifications principales du JetA1

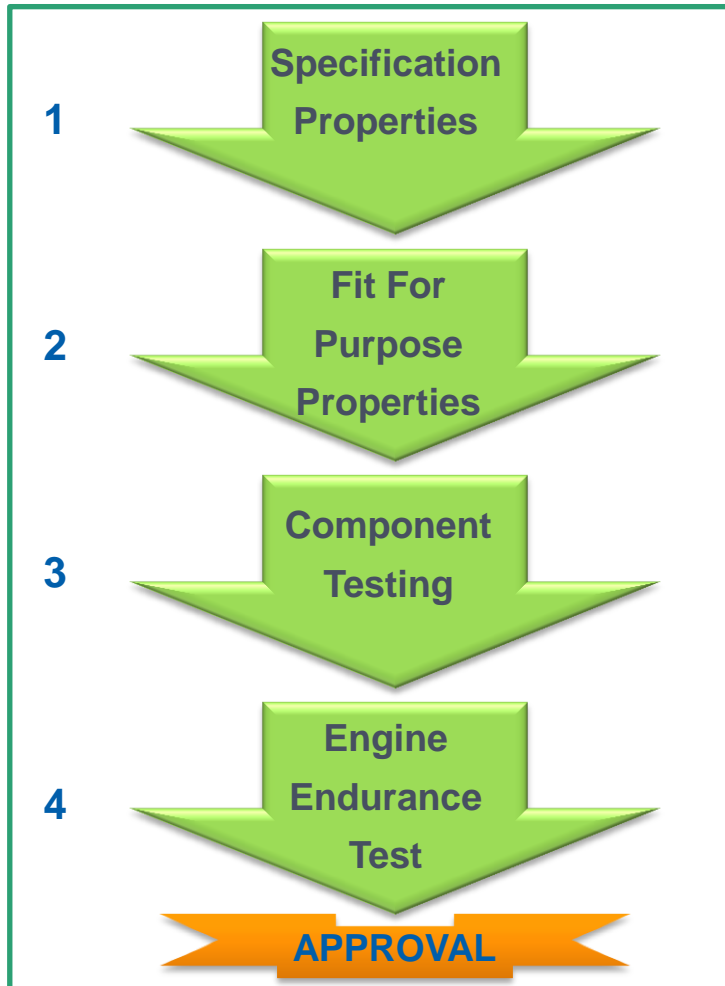
JET A1 PRINCIPAL SPECIFICATIONS	
Minimum energy density	42.8 MJ/Kg 33.2 MJ/L
Freezing point	< - 47°C
Flash point	> 38°C
Density at 15°C	[0.775 – 0.840] Kg/L

- Haute densité d'énergie et l'énergie spécifique pour assurer les **performances** → malgré les contraintes sur les poids de l'avion et le volume du réservoir de carburant
- Point de congélation → pour assurer la **fonctionnalité** des avions dans tous les domaines d'opérations
- Point d'allumage → Améliorer la **sécurité** du transport du carburant
- Lubrifiant → pour **préserver** le bon fonctionnement des composants du circuit carburant

Le développement et l'utilisation du carburant aéronautique sont régis par des contraintes d'exploitation sévères, essentielles pour la sécurité et la performance

4. Processus de certification

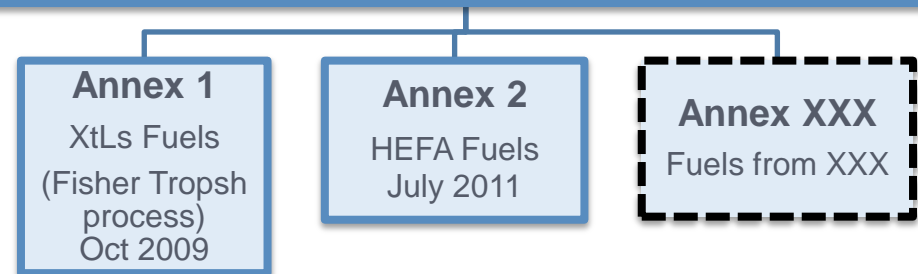
Zoom sur le processus d'approbation ASTM



➤ ASTM International pour l'aviation civile

ASTM - D 7566 Overview

- Applies to conventional + synthetic blends
- Fuel can be recertified as D1655 to be fully "drop-in"



