

DIFFÉRENCE ENTRE STRATOCUMULUS ET CUMULUS

I- Convection

La convection libre s'installe dès que de l'air chaud se retrouve en dessous de l'air froid. L'air chaud moins dense que l'air froid a tendance à monter, tandis que l'air froid descend.

II- Deux types de convection

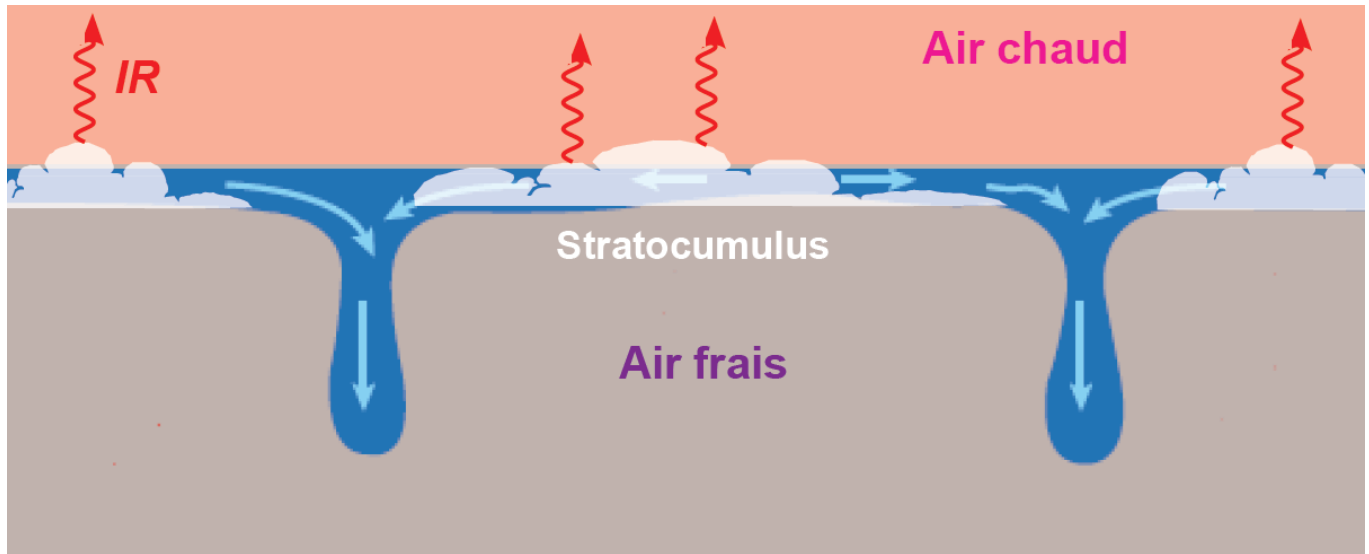
Suivant que c'est l'air du dessus qui est refroidi, ou l'air du dessous qui est réchauffé, nous avons affaire à deux types de convections différentes : quand c'est l'air du dessous qui est réchauffé sur sa limite inférieure, l'air a tendance à circuler sur cette surface inférieure en étant lentement réchauffé, puis, lorsque sa température est devenue significativement plus élevée que l'air ambiant, cet air monte brutalement. On a donc affaire à des panaches étroites et localisés de montée brutale de l'air, tandis que l'air redescend lentement dans les autres régions qui sont beaucoup plus vastes.

Au contraire, quand c'est l'air qui est refroidi à sa limite supérieure, de la même façon, il circule le long de la surface supérieure en étant refroidi lentement, puis, quand il est significativement plus froid que l'air ambiant, il subit une plongée brutale et localisée. Au contraire, les zones de montées de l'air sont alors vastes, avec une montée beaucoup plus lente.

