



KURZFASSUNG-RESUMÉ – 27.05.2021

Schweizer «Road Map Sustainable Aviation»

Wege zu einer Dekarbonisierung des Flugverkehrs

Im Auftrag von: Aviation Research Center Switzerland (ARCS)

Impressum

Empfohlene Zitierweise

Autor: Ecoplan
Titel: Schweizer «Road Map Sustainable Aviation»
Untertitel: Wege zu einer Dekarbonisierung des Flugverkehrs
Auftraggeber: Aviation Research Center Switzerland (ARCS)
Ort: Bern
Datum: 27.05.2021

Die vorliegende «Road Map Sustainable Aviation» wurde angestossen vom Aviation Research Center Switzerland (ARCS), finanziert von den Bundesämtern BAZL und BAFU, von den drei Landesflughäfen (GVA, ZRH und BSL), SWISS International Air Lines, Swiss Business Aviation Association (SBAA) sowie easyJet.

Begleitgruppe

André Schneider, Aéroport International de Genève (Vorsitz)
Julien Anet, ZAV Zentrum für Aviatik der ZHAW
Andrea Burkhardt, BAFU Bundesamt für Umwelt
Emanuel Fleuti, Flughafen Zürich
Maximilian Held, ETH Zürich
Melanie Heiniger, Swiss International Air Lines
Helene Niedhart, SBAA Swiss Business Aviation Association
Jan Robra, EuroAirport Basel Mulhouse Freiburg
Hans Werder, ARCS Aviation Research Center Switzerland
Urs Ziegler, BAZL Bundesamt für Zivilluftfahrt
...und in der Schlussphase des Projekts:
Jean-Marc Thevenaz, easyJet

Projektteam Ecoplan

André Müller, Projektleitung
Simon Schranz
Felix Walter

Der Bericht gibt die Auffassung des Projektteams wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers bzw. der Auftraggeberin oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

ECOPLAN AG

Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik

www.ecoplan.ch

Monbijoustrasse 14
CH - 3011 Bern
Tel +41 31 356 61 61
bern@ecoplan.ch

Dätwylerstrasse 25
CH - 6460 Altdorf
Tel +41 41 870 90 60
altdorf@ecoplan.ch

Inhaltsübersicht

Das Wichtigste auf einer Seite.....	2
L'essentiel en une page.....	3
Kurzfassung.....	4
Résumé	11

Das Wichtigste auf einer Seite

Der Klimawandel ist eine der grössten Herausforderungen der Gegenwart. Es besteht heute weitgehend Konsens, dass die Treibhausgasemissionen reduziert werden müssen, um schwere Schäden zu vermeiden. Wie alle anderen Sektoren ist auch die Luftfahrt gefordert, ihren Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen zu leisten. Das Aviation Research Center Switzerland (ARCS) hat deshalb das Projekt einer Schweizer «Road Map Sustainable Aviation» gestartet und zusammen mit der Firma Ecoplan die vorliegende Studie ausgearbeitet. Eine Arbeitsgruppe mit Vertretern von SWISS, der Swiss Business Aviation Association, den Landesflughäfen Zürich, Genf und Basel, den Bundesämtern BAZL und BAFU sowie der ETH Zürich und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW hat die Studie begleitet. In der Schlussphase des Projekts wurde die Gruppe durch easyJet ergänzt. Die vorliegende «Road Map Sustainable Aviation» zeigt den Weg, wie der Luftverkehr in und aus der Schweiz seine Treibhausgasemissionen bzw. Klimawirkung im Einklang mit den Zielen der bundesrätlichen langfristigen Klimastrategie reduzieren kann.

Aufbauend auf Arbeiten von globalen, europäischen und schweizerischen Dachorganisationen des Luftverkehrs wurde eine **Schweizer «Road Map Sustainable Aviation»** entwickelt, welche auf folgende vier Massnahmenpakete setzt:

- *SAF-Marktentwicklung*: Als zentrales und wichtigstes Massnahmenpaket soll das fossile Kerosin durch biogene und synthetische Treibstoffe (Sustainable Aviation Fuels SAF) ersetzt werden. Dabei setzen die Massnahmen zur SAF-Marktentwicklung auf der Nachfrageseite, wie auch auf der Angebotsseite an. Internationale, staatenübergreifende Massnahmen haben Priorität, können aber wirkungsvoll mit eigenständigen schweizerischen Massnahmen ergänzt werden.
- *Förderung effizienterer Flugzeuge*: Förderung und Anreize für den Einsatz von treibstoffeffizienteren Flugzeugen insbesondere auf dem Langstreckenverkehr sowie mittel- bis längerfristig der Einsatz von Elektroflugzeugen für den Kurzstreckenverkehr und Wasserstoffflugzeugen für den Kurz- und Mittelstreckenverkehr.
- *Operationelle Massnahmen*: Treibstoffeffizientere Abwicklung des Flugverkehrs am Boden und in der Luft.
- *Offsetting*: Kurz- bis mittelfristige CO₂-Kompensation durch freiwillige Kompensation und Teilnahme am europäischen Emissionshandel und dem Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), mittel- bis längerfristiger Aufbau von globalen Märkten für negative Emissionstechnologien (NET) zur Reduktion der verbleibenden klimarelevanten Emissionen.

L'essentiel en une page

Le changement climatique est l'un des plus grands défis de notre époque. Il existe aujourd'hui un large consensus sur le fait que les émissions de gaz à effet de serre doivent être réduites pour éviter de graves conséquences. Comme tous les autres secteurs, l'aviation est appelée à contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. A ce titre, l'Aviation Research Center Switzerland (ARCS) a lancé le projet d'une «Road Map Sustainable Aviation» et a préparé la présente étude en collaboration avec la société Ecoplan. Un groupe de travail composé de représentants de SWISS, de l'Association suisse de l'aviation d'affaires, des aéroports nationaux de Zurich, Genève et Bâle, de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) et de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), ainsi que de l'EPF Zurich et de la Haute école spécialisée zurichoise (ZHAW) a accompagné l'étude. Durant la phase finale du projet easyJet a rejoint le groupe de travail. Cette «Road Map Sustainable Aviation» montre comment le transport aérien au départ et vers la Suisse peut réduire ses émissions de gaz à effet de serre et son impact sur le climat, conformément aux objectifs de la stratégie climatique à long terme du Conseil fédéral.

