

Traînées de condensation persistantes

Pourquoi doit-on les prévoir ?

Mathieu GARCIA

MÉTÉO FRANCE

- Dir. Services Météorologiques
 - Dép. Aéronautique
 - Div. Recherche Innovation et Outils
-

Préambule | Les traînées de condensation

(en 2 secondes)

Préambule | Les traînées de condensation



Source : Equine America

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Préambule | Un peu de vocabulaire

Traînée de condensation = CONDensation TRAIL (anglais)
= CON-TRAIL (abrégé)



non-persistante

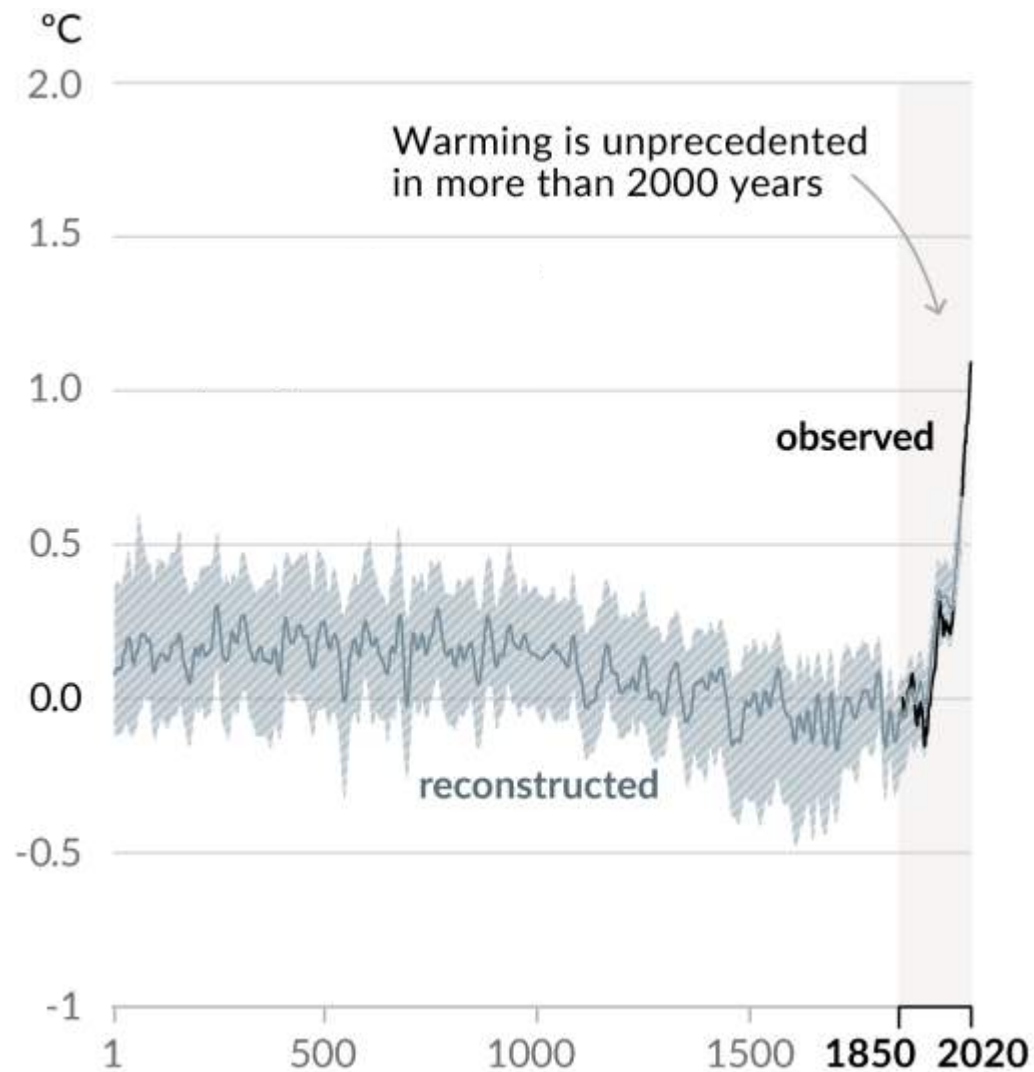
persistante

Source : M. GARCIA 2021

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

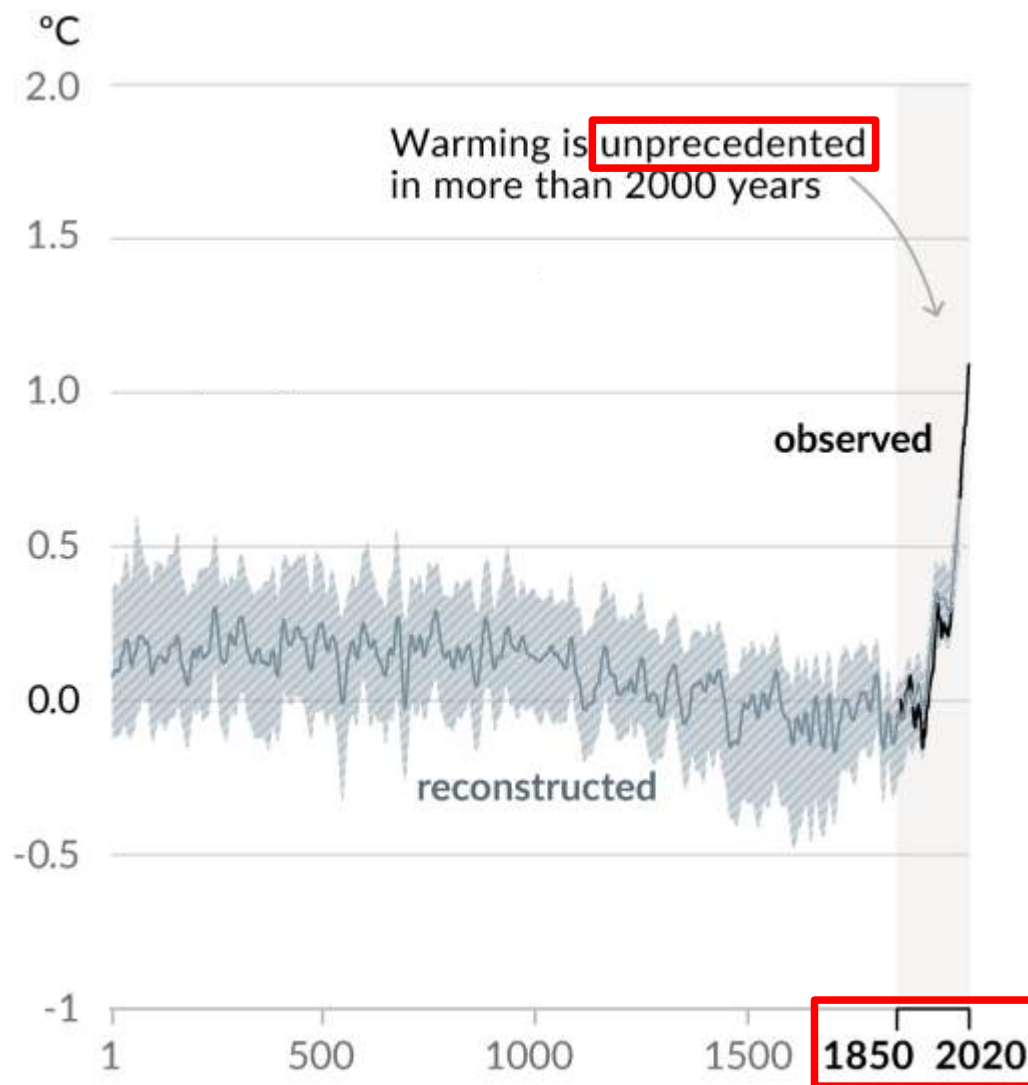
Contexte climatique | Quelques faits

Contexte climatique | Cela se réchauffe... rapidement !



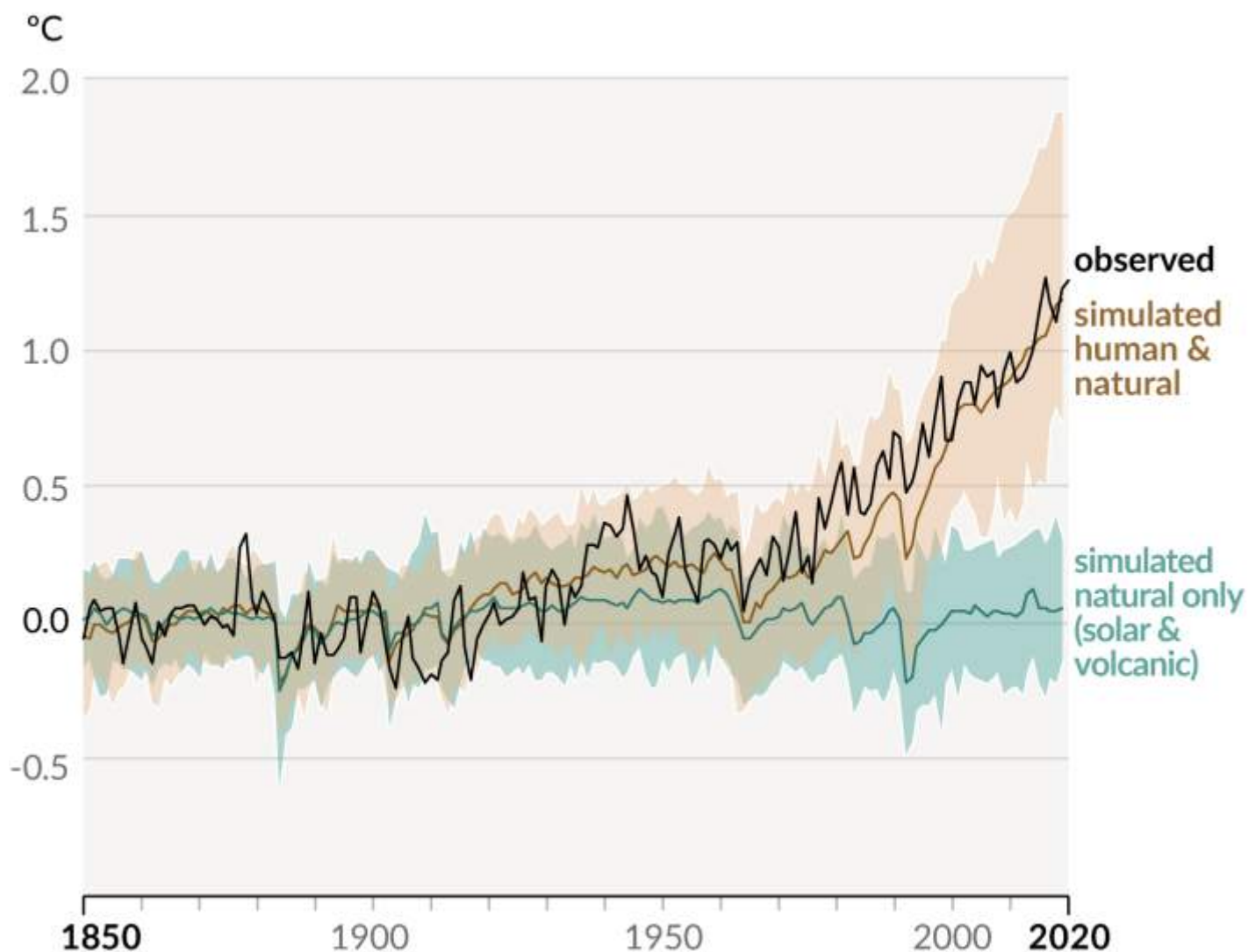
Source : GIEC 2021

Contexte climatique | Cela se réchauffe... rapidement !



Source : GIEC 2021

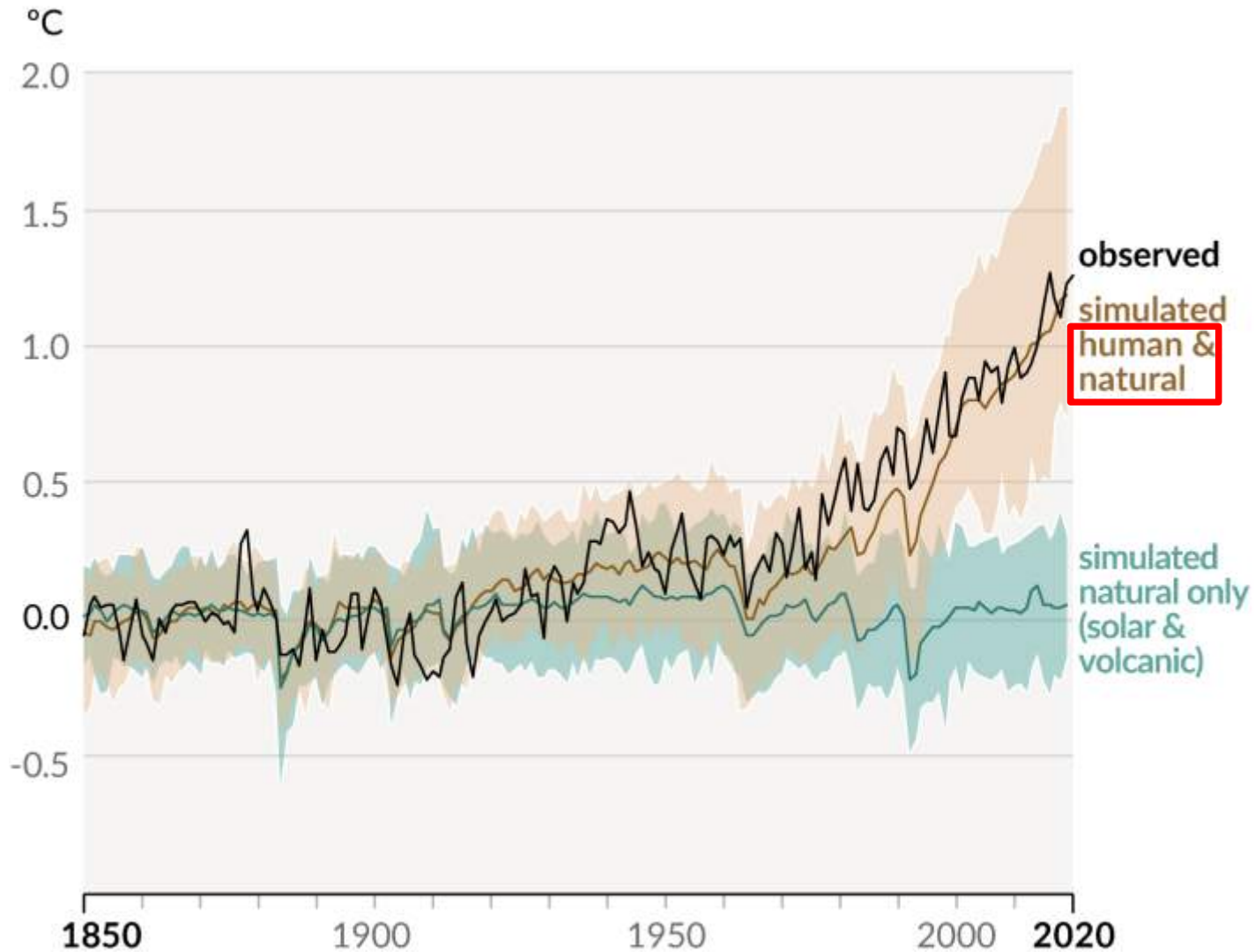
Contexte climatique | C'est anthropique !



