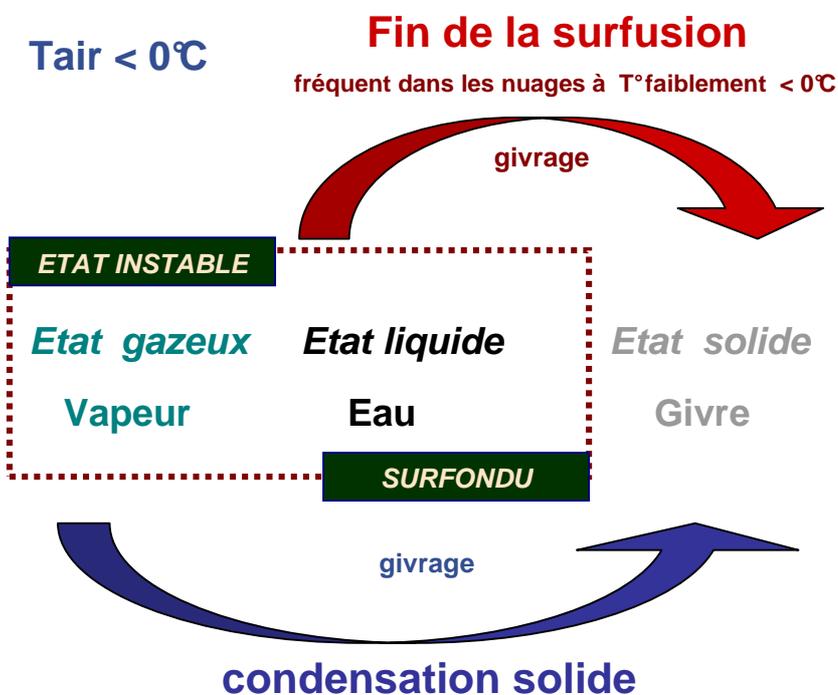


QU'EST CE QUE LE GIVRAGE ?



Le **givrage** est dû à la **présence d'eau** sous forme **liquide** à des **températures négatives**.

En **impactant**, elle se transforme en **glace** : il y a **accrétion** sur l'avion.



La **congélation** est le processus par lequel l'eau passe de son état liquide à son état solide.

La **condensation solide** est le processus par lequel l'eau passe de son état gazeux directement à son état solide.

Les gouttelettes liquides ne se congèlent pas nécessairement à 0°C ; elles peuvent rester à l'état **surfondu**, c'est-à-dire sous forme de gouttes liquides à température négative. Cet état instable cesse lorsqu'il y a contact sur un objet, ou au contact d'un noyau glaçogène (particule microscopique qui agit comme déclencheur de la congélation de la gouttelette).

PARAMETRES INFLUENTS

LE CONTENU EN EAU LIQUIDE (CEL) OU LIQUID WATER CONTENT (LWC)

- Le **CEL** exprime la quantité d'eau liquide condensée présente dans un mètre cube d'air humide (g/m³)
- Le **CEL** n'est pas homogène et varie rapidement dans les nuages stables **et** instables, le long d'une trajectoire horizontale du nuage, dans l'épaisseur d'un nuage

Ordre de grandeur du CEL

Nuages stables (St, As, Ns) : de 0,1 à 0,5 g/m³

Brume et brouillard : de 0,1 à 2 g/m³

Nuages instables (Cu, Ac, Cb) : de 1 à 5 g/m³ (jusqu'à 15 g/m³ dans certains nuages instables tropicaux)

