Fédération
Nationale de l'Aviation
et de ses Métiers

SAF CONNECT

TRANSPORT AERIEN
ARTICLE 301 –Loi « Climat & Résilience »
Feuille de route de décarbonation

13 Décembre 2023

Ordre du Jour

1. **Contexte**
2. **Présentation des leviers et hypothèses**
3. **Fonctionnement du modèle**
4. **Résultat des trajectoires**
5. **Prochaines étapes**

Contexte national et nature des travaux

Articulation de la feuille de route de l'aérien avec la Stratégie nationale bas carbone intersectorielle pilotée par l'Etat

→ Double logique d'application de la SNBC 2 actuelle et de la préparation de la SNBC 3 à l'ambition réhaussée, incluant la question d'accès aux énergies décarbonées.

Deux périmètres de travail:

- vols domestiques (spécificité nationale avec l'outre-mer) : 1.2% des émissions CO2 nationales (4% des émissions du transport),
- vols internationaux au départ de la France : 5.4% des émissions CO2 nationales (au total avec le domestique).

Nota : Les règles de comptabilisation des émissions CO2 au niveau national ne ciblent que les émissions liées à l'utilisation des combustibles.

Objectif : neutralité carbone en 2050 avec des cibles de baisse des émissions en 2030 et 2050 supérieures à la SNBC 2 et en phase avec les futures orientations de la SNBC 3, dans les scénarios les plus ambitieux.

→ Travail sur les objectifs à atteindre en 2030 et 2050 pour les différents leviers de décarbonation mobilisables et sur le plan d'actions à mettre en place pour atteindre ces objectifs, en détaillant les conditions de succès et les risques associés.

Rappel des scénarios/leviers

3 scénarios de travail :

- Action
- Accélération
- Accélération (Bis)

Autour de 4 variables (leviers d'améliorations)