Source : GIEC 2021

Traînée de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

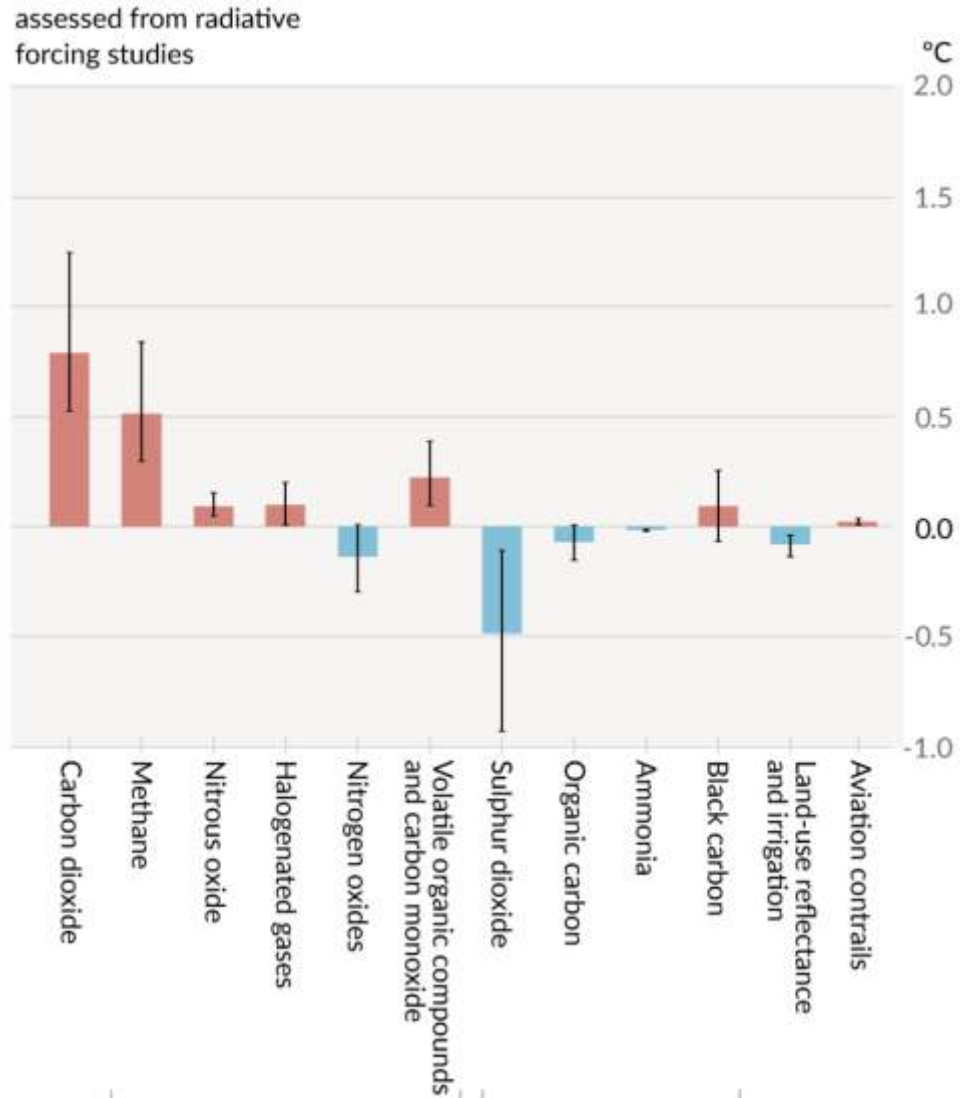
Contexte climatique | C'est anthropique !



Source : GIEC 2021

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

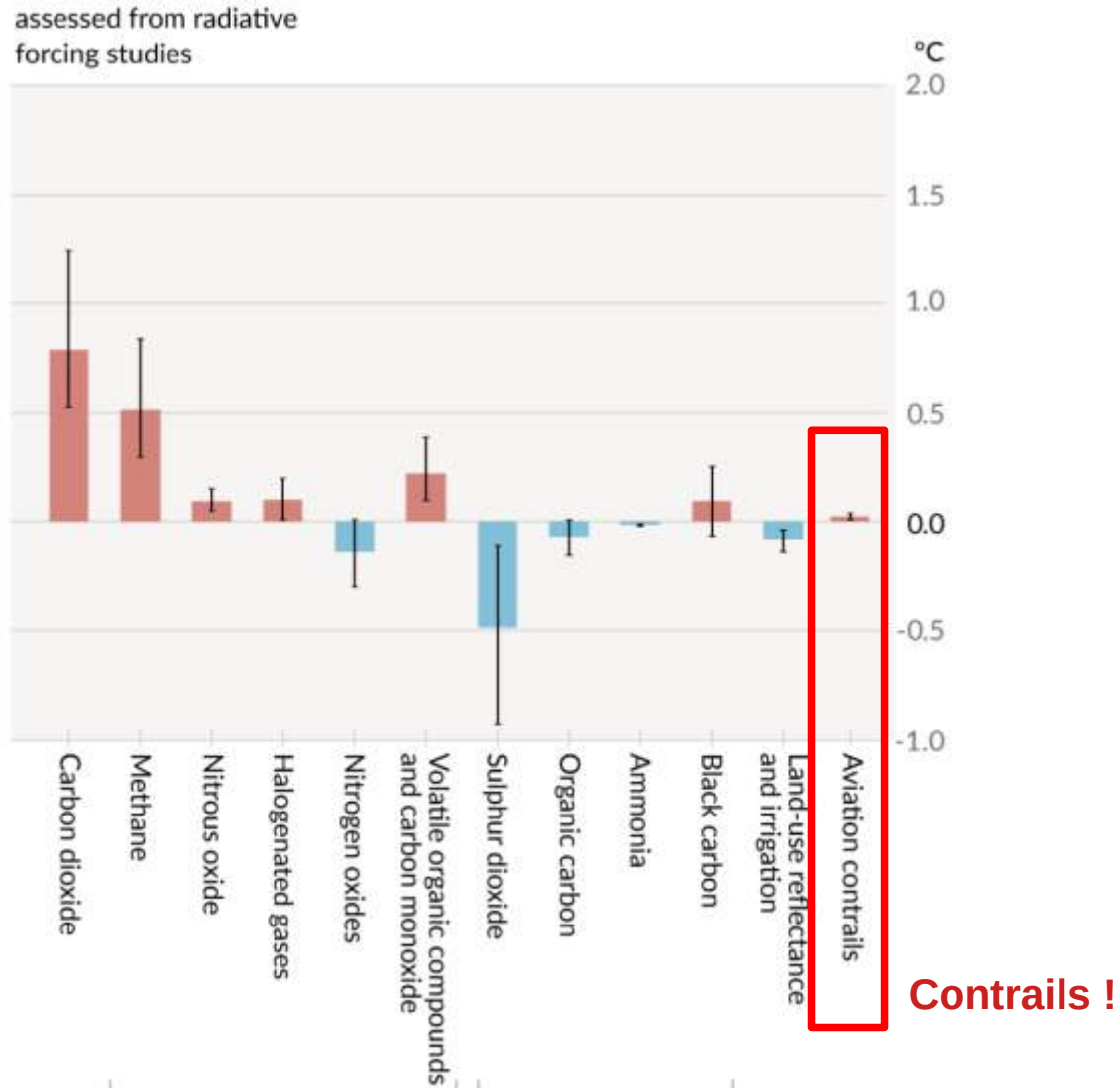
Contexte climatique | Ce n'est pas une fatalité !



Source : GIEC 2021

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contexte climatique | Ce n'est pas une fatalité !

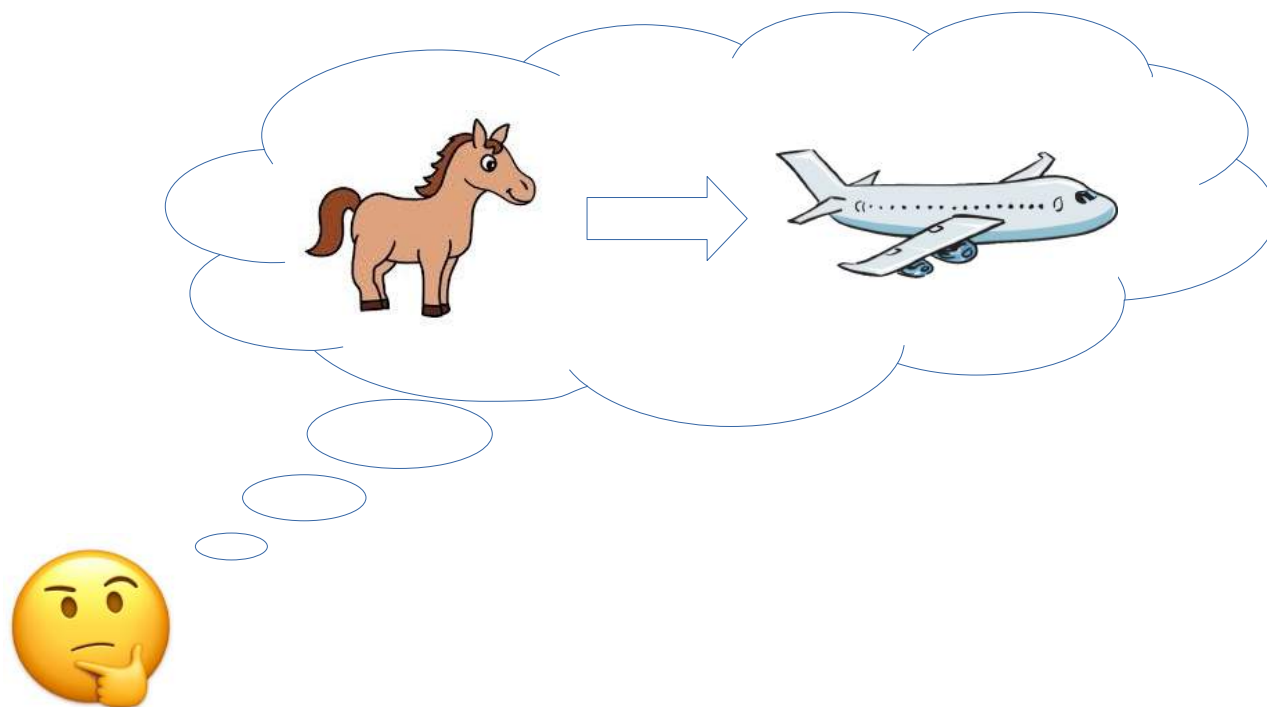


Source : GIEC 2021

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Comprendre le phénomène des contrails

Comprendre le phénomène des contrails



Contrails | Déclenchement



Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | Déclenchement

Atmosphère

Froide

Humide



Source : lecourrierdusud.ca

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | Déclenchement

Atmosphère

Froide

Humide

Sortie moteur

Chaude

Humide

Aérosols



Source : lecourrierdusud.ca

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | Déclenchement



Traînée de condensation persistante : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | Déclenchement



Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | Déclenchement



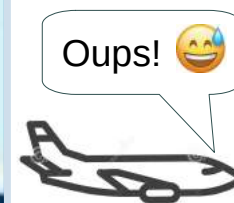
Contraails | La sursaturation, un équilibre instable



Source : pixabay.fr

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | La sursaturation, un équilibre instable



Source : pixabay.fr

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | Persistance



Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | Persistance



Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | Persistance



Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | Les différents types



Source : M. GARCIA 2021

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

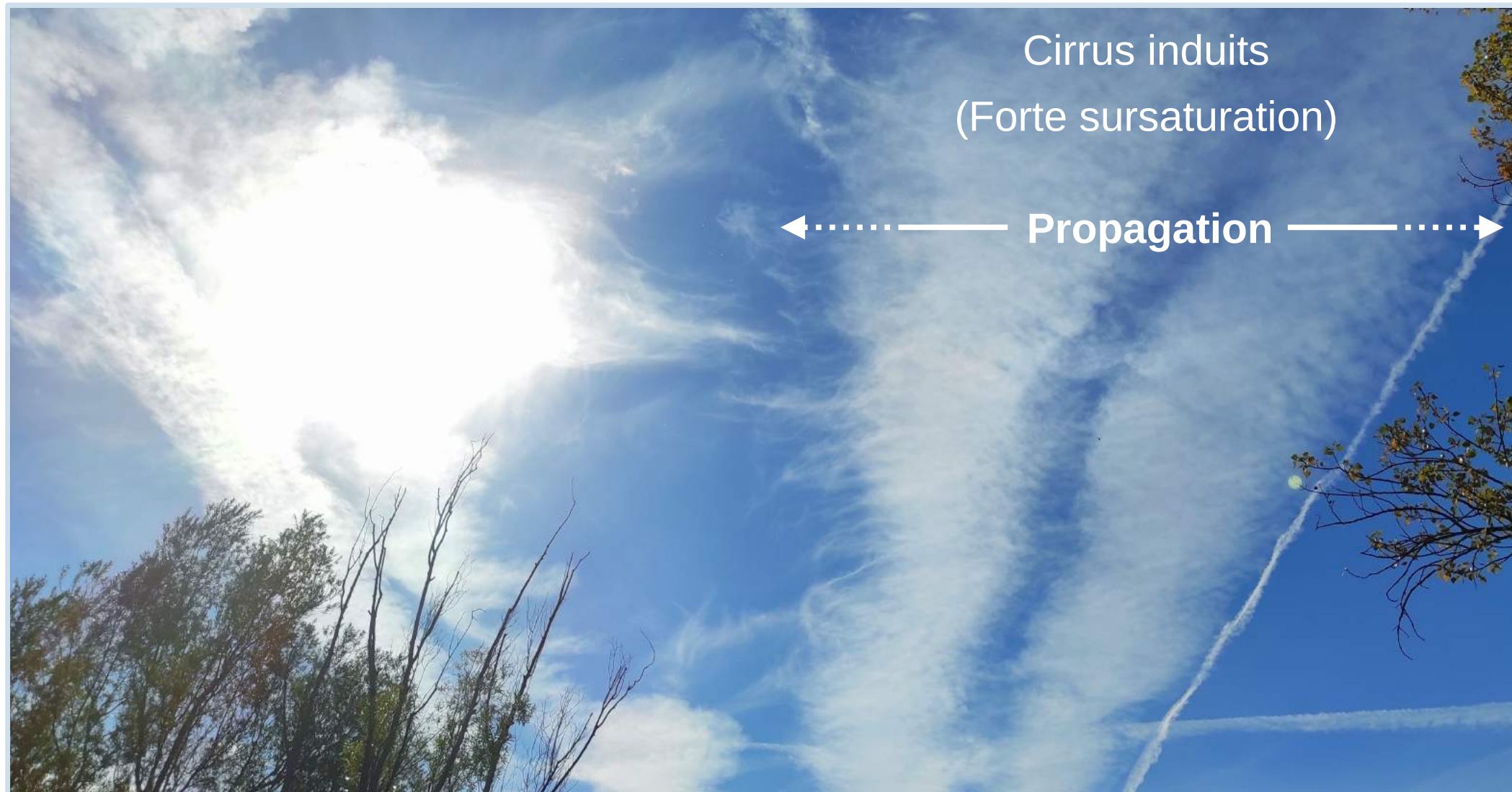
Contrails | Les différents types



Source : M. GARCIA 2021

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | Les différents types



Source : M. GARCIA 2021

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | L'impact climatique des cirrus induits



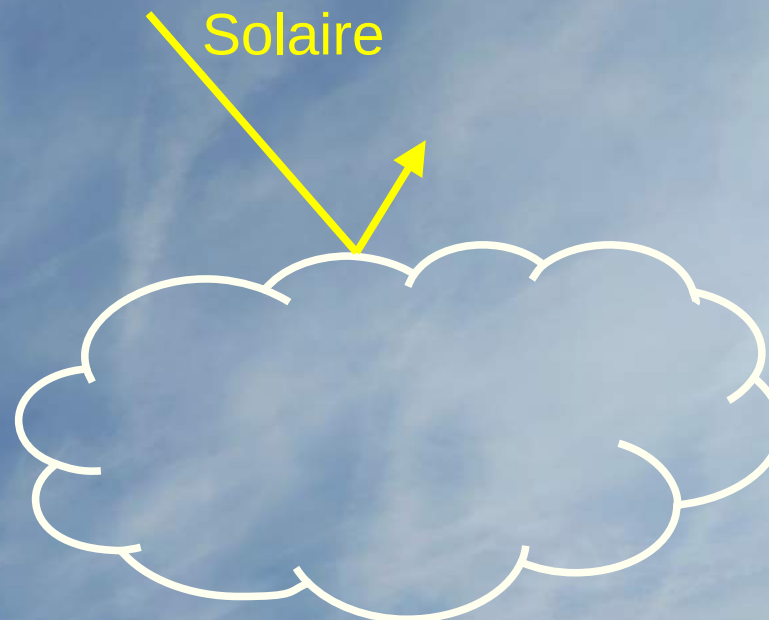
Source : M. GARCIA 2021

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Contrails | L'impact climatique des cirrus induits