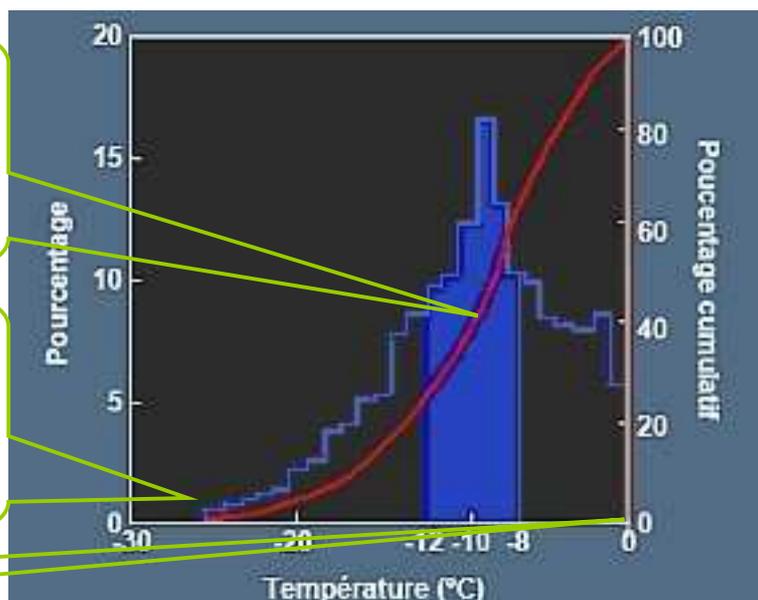
Précipitations : quantités supérieures

LA TEMPERATURE

Entre 0° et -12° - 15°C très peu d'aérosols constituent des noyaux glaçogènes. L'eau condensée est majoritairement liquide et surfondue. Le nuage présente **un fort potentiel givrant**.

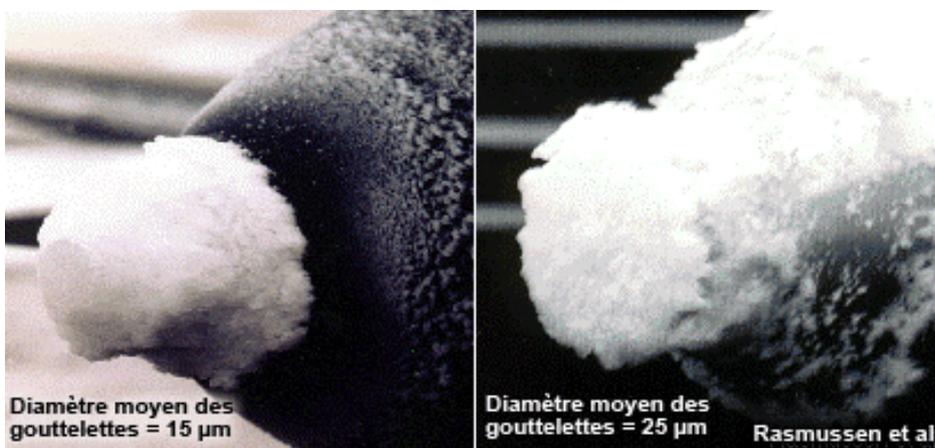
Pas d'eau liquide surfondue à T < - 40°C, les noyaux glaçogènes sont tous actifs à partir de - 35°C. On peut considérer que **le potentiel givrant est nul en dessous de - 35°C**.

L'eau ne congèle qu'à des **T° négatives**



Rapport eau liquide condensée / glace condensée + eau liquide condensée

LA TAILLE DES GOUTTES



La **taille** des gouttelettes nuageuses **conditionne l'accrétion** (captation, forme et zone contaminée) et donc la sévérité.

A partir de **40 microns** une gouttelette devient **goutte (SLD)**.

Au delà de **200 microns** → **précipitations surfondues** (FZDZ et FZRA).



DIFFERENTS TYPES DE GIVRE

GELEE BLANCHE « HOAR FROST »



Aspect : cristallin en forme **d'aiguilles, d'écailles ou de plumes** qui la rend friable.

Formation : **condensation solide**, passage direct de la vapeur d'eau en cristaux de glace. Peut se produire en dehors des nuages

Conditions météo : anticycloniques en hiver, par nuits froides et peu ventées

Conséquences : l'accrétion apparaît au sol sur un avion au parking par des températures froides. Ou lors d'une descente ou d'une montée rapide dans une couche humide lorsque l'avion est froid.