Technologique

Amélioration de l'efficacité énergétique

Energétique

Décarbonation de l'énergie

Opérationnel

Amélioration de l'efficacité énergétique + décarbonation de l'énergie

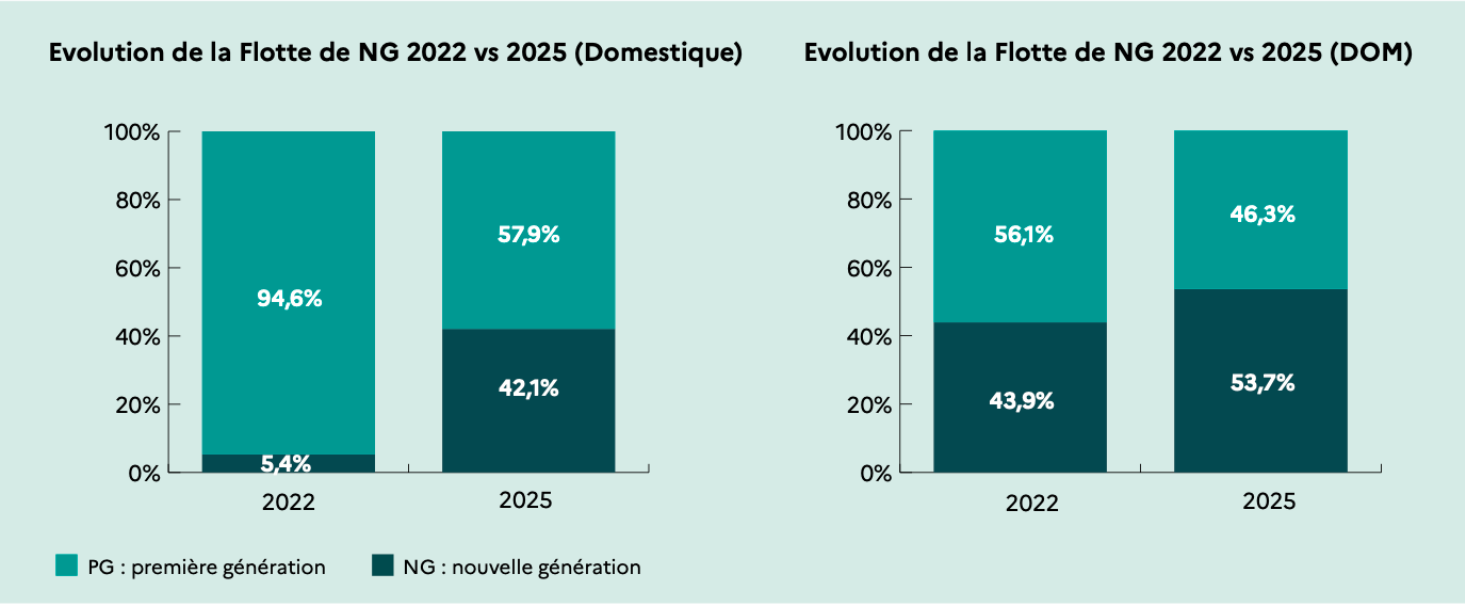
Compensation

Compensations réglementaires

Levier technologique

Renouvellement des flottes

- Le renouvellement des flottes actuelles, permettant de remplacer les appareils opérant en France et au départ de la France par des appareils de dernières générations à meilleure efficacité énergétique
- Prise en compte des carnets de commandes passées jusqu'à 2025, ensuite rythme de renouvellement (5%/an)



- Atteinte de 100% des flottes nouvelle génération approx 2035

Levier technologique

Nouveaux programmes

- La conception et l'industrialisation d'une nouvelle génération d'aéronefs, gamme complète d'appareils d'efficacité énergétique accrue, capables d'utiliser des énergies bas carbone (électricité, CAD, H2), et à forte efficience économique et environnementale.

Avion régional (-20% L/p/km)
- Action : 2035
- Accélération : 2035

Avion SMR H2 (iso performance) :
- Action : 2045
- Accélération : 2035

Avion SMR ultra frugal (-30% L/p/km) :
- Action : 2033
- Accélération : 2035

Avion LC ultra frugal (-20% L/p/km) :
- Action : 2037
- Accélération : 2037

- Ces différents objectifs seront atteints principalement grâce :
  - Amélioration des rendements thermopropulsifs
  - Meilleures performances aérodynamiques
  - Gains de masse

Nota : La compatibilité des aéronefs et moteurs existants et futurs avec une variété de carburants alternatifs au kérosène, d'origine biomasse ou synthétique, sans mélange « 100% Carburant d'aviation durable » => Horizon de certification 2025-2030.

Levier énergétique

Des taux d'incorporations variables selon les scénarios

% CAD (dont PTL%)	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Scénario « Action »	2% (0%)	6% (0,7%)	20% (5%)	32% (8%)	38% (11%)	63% (28%)
Scénario « Accélération »	2% (0%)	10% (0,7%)	20% (5%)	37% (13%)	54% (27%)	85% (50%)
Scénario « Accélération bis »	2% (0%)	10% (0%)	20% (5%)	37% (8%)	54% (11%)	85% (28%)

Règlementaire REFUEL EU (2022)

*HEFA + BTL + PTL

Scénario augmenté

*HEFA + répartition 50/50 BTL/E-BTL + PTL

Scénario augmenté « bis »

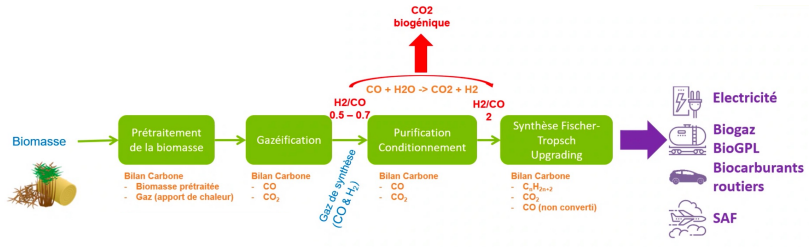
*HEFA + BTL + E-BTL renforcé + PTL

- Plafond de disponibilité HEFA considéré (250kt/an)
- Incertitudes réglementaires sur la récupération de CO2 industriel
- PTL produit à partir de Direct Air Capture
- Implémentation du E-BTL sur les scénarios accélération