Effet parasol

- Protège du rayonnement solaire
- Refroidit



Source : M. GARCIA 2021

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

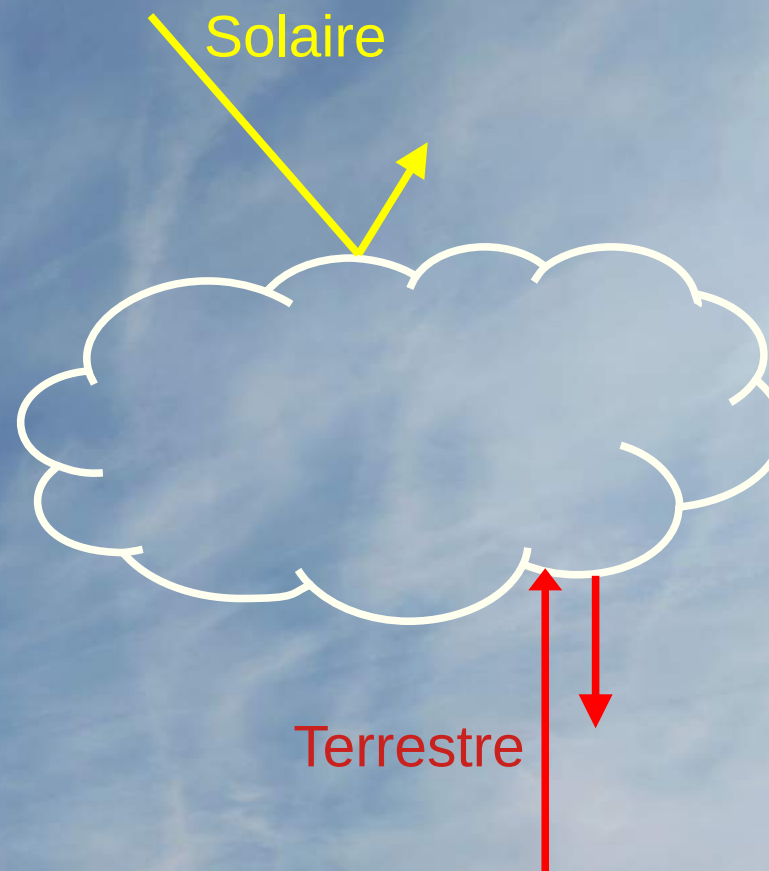
Contrails | L'impact climatique des cirrus induits

Effet parasol

- Protège du rayonnement solaire
- Refroidit

Effet de serre

- Accumule le rayonnement terrestre
- Réchauffe



Source : M. GARCIA 2021

Contrails | L'impact climatique des cirrus induits

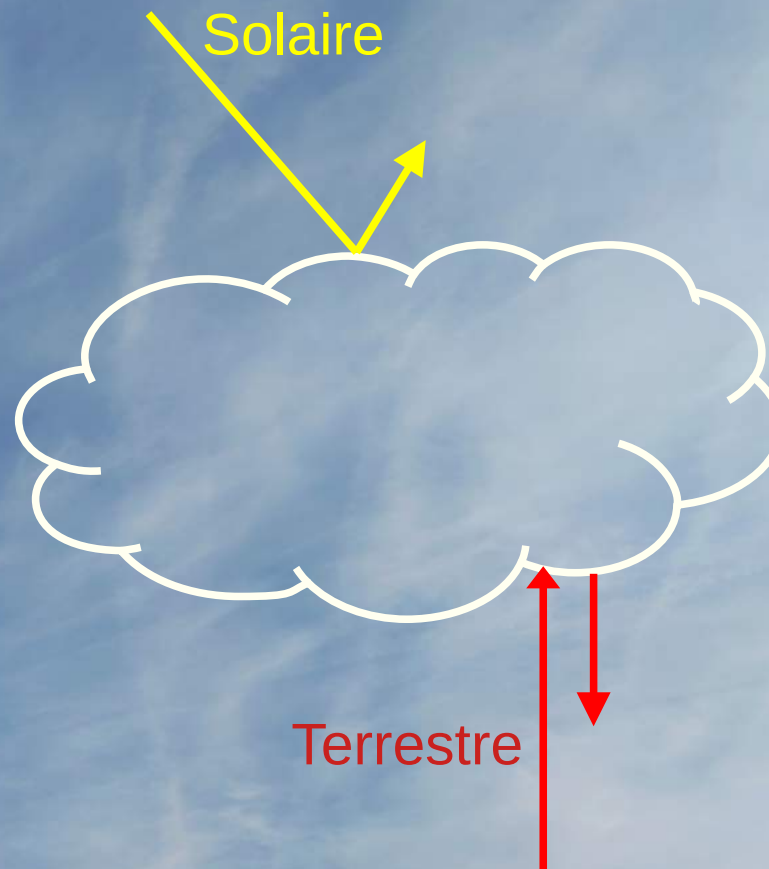
Effet parasol

- Protège du rayonnement solaire
- Refroidit

Effet de serre

- Accumule le rayonnement terrestre
- Réchauffe

Bilan global : Effet de serre prédominant



Pause...

**Avez-vous des
questions ?**

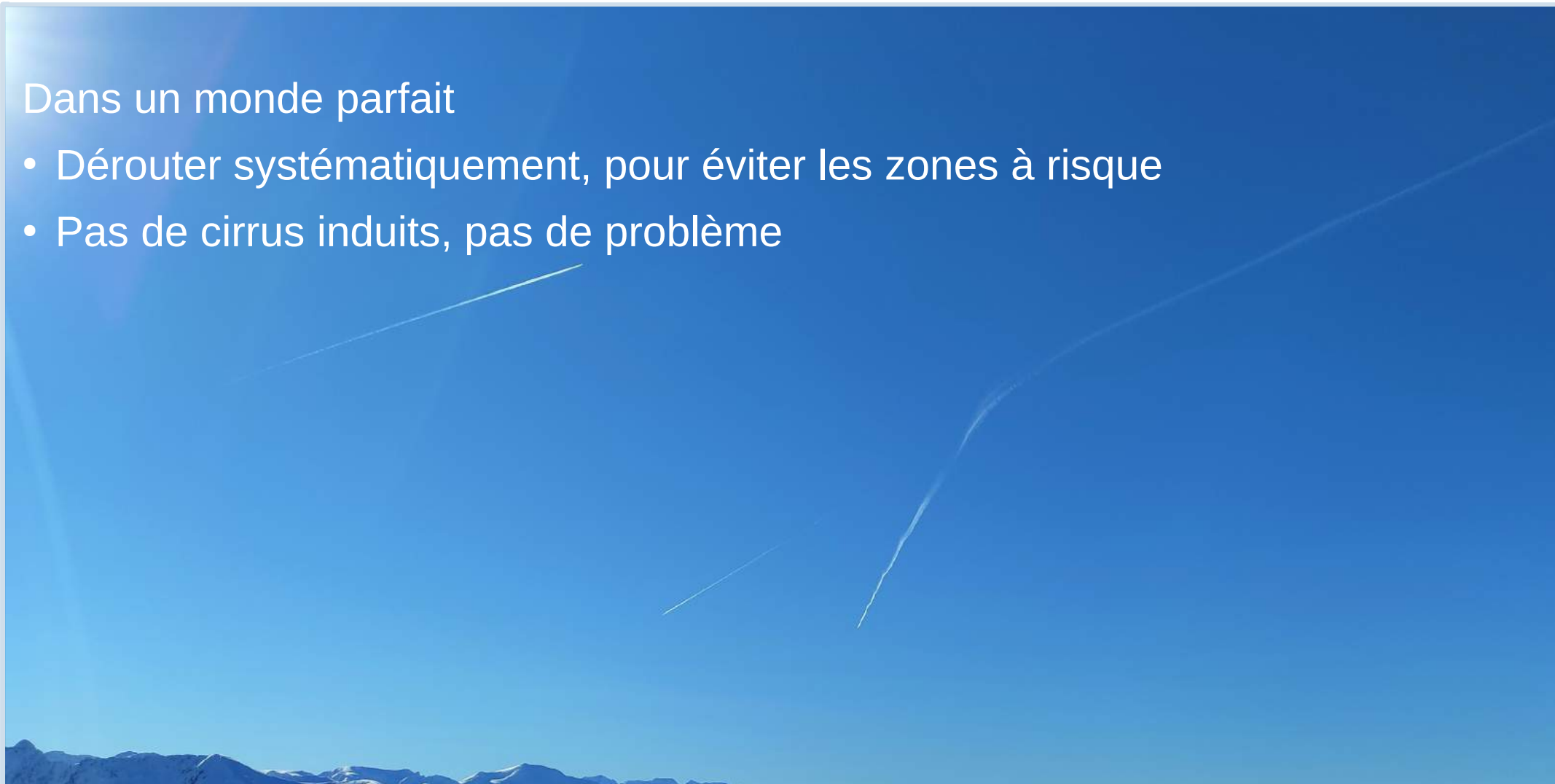


Une solution liée à la prévision : l'évitement

L'évitement | Efficace...

Dans un monde parfait

- Dérouter systématiquement, pour éviter les zones à risque
- Pas de cirrus induits, pas de problème



Source : M. GARCIA 2021

Traînée de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

L'évitement | Efficace...

Dans un monde parfait

- Dérouter systématiquement, pour éviter les zones à risque
- Pas de cirrus induits, pas de problème

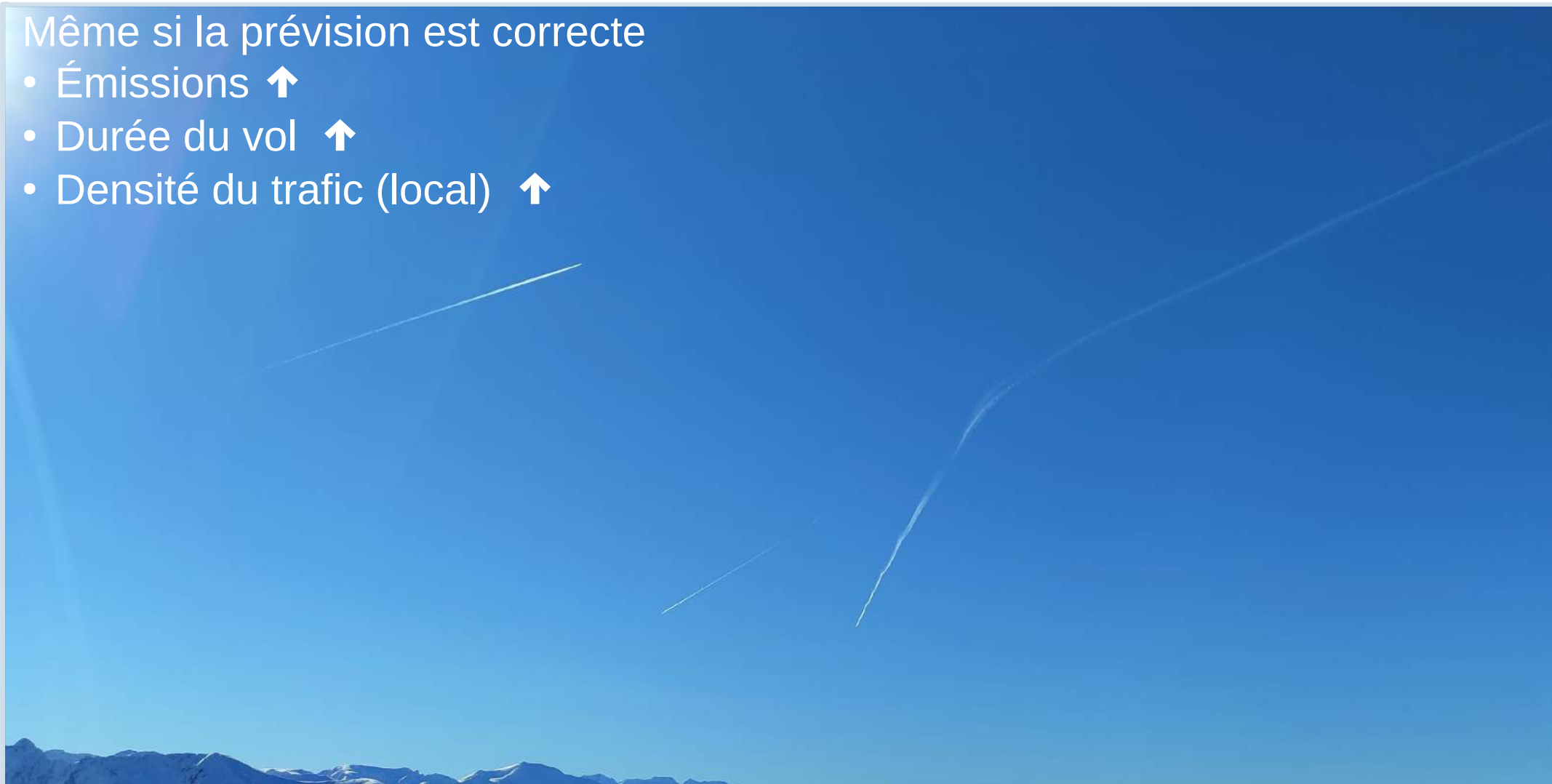
Dans le monde réel

- Dérouter les 2 % du trafic les plus critiques
- Réduire l'impact de 60 %

L'évitement | Efficace... mais risqué !

Même si la prévision est correcte

- Émissions ↑
- Durée du vol ↑
- Densité du trafic (local) ↑



Source : M. GARCIA 2021

Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

L'évitement | Efficace... mais risqué !

Même si la prévision est correcte

- Émissions ↑
- Durée du vol ↑
- Densité du trafic (local) ↑

Si la prévision est erronée, « malus »

- Reste dans une zone à risque 😞
- Rentre dans une zone à risque 😵

L'évitement | Efficace... mais risqué !