➤ DEF-STAN (UK) pour l'aviation militaire

➔ Airbus supporte les processus d'approbation ASTM et DEF-STAN

5. Carburants alternatifs

Definition

- Toujours une **combinaison entre une ressource et un procédé**:



+



=



- Maturité et validité mesurées par 3 critères:
 - **Techniques** → performance et opérabilité (moteur et systèmes)
 - **Environnementaux** → Procédé durable avec une réduction des émissions CO₂ sur le cycle de vie
 - **Economiques** → Procédés et produits compétitifs, impact sur le marché

→ Chaque ressource/procédé peut-être à **différents niveaux de maturité** !

5. Carburants alternatifs

Procédés de raffinage

“Drop-In Fuels”
(Toujours en mélange avec du JetA1)

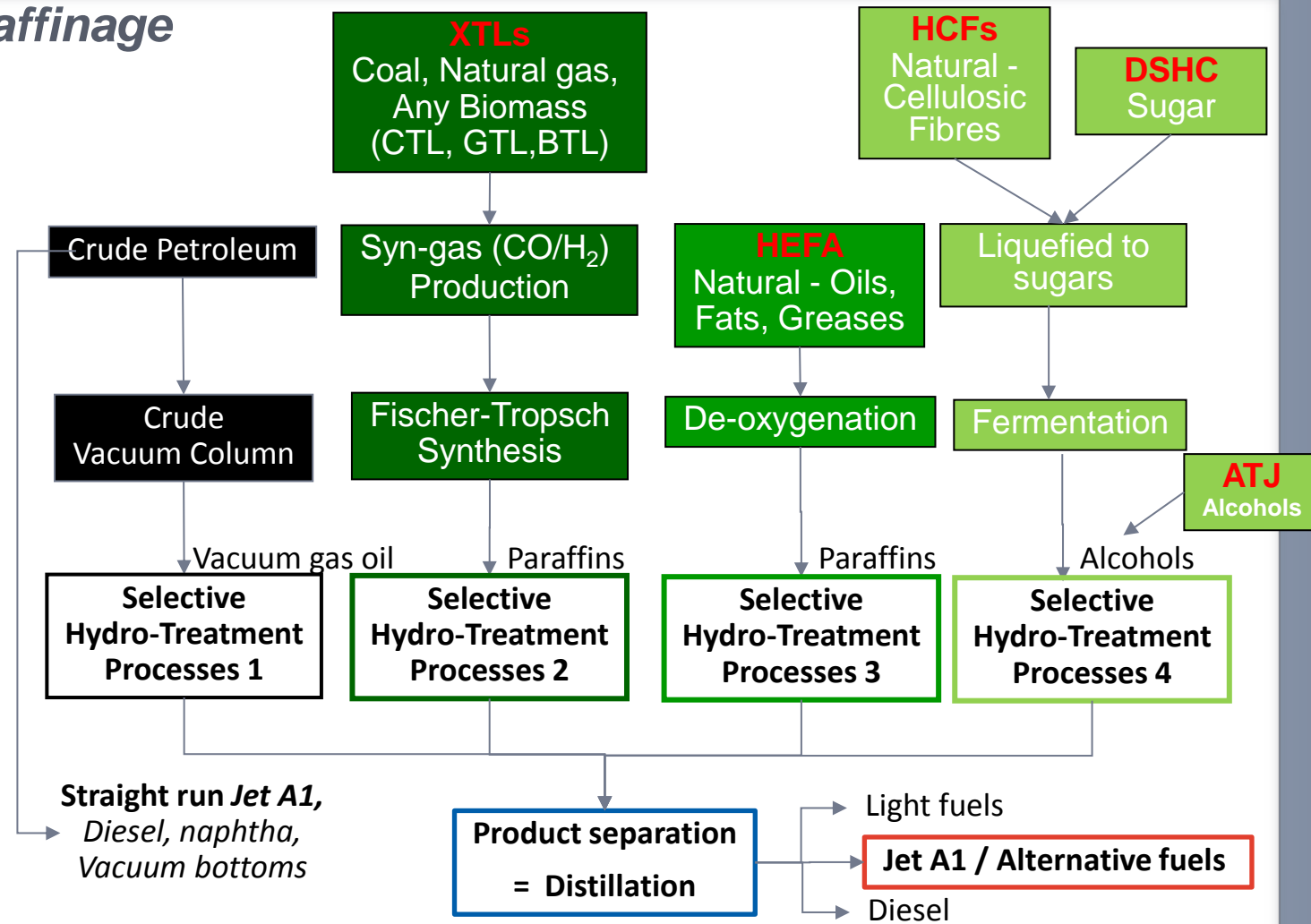
XtLs
= X to Liquid
(GtL, BtL, CtL, WtL,...)