Sur la base des travaux des organisations faitières de l'aviation au niveau mondial, européen et suisse, une «**Road Map Sustainable Aviation**» Suisse a été élaborée. Cette dernière se concentre sur les quatre ensembles de mesures suivants:

- *Développer le marché des SAF*: l'ensemble de mesures le plus important consiste à remplacer le kérosène fossile par des carburants biogènes et synthétiques (Sustainable Aviation Fuels, SAF). Dans ce contexte, les mesures pour développer le marché des SAF sont appliquées aussi bien au niveau de la demande que de l'offre. Les mesures internationales et transnationales sont prioritaires, mais peuvent être complétées de manière efficace par des mesures nationales suisses.
- *Promouvoir des avions plus efficaces*: promouvoir et encourager l'utilisation d'avions plus économes en carburant, en particulier sur les liaisons long-courriers, et à moyen et long terme, l'utilisation d'avions électriques sur les liaisons de courtes distances et d'avions à hydrogène sur les liaisons court et moyen-courriers.
- *Mettre en place des mesures opérationnelles*: une organisation du trafic aérien plus économe en carburant au sol et en vol.
- *Encourager la compensation*: compensation du CO₂ à court et moyen terme grâce à la compensation volontaire et la participation au système européen d'échange de quotas d'émission et au Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (COR-SIA), développement à moyen et long terme de marchés mondiaux pour les technologies d'émissions négatives (NET) afin de réduire les émissions restantes ayant une incidence sur le climat.

Kurzfassung

Herausforderung Klimawandel

Der Klimawandel ist eine der grössten Herausforderungen der Gegenwart. Es besteht heute weitgehend Konsens, dass die Treibhausgasemissionen reduziert werden müssen, um schwere Schäden zu vermeiden. Mit dem Pariser Klimaübereinkommen von 2015 haben sich die Schweiz und alle anderen Signatarstaaten verpflichtet, die Treibhausgasmissionen bis 2030 markant zu senken. Zur Umsetzung dieser Reduktionsverpflichtung gemäss Pariser Klimaübereinkommen hat das Parlament das CO₂-Gesetz und der Bundesrat das Netto-Null-Ziel für den Zeithorizont bis 2050 verabschiedet. Damit entspricht die Schweiz dem international vereinbarten Ziel, die globale Klimaerwärmung auf maximal 1.5°C gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen.

«Road Map Sustainable Aviation» – die Antwort der Schweizer Luftfahrt auf die Klimaherausforderung

Wie alle anderen Sektoren ist gemäss der langfristigen Klimastrategie des Bundesrats auch die Luftfahrt gefordert, ihren Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen zu leisten. Aviation Research Center Switzerland (ARCS) hat deshalb im Jahr 2020 das Projekt einer Schweizer «Road Map Sustainable Aviation» gestartet und zusammen mit der Firma Ecoplan die vorliegende Studie ausgearbeitet. Eine Arbeitsgruppe mit Vertretern von SWISS, der Swiss Business Aviation Association, den Landesflughäfen Zürich, Genf und Basel, den Bundesämtern BAZL und BAFU sowie der ETH Zürich und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW hat die Studie begleitet. In der Schlussphase des Projekts wurde die Gruppe durch easyJet ergänzt. Die vorliegende «Road Map Sustainable Aviation» zeigt den Weg, wie der Luftverkehr in und aus der Schweiz seine Treibhausgasemissionen bzw. Klimawirkung im Einklang mit den Zielen der bundesrätlichen langfristigen Klimastrategie reduzieren kann.

Die Grundsätze und Leitlinien der «Road Map Sustainable Aviation»

Zentrale Vorleistungen für die vorliegende Schweizer «Road Map Sustainable Aviation» erbrachten auf globaler Ebene die Air Transport Action Group (ATAG) mit ihrem Bericht «Waypoint 2050», auf europäischer Ebene der Bericht «Destination 2050» von fünf zentralen Dachorganisationen des europäischen Luftverkehrs und auf schweizerischer Ebene die Arbeiten von Aerosuisse. Neben diesen wichtigen Vorleistungen orientiert sich die «Road Map Sustainable Aviation» an folgenden Grundsätzen und Leitlinien:

- *Das Netto-Null-Ziel ist erreichbar.* Es bedarf aber sehr grosser Anstrengungen, umgehen des Handeln und eine intensive internationale Zusammenarbeit. Die Schweiz ist auf diese Zusammenarbeit angewiesen – allein kann sie das Ziel nicht erreichen.

- *Emissionen reduzieren – Nutzen beibehalten:* Die CO₂-Emissionen sind auf Netto-Null zu bringen und die Nicht-CO₂-Effekte sind zu reduzieren, nicht der Nutzen, welcher die Luftfahrt für die Schweiz bringt. Die Reduktion der Nachfrage nach Flugreisen ist somit nicht Selbstzweck, sondern kann sich als Folge der zu treffenden, auf die CO₂-Emissionen und Nicht-CO₂-Effekte ausgerichteten Massnahmen ergeben.
- *Prioritäre internationale Massnahmen:* International koordinierte Massnahmen – auf globaler oder europäischer Ebene – haben Priorität. Die Schweiz beteiligt sich an den EU-Massnahmen und übernimmt diese. Die eigenständigen staatlichen Massnahmen sollen regelkonform sein in Bezug auf das internationale Regelwerk und subsidiär wirken, da wo die internationalen Massnahmen nicht ausreichen.
- *Internationale Wettbewerbsfähigkeit:* Mit den eigenständigen staatlichen Massnahmen darf die internationale Wettbewerbsfähigkeit des aus der Schweiz operierenden Linien- und Charterverkehrs sowie des Geschäftsverkehrs nicht gefährdet werden.
- *Handlungsspielraum nutzen:* Die Schweiz hat neben den staatenübergreifenden Massnahmen, die sie mitträgt, einen *erheblichen Handlungsspielraum für eigenständige Massnahmen*, den es zu nutzen gilt.
- *Fokus auf Emissionsreduktion im Luftfahrtsektor:* Prioritär sind die Emissionen innerhalb des Luftfahrtsektor zu reduzieren. Offsetting kann mittelfristig sinnvoll sein, bleibt aber längerfristig den nicht reduzierbaren Emissionen vorbehalten. Längerfristig soll beim Offsetting auf die negativen Emissionstechnologien (NET wie BECCS oder DACCS) gesetzt werden.
- *Technologieneutralität und -offenheit:* Alle klimawirksamen Technologien sollen ihren Beitrag zur Emissionsminderung leisten können und ein faires Konkurrieren zwischen den Technologien ermöglicht werden. Die Massnahmen sollen sich an der Emissionsminderung ausrichten und nichtdiskriminierend in Bezug auf die Technologiewahl ausgestaltet werden.
- *Schwerpunkte setzen:* Die Schweiz setzt vier Schwerpunkte in ihrem Handeln: Das Engagement für globale SAF-Märkte (SAF = Sustainable Aviation Fuels) und NET-Offsetting-Märkte (NET = Negative Emissionstechnologien), die Synfuel-Forschung und -Finanzierung sowie die Vorreiterrolle bei der Dekarbonisierung der Bodeninfrastruktur. Der erste Schwerpunkt liegt im Eigeninteresse der Schweiz, mit den drei restlichen Schwerpunkten will die Schweiz eine Vorreiterrolle spielen.
- *Kostenwahrheit im Luftverkehr:* Die Massnahmen sind darauf auszurichten, dass der Luftfahrtsektor seine vollen Kosten – und damit auch die Kosten der Dekarbonisierung – trägt.
- *Transparenz und Glaubwürdigkeit:* Die Fortschritte sollen dokumentiert (Monitoring) und die Massnahmenausrichtung periodisch überprüft werden (Aktualisierung der «Road Map Sustainable Aviation»). Monitoring und «Road Map» werden kommuniziert.