III- Formation des stratocumulus

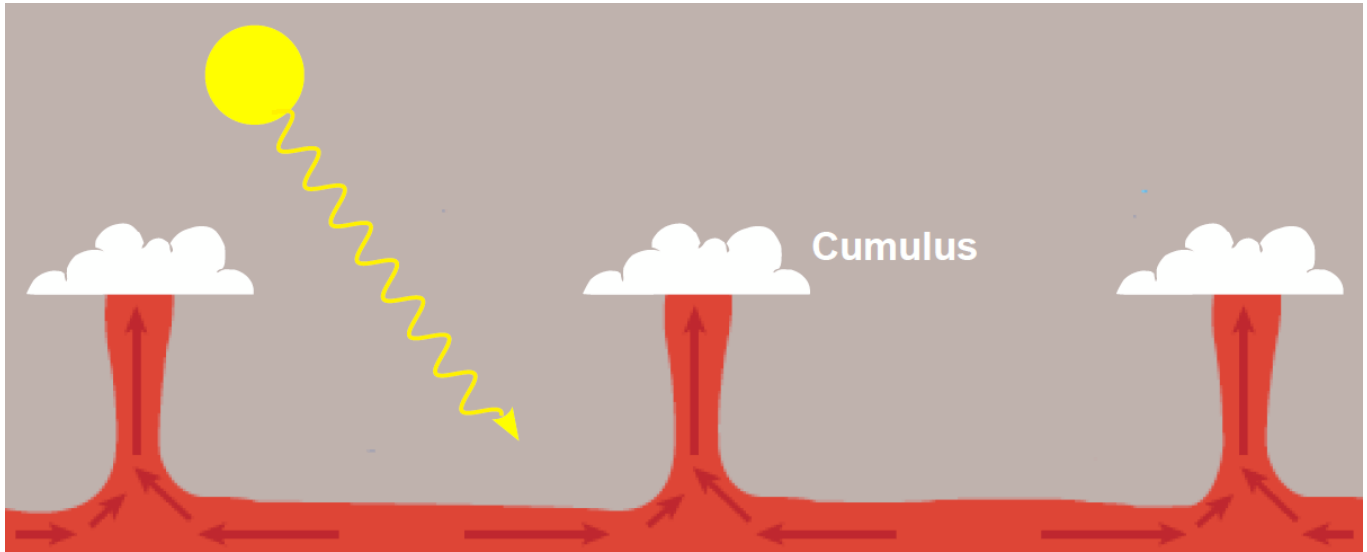
Lorsqu'il y a eu une advection froide à la suite d'un front froid, et que la traîne se calme et que les pressions remontent, l'air polaire froid est surmonté par de l'air plus chaud en subsidence, lié à la remontée des pressions et à l'arrivée d'air chaud des tropiques en altitude. On a donc une inversion de température (la température de l'air augmente au lieu de diminuer comme d'habitude avec l'altitude) qui sépare ces deux masses d'air (froid en bas, chaud au-dessus). À ce niveau, l'air chaud du dessus forme un couvercle qui empêche l'humidité du dessous de s'échapper (l'air du dessous est d'autant plus humide que le sol est mouillé par des pluies précédentes qui s'évaporent). L'accumulation de cette humidité en dessous provoque la formation de condensation en nuages stratiformes, les stratocumulus. Ces stratocumulus rayonnent en infrarouge vers l'espace, ce qui contribue à augmenter la condensation par refroidissement. Cela contribue à augmenter l'inversion et à séparer encore plus les deux masses d'air, du dessous et du dessus, empêchant l'humidité froide du dessous de s'atténuer. Les stratocumulus s'évaporent également dans l'air plus sec au-dessus qu'ils touchent. Cette évaporation provoque leur refroidissement et contribue à séparer encore plus les deux couches.

On a donc une convection avec refroidissement par en haut par rayonnement infrarouge. Les zones de plongées sont donc localisées et étroites, tandis que les zones d'ascendances sont vastes. Dans les zones de plongées étroites, la subsidence réchauffe l'air par compression adiabatique ce qui évapore le nuage. Cela provoque l'apparition de zones étroites et polygonales sans nuages, caractéristiques des stratocumulus : les zones de subsidences.



IV- Les Cumulus

Par une belle journée d'été, le rayonnement solaire qui arrive sans absorption jusqu'au sol, puisque l'air est transparent, chauffe le sol. On a donc affaire à une convection par chauffage par le bas. Les zones de montées sont étroites (thermiques). Dans ces thermiques, la détente adiabatique de l'air liée à la décompression par montée, provoque le refroidissement, donc la condensation de la vapeur d'eau en nuages : les cumulus, qui sont donc assez étroits et séparés par de grands intervalles libres de faible subsidence. Il y a naturellement une couche d'inversion liée au refroidissement nocturne du sol par rayonnement infrarouge, et à l'arrivée d'air chaud des tropiques lié à l'anticyclone des Açores en altitude. Si les cumulus ne dépassent pas cette inversion, on reste avec des cumulus de beau temps. Si ces cumulus dépassent l'inversion, ils peuvent donner de la pluie et devenir des cumulonimbus.