Sévérité : le givrage associé est généralement **faible**.

GIVRE BLANC « RIME ICE »

Aspect : blanc et **opaque**, plutôt **friable** et fragile.

Formation : sur une surface froide, dans un milieu nuageux homogène froid. Les gouttelettes en surfusion **congèlent très rapidement** et *emprisonnent beaucoup d'air* en touchant l'avion.

Conséquences : le givre s'accumule en pointe sur les parties exposées (bords d'attaque, etc...). Il s'entasse et s'étend vers l'avant.

Sévérité : le givrage associé est généralement **faible à modéré**.

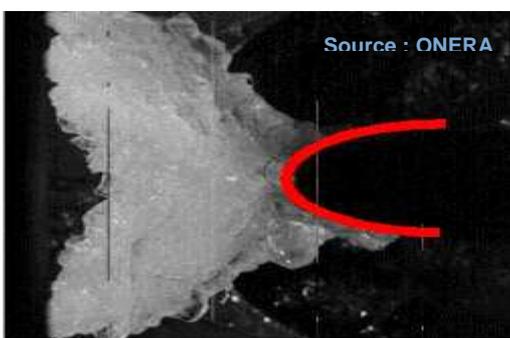


GIVRE DUR OU CLAIR OU TRANSPARENT « CLEAR ICE »

Aspect : **homogène**, lisse, **transparent**, compact et **très solide** par absence d'inclusion d'air

Formation : sur une surface froide, dans un milieu nuageux homogène, les gouttelettes en surfusion s'étalent et **congèlent lentement**

Conditions météo : T° **proche de 0°C**, avec un contenu en eau liquide CEL important

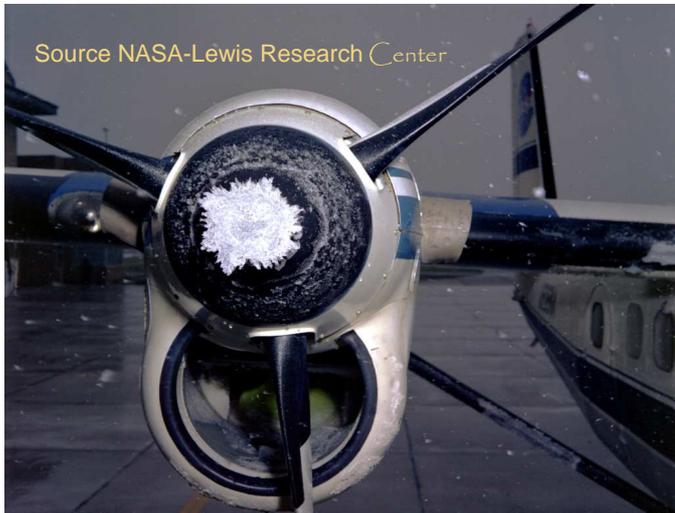


Conséquences : création de formes. **Le dépôt peut s'étaler** en dehors des zones dégivrées

Sévérité : le givrage associé est généralement **modéré à fort**.

DIFFERENTS TYPES DE GIVRE

GIVRE MIXTE « MIXED ICE »



Aspect : givre **hétérogène**, avec des accrétions de glace claire et compacte mêlées à des accrétions plus blanches et friables

Conséquences : similaires au givre transparent

Formation : sur les surfaces froides, dans un milieu nuageux **hétérogène** où varie la température et la taille des gouttes

Sévérité : le givrage associé est généralement **modéré à fort**.

VERGLAS “GLAZE ICE” (LIÈS A LA PLUIE GIVRANTE « FREEZING RAIN » OU BRUINE GIVRANTE « FREEZING DRIZZLE »)



Aspect : identique au givre transparent, couche de **glace dure**

Formation : **précipitations surfondues** se congelant à l'impact – grosses gouttes

Conséquences : similaires au givre transparent – tout l'avion peut être touché.