Die Schwerpunktsetzung der Schweizer «Road Map Sustainable Aviation»

Die Schweiz ist arm an Rohstoffen für die Biofuel- und Synfuel-Produktion. Die Stärken der Schweiz zur SAF-Marktentwicklung liegen in folgenden Punkten:

- *Synfuel-Forschung*: Forschung und Entwicklung zur Verbesserung der SAF-Herstellungstechnologien wie Power to Liquid (PtL inkl. Wasserstoff) oder Sun to Liquid (StL) (Einbringen des «Faktors» Wissen)
- *Finanzierung Synfuel-Produktion*: (Mit-)Finanzierung der Skalierung der SAF-Produktion (Einbringen des «Faktors» Kapital)

Weiter sollen sich die Schweizer Akteure für *globale SAF-Märkte und NET-Offsetting-Märkte* einsetzen. Einen Beitrag kann die Schweiz in der Förderung des Direct Air Capturing leisten, das sowohl bei der Produktion von Synfuel als auch beim NET-Offsetting (DACCS) künftig eine bedeutende Rolle spielen kann. Auch die Schweizer Flughäfen sollen eine Vorreiterrolle bei der *Dekarbonisierung der Bodeninfrastruktur* einnehmen.

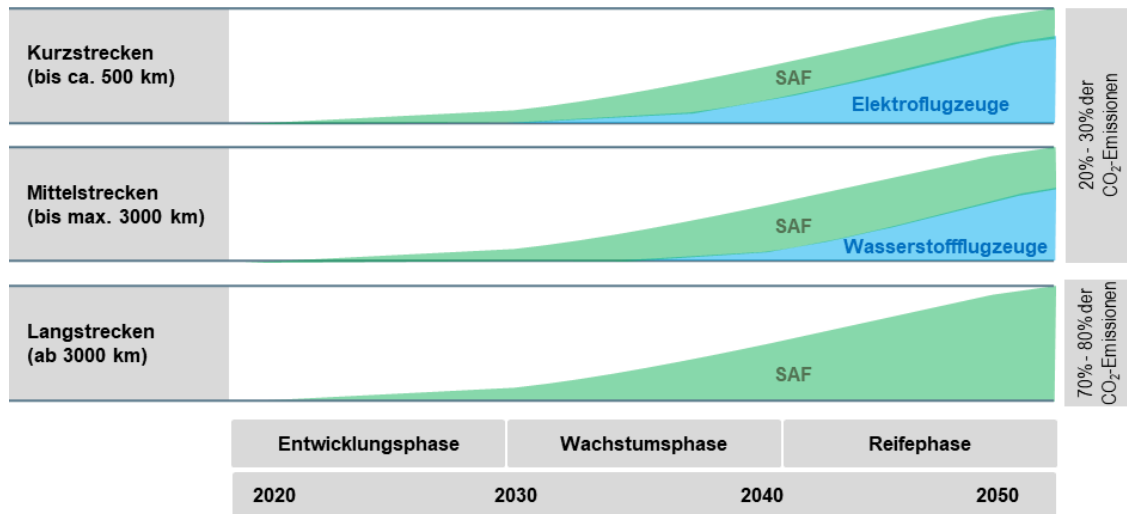
Abbildung 1: Die vier Schwerpunkte der Schweizer «Road Map Sustainable Aviation»



Der Massnahmenmix in der «Road Map Sustainable Aviation»

Die Schweizer «Road Map Sustainable Aviation» konzentriert sich für Langstreckenflugzeuge auf Massnahmen zur beschleunigten und verstärkten Nutzung umweltfreundlicher Treibstoffe (SAF). Für Kurz- und Mittelstrecken dürften neben der Nutzung von SAF auch der Einsatz effizienterer Flugzeuge, wie bspw. Elektro- oder Wasserstoffflugzeuge mittel- bis längerfristig eine Rolle spielen.

Abbildung 2: Massnahmenmix für eine Schweizer «Road Map Sustainable Aviation»



Die Massnahmen zur Nutzung von SAF und zum Einsatz effizienterer Flugzeuge werden ergänzt mit weiteren Massnahmen zugunsten einer nachhaltigen Entwicklung der Luftfahrt. Der Fokus liegt dabei auf der Reduktion der Klimawirkung der Luftfahrt. Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt den vorgeschlagenen Massnahmenmix für eine «Road Map Sustainable Aviation», welche auf vier Massnahmenpakete setzt:

- **Offsetting** (→ Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**): Kurz- bis mittelfristige CO₂-Kompensation durch Teilnahme am europäischen Emissionshandel und dem Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) sowie über CORSIA hinausgehendes klassisches Offsetting als freiwillige Massnahme, mittel- bis längerfristiger Aufbau von globalen Märkten für negative Emissionstechnologien (NET) zur Reduktion der verbleibenden klimarelevanten Emissionen.
- **SAF-Marktentwicklung** (→ Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**): Schrittweiser Ersatz von fossilem Kerosin durch biogene und synthetische Treibstoffe. Bei der SAF-Marktentwicklung sind zwei zentrale Punkte zu beachten:
 - (i) Nachfrage- und angebotsseitige Massnahmen: Es braucht ein Zusammenspiel zwischen nachfrage- und angebotsseitigen Massnahmen, damit SAF, welches kurz- und auch mittelfristig noch viel teurer ist als fossiles Kerosin, auf dem Markt bestehen kann. Es braucht eine Kombination von Finanzierungs- und Lenkungsinstrumenten: (Mit-)Finanzierung der Forschung und der Skalierung der Produktion, Lenkung bzw. Setzung von Anreizen zur Nutzung von SAF.
 - (ii) Internationale, staatenübergreifende und eigenständige staatliche Massnahmen: International koordinierte Massnahmen – auf globaler oder europäischer Ebene – haben Priorität. Die eigenständigen staatlichen Massnahmen sollen regelkonform sein in Bezug

auf das internationale Regelwerk und subsidiär wirken, da wo die internationalen Massnahmen nicht ausreichen.