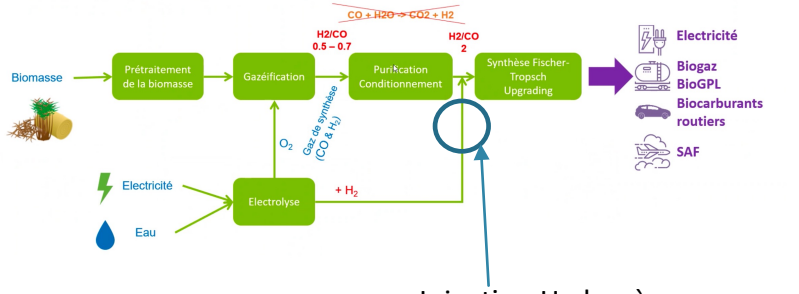
Le E-BTL, un Carburant d'Aviation Durable prometteur

Procédés

BTL standard (Biofuel to liquid) :

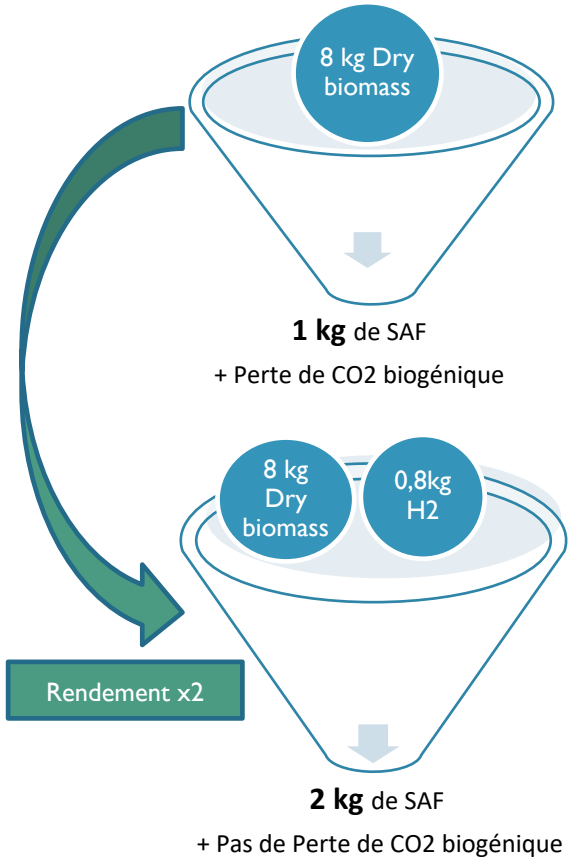


E-BTL standard (Electro Biofuel to liquid) :



Injection Hydrogène

Bilan de Transformation



Bénéfices / Risques

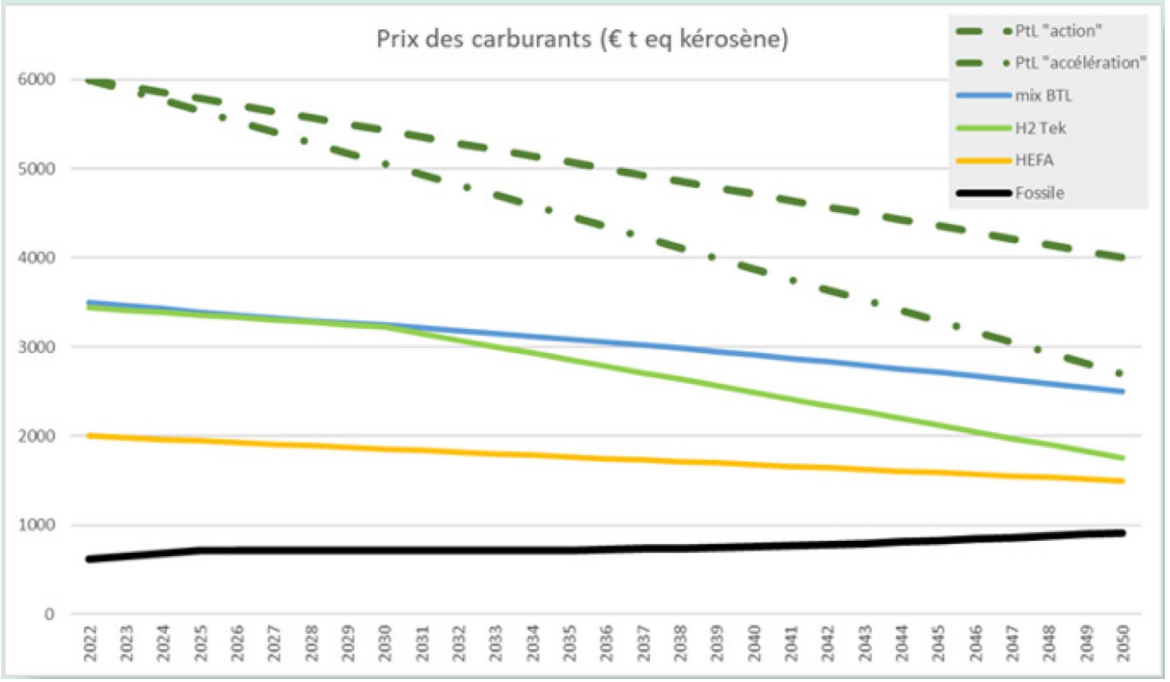
- Faible besoin en énergie électrique
- Rejette une partie du CO2 de la gazéification
- Altéré par le niveau biomasse disponible