HEFA
= Hydrotreated Esters and Fatty Acids

HCF
= Hydrotreated Cellulosic Fibres

DSHC
= Direct Sugar to HydroCarbons

ATJ
= Alcohol to Jet



Fossil alternative fuels

Biofuels

6. Les pistes d'études

Ressources fossiles...

- Charbon



Fischer-Tropsch



**Synthetic-fuel
Coal-to-Liquid (CTL)**



- + Carburant certifiés
- + Alternative au pétrole
- Procédé énergivore

- Gaz



Fischer-Tropsch



**Synthetic-fuel
Gas-to-Liquid (GTL)**



- + Carburant certifiés
- + Alternative au pétrole
- + Ressources immenses
- Procédé énergivore



- ❖ Procédés maîtrisés et certifiés à 50%/Jet A1
- ❖ Disponible dans certaines régions à l'échelle commerciale

6. Les pistes d'études

Ressources renouvelables...

Génération ? Comment classer les filières?

1^{re} Génération = Partie des plantes issues de l'agriculture: Sucre et les huiles extraites des plantes comestibles comme le blé, le maïs, la betterave à sucre...

2^{me} Génération = Plantes entières, en non-concurrence avec alimentaire :biomasse lignocellulosique tels que le bois, les résidus de culture ou de l'huile à partir des cultures non comestibles comme le jatropha, la cameline, huiles usagées

➤ **3^{ème} Génération** = Micro-organismes (algues, bactéries, levures)



- **Limitation de la « classification par génération »**
- **Levures ou autres ont besoin d'un substrat de croissance qui sont des ... GLUCIDES! (comme pour la 1re ou 2e génération!). Le terme « biocarburants avancés » est maintenant couramment utilisé**

6. Les pistes d'études

Le statut...

Des avancées au niveau de la certification

		Conventional Jet Fuel ("Kerosene")	Alcohols	Bio Esters	Syn. Fuels	Hydrogenated bio-mass	Cryogenic Fuels
RESSOURCES	Non-Renewable (Fossil)	Jet Fuel ✓			CTL & GTL ✓		Liquefied Natural Gas NOT drop-in ✗
	Renewable		Ethanol NOT drop-in ✗ 35% lower energy content	FAME NOT drop-in ✗ 10% lower energy content Freezes at -5°C	BTL ✓ Octobre 2009	HEFA ✓ Juillet 2011	Liquid Hydrogen Low energy per unit volume, Availability, Infrastructure, Airframe

APPROUVE EN MELANGE 50% JET A1

→ XtL et HEFA sont certifiés en mélange à 50% mais toujours pas produits à grande échelle!

7. Les développements en France

Projets de recherche collaboratifs...

Nouveau projet : Probio3



Objectif : Industrialisation de la voie lipide/levures

- Sur les bases des projets CALIN et Alfabird
- Bilans techniques, économiques et environnementaux
- 8 années de septembre 2012 to 2020
- 8 académiques and 8 industriels
- 25 million Euros d'activité

➔ **“OUI ou NON pour utiliser les levures pour une production de Biojet ”**



EADS



7. Les développements en France

Projets de recherche collaboratifs...

Nouveau projet = Defi- μ Alg Platform



Objectif: Donner des outils de mise à l'échelle : Microalgues pour Biojet

Algae laboratory



Controlled production



Photobioreactors
Engineering

Injection / Treatment

Industrial
effluents



N, S, P,...

CO₂, NO_x,...