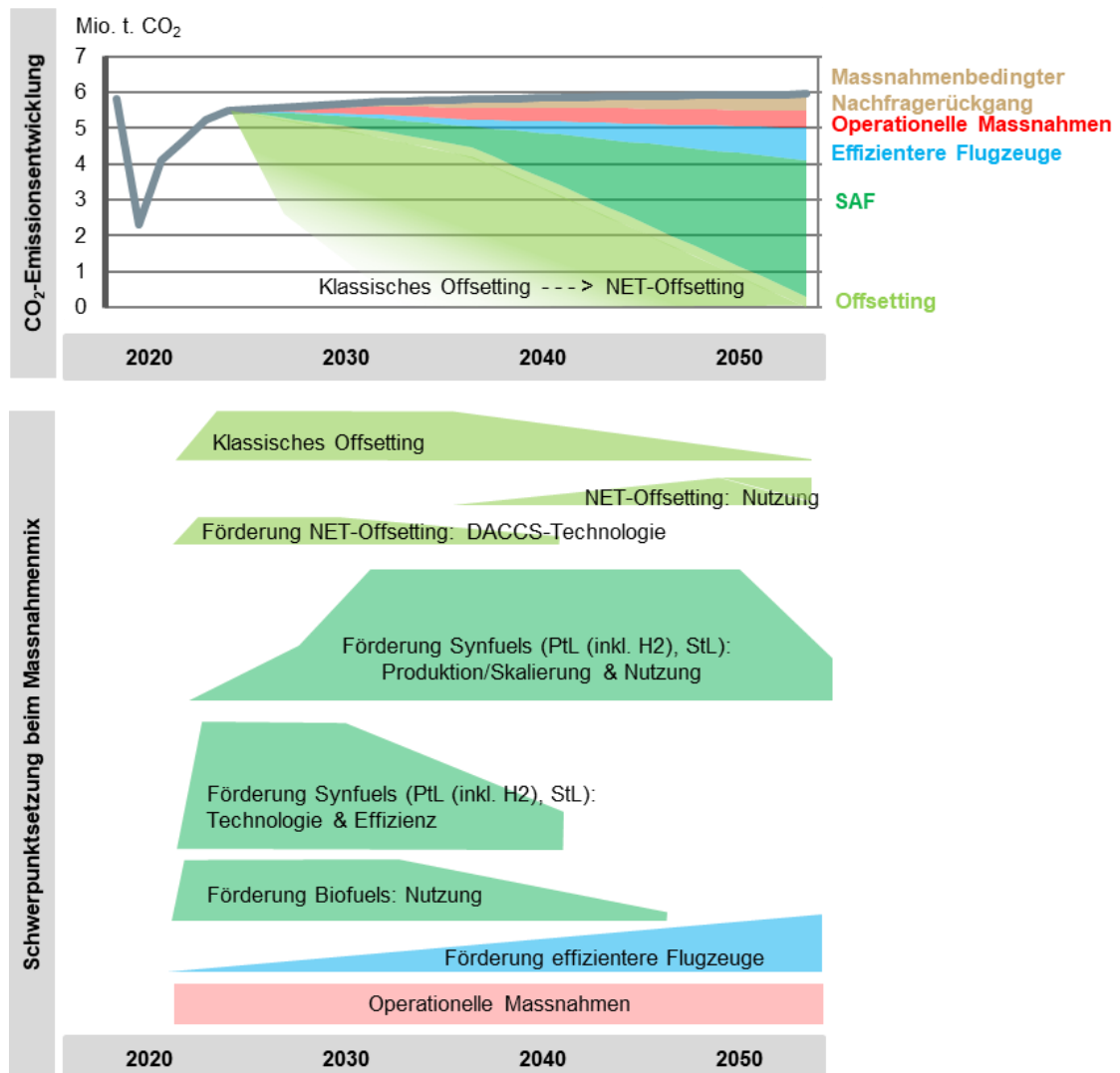
- *Förderung effizientere Flugzeuge (→ Kapitel Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden., Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.):* Förderung und Anreize für den Einsatz von treibstoffeffizienteren Flugzeugen insbesondere auf dem Langstreckenverkehr sowie mittel- bis längerfristig der Einsatz von Elektroflugzeugen für den Kurzstreckenverkehr und Wasserstoffflugzeugen für den Kurz- und Mittelstreckenverkehr.
- *Operationelle Massnahmen (→ Kapitel Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden., Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.):* Treibstoffeffizientere Abwicklung des Flugverkehrs am Boden und in der Luft.

Weiter ist zu beachten, dass wir uns in einem extrem dynamischen Umfeld bewegen – sowohl was die Technologieentwicklung als auch die Politik anbelangt. Allein auf europäischer Ebene sind mit der Weiterentwicklung des EU-ETS und der Abstimmung auf CORSIA und der Initiative ReFuelEU mit der Einführung einer europaweiten Beimischquote zwei zentrale Instrumente in Diskussion, die sich massgeblich auf die Ausgestaltung der eigenständigen staatlichen Massnahmen der Schweiz auswirken können. Die vorliegende Schweizer «Road Map Sustainable Aviation» ist daher periodisch dem sich dynamisch entwickelnden technologischen und politischen Umfeld anzupassen.

Schweizer «Road Map Sustainable Aviation»

Die Schweizer «Road Map Sustainable Aviation» zeigt sofort umsetzbare Massnahmen und die Ausrichtung der mittel- bis längerfristigen Massnahmen auf. Dabei werden die allenfalls ab Beginn 2022 geltenden Regelungen gemäss revidiertem CO₂-Gesetz (Klimafonds und Flugticketabgabe) berücksichtigt. Die nachfolgende Abbildung 4 fasst die Vielzahl von Massnahmen in einer synoptischen Darstellung zusammen und zeigt, welche Akteure gefordert sind. Für die Details zu den einzelnen Massnahmen finden sich in der Abbildung 4 Verweise auf die entsprechenden Kapitel und Massnahmenlisten im Hauptbericht.

Abbildung 3: Massnahmenmix für eine Schweizer «Road Map Sustainable Aviation»