- Transformation totale du produit de gazéification
- Rendement en terme de biomasse démultiplié
- Flexibilité des installations entre E-BTL et BTL
- Nécessite des moyens de production H2 et d'électricité

L'E-BTL est un vrai « Game changer » qui redonne de la flexibilité en matière de production de carburant aéronautique durable et sécurise les prévisions en termes de besoin en biomasse.

Hypothèses de prix des CAD

- Construit à partir des données énergéticiens et des rapport prospectifs de l'ONERA
- Prise en compte d'un maximum et d'un effet de décroissance des prix via :
  - Améliorations des procédés
  - Économies d'échelles
  - Rapports concurrentiels avec l'arrivée d'acteurs émergents



Combustible Prix en €/t	2022	2050
HEFA	2 000	1 500
BTL	3 500	2 500
PTL	6 000	4 000 (2700)
e-BTL	4 000	2 500
LH2	9 600	4 900

En 2022 : approx 3500€/tep

En 2050 : approx 1800€/tep

Opérations et Compensations

Opérations

- Opération sol : Roulage N-1, électrification du matériel au sol, etc
- Opération vol : trajectoires horizontales, trajectoires verticales, etc

=> Équivaut à une diminution de consommation (2050) : -7,1% Périmètre France / -9,6% Périmètre International

Compensations

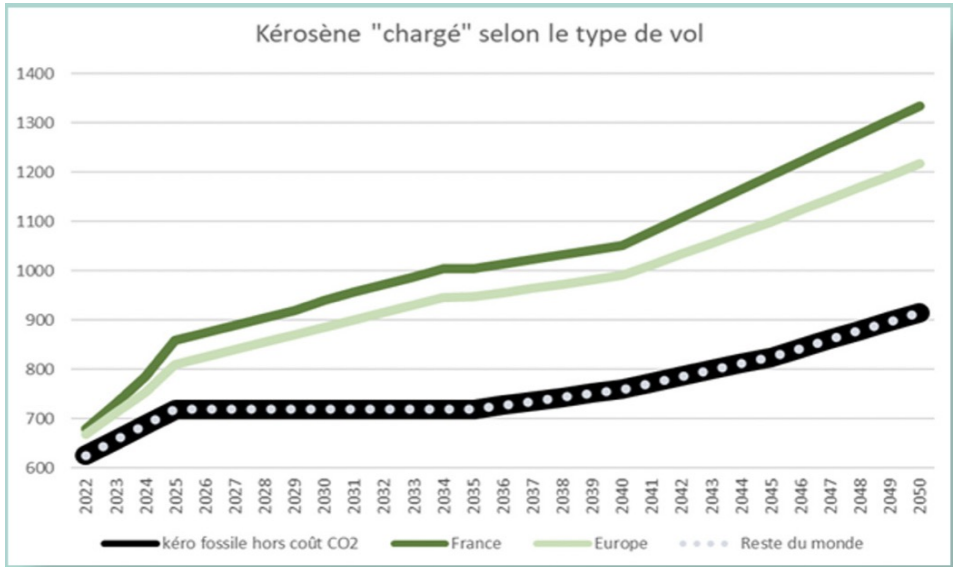
- Corsia : Hypothèses SNBC
- ETS : Hypothèses SNBC
- Article 147 : Décret et arrêté d'avril 2022
- ETD : Hypothèses FIT for 55