**Collecting
Technologies**



Crude biomass



Biofuel

Algorefining



Extraction
Liquefaction
Methanisation

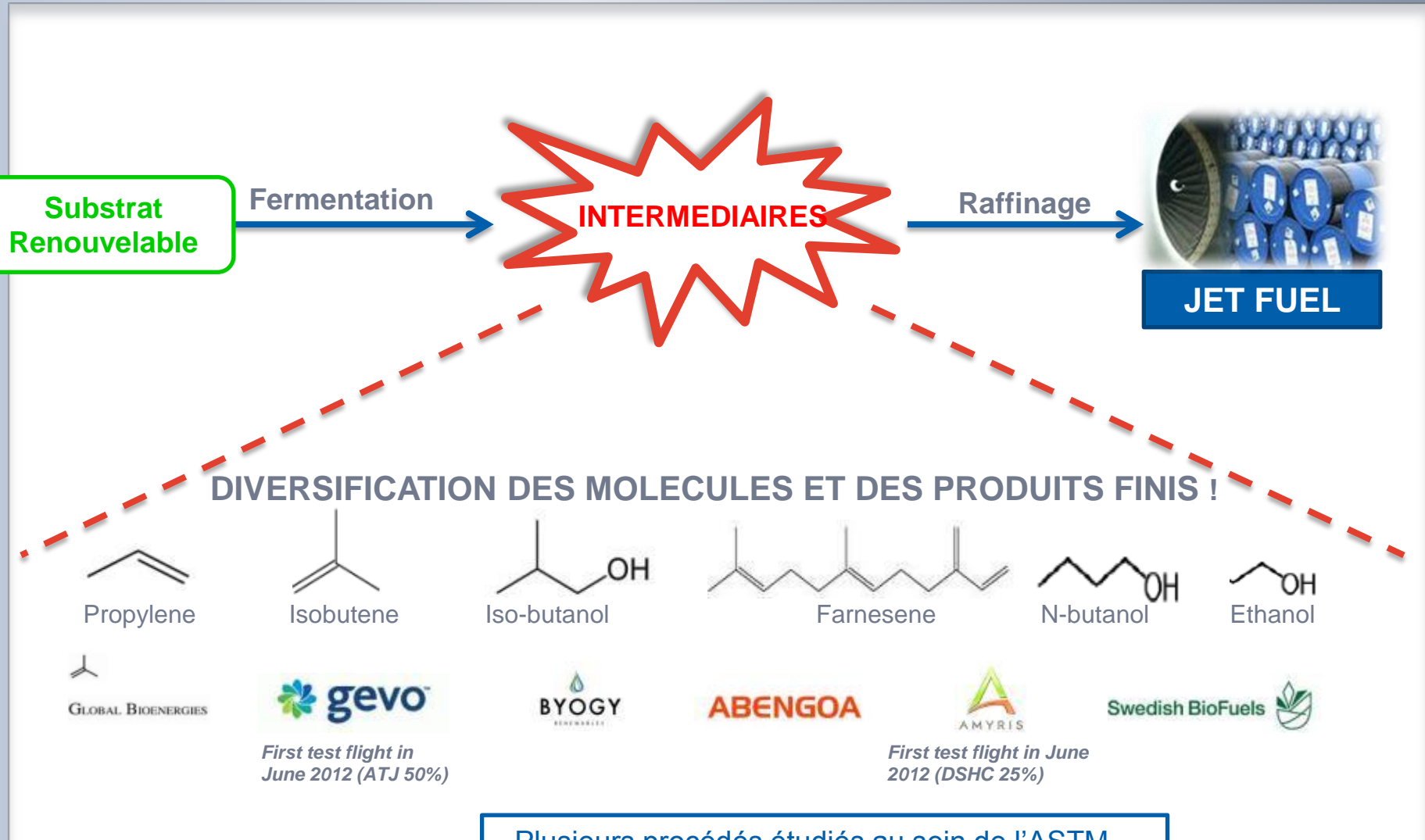
Other products

- Pigments
- Carbohydrates
- Proteins
- Lipids



8. Les développements dans le monde

Des dizaines d'initiatives...



- Plusieurs procédés étudiés au sein de l'ASTM
- Etat de l'art difficile à mesurer!
- **Produit final, conformité aux spécifications?**

9. Challenge pour le développement

Des difficultés au-delà de la technique...

Difficultés pour créer un “business case” favorable

Des limites techniques, mais aussi et surtout sur de marché !

Compétitivité dépend du prix du baril de pétrole et des investissements

Les prévisions de marché sont difficiles car beaucoup de carburants alternatifs en développement et toujours plus d'innovation à venir!