Même si la prévision est correcte

- Émissions ↑
- Durée du vol ↑
- Densité du trafic (local) ↑

Si la prévision est erronée, « malus »

- Reste dans une zone à risque 😞
- Rentre dans une zone à risque 😵

Conclusion : Une prévision fiable est impérative

Prévision des contrails à Météo France

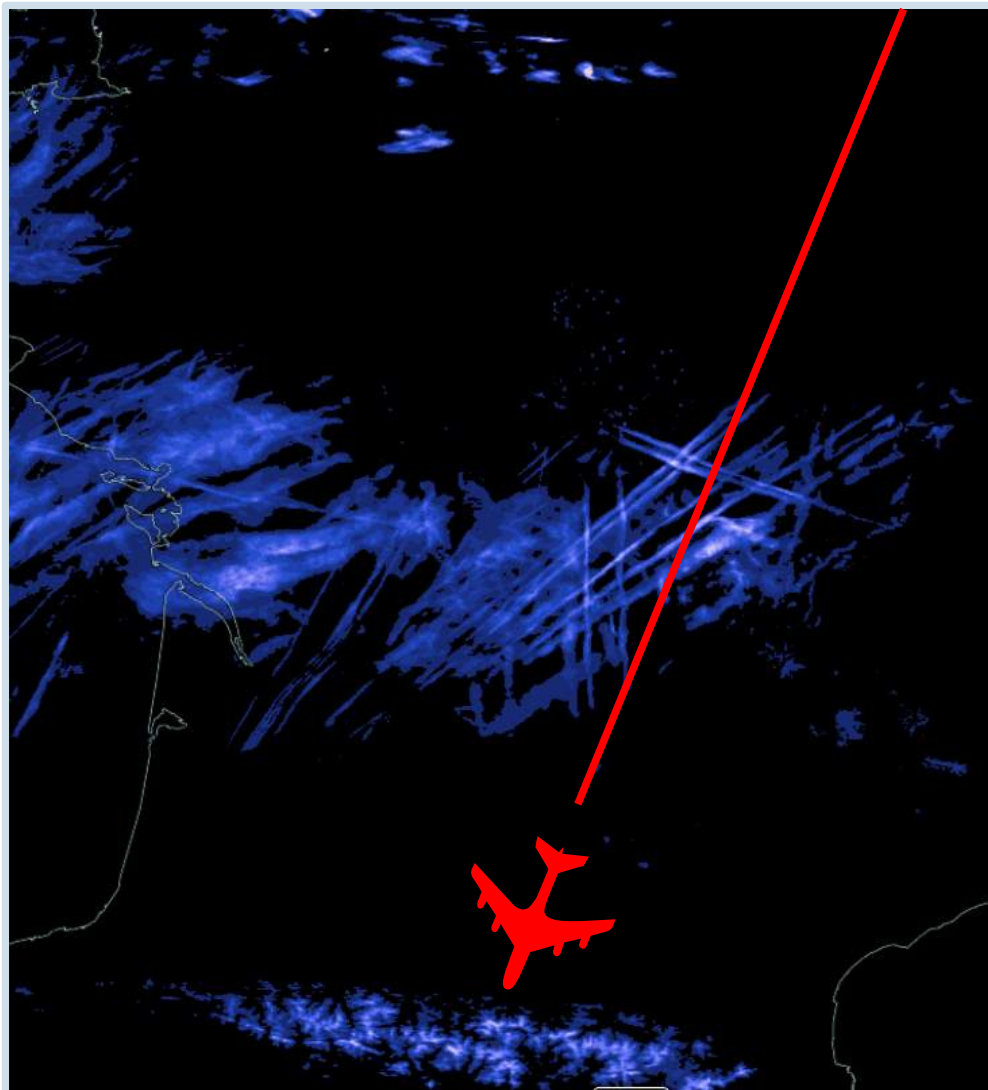
Prévision | Étude de cas



Source : NASA 2022

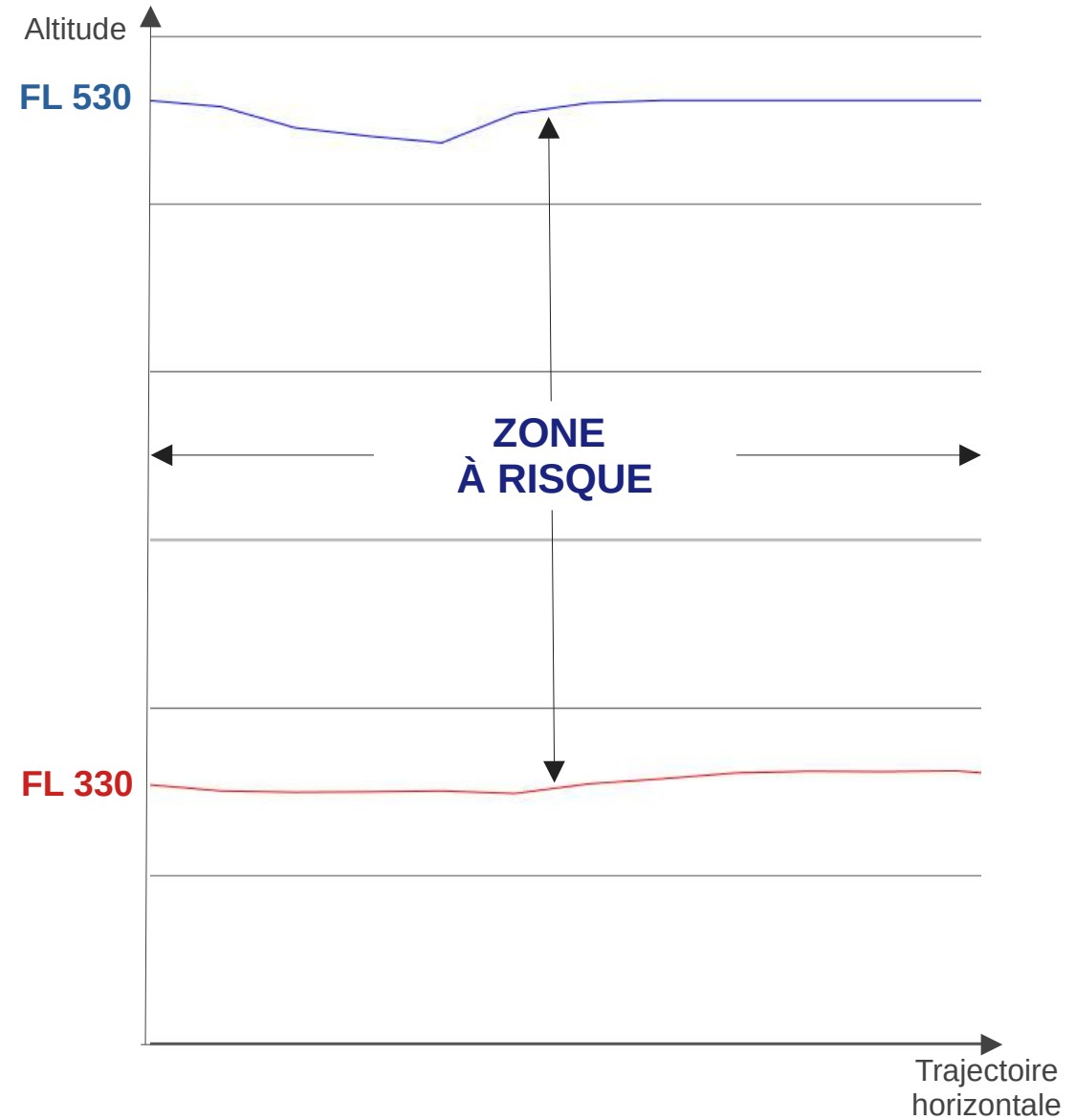
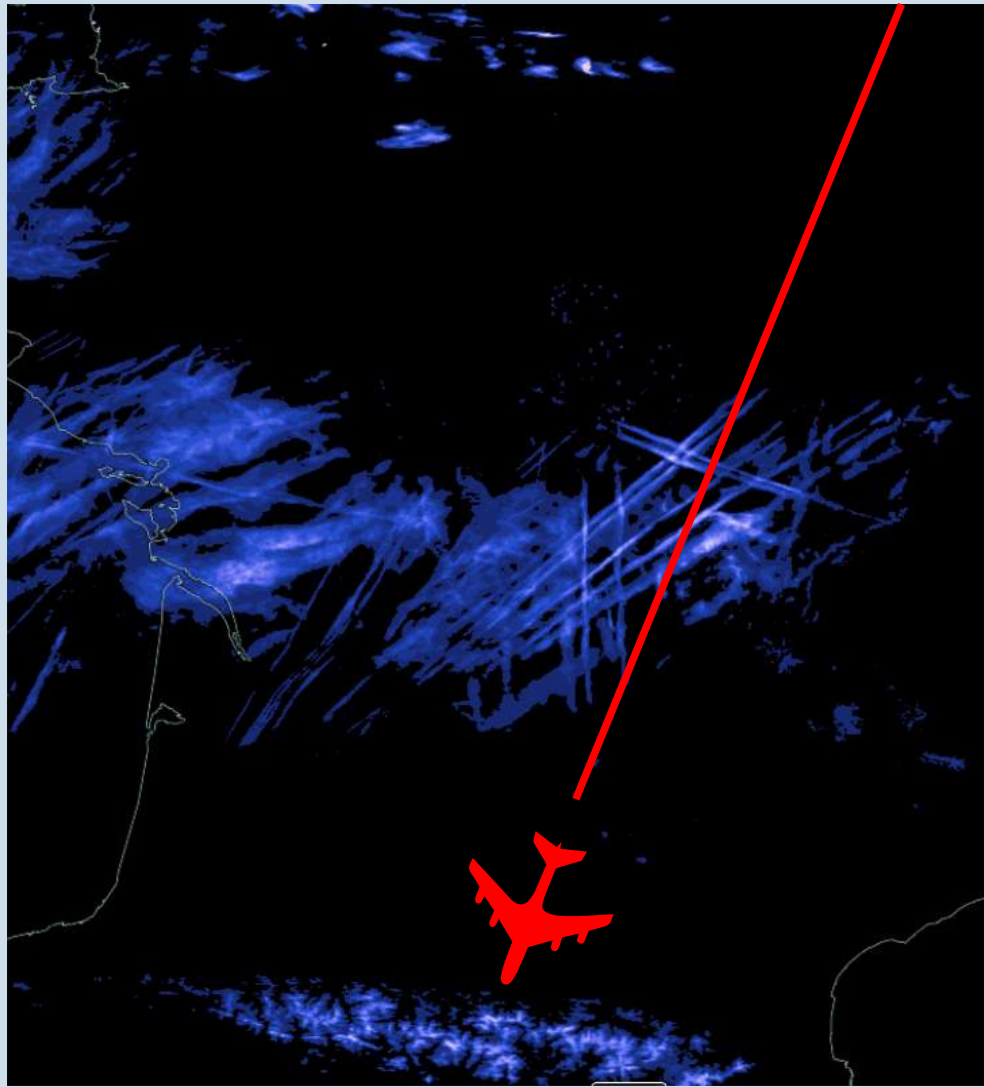
Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Prévision | Étude de cas



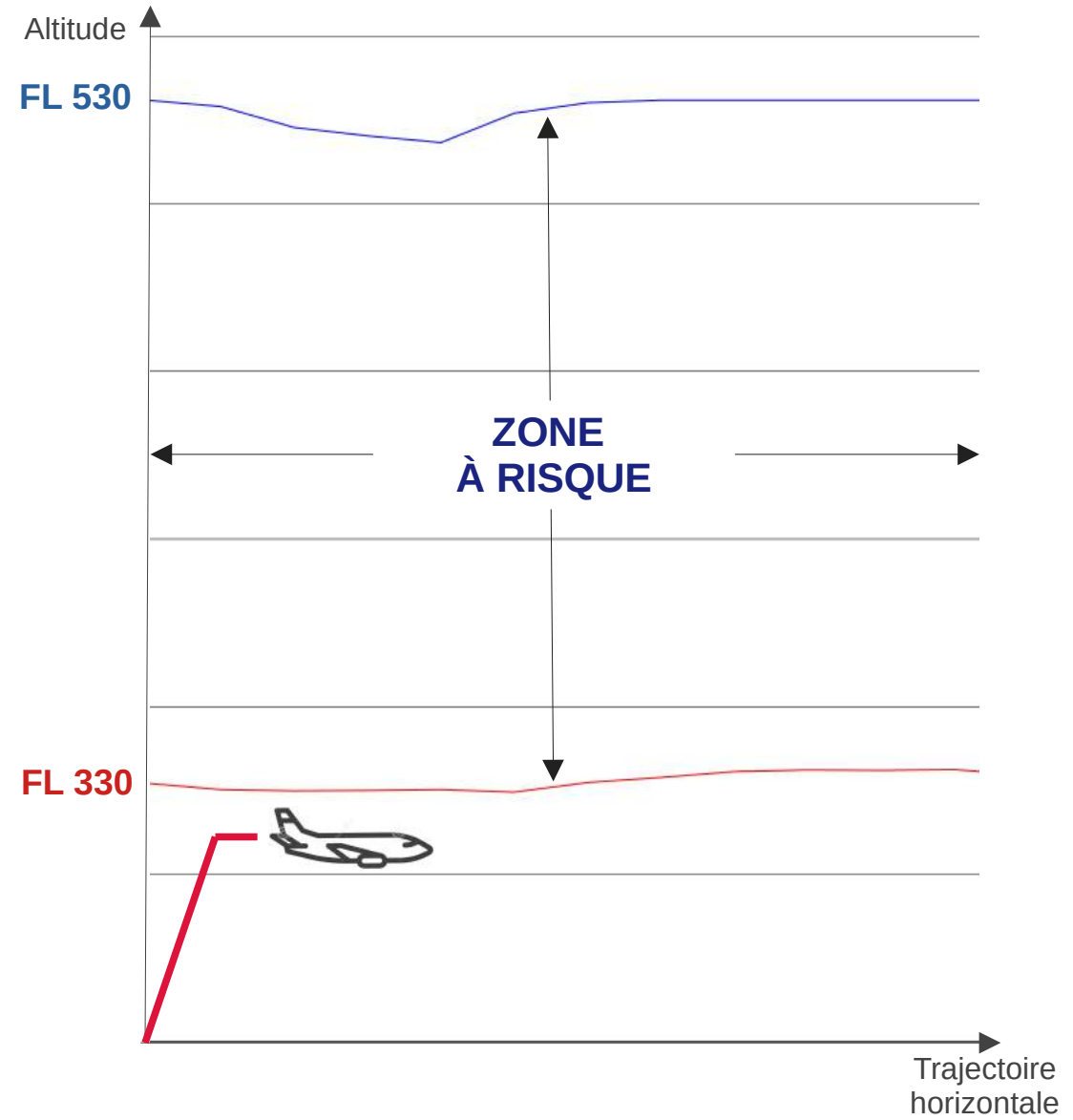
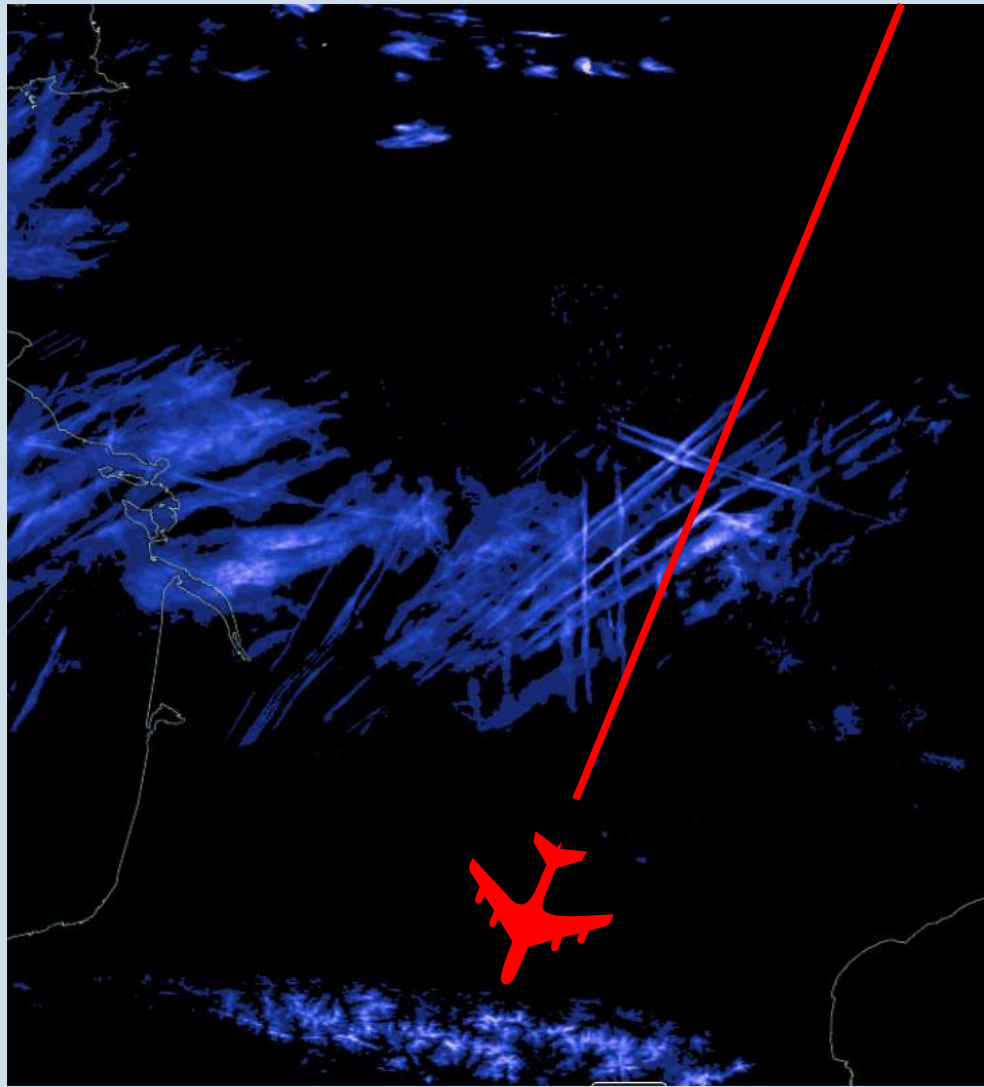
Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Prévision | Modèle actuel