V- Lien entre cumulus et stratocumulus

D'une manière générale, les cumulus étant associés au chauffage du sol et les stratocumulus au rayonnement infrarouge en altitude, les cumulus sont toujours en dessous des stratocumulus. Les cumulus peuvent atteindre le plafond de stratocumulus et les alimenter en humidité contribuant ainsi à les augmenter.



Les deux convections par chauffage par le bas et refroidissement par rayonnement infrarouge par en haut peuvent alors se mélanger rendant la distinction entre cumulus et stratocumulus impossible.

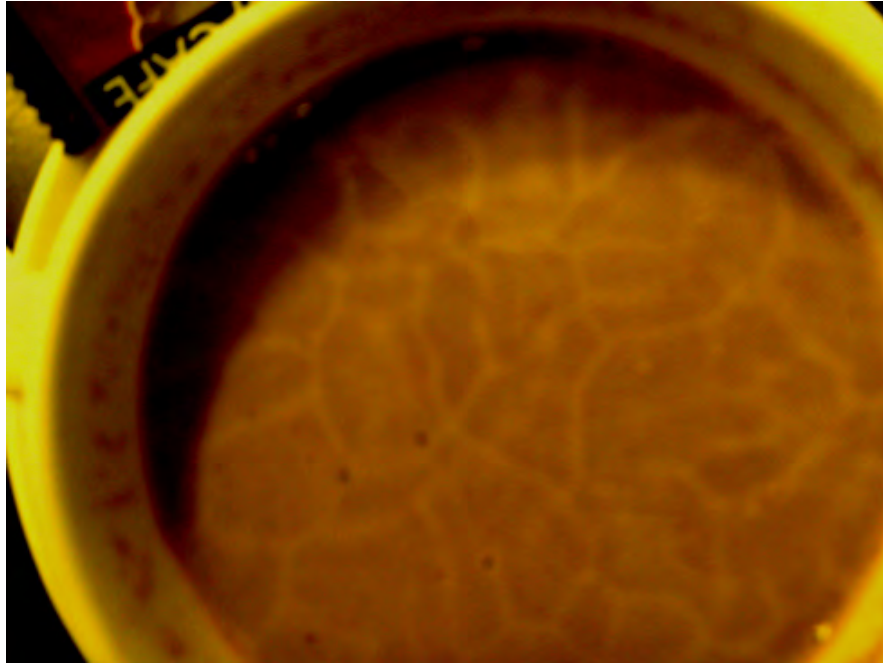
D'un autre côté, si le temps est assez beau (couche au-dessus très sèche, chauffage important par le soleil), les cumulus vigoureux, dépassent dans leur élan l'inversion et provoquent par turbulence le mélange de l'air chaud et sec au-dessus et de l'air froid et humide en dessous, provoquant l'évaporation et la disparition des stratocumulus.

VI- Lien avec le jour et la nuit

Une bonne manière de distinguer les stratocumulus et les cumulus est de voir leurs évolutions diurnes. Les cumulus se développent dans la journée par chauffage du soleil et disparaissent la nuit. Au contraire, les stratocumulus augmentent la nuit par leur rayonnement infrarouge vers l'espace qui n'est alors contrecarré par aucun réchauffement. Des nuages cumuliformes assez plats bloqués au niveau de l'inversion peuvent être difficiles à distinguer en cumulus ou stratocumulus. Effectivement, il peut y avoir à la fois chauffage par le sol et refroidissement infrarouge par en haut. Il faut voir si c'est les zones sans nuages ou les zones avec nuages qui sont les plus importantes, et quelle est l'évolution nocturne. On peut avoir plutôt des cumulus la journée qui se transforment en stratocumulus la nuit. Des stratus nocturnes (brouillard en altitude) peuvent également se transformer en cumulus la journée. Dans les stratus, il n'y a pas de convection bien établie et structurée. Ils se forment par advection d'air continental chaud sur une mer froide l'été (San Francisco) ou réciproquement par advection d'air maritime doux et humide sur un continent froid l'hiver (France), ou par rayonnement infrarouge nocturne, et sont surtout refroidis par en bas.

VII- Convection dans du chocolat au lait chaud

Le chocolat en poudre a tendance à descendre laissant quelques millimètres de lait pur juste en dessous de la surface. La surface se refroidit par évaporation. On est dans le cas de convection par refroidissement par en haut avec des plages de subsidence localisées. Ces plages rassemblent le lait sans chocolat venant de la surface et les zones de plongées sont constituées de lait pur sans chocolat vues en blanc par en dessous, comme le montre la photo ci-dessous d'une tasse de chocolat au lait.



