

Conclusions générales et perspectives

Le présent travail a porté sur l'inversion et la caractérisation de profils de distribution verticale de constituants atmosphériques à partir des observations spectrales infrarouges effectuées à la Station Scientifique Internationale du Jungfraujoch par technique FTIR.

Ces inversions reposent sur l'utilisation de l'algorithme SFIT-2 (v3.81) qui exploite la dépendance en pression et température des raies d'absorption. La méthode d'inversion utilisée par SFIT-2 constitue une version semi empirique de la méthode d'estimation optimale dont la solution mêle la contribution de la mesure à une connaissance *a priori* du système étudié. L'état *a priori* permet d'apporter de l'information là où la mesure n'en contient pas et est en général obtenu à partir des observations effectuées par d'autres instruments.

L'utilisation de l'algorithme d'inversion SFIT-2 requiert la définition et l'utilisation conjointe de bon nombre d'éléments d'entrée tels que les profils de distribution verticale *a priori*, les paramètres spectroscopiques caractérisant les absorptions mises en jeu, les paramètres liés à l'instrumentation ou encore les matrices de covariance (matrice de covariance *a priori* et matrice de covariance de la mesure), véritables paramètres de régularisation du code SFIT-2. De tous ces éléments d'entrée dépendront la qualité des distributions verticales ainsi déduites.

D'autres formalismes ont en outre été développés en vue de pouvoir procéder à une caractérisation détaillée des profils inversés. Il est ainsi possible de déterminer la sensibilité de la mesure à la distribution verticale des composés atmosphériques, l'ensemble des éléments d'information indépendants sur cette distribution contenus dans la mesure ainsi que les profils d'erreur liés à l'inversion (erreur de lissage et erreur de mesure). Les erreurs liées aux incertitudes sur des paramètres du modèle physique utilisé ou caractérisant l'instrument ont aussi été estimées en utilisant une méthode de perturbation.

Des formalismes additionnels ont également été développés afin de pouvoir comparer de manière optimale les profils de distribution issus d'instruments différents et caractérisés en particulier par des résolutions verticales différentes. Dans tous les cas, ces formalismes devront être utilisés si l'on souhaite produire des résultats corrects.

La plupart des constituants de notre atmosphère absorbent le rayonnement infrarouge. Les raies spectrales contenues dans les spectres FTIR enregistrés depuis la surface permettent ainsi d'étudier un grand nombre de molécules atmosphériques. Ce travail s'est cependant focalisé sur l'étude de deux des principales espèces fluorées, HF et COF_2 , dont le contrôle de l'évolution est important dans le contexte du processus de fluorisation de l'atmosphère.

L'acide fluorhydrique HF et le COF₂ sont des constituants atmosphériques issus essentiellement de la dissociation des CFC libérés dans l'atmosphère par l'activité humaine. De par leur faible réactivité chimique, ils constituent les deux principaux réservoirs de fluor stratosphérique dont l'importance permet de quantifier l'impact de l'activité humaine sur l'érosion de la couche d'ozone. Une accumulation de ces polluants conduit à une atmosphère davantage fluorée, avec tous les effets nocifs sur l'homme et sur l'environnement que cela peut engendrer. C'est la raison pour laquelle ces deux molécules font partie de celles mesurées de manière routinière au Jungfraujoch depuis 1985 et par la plupart des satellites mis sur orbite au cours des dernières années.

En particulier, nous avons pu comparer les profils de distribution verticale de HF et de COF₂ déduits des données FTIR du Jungfraujoch avec les profils verticaux mesurés par le satellite canadien ACE lors de ses passages au-dessus de la station alpine. Endéans leurs barres d'erreur respectives et dans la gamme de sensibilité propre à chaque molécule, les profils FTIR de HF et de COF₂ s'accordent très bien avec les profils mesurés par ACE, avec des différences relatives généralement inférieures à 20%. Entre 20 et 45 km d'altitude, nos observations semblent indiquer la même tendance que celle obtenue en comparant les profils de HF mesurés par les satellites HALOE et ACE, à savoir une surestimation de 10 à 20% de la part du deuxième satellite. La confirmation ou l'infirmation de cette tendance à partir des mesures FTIR passe impérativement par une étude effectuée sur un échantillon de coïncidences plus représentatif que celui utilisé dans ce travail.

La caractérisation des inversions FTIR nous a en outre permis de conclure qu'il est possible de déterminer la quantité de HF avec une erreur inférieure à 3% dans deux couches atmosphériques indépendantes couvrant une gamme d'altitude s'étendant de 14 à 40 km. Pour COF₂, il est possible d'inverser de façon indépendante une colonne partielle unique entre 15 et 35 km avec une erreur proche de 15%. En tenant compte des principales sources d'erreurs aléatoires affectant directement les colonnes totales de HF et de COF₂, celles-ci peuvent en outre être déterminées avec des erreurs totales n'excédant pas respectivement 3 et 16 %.

Ce travail qui, rappelons le, constitue une introduction à la thèse de doctorat qui publiera un ensemble bien plus étoffé de données expérimentales relatives aux composants fluorés de l'atmosphère et à leur évolution, nous a en finalité permis de démontrer toutes les possibilités associées à l'inversion et à l'analyse de données FTIR grâce à l'algorithme SFIT-2 et ses outils de caractérisation. De telles études sont monnaie courante au sein du GIRPAS qui s'efforce constamment à développer et exploiter au mieux les outils dont il dispose ainsi qu'à agrandir la liste des molécules dont il souhaite déduire les profils. Ce travail passe notamment par la recherche de nouvelles micro-fenêtres susceptibles d'augmenter le contenu en information de la mesure et d'améliorer ainsi les inversions. Nous pensons en particulier à une exploration plus détaillée du domaine proche de 1230 cm⁻¹ pour les inversions de COF₂. Dans le cas des composants fluorés, l'objectif serait bien entendu de pouvoir analyser un maximum de gaz sources et de réservoirs de manière robuste afin de pouvoir dresser, à partir de mesures FTIR, un bilan du fluor atmosphérique le plus exhaustif possible.

Dans ce contexte, la poursuite de la collaboration menée par le GIRPAS avec l'équipe canadienne du spectromètre ACE-FTS trouve toute sa place et s'avère même nécessaire. Les distributions verticales mesurées par le satellite ACE tout au long de ses années de service permettront en effet d'obtenir de précieuses indications concernant la variabilité des espèces pour lesquelles nous ne disposons pas encore de ces informations. Les coïncidences entre les mesures ACE et

celles menées au Jungfraujoch pourront également être utilisées afin de valider nos propres observations FTIR. Ces dernières, une fois caractérisées, pourront alors servir de manière plus sûre au sein de modèles géophysiques, indispensables car utilisés pour les prédictions à long terme des changements globaux de l'atmosphère terrestre.