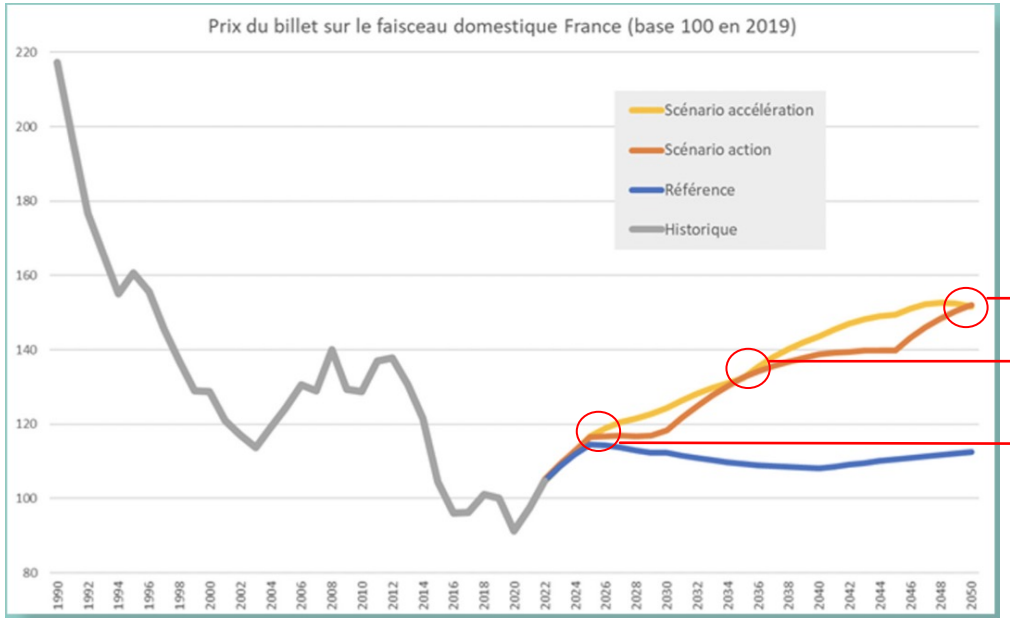
	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CORSIA	5	6	7	10	16	25	40
ETS	55	65	85	96	105	125	150
ETS rapporté à la part effective de quotas gratuits	27,5	32,5	85	96	105	125	150
Article 147	20	40	40	40	40	40	40
ETD	0	30	105	150	150	150	150

Modélisation des conséquences sur le trafic

Impacts sur les prix

- Prise en compte du coût de la décarbonation sur les prix en fonction de :
  - Prévisions socio-économiques France / EU / Monde
  - Inclusion des pénalités carbone et des compensations
  - Prévisions des prix du baril et coûts des biocarburants / H2 / LH2