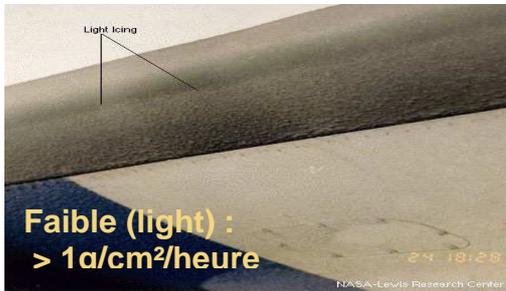
Conditions météo : **perturbations**

Sévérité : le givrage associé est généralement **fort**.

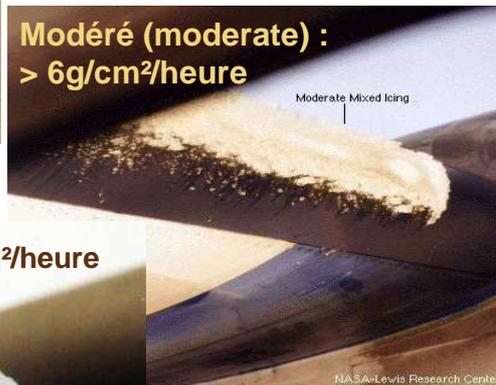




INTENSITE DU GIVRAGE



FAIBLE (LIGHT) n'implique pas de contraintes particulières sur la conduite de l'avion



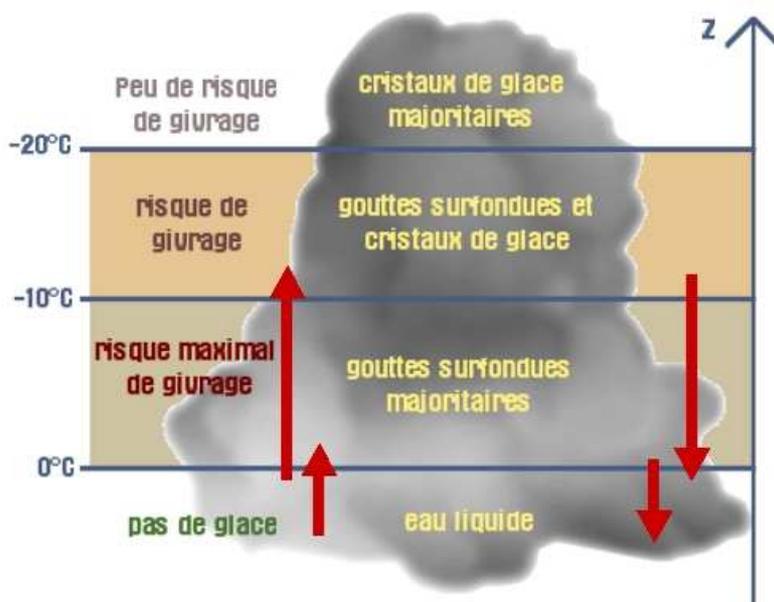
MODERE (MODERATE) conditions de givrage pouvant amener l'équipage à juger utile de changer de cap ou d'altitude



FORT (SEVERE) conditions de givrage amenant l'équipage à changer **immédiatement** de cap ou d'altitude

L'intensité du givrage est cependant difficile à quantifier. Lorsque les conditions d'intensité « faible » durent, le risque lié au givrage augmente. De plus, cette classification se base sur les conséquences pour l'avion au cours d'un vol et non sur les conditions météorologiques mises en cause.

Il faut retenir qu'il n'y a pas « une » sévérité de givrage pour tous les avions passant dans la même zone. Il y a des conditions givrantes qui, selon le type d'avion, la phase du vol, sa vitesse, le moment où il traverse la zone, et les conditions rencontrées au préalable vont provoquer un givrage plus ou moins fort.