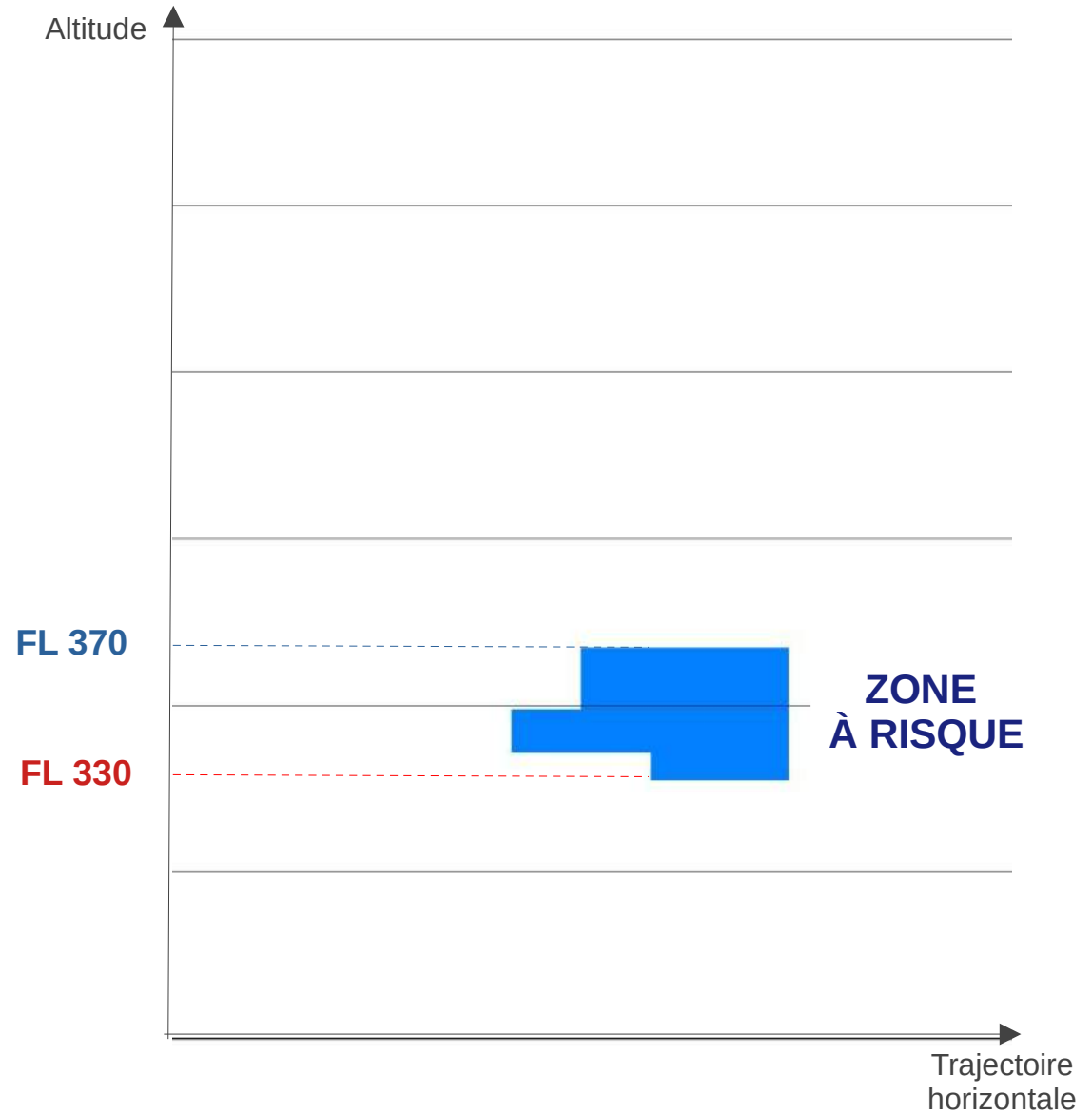
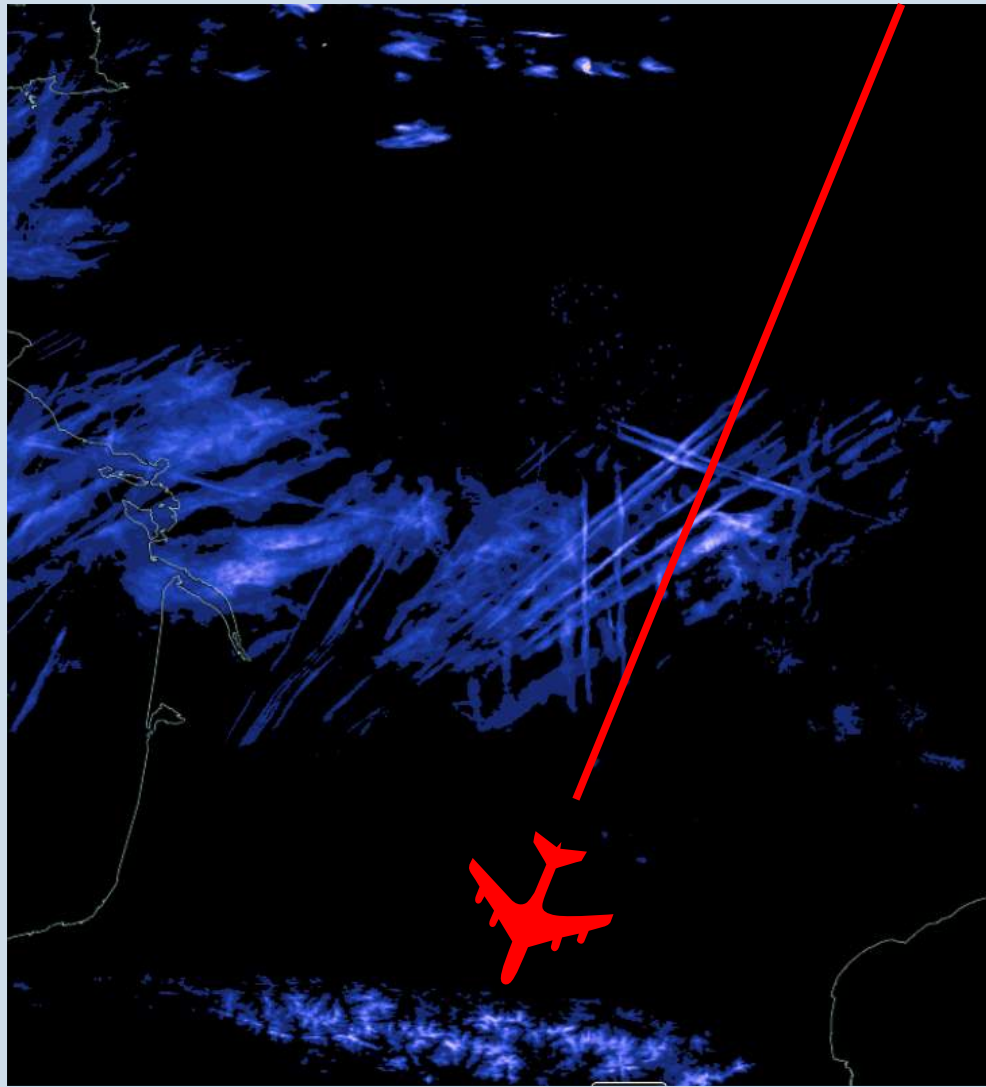
Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Prévision | Modèle actuel



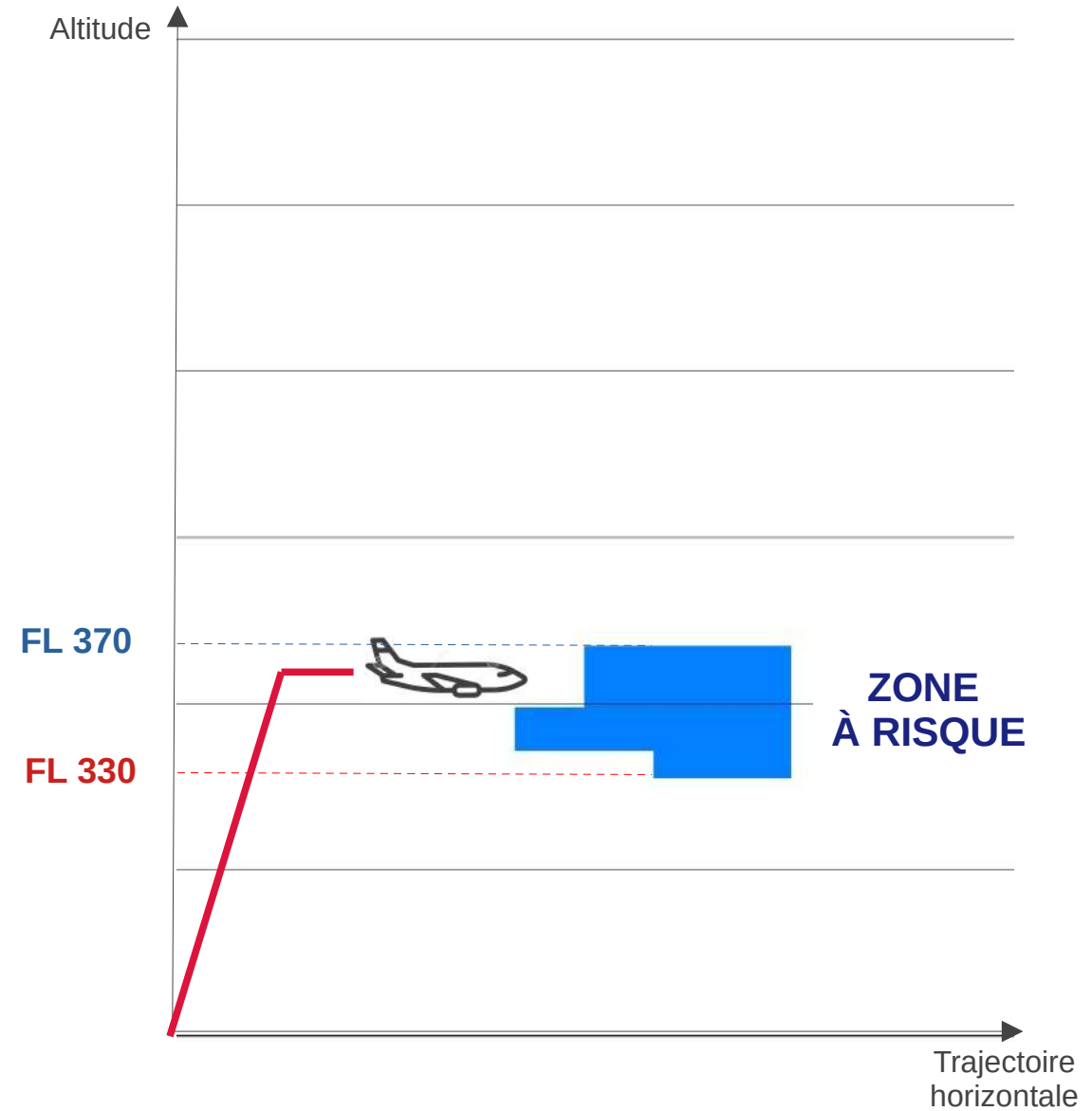
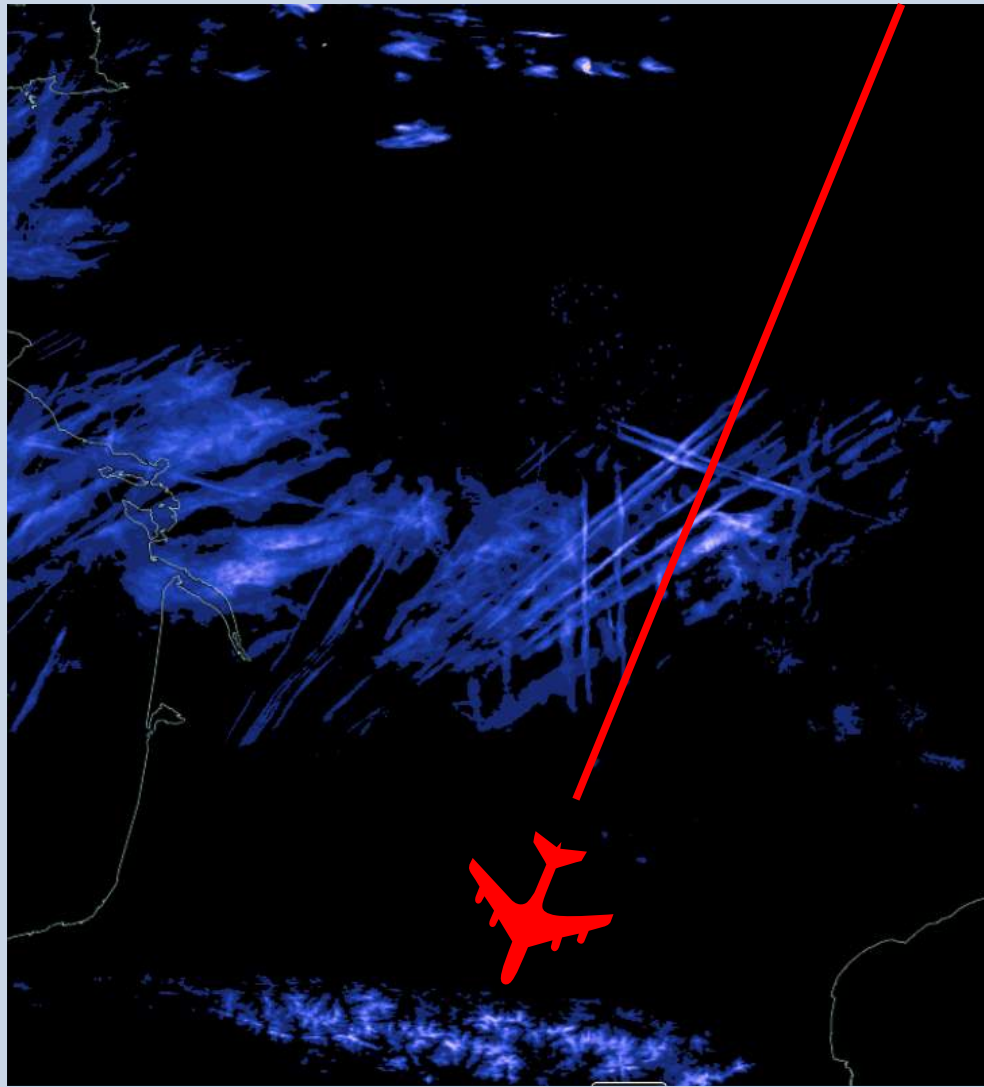
Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Prévision | Modèle développé