+48% vs 2022

+28% vs 2022

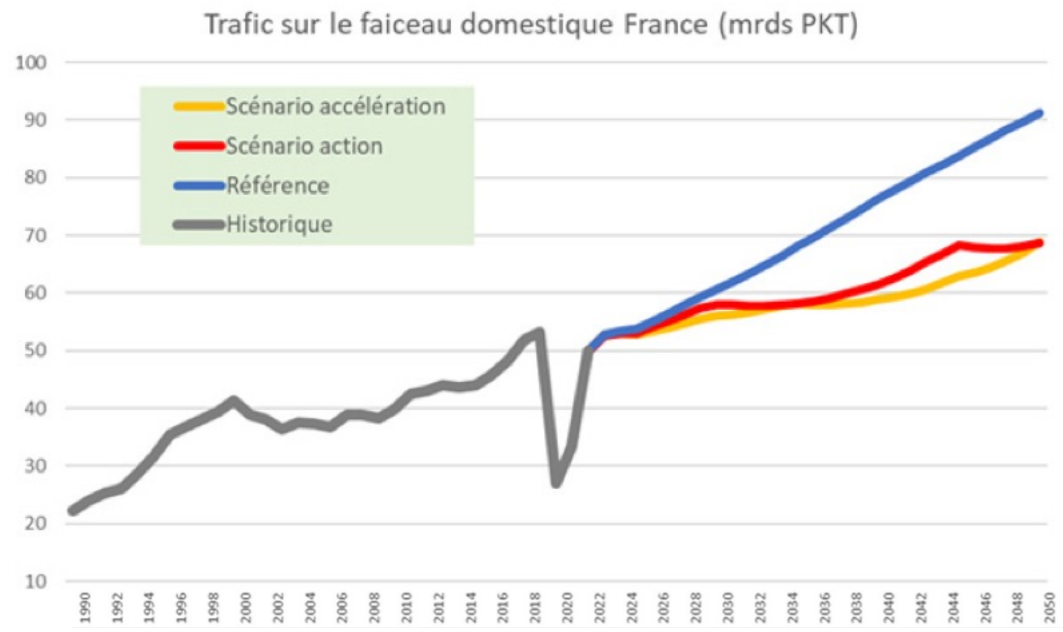
+11% vs 2022

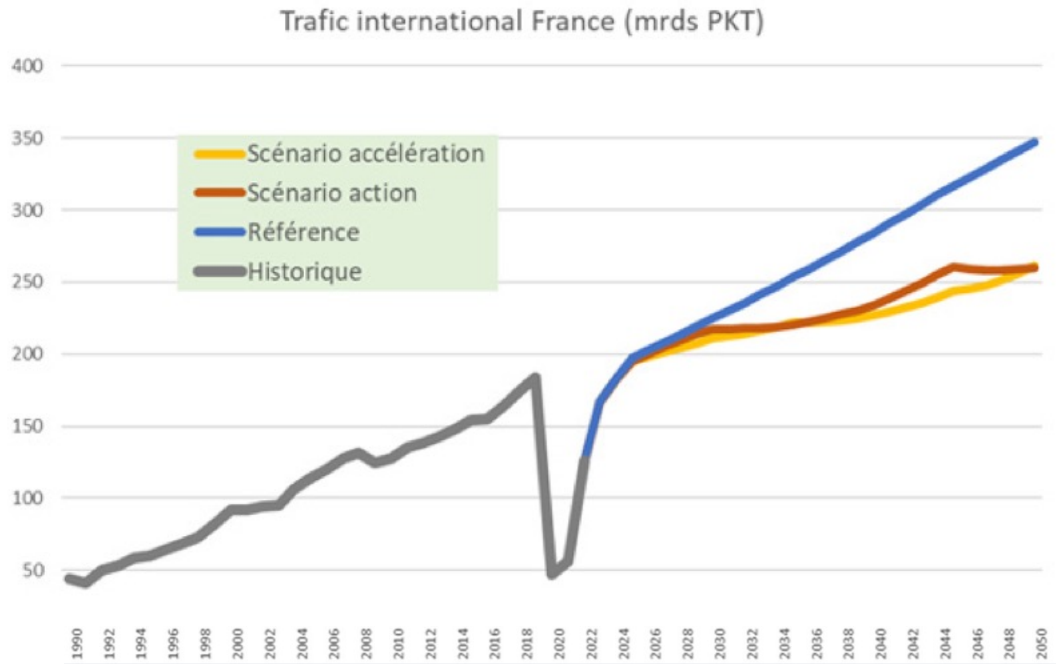
Impacts significatifs et quasi-immédiats sur le prix des billets dans les différents scénarios

Modélisation des conséquences sur le trafic

Impacts sur les trajectoires de croissance

- Prise en compte de l'élasticité prix sur les différents faisceaux (ordre de grandeur) :
  - Intérieurs : 1 / DOM : 0,6 / International : 0,8