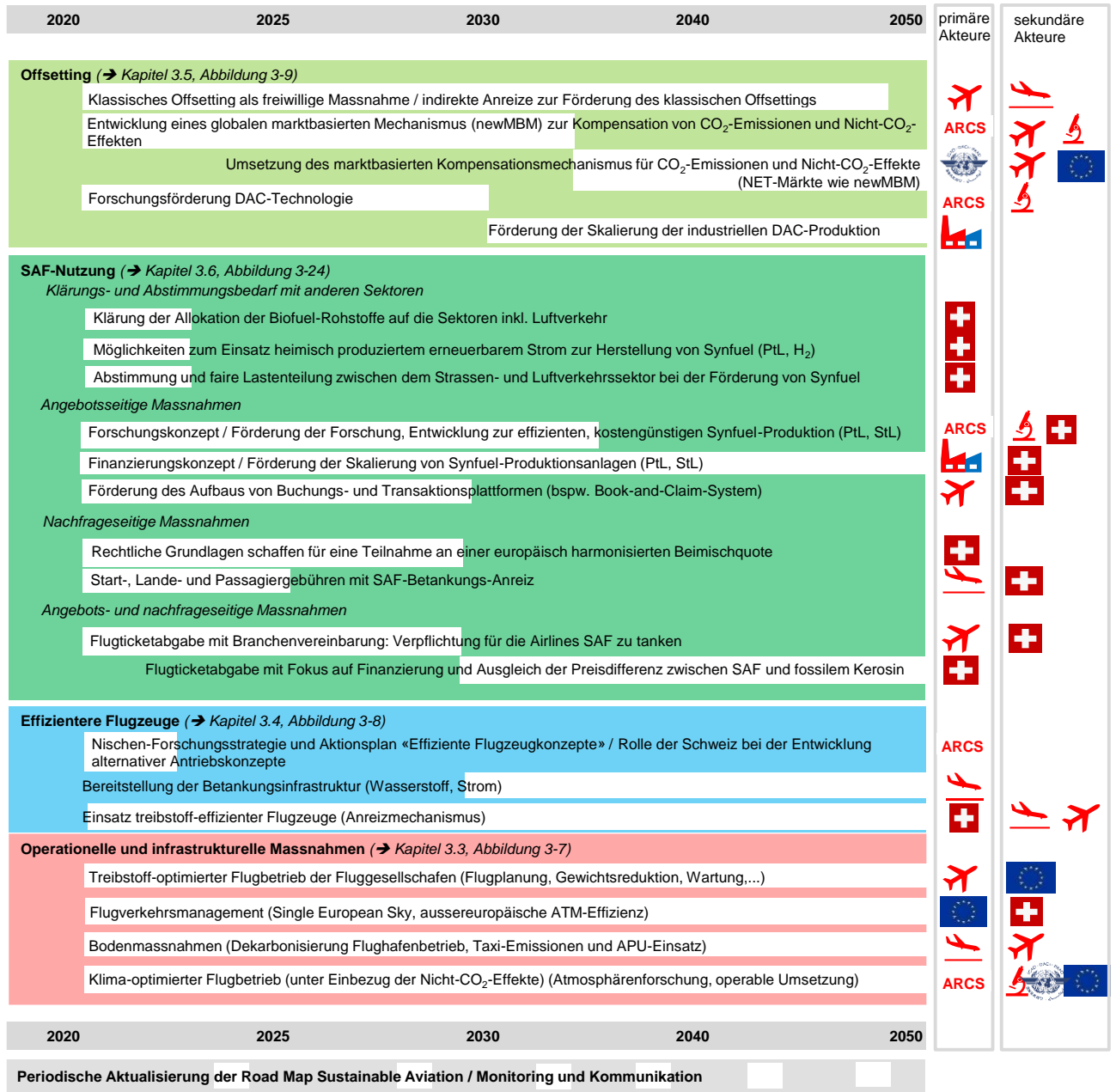


Lesehilfe:








Die erste Abbildung zeigt, dass der Hauptbeitrag zur Erreichung des Netto-Null-Ziels bei den CO₂-Emissionen in der Luftfahrt aus der Nutzung von SAF kommt. Wichtig sind aber auch die operationellen Massnahmen und der Einsatz effizienterer Flugzeuge. Welche Rolle das Offsetting langfristig übernimmt, ist noch offen und hängt von den künftigen Preisen für SAF und Negativemissionstechnologien ab. Kurz- und mittelfristig kann das über CORSIA hinausgehende klassische Offsetting als freiwillige Massnahme und Übergangslösung einen sinnvollen Beitrag an die CO₂-Minderung leisten.

Die zweite Abbildung zeigt die Schwerpunktsetzung beim Massnahmenmix. Unter «Förderung» verstehen wir im obigen Kontext nicht nur die direkte finanzielle Förderung, sondern auch indirekte Anreizwirkungen, welche bspw. die SAF-Nutzung fördert. Mit den farbigen Flächen illustrieren wir, wann und wie stark die Massnahmen greifen müssen: Operationelle Massnahmen sind eine Daueraufgabe. Die Förderung von effizienteren Flugzeugen gewinnt mit dem künftigen Einsatz neuer Antriebstechnologien (Elektro- und Wasserstoffflugzeuge) an Bedeutung. Mit der Förderung der Nutzung von Biofuels wird ein zeitnaher Start in die SAF-Nutzung ermöglicht («proof of concept»). Bei der Förderung der Synfuels sind zuerst die Effizienz und Technologie zu verbessern und mittelfristig die Produktionsanlagen auf grossindustrielles Niveau zu skalieren und die Nutzung zu intensivieren. Da die Synfuels auch langfristig teurer sein werden als fossiles Kerosin, kann auch längerfristig auf Massnahmen zur Förderung der SAF-Nutzung nicht verzichtet werden.

Abbildung 4: Schweizer «Road Map Sustainable Aviation»



Legende:

- rot = Schweizer Akteur
- blau = europäischer, globaler Akteur
-  = Wissenschaft (unterstützt durch CH-Gelder), in der Regel im Verbund mit europäischen oder globalen Forschungsnetzwerken
-  = Schweizer Flughäfen
-  = Airlines
- ARCS** = Aviation Research Center Switzerland
-  = Schweizer Institutionen (Bund, Bundesämter usw.)
-  = ICAO
-  = EU-Gremien
-  = Schweizer, europäisches oder globales Unternehmen (mit Schweizer Finanzierungshilfen)

Résumé

Le défi du changement climatique

Le changement climatique est l'un des plus grands défis de notre époque. Il existe aujourd'hui un large consensus sur le fait que les émissions de gaz à effet de serre doivent être réduites pour éviter de graves conséquences. Avec l'Accord de Paris sur le climat de 2015, la Suisse et tous les autres Etats signataires se sont engagés à réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030. Afin de mettre en œuvre cet engagement de réduction conformément à l'accord de Paris sur le climat, le Parlement a adopté la loi sur le CO₂ et le Conseil fédéral l'objectif de zéro émission nette d'ici 2050. La Suisse respecte donc l'objectif convenu au niveau international de limiter le réchauffement de la planète à 1,5°C maximum par rapport à l'époque préindustrielle.

«Road Map Sustainable Aviation» – la réponse de l'aviation suisse au défi climatique

Comme tous les autres secteurs, l'aviation est appelée, conformément à la stratégie climatique à long terme du Conseil fédéral, à contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. A ce titre, l'Aviation Research Center Switzerland (ARCS) a lancé en 2020 le projet d'une «Road Map Sustainable Aviation» et a préparé la présente étude en collaboration avec la société Ecoplan. Un groupe de travail composé de représentants de SWISS, de l'Association suisse de l'aviation d'affaires, des aéroports nationaux de Zurich, Genève et Bâle, de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) et de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), ainsi que de l'EPF Zurich et de la Haute école spécialisée zurichoise (ZHAW) a accompagné l'étude. Durant la phase finale du projet easyJet a rejoint le groupe de travail. Cette «Road Map Sustainable Aviation» montre comment le transport aérien au départ et vers la Suisse peut réduire ses émissions de gaz à effet de serre et son impact sur le climat, conformément aux objectifs de la stratégie climatique à long terme du Conseil fédéral.

Les principes et les lignes directrices de la «Road Map Sustainable Aviation»

Les principaux travaux préliminaires à la présente «Road Map Sustainable Aviation» ont été réalisés au niveau mondial par l'Air Transport Action Group (ATAG) avec son rapport «Waypoint 2050», au niveau européen avec le rapport «Destination 2050» de cinq organisations faitières de l'aviation européenne, et au niveau suisse par Aerosuisse. Outre ces importants travaux préliminaires, la «Road Map Sustainable Aviation» repose sur les principes et lignes directrices suivants:

- *L'objectif de zéro émission nette est réalisable.* Toutefois, cela implique beaucoup d'efforts, une action immédiate et une coopération internationale intensive. La Suisse dépend de cette coopération, elle ne peut pas atteindre cet objectif seule.