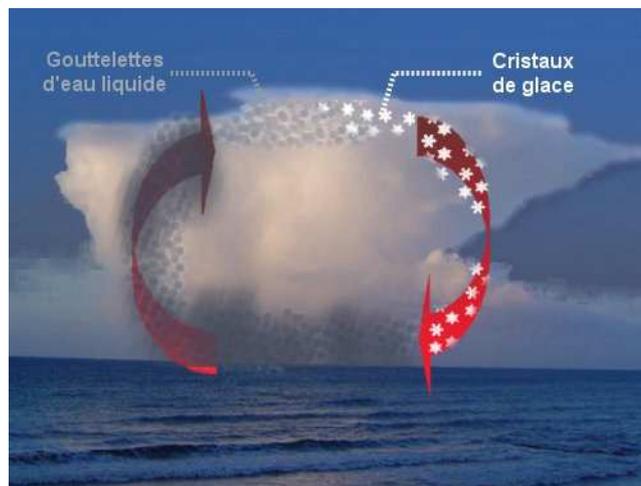
La présence et la quantité de gouttelettes sont conditionnées par la température de l'atmosphère. Le nombre de gouttelettes surfondues est plus important près de l'iso 0°C. Des mouvements ascendants et descendants brassent les cristaux de glace et les gouttelettes entre les différentes altitudes, ceci alimente le nuage en gouttelettes d'eau surfondue. L'importance des **mouvements augmente** le **brassage** et permet de trouver **des gouttelettes surfondues** à des températures allant en moyenne **jusqu'à -20°C**.

CONDITIONS METEOROLOGIQUES FAVORABLES

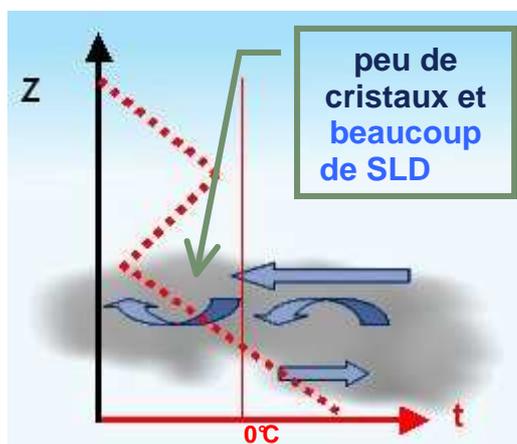
NUAGES INSTABLES CONVECTIFS : CB Cu Sc Ac

Des forts **mouvements ascendants** entraînent les gouttelettes d'eau des basses couches vers des niveaux **où les températures sont négatives**.

On est en présence d'eau liquide surfondue



INVERSION DE TEMPERATURE

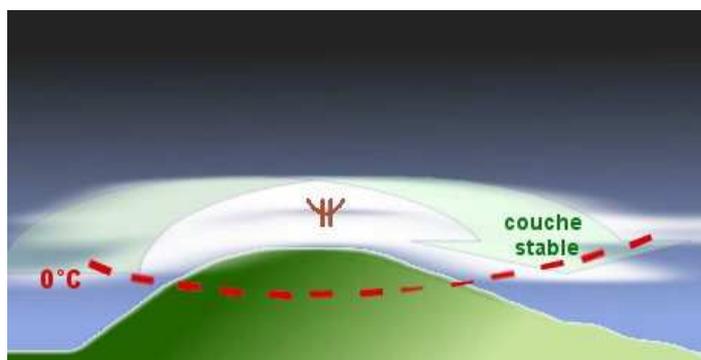
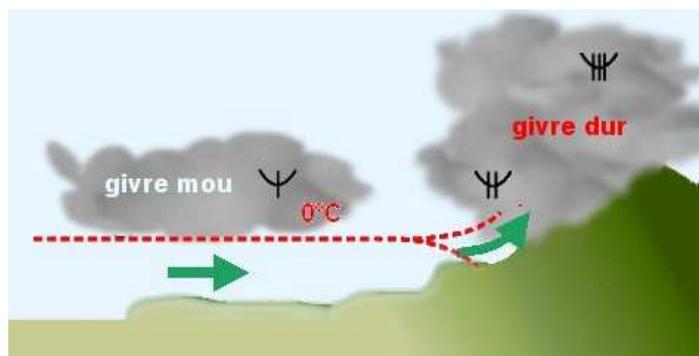