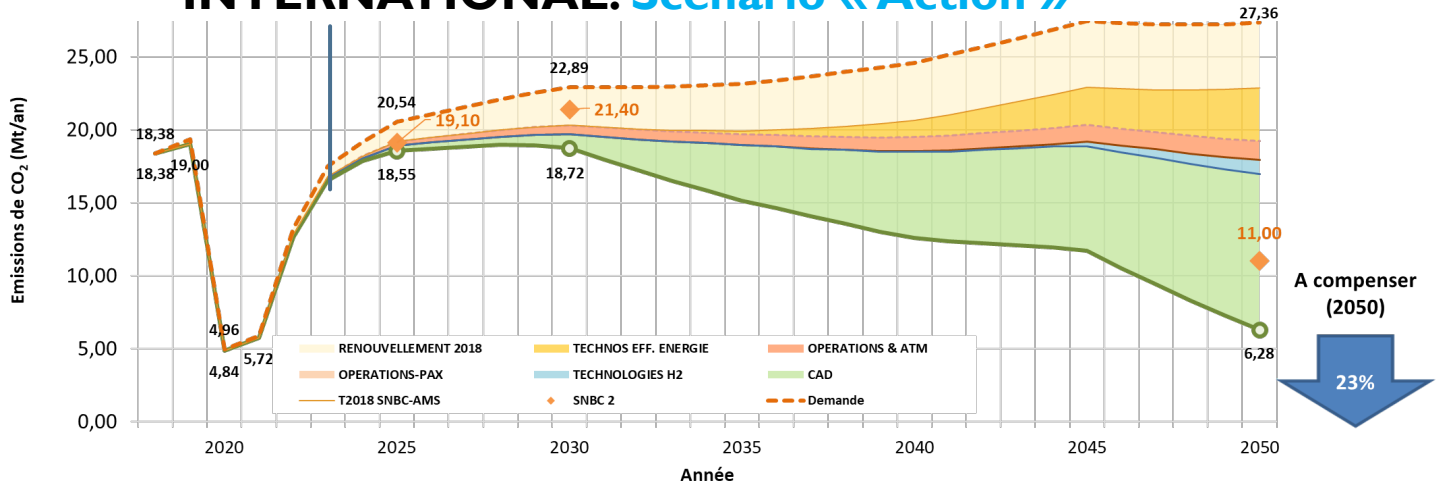


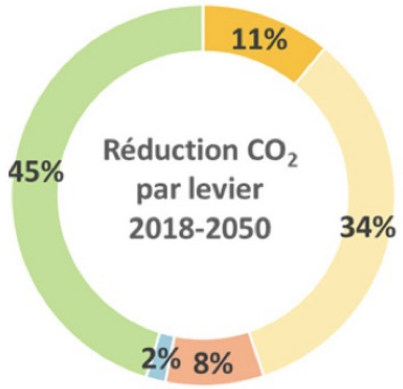


Traduction sur l'évolution du trafic sur le périmètre France : 0,8%/an, contre 1,8%/an initialement
Traduction sur l'évolution du trafic sur le périmètre International : 1,1%/an contre 2,1%/an initialement