Besoin d'un soutien des gouvernements et des organisations internationales, en particulier la politique pour la production des matières premières

Disponibilité de la biomasse sont les critères les plus importants pour le bio-kérosène = Nécessité d'évaluer les flux de matières premières mondiaux et les prix, voir quelle quantité peut être utilisée pour la production de bio-kérosène

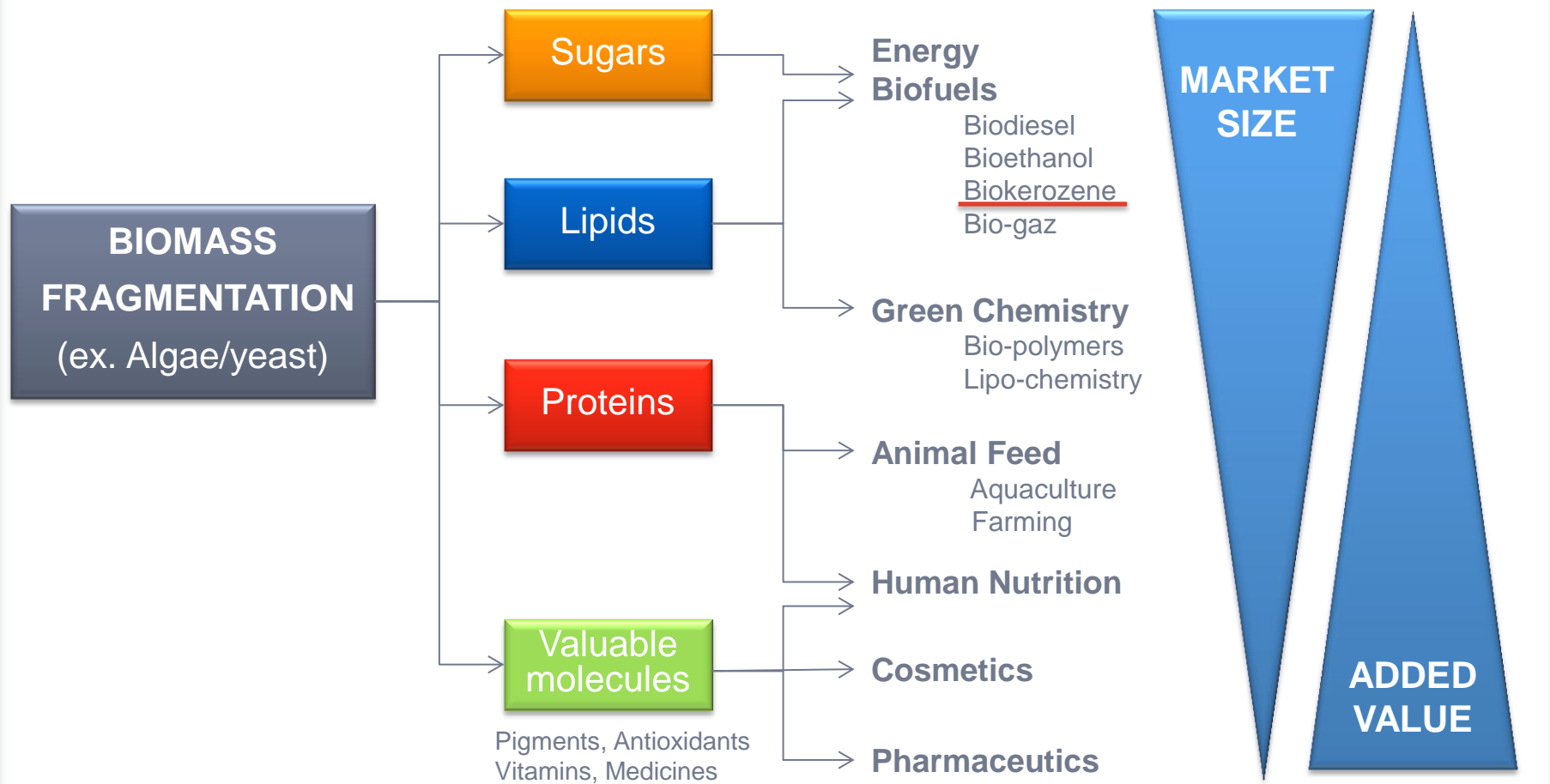
L'énergie renouvelable = « illimitée » dans le temps mais limité en débit



9. Challenge pour le développement

Des difficultés au-delà de la technique...

