Figure 1.3 - Photographie de l'atmosphère au lever du soleil réalisée par un équipage de la NASA, depuis la station spatiale internationale en juin 2011. Compte tenu de l'échelle, les couches bleutées représentent la stratosphère, où une strie de couleur bleue plus intense correspond à la couche d'ozone. Les couches rougeâtres au-dessus du sol encore non éclairé représentent la troposphère [© NASA].

La mésosphère, inaccessible aux ballons sondes et a fortiori aux avions, mais traversée et parcourue par de nombreux satellites artificiels, est moins bien connue que les deux couches décrites ci-dessus. Considérons-la comme une transition vers l'hétérosphère et l'espace, et limitons-nous à rappeler que le dégagement de chaleur lié à la formation d'ozone, caractéristique de la stratosphère, y devient négligeable, ce qui engendre à nouveau une forte baisse de la température, visible sur la figure 1.1. Par contre, les variations de l'activité solaire, très modérées dans la stratosphère et la troposphère, s'y manifestent par des effets importants, notamment sur les concentrations des diverses espèces et sur la dissociation de leurs molécules en atomes et en ions séparés.

Les propriétés de l'atmosphère sont en réalité soumises à des variations intermittentes significatives, surtout dans la troposphère, soumise à la fois au cycle des saisons, à celui des jours, et à des instabilités hydrodynamiques. Ceci a amené l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) à définir une atmosphère standard. Toute grandeur mesurée dans des conditions données, elles aussi mesurées, est transformée en son équivalent dans cette atmosphère standard. Et c'est donc dans cette atmosphère standard que sont définis et enregistrés les records aéronautiques. On peut résumer comme suit sa définition. L'altitude est comptée

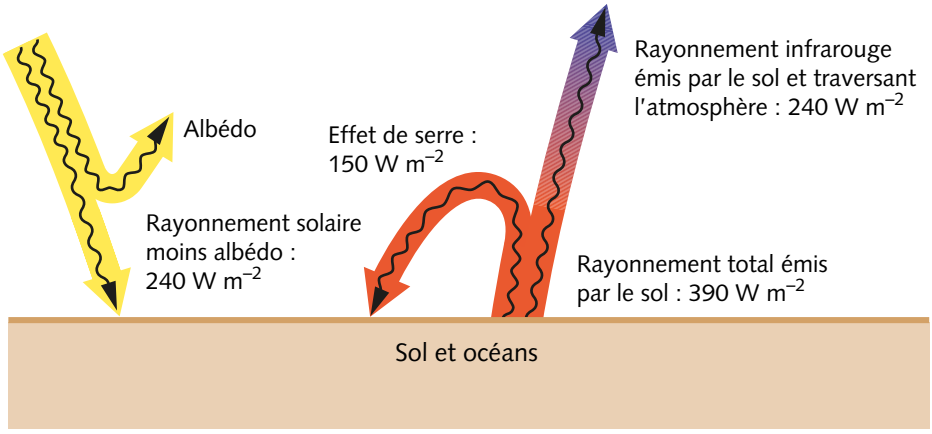

Figure 1.7 - Principales contributions au bilan thermique de la Terre. L'effet de serre représente la partie du rayonnement émis par le sol (150 Wm^{-2}) interceptée par l'atmosphère et renvoyée vers le sol.

Les questions actuellement débattues par les scientifiques qui tentent de comprendre les mécanismes dont dépendent les variations du climat et de les modéliser ne sont ni l'existence de l'effet de serre, ni le réchauffement observé au cours du XX^{e} siècle. Elles dépassent très largement l'objet de ce texte et font l'objet d'ouvrages spécialisés[20]. Quelle est la vraie mesure de ce réchauffement ? Comment peut-on évaluer, comparer et modéliser les contributions à l'effet de serre[21] des gaz comme la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane ? Quel est leur poids respectif dans le réchauffement ? Quelle peut être la contribution directe des variations de l'activité solaire à ce réchauffement ? Quelles sont aussi les conséquences des fluctuations du champ magnétique terrestre, qui engendrent elles-mêmes des fluctuations du flux de particules très énergétiques en provenance du soleil (les rayons cosmiques) ? Et surtout, puisque les activités humaines continuent de transformer des combustibles fossiles constitués de matières carbonées (charbon, pétrole et gaz) en dioxyde de carbone, de combien cet effet de serre va-t-il être augmenté et à quel rythme la Terre va-t-elle continuer à se réchauffer ? L'histoire du climat, marquée par de longues ères glaciaires[22], interrompues elles-mêmes par des rémis-

20 Le lecteur intéressé par ces questions pourra se reporter aux livres de : Jean Jouzel, Claude Lorius et Dominique Raynaud, *Planète blanche, les glaces, le climat et l'environnement*, Odile Jacob, 2008 ; André Legendre, *L'homme est-il responsable du réchauffement climatique ?*, EDP Sciences, 2009 ; R. Dautray et J. Lesourne, *L'humanité face au changement climatique*, Odile Jacob, 2009.

21 On trouvera quelques compléments dans l'encart E1.5.

22 Depuis l'ère quaternaire, quatre périodes glaciaires ont été mises en évidence. Ce sont l'ère de Günz, achevée il y a 540 000 ans, l'ère de Mindel, il y a 450 000 ans, l'ère de Riss il y a 180 000 ans, et l'ère de Würm il y a 16 000 ans. Leurs durées ont été voisines de 60 000 ans, sauf celle de l'ère de Würm qui semble avoir duré environ 100 000 ans. Ces changements climatiques antérieurs à