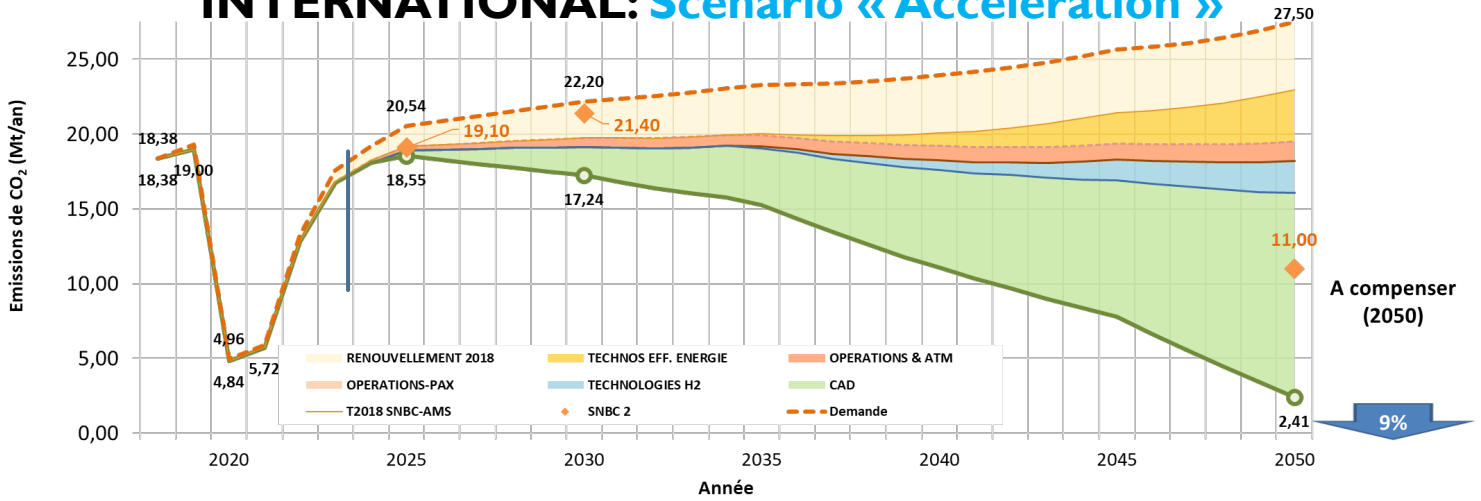
Trajectoires d'émissions

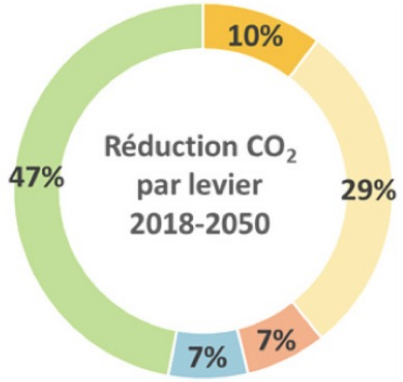
INTERNATIONAL: Scénario « Action »





INTERNATIONAL: Scénario « Accélération »





- Renouvellement par nouvelles générations
- Renouvellement par technologies 2018
- Amélioration des opérations
- Introduction des technologies H2
- Déploiement des CAD

International : Scénarios compatibles de la SNBC 2 dès 2030 et au-delà avec le scénario « Accélération » (x2).

Besoins en ressources

Emissions CO2 mondiales aviation 2019 915 Mt	Emissions CO2 2019 (Mt)	Scénario	Projection d'activité décarbonée en 2050	Biomasse dédiée CAD 2050 (Mt)	Energie électrique décarbonée dédiée 2050 (TWh)	Part de la production selon scénario RTE (H+)
France (métropole et outre-mer)	**5,4**	Action	**-79%**	**1,2**	**11,4**	1,8%
		Accélération	**-92%**	**0,8**	**20,5**	3,2%
		Accélération B	**-92%**	**1,3**	**19,1**	3%
International départ France	**19,2**	Action	**-77%**	**9,4**	**45,5**	7,1%
		Accélération	**-91%**	**6,7**	**92,4**	14,3%
		Accélération B	**-91%**	**9,4**	**83,9**	13%

Prochaines étapes

Actions

- Intégrer les besoins énergétiques du transport aérien dans la planification énergétique pour mobiliser des énergies décarbonées (électricité, biomasse) dans les proportions requises pour tenir la trajectoire présentée ;
- Accélérer le développement d'une filière nationale de carburants aéronautiques durables et incorporation croissante au-delà des exigences réglementaires, dans le scénario le plus ambitieux ;

Statuts

RTE : Bilans prévisionnels 2023-2035 publiés par RTE (allocations :=> 2030 : 4,5 TWh / 2035 : 17 TWh)

SNBC : Travaux en cours autour des trajectoires de modélisation (RUN2)

Echanges

Fédération
Nationale de l'Aviation
et de ses Métiers

MERCI

Toute utilisation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de la FNAM est illicite. Toute utilisation ou reproduction par quelque procédé que ce soit constituerait une contrefaçon sanctionnée par les dispositions des articles L.335-1 et suivants du Code de la Propriété Intellectuelle et, de manière générale, une atteinte aux droits de la FNAM.

FNAM 22, avenue Franklin Delano Roosevelt F75008 PARIS | T: +33.1.86.64.12.34

© FNAM 2008-2023