Situation du marché pour les filières microbiologiques

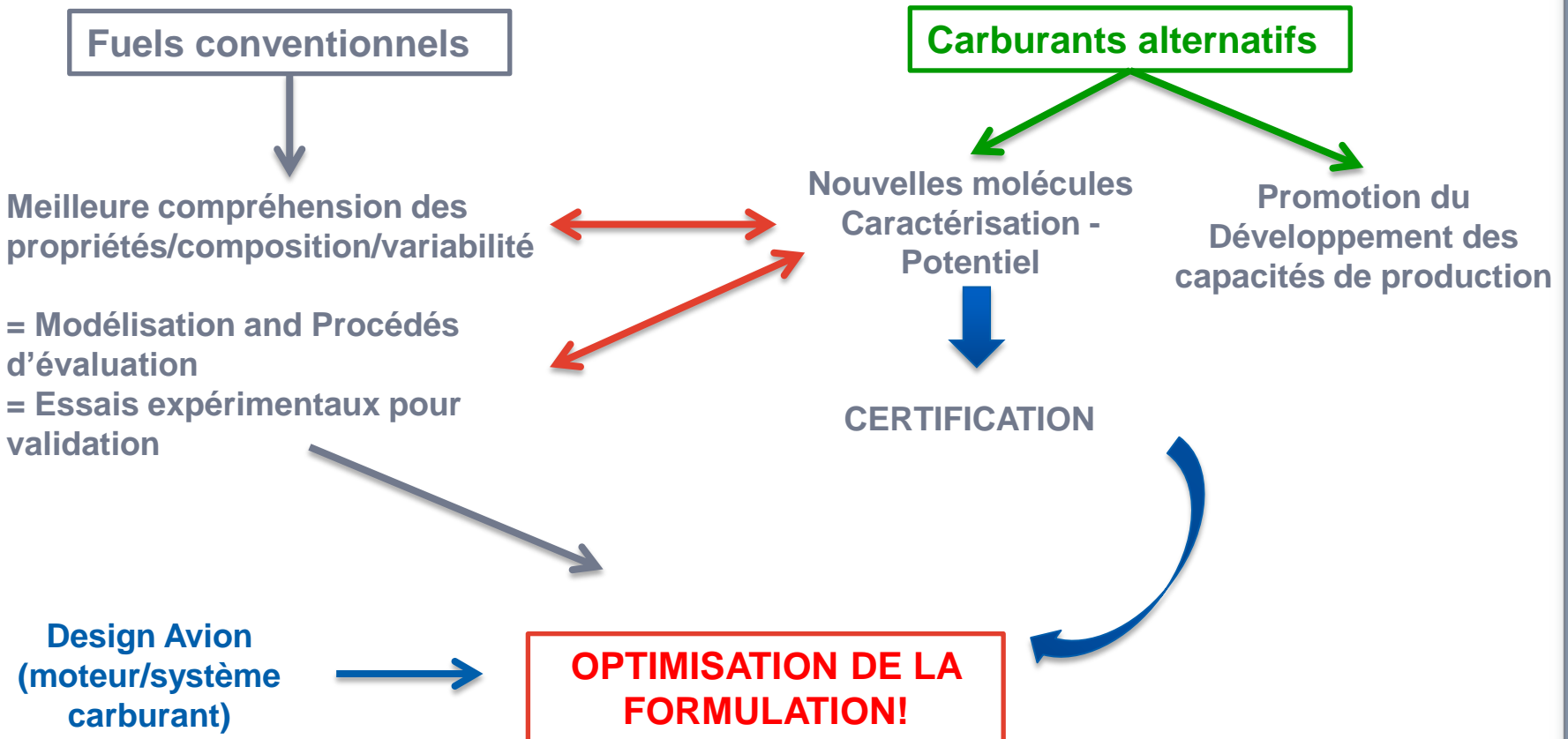


→ Besoin de grande quantité de bio-kérosène, mais faible valeur ajoutée sur le marché par rapport à d'autres co / sous-produits

10. Approche pour le futur

Pistes d'investigations...

Une approche de développement intégrée :



10. Conclusions