- *Réduire les émissions – conserver le bénéfice*: il faut ramener les émissions de CO₂ à un niveau de zéro émission nette et réduire les effets des autres gaz, et ce, sans perdre le bénéfice que l'aviation apporte à la Suisse. La réduction de la demande en transport aérien n'est donc pas une fin en soi, mais peut être une conséquence des mesures à prendre concernant les émissions de CO₂ et les effets des autres gaz.
- *Priorité aux mesures internationales*: les mesures coordonnées au niveau international (mondial ou européen) sont prioritaires. La Suisse adopte et participe aux mesures de l'UE. Les mesures nationales prises par le gouvernement doivent être conformes aux règles et règlements internationaux et avoir un effet subsidiaire lorsque les mesures internationales ne sont pas suffisantes.
- *Concurrence internationale*: les mesures nationales prises par le gouvernement ne doivent pas mettre en danger la compétitivité internationale du trafic de ligne, du trafic charter et du trafic d'affaires au départ de la Suisse.
- *Utiliser la marge de manœuvre*: outre les mesures transnationales qu'elle soutient, la Suisse dispose d'une grande marge de manœuvre concernant ses mesures nationales, et il convient de l'utiliser.
- *Mettre l'accent sur la réduction des émissions dans le secteur de l'aviation*: la priorité doit être donnée à la réduction des émissions dans le secteur de l'aviation. La compensation peut être judicieuse à moyen terme. Mais à long terme, elle est réservée aux émissions qui ne peuvent pas être réduites. A plus long terme, la compensation doit reposer sur des technologies d'émissions négatives (NET comme le BECCS ou le DACCS).
- *Neutralité envers les choix technologiques*: Toutes les technologies, efficace pour le climat, doivent être utilisées pour une réduction des émissions et il doit avoir une concurrence juste entre ces technologies. Le choix de ces mesures doit se faire en se basant sur l'importance de la réduction de émissions et ne doit pas exclure une ou l'autre technologie.
- *Définir des priorités*: la Suisse définit quatre priorités dans ses actions: l'engagement en faveur des marchés internationaux de SAF (Sustainable Aviation Fuels) et de compensation par les NET (Negative Emission Technologies), la recherche et le financement des carburants synthétiques, ainsi que le rôle de précurseur dans la décarbonation des infrastructures au sol. La Suisse a un intérêt direct dans la première priorité. Avec les trois autres, elle compte jouer un rôle de pionnier.
- *Réalité des coûts dans le transport aérien*: les mesures doivent faire en sorte que le secteur de l'aviation supporte l'intégralité de ses coûts – y compris ceux de la décarbonation.
- *Transparence et crédibilité*: les progrès doivent être documentés (suivi) et l'orientation des mesures doit être revue périodiquement (mise à jour de la « Road Map Sustainable Aviation »). Le suivi et la « Road Map » sont communiqués.

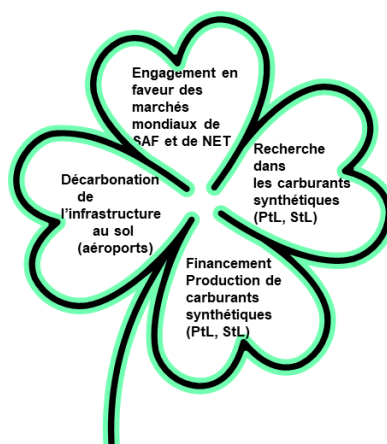
Le choix des priorités de la «Road Map Sustainable Aviation» Suisse

La Suisse est pauvre en matières premières pour la production de biocarburants et de carburants synthétiques. Les atouts de la Suisse concernant le développement du marché des SAF résident dans les points suivants:

- *la recherche en carburants synthétiques*: recherche et développement pour améliorer les technologies de production de SAF telles que Power to Liquid (PtL y compris l'hydrogène) ou Sun to Liquid (StL) (apport du «facteur» connaissances)
- *le financement de la production de carburants synthétiques*: (co)financement de la mise à l'échelle de la production de SAF (apport du «facteur» capital)

En outre, les acteurs suisses doivent plaider en faveur *des marchés internationaux de SAF et des marchés de compensation par les NET*. La Suisse peut contribuer à promouvoir le captage direct de l'air (Direct Air Capturing), qui peut jouer un rôle important à l'avenir, aussi bien pour la production de carburants synthétiques que pour la compensation par les NET (DACCS). Les aéroports suisses doivent également jouer un rôle de pionnier dans la *décarbonation des infrastructures au sol*.

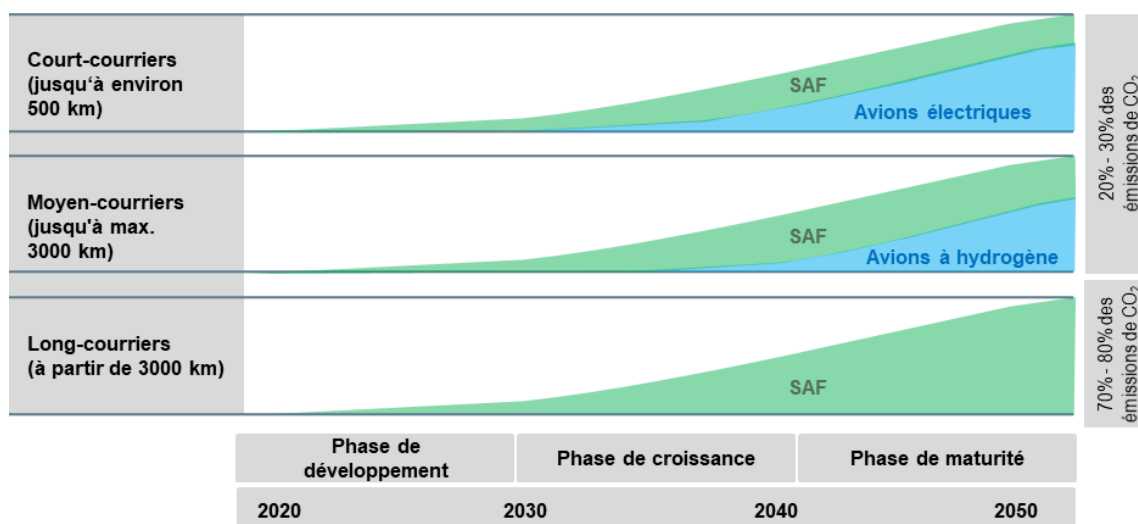
Figure 1: Les quatre priorités de la «Road Map Sustainable Aviation» Suisse



La série de mesures de la «Road Map Sustainable Aviation»

Pour les avions long-courriers, la «Road Map Sustainable Aviation» Suisse se concentre sur les mesures visant à accélérer et à renforcer l'utilisation de carburants respectueux de l'environnement. Pour les vols court et moyen distance, nous voyons aussi, à côté de l'utilisation de carburants respectueux de l'environnement, l'utilisation des avions à motorisation plus efficace, comme par exemple des avions électriques ou à hydrogène, qui pourront jouer un rôle à moyen- ou long-terme.