L'**inversion bloque** le transport **vertical** et **favorise** un fort **contenu en eau** vers le sommet du nuage ainsi que la présence de **grosses gouttelettes** (SLD super liquid droplets).

OROGRAPHIE

Le potentiel givrant augmente au-dessus des montagnes, en raison du soulèvement.

Au soulèvement au vent, le niveau de l'isotherme 0°C s'élève avec de l'air instable et descend avec de l'air stable



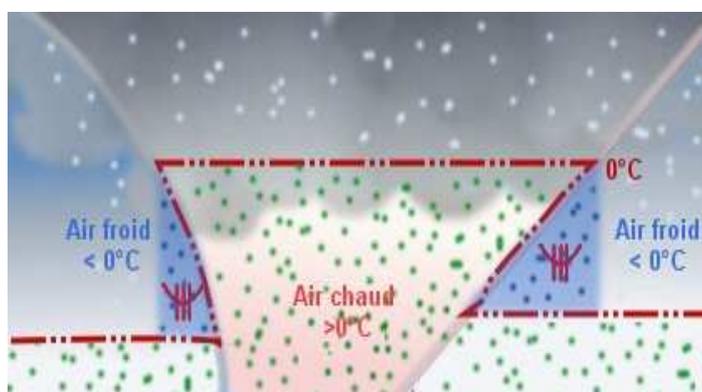
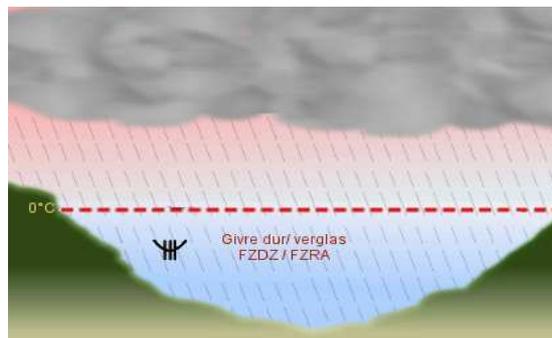
Les nuages **stables** de soulèvement **orographique** peuvent concentrer beaucoup **d'eau liquide surfondue**.



CONDITIONS METEOROLOGIQUES FAVORABLES

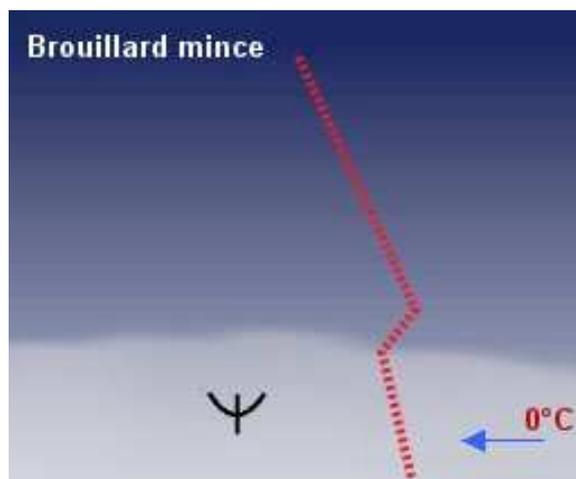
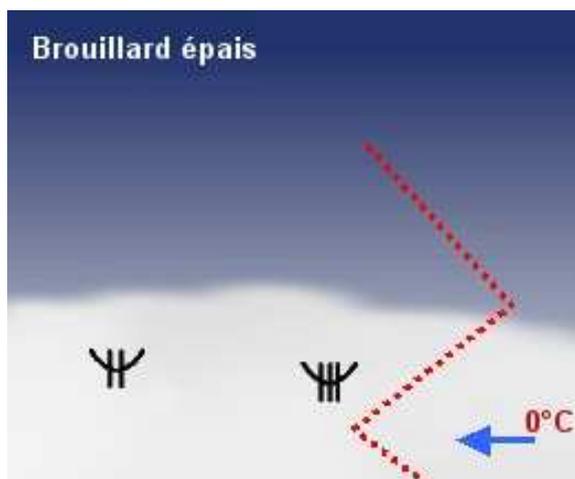
OROGRAPHIE