On est dans une analogie avec les stratocumulus, avec des zones polygonales étroites de subsidences blanches, le lait remplaçant l'absence de nuage par évaporation dans les zones de subsidences.

VIII- Convection dans le manteau

1- La subduction moteur des plaques

La Terre est un système dans lequel la source de chaleur par radioactivité est essentiellement diffuse dans toute la masse (le Thorium 232 de période 14 milliards d'années, le Potassium 40 de période 1,25 milliard d'année, et l'Uranium 238 de période 4,46 milliards d'années). Par contre, le refroidissement a lieu par la surface. On en déduit que dans le manteau terrestre, les parties actives sont les zones de subduction qui coulent en profondeur en tirant les plaques associées. Les dorsales sont simplement des remontées passives. C'est la rigidité de la lithosphère qui se fracture en lignes qui les localisent. Les zones de subduction correspondent aux lignes blanches du chocolat au lait. Une plaque lithosphérique est donc tirée par la subduction plutôt que poussée par la dorsale.

Les plaques plongent donc très profondément jusqu'à l'interface du noyau et du manteau, tandis qu'au niveau des dorsales, les remontées restent superficielles, sans trace en profondeur. On a là l'explication du mouvement des plaques rapides (Pacifique et Est de l'océan Indien). Tous les autres mouvements de convection du manteau envisagés par le passé (convection à deux couches, convection superficielle) sont faux (Geoffrey F. Davies *Mantle Convection for Geologists*, chapitre 8, Cambridge 2011). Cette convection du manteau activée par la subduction des plaques jusqu'à la base du manteau est le principal mode de convection du manteau.

Les erreurs fréquemment constatées, sont une convection cantonnée dans le manteau supérieur, alors qu'elle englobe tout le manteau. On constate l'emploi du mot *asthénosphère* qui n'est plus d'actualité. En effet, ce terme désignait justement la partie supérieure du manteau seule soumise à la convection, dont on a vu que c'est faux. On décrit souvent une convection en rouleaux symétriques entre les zones de

descente (subduction) et les zones de montées (accrétion ou dorsales), par cellules de convection. Cette image est fautive. La convection est dissymétrique, car le manteau est chauffé dans toute sa masse d'une manière diffuse par la radioactivité, tandis qu'il est refroidi par en haut. La lithosphère dans les zones de subduction localisées plonge donc jusqu'à la base du manteau, au contact avec le noyau, tandis que les dorsales n'ont pas de trace en profondeur. La remontée associée par la conservation de la masse à la plongée des zones de subduction est homogène dans tout le manteau.

2- Les points chauds

Le noyau liquide en bas du manteau est tout de même une source de chaleur, la cristallisation du fer liquide dans la graine solide au centre dégage en effet de la chaleur qui est rapidement transmise au contact du manteau par la convection intense dans le fer liquide. On a là une convection du manteau avec chauffage par en bas, d'où la production des panaches de points chauds très localisés qui montent jusqu'à la surface et percent la lithosphère comme un chalumeau au niveau des volcans de points chauds. Ce mode de convection est secondaire et n'est pas essentiel à la tectonique des plaques. Cependant, l'élévation de la lithosphère au-dessus d'un panache de point chaud peut, par glissement gravitationnel, fracturer la lithosphère. Ces lignes de fracture deviennent des dorsales avec un lent écartement de part et d'autre. On a là le moteur des plaques lentes (Atlantique, Ouest de l'océan Indien) qui ne subissent pas de subduction.

3- Conclusion

Le moteur des plaques rapides est la subduction, on a une convection avec refroidissement par en haut, du type « *stratocumulus* ». Le moteur des plaques lentes sans subduction est la poussée par les panaches des points chauds. On a donc une convection avec chauffage par en bas, du type « *cumulus* ». Les volcans des points chauds de l'Islande et des Açores sont donc essentiels au fonctionnement de la dorsale lente de l'océan Atlantique.

Les deux zones de subduction de part et d'autre de l'océan Pacifique vont plus vite que la dorsale et ce dernier diminue donc de taille, il se rétrécit ! Tandis que l'océan Atlantique, où il n'y a pas de subduction, s'élargit !