Figure 2: Série de mesures pour la «Road Map Sustainable Aviation» Suisse



Les mesures pour l'utilisation de carburants respectueux de l'environnement et favorisant l'utilisation des avions à motorisation plus efficiente seront complétées avec d'autres mesures en faveur du développement durable de l'aviation. L'accent est mis sur la réduction de l'impact de l'aviation sur le climat. La Figure 3 suivante illustre la série de mesures proposées pour une «Road Map Sustainable Aviation», qui repose sur quatre ensembles de mesures:

- **Compensation** (→ Chapitre **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Figure 3-9): compensation du CO₂ à court et moyen terme grâce à la participation au système européen d'échange de quotas d'émission et au Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), et de la compensation classique volontaire allant au-delà de CORSIA, développement à moyen et long terme de marchés mondiaux pour les technologies d'émissions négatives (NET) afin de réduire les émissions restantes ayant une incidence sur le climat.
- **Développer le marché des SAF** (→ Chapitre **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Figure 3-24): remplacement progressif du kérosène fossile par des combustibles biogènes et synthétiques. Deux points essentiels doivent être pris en compte dans le développement du marché des SAF:
 - les mesures au niveau la demande *et* de l'offre: une interaction entre les mesures au niveau de la demande et de l'offre est nécessaire pour que les SAF (qui restent beaucoup plus chers que le kérosène fossile à court et moyen terme) puissent survivre sur le marché. Une combinaison d'outils de financement et de pilotage est nécessaire: (co)financer la recherche et la mise à l'échelle de la production, guider ou encourager l'utilisation des SAF.
 - les mesures internationales, transnationales *et* nationales: les mesures coordonnées au niveau international (mondial ou européen) sont prioritaires. Les mesures nationales

prises par le gouvernement doivent être conformes aux règles et règlements internationaux et avoir un effet subsidiaire lorsque les mesures internationales ne sont pas suffisantes.

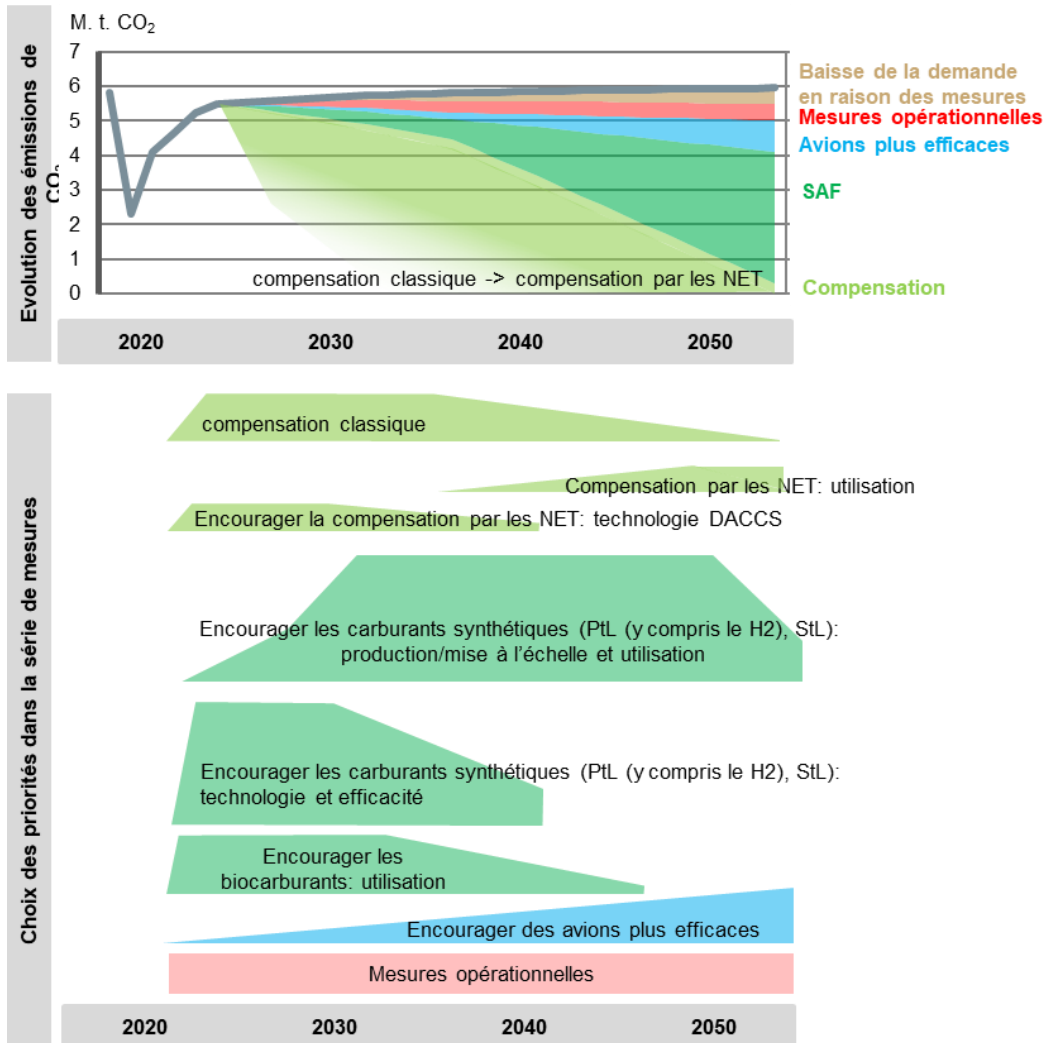
- *Promouvoir des avions plus efficaces (→ Chapitre **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Figure 3-8):* promouvoir et encourager l'utilisation d'avions plus économes en carburant, en particulier sur les liaisons long-courriers, et à moyen et long terme, l'utilisation d'avions électriques sur les liaisons de courtes distances et d'avions à hydrogène sur les liaisons court et moyen-courriers.
- *Mesures opérationnelles (→ Chapitre **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Figure 3-7):* une organisation du trafic aérien plus économe en carburant au sol et en vol.

A noter également que nous évoluons dans un environnement extrêmement dynamique – aussi bien en termes de développement technologique que de politique. Rien qu'au niveau européen, avec le développement continu du SEQE-UE (ETS-EU), l'adoption du régime CORSIA et l'initiative ReFuelEU prévoyant l'introduction d'un quota de mélange de carburant à l'échelle européenne, deux instruments majeurs sont en cours de discussion et pourraient avoir un impact significatif sur la conception des mesures nationales en Suisse. La présente «Road Map Sustainable Aviation» Suisse doit donc être périodiquement adaptée à un environnement technologique et politique en pleine évolution.

