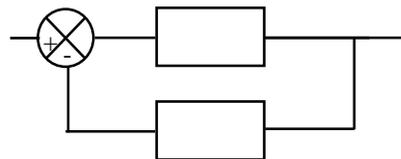


# Rétroactions radiatives dans CNRM.CM5