L'air froid reste dans les vallées et est surplombé par des arrivées d'air chaud humide et précipitant, **produisant du verglas.**



Les régions de **fort potentiel givrant** sont généralement plus étendues **devant les fronts chauds, au cœur des occlusions**

BROUILLARD GIVRANT



Le **brouillard** sera d'autant plus **givrant** que le **refroidissement** est **important et rapide**

POUR UNE BONNE COMPREHENSION MUTUELLE : LES DIFFERENTS POINTS DE VUE



Le **scientifique** (recherche météorologique) parle de **POTENTIEL GIVRANT**

- Contenu en eau liquide, taille de gouttes, température
- Stabilité /instabilité

Le **météorologiste** (en opérationnel) parle de **CONDITIONS GIVRANTES**

- Observation, image satellite, image radar,
- Prévission : Modèle numérique de prévission qui donne des champs de températures, d'humidité et de vitesse verticale à différents niveaux et échéances
- Outils élaborés : fusion de données



Le **pilote** parle de **GIVRAGE**, d'accrétion de givre, de comportement sur l'avion, d'anti-givrage, de dégivrage, du type, de la certification de l'avion, des contraintes extérieures : niveau de vol, vitesse...

Le météorologiste établit un diagnostic sur les conditions givrantes de l'atmosphère. Il qualifie, localise et quantifie le phénomène à partir de paramètres pertinents (température, estimation de CEL...).

Information adaptée aux usagers aéronautiques

Retour d'expérience aéronautique ** nécessaire à l'amélioration des prévisions

La partie **aéronautique évalue le risque** selon l'avion, le pilote, le contrôleur, le responsable aéroport ou plus généralement le système aéronautique.
Les effets induits
réclament des décisions opérationnelles appropriées pour éviter la dégradation de la sécurité.



****Ce retour d'information**, primordial pour valider les méthodes et les outils de la prévision et faire progresser la qualité du service météorologique fourni à l'aviation **se fait en cours de vol** par le biais de rapports AIREP transmis **par radio à la tour de contrôle puis après l'atterrissage sur Aeroweb©** (<https://aviation.meteo.fr>)

Il faut donc garder à l'esprit que le prévisionniste détermine des conditions givrantes, c'est-à-dire des zones où toutes les conditions sont réunies pour qu'il y ait accréation de givre sur l'avion à partir des paramètres pertinents dont il dispose. Cependant, en raison du caractère instable de l'eau surfondue, et des paramètres propres à l'avion (phase de vol, vitesse, type d'avion, temps passé dans les conditions, ...) les conséquences ne seront pas nécessairement les mêmes pour deux avions différents. Le pilote doit adapter sa vigilance en fonction des propres paramètres de l'avion.

SIGNALEMENT SUR LES PRODUITS DE METEOROLOGIE AERONAUTIQUE

DANS LES MESSAGES METAR, TAF ET SPECI

Dans le groupe « temps présent » ou « prévu » ou « récent significatif » :
 FZ, suivi des descripteurs des temps présents (DZ, RA, FG, etc.)

SUR LES TEMSI (CARTES DE TEMPS SIGNIFICATIF) EUROCC ET FRANCE (BASSES COUCHES)

Attention également aux symboles :

Givrage modéré 

Givrage fort 

Pluie se congelant 

Brouillard givrant 