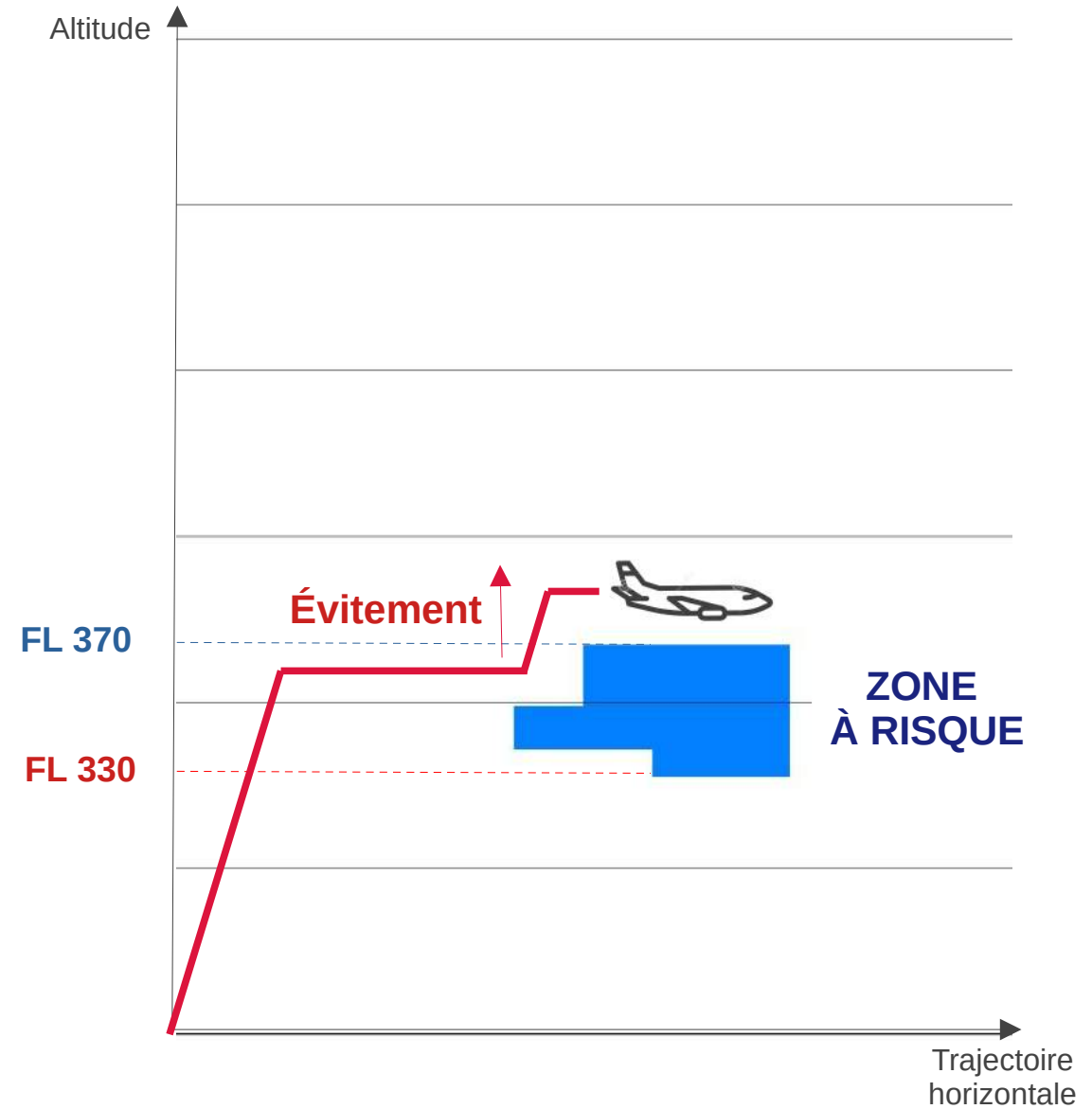
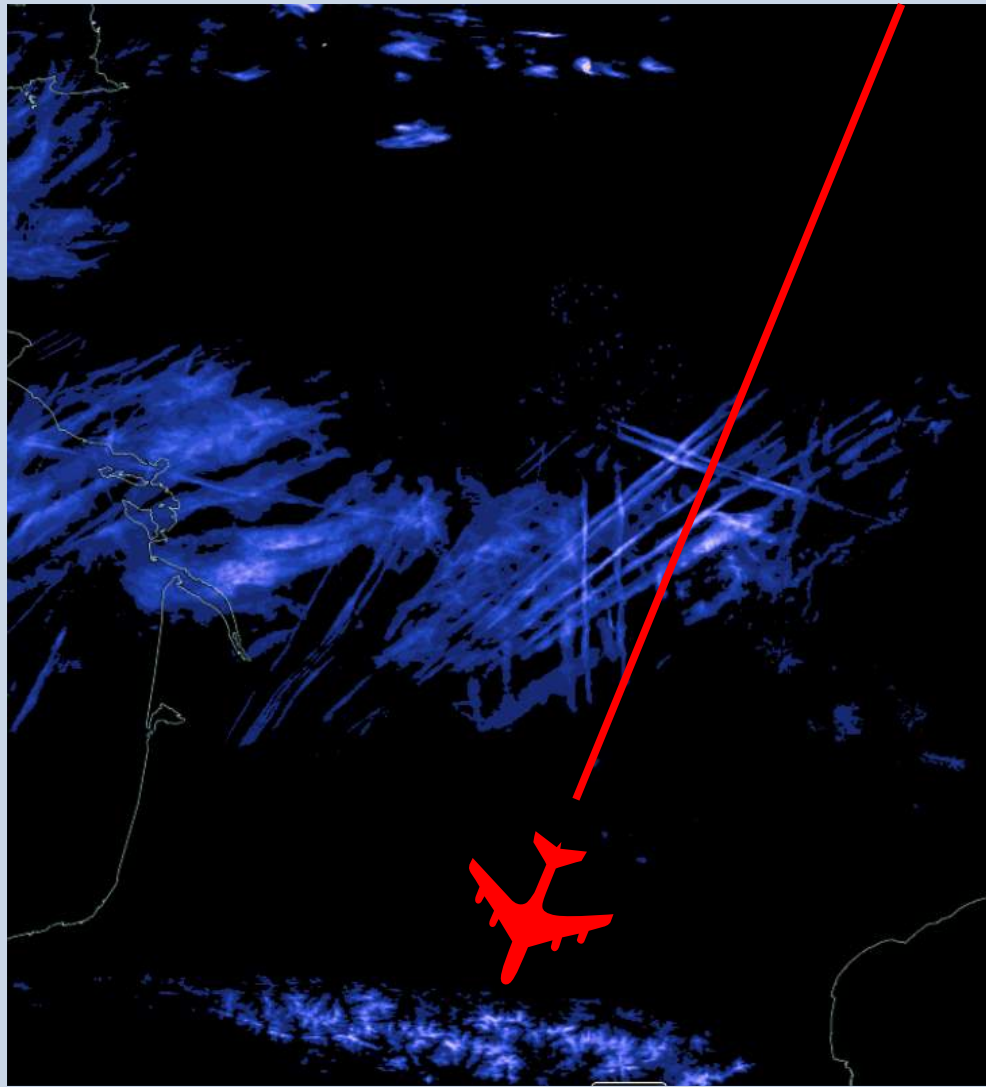
Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Prévision | Modèle développé



Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Prévision | Modèle développé



Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Prévision | Modèle développé

Dédié à la thématique climatique

- Contrails persistantes uniquement
- Modèle avec sursaturation (Centre Européen)

Prévision | Modèle développé

Dédié à la thématique climatique

- Contrails persistantes uniquement
- Modèle avec sursaturation (Centre Européen)

Résolution

- Temporelle : Horaire H+24 / Tri-horaire H+36
- Horizontale : 0.5°
- Verticale : 10 FL

Prévision | Modèle développé

Dédié à la thématique climatique

- Contrails persistantes uniquement
- Modèle avec sursaturation (Centre Européen)

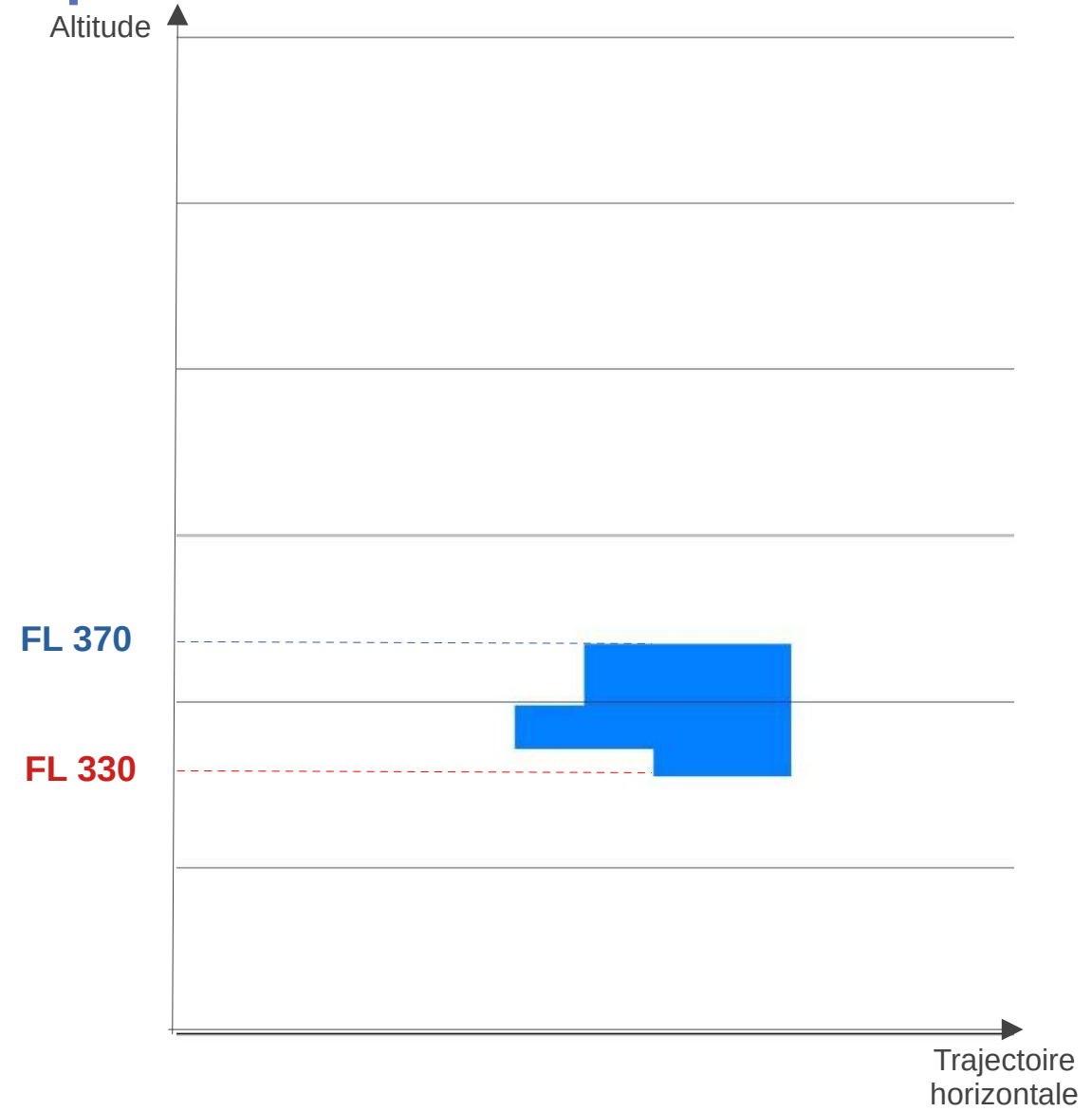
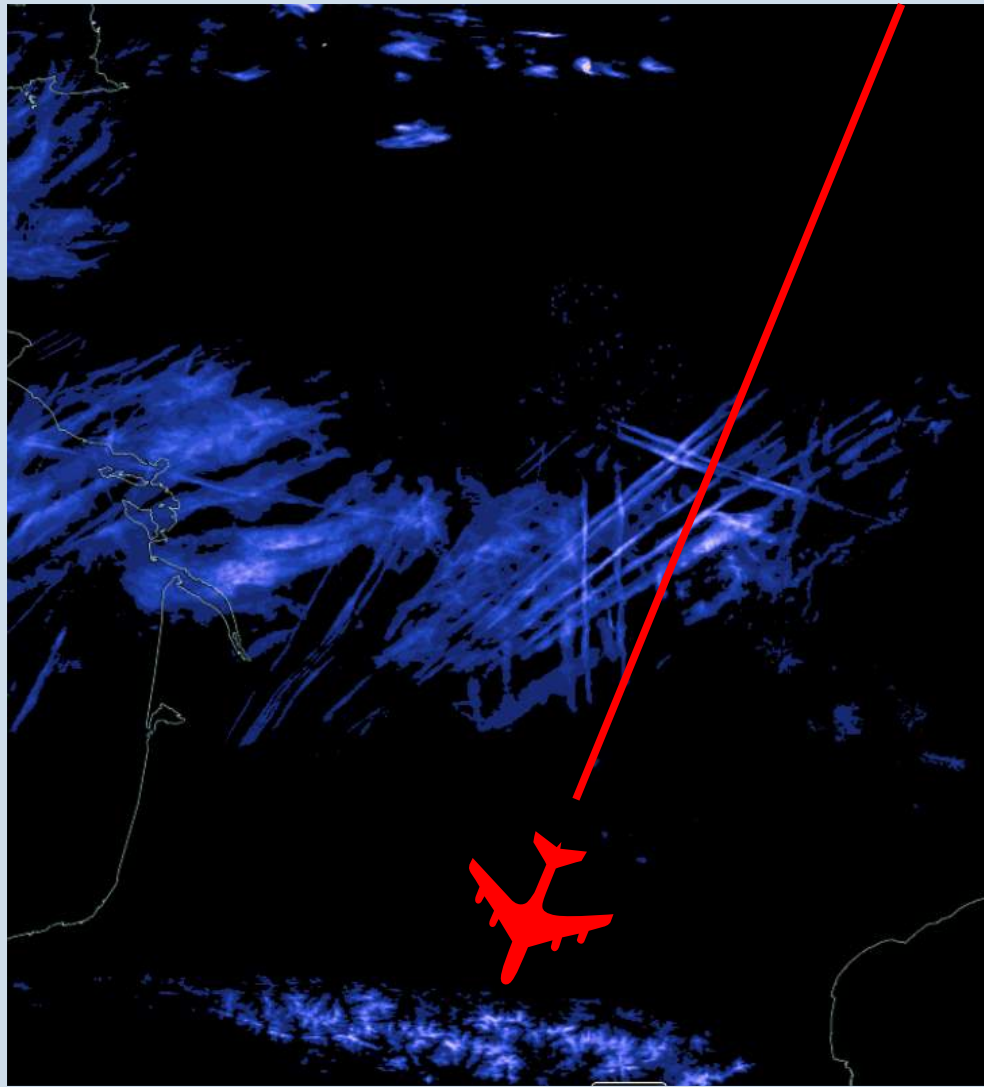
Résolution

- Temporelle : Horaire H+24 / Tri-horaire H+36
- Horizontale : 0.5°
- Verticale : 10 FL

Avancement :

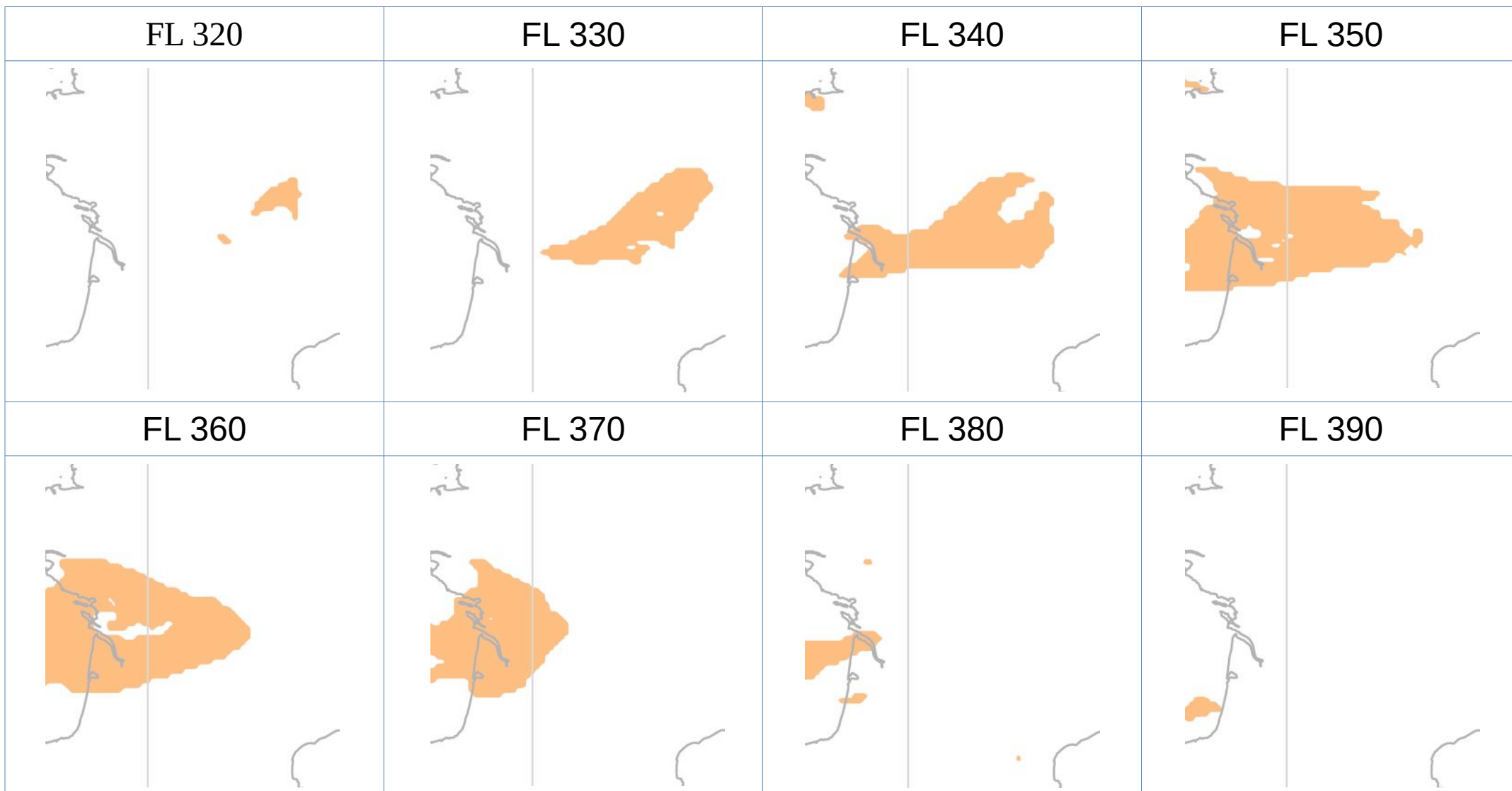
- Version 1.0 en base de données opérationnelle
- 4 mises à jour quotidiennes
- Mise à disposition extranets : été 2022

Prévision | Modèle développé – coupe verticale



Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

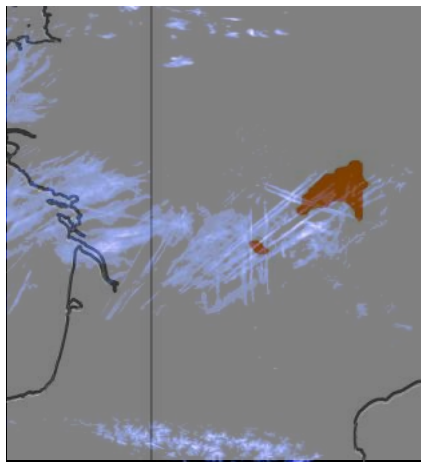
Prévision | Modèle développé – coupe horizontale



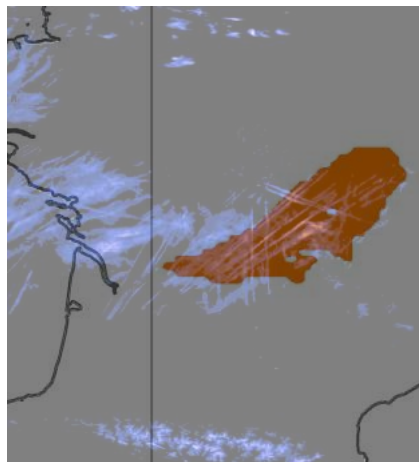
Trâînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Prévision | Modèle développé – coupe horizontale

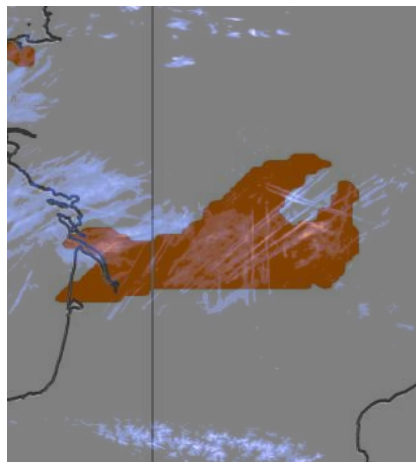
FL 320



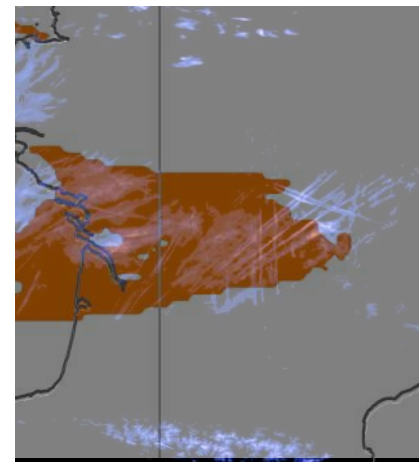
FL 330



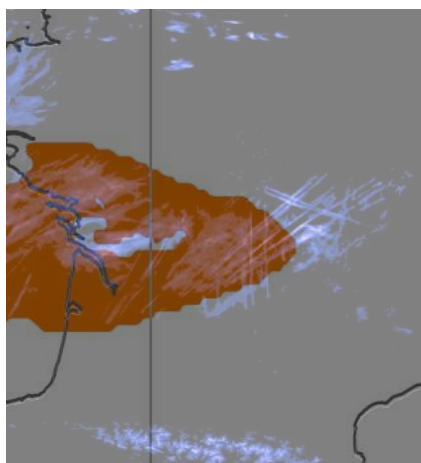
FL 340



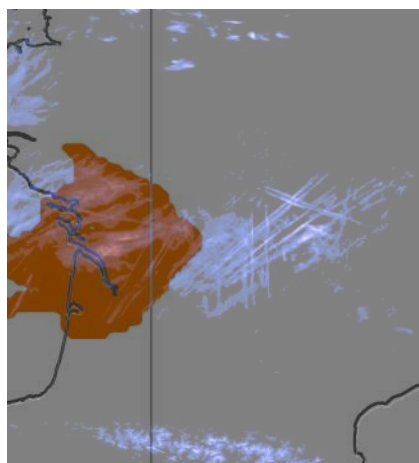
FL 350



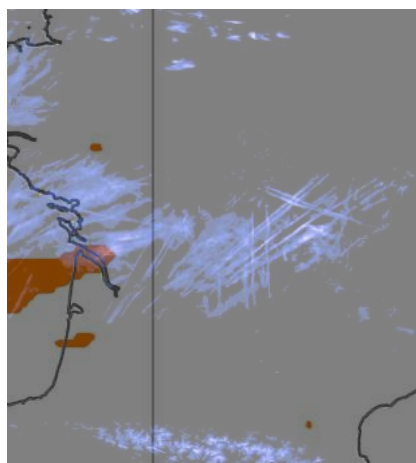
FL 360



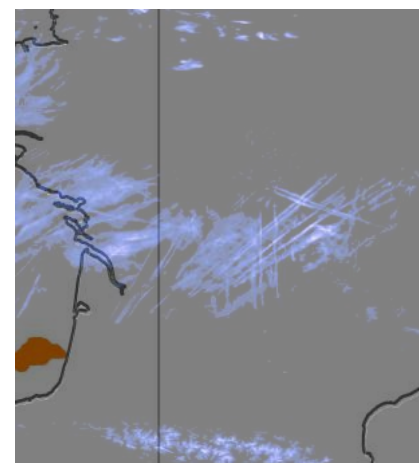
FL 370



FL 380



FL 390



Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Méthodes d'observations des contrails

Observation | Satellite multi-canaux



Source : NASA 2022

Traînée de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

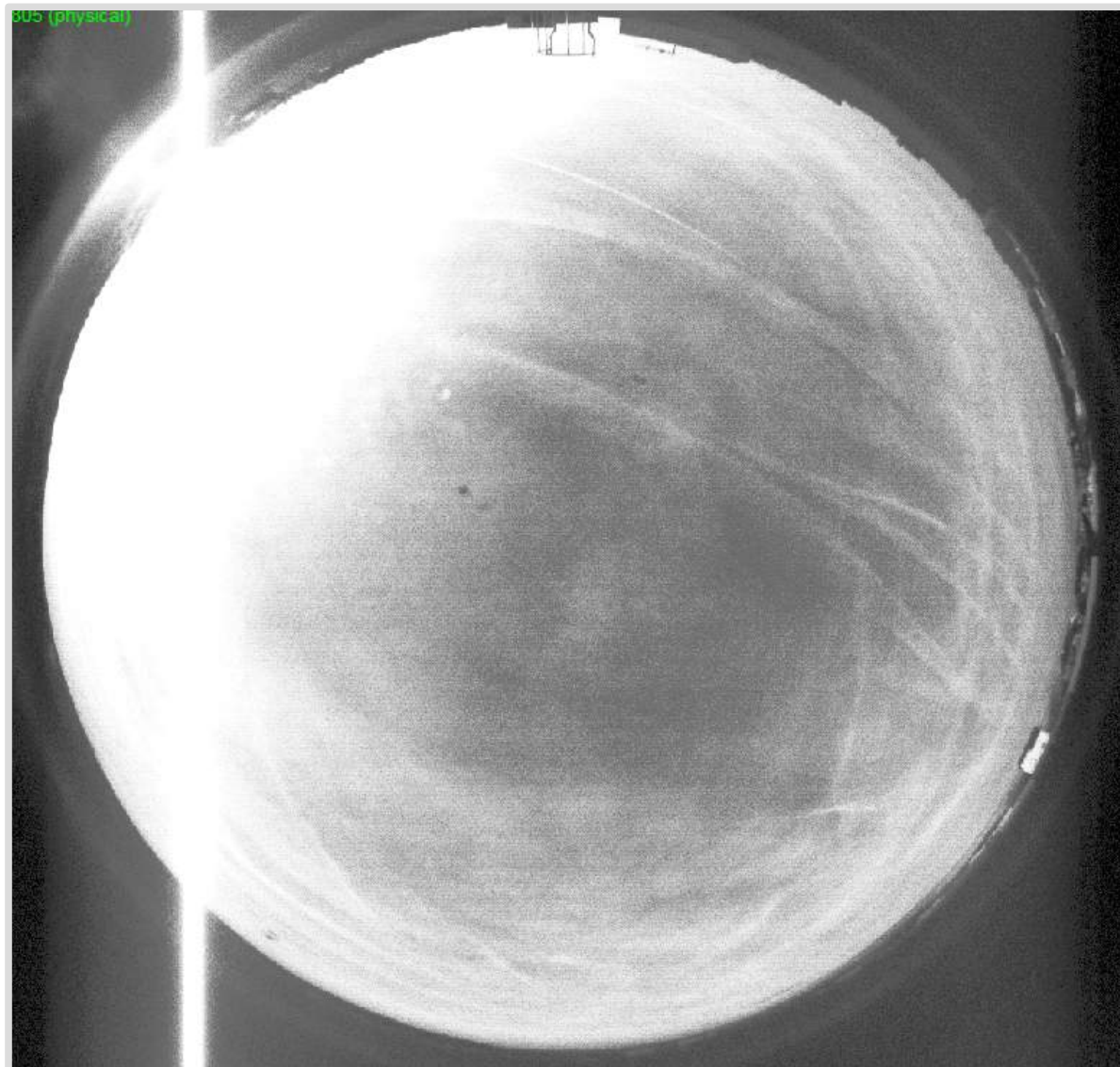
Observation | En vol



Source : L. Péchaud 2022

Traînée de condensation persistante : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Observation | Au sol



Source : FRIPON 2022

Trâînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Et ensuite ?

Perspectives d'amélioration

Théorie

- Paramétrisation affinée

Perspectives d'amélioration

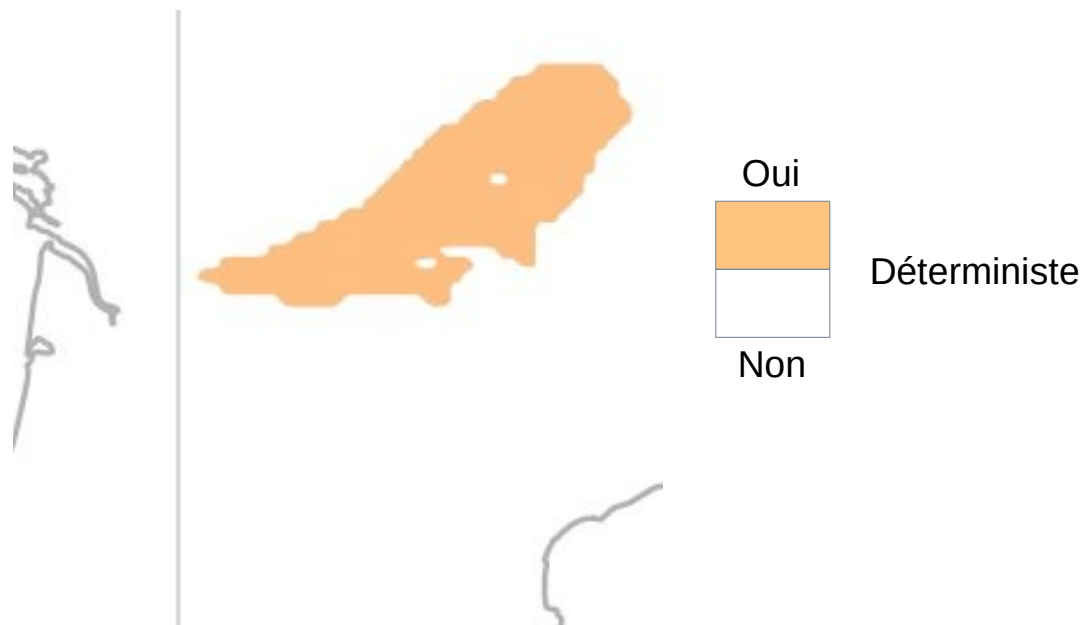
Théorie

- Paramétrisation affinée
- Quantification de l'incertitude (Prévision d'ensemble)

Perspectives d'amélioration

Théorie

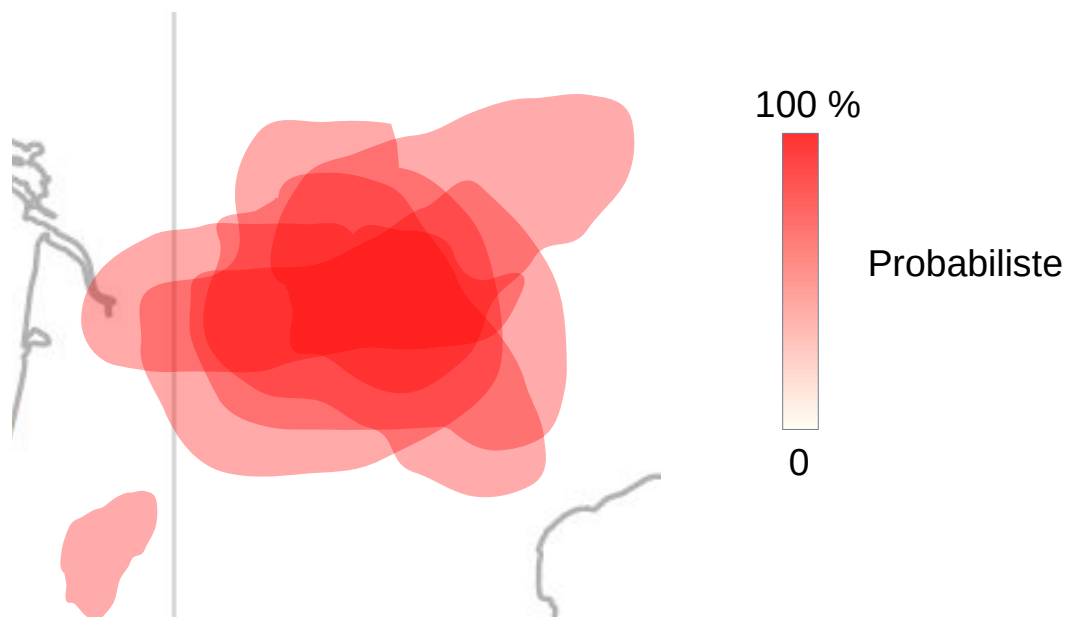
- Paramétrisation affinée
- Quantification de l'incertitude (Prévision d'ensemble)



Perspectives d'amélioration

Théorie

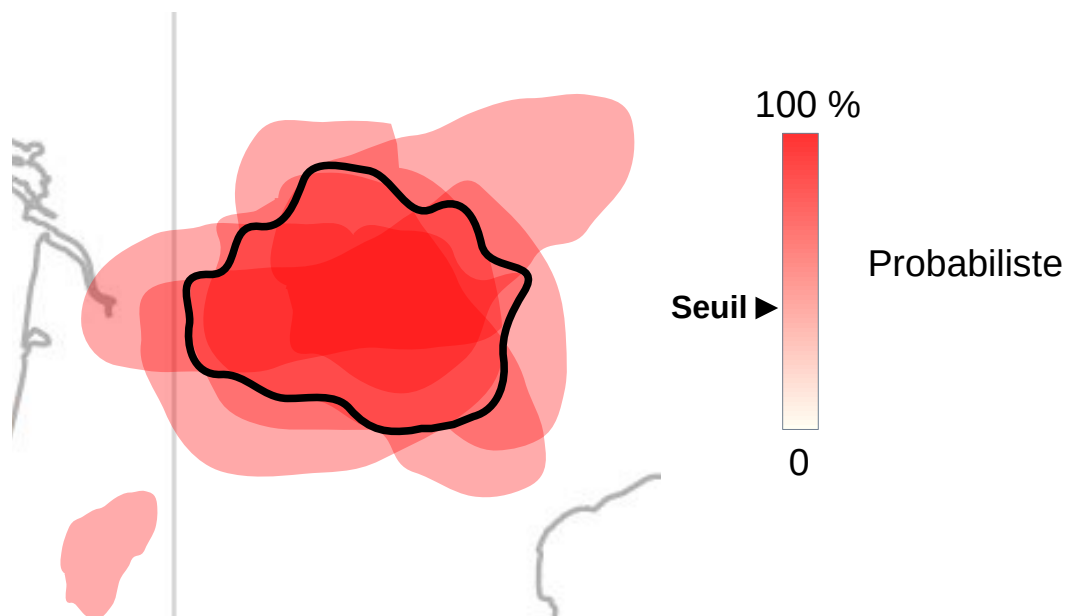
- Paramétrisation affinée
- Quantification de l'incertitude (Prévision d'ensemble)



Perspectives d'amélioration

Théorie

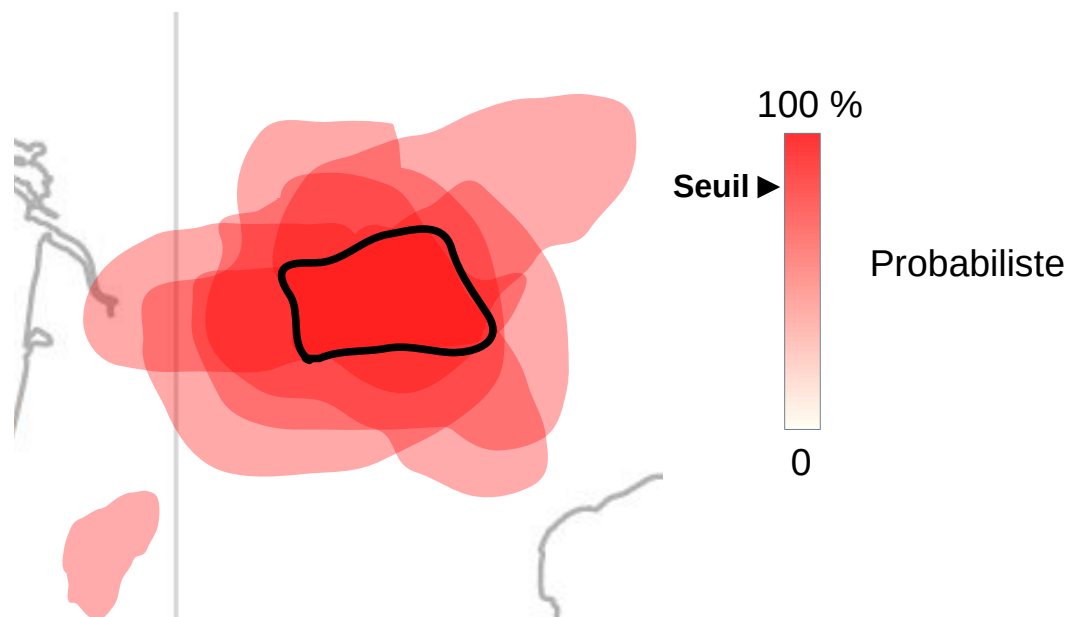
- Paramétrisation affinée
- Quantification de l'incertitude (Prévision d'ensemble)



Perspectives d'amélioration

Théorie

- Paramétrisation affinée
- Quantification de l'incertitude (Prévision d'ensemble)



Perspectives d'amélioration

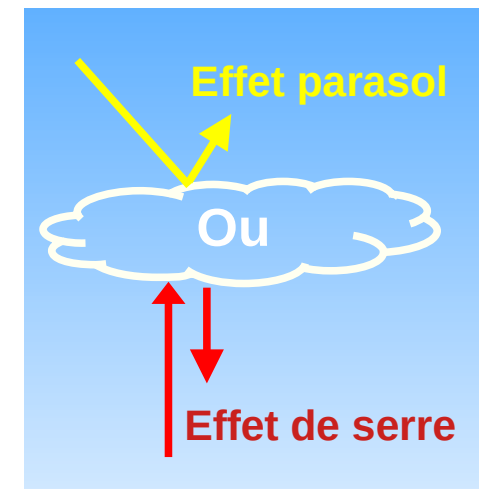
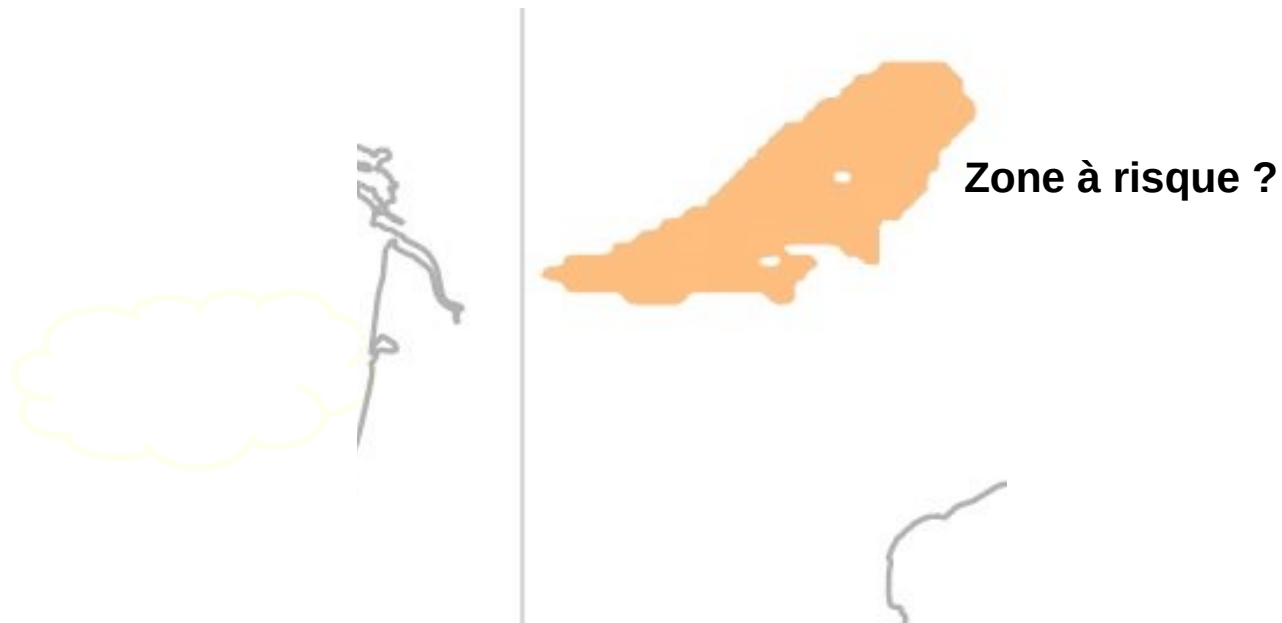
Théorie

- Paramétrisation affinée
- Quantification de l'incertitude (Prévision d'ensemble)
- Quantification de l'impact climatique (CNRM/CERFACS)

Perspectives d'amélioration

Théorie

- Paramétrisation affinée
- Quantification de l'incertitude (Prévision d'ensemble)
- Quantification de l'impact climatique (CNRM/CERFACS)



Perspectives d'amélioration

Théorie

- Paramétrisation affinée
- Quantification de l'incertitude (Prévision d'ensemble)
- Quantification de l'impact climatique (CNRM/CERFACS)



Théorie

- Paramétrisation affinée
- Quantification de l'incertitude (Prévision d'ensemble)
- Quantification de l'impact climatique (CNRM/CERFACS)



Perspectives d'amélioration

Théorie

- Paramétrisation affinée
- Quantification de l'incertitude (Prévision d'ensemble)
- Quantification de l'impact climatique (CNRM/CERFACS)

Observation

- Automatisation de la détection
- Standardisation des procédures
- Base de donnée de référence

Perspectives d'amélioration | De nombreux acteurs

Perspectives d'amélioration | De nombreux acteurs

Recherche institutionnelle

MF

CEP

CERFACS

DLR

DGAC

ENAC

ISA

Perspectives d'amélioration | De nombreux acteurs

Recherche institutionnelle

MF	CEP
CERFACS	DLR
DGAC	ENAC
ISA	

Cadre institutionnel et autres parties prenantes

DTA	Armées
DSAC	BEA
UAF	

Perspectives d'amélioration | De nombreux acteurs

Recherche institutionnelle

MF	CEP
CERFACS	DLR
DGAC	ENAC
ISA	

Cadre institutionnel et autres parties prenantes

DTA	Armées
DSAC	BEA
UAF	

Usagers

DSNA	Airbus
FRALDA	Air France
Air Caraïbes	FrenchBee
Transavia	... et tout autre compagnie intéressée !
Air Corsica	

Perspectives d'amélioration | De nombreux acteurs

Recherche institutionnelle

MF	CEP
CERFACS	DLR
DGAC	ENAC
ISA	

Cadre institutionnel et autres parties prenantes

DTA	Armées
DSAC	BEA
UAF	

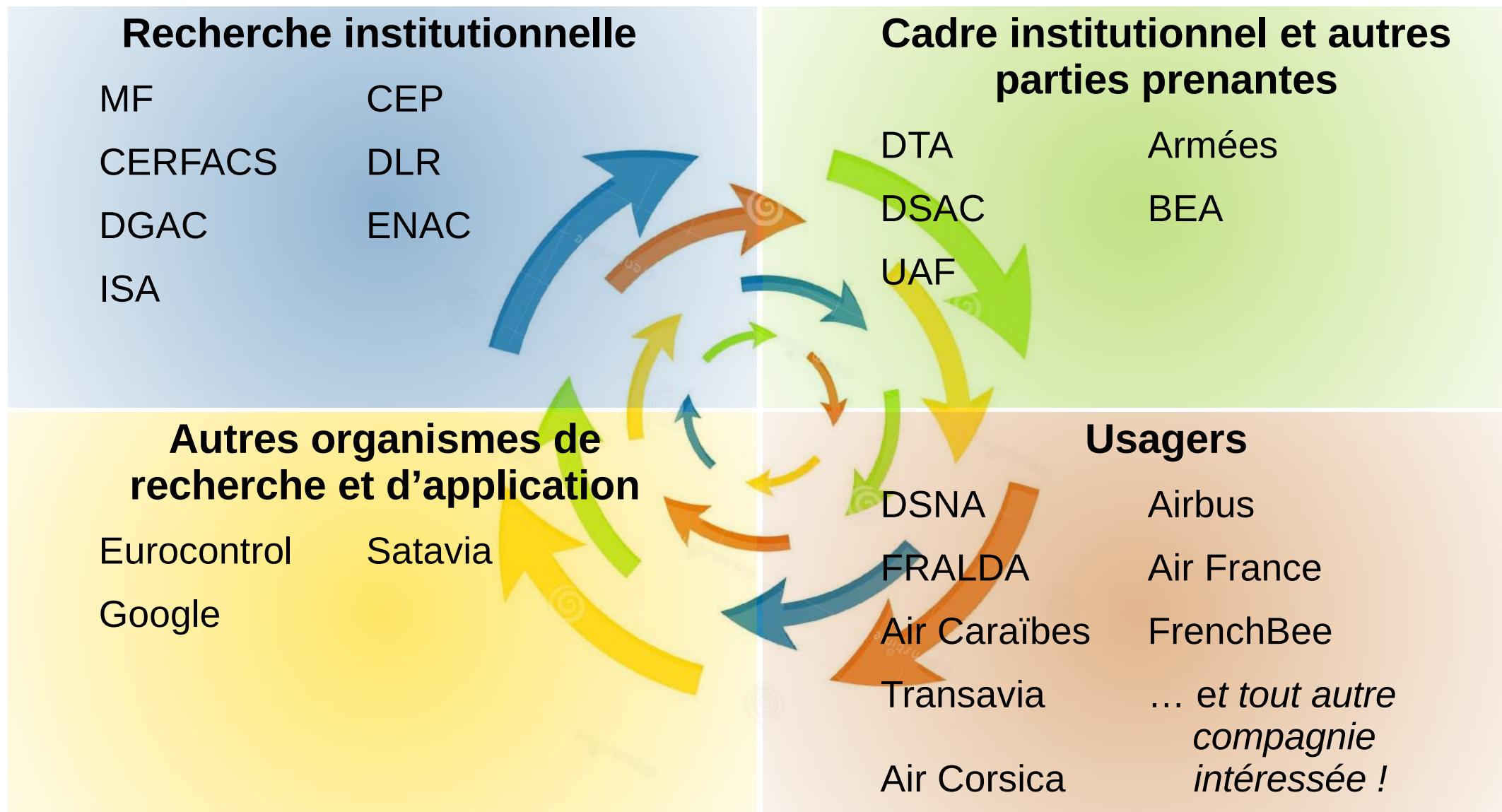
Autres organismes de recherche et d'application

Eurocontrol	Satavia
Google	

Usagers

DSNA	Airbus
FRALDA	Air France
Air Caraïbes	FrenchBee
Transavia	... et tout autre compagnie intéressée !
Air Corsica	

Perspectives d'amélioration | Synergie favorisant l'innovation



Traînées de condensation persistantes : Pourquoi doit-on les prévoir ?

Perspectives d'amélioration | Synergie favorisant l'innovation

Recherche institutionnelle

MF
CERFACS
DGAC
ISA
CEP
DLR
ENAC

Cadre Institutionnel et autres parties prenantes

DTA
DSAC
UAF
Armées
BEA

Avez-vous des questions ?

Autres organismes de recherche et d'application

Eurocontrol
Google
Satavia

Usagers

DSNA
FRALDA
Air Caraïbes
Satavia
Air Corsica
Airbus
Air France
FrenchBee
... et tout autre compagnie intéressée !