«Road Map Sustainable Aviation» Suisse

La «Road Map Sustainable Aviation» Suisse présente les mesures qui peuvent être mises en œuvre immédiatement et l'orientation des mesures à moyen et long terme. Les éventuelles réglementations applicables à partir de début 2022 conformément à la révision de la loi sur le CO₂ (fonds pour le climat et taxe sur les billets d'avion) seront prises en compte. La Figure 4 suivante résume la diversité des mesures dans une représentation synthétique et indique les acteurs concernés. Pour plus de détails sur les différentes mesures, voir la Figure 4 pour les références aux chapitres correspondants et les listes de mesures dans le rapport principal.

Figure 3: Série de mesures de la «Road Map Sustainable Aviation» Suisse

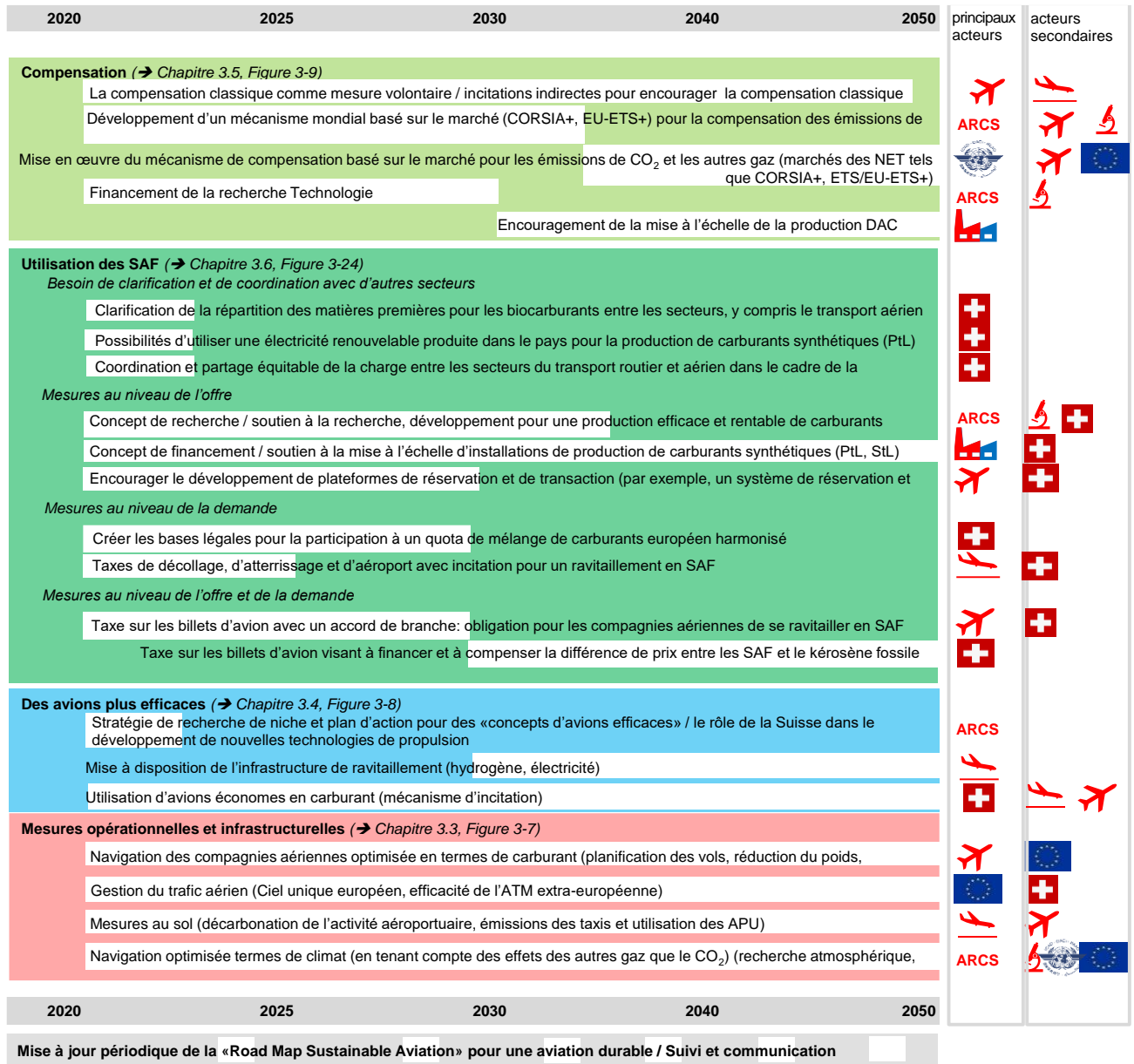









Aide à la lecture:

La première figure montre que la principale contribution pour atteindre l'objectif de zéro émission nette en CO₂ dans l'aviation provient de l'utilisation des SAF. Toutefois, les mesures opérationnelles et l'utilisation d'avions plus efficaces sont également des facteurs importants. Le rôle de la compensation à long terme n'est pas encore tranché et dépend du prix des SAF et des technologies d'émissions négatives à l'avenir. A court- et moyen-terme, une compensation, au-delà de CORSIA comme mesure volontaire et de transition, peut être une contribution logique pour la réduction des émissions de CO₂.

La deuxième figure illustre le choix des priorités dans la série de mesures. Dans le contexte ci-dessus, nous entendons par «encourager» non seulement le soutien financier direct, mais aussi les effets incitatifs indirects qui encouragent, notamment, l'utilisation des SAF. Les zones colorées illustrent quand et dans quelle proportion les mesures doivent prendre effet: les mesures opérationnelles ont un caractère permanent. Promouvoir des avions plus efficaces devient de plus en plus important avec l'utilisation à venir de nouvelles technologies de propulsion (avions électriques et à hydrogène). Encourager l'utilisation des biocarburants permet de lancer rapidement l'utilisation des SAF («proof of concept»). Pour encourager l'usage des carburants synthétiques, il convient d'abord d'améliorer l'efficacité et la technologie et, à moyen terme, de développer les installations de production à un niveau industriel de grande ampleur et d'intensifier l'utilisation. Puisque les carburants synthétiques resteront plus chers que le kérosène fossile à long terme, il n'est pas possible de faire l'impasse sur des mesures visant à promouvoir l'utilisation des SAF également sur le long terme.

Figure 4: «Road Map Sustainable Aviation» Suisse



- Légende:
- = acteur suisse
 - = acteur européen, mondial
 -  = science (soutenue par des fonds suisses), généralement en association avec des réseaux de recherche européens ou mondiaux
 -  = aéroports suisses
 -  = compagnies aériennes
 - ARCS** = Aviation Research Center Switzerland
 -  = Institutions suisses (gouvernement fédéral, offices fédéraux, etc.)
 -  = OACI
 -  = instances de l'UE
 -  = entreprise suisse, européenne ou mondiale (avec un soutien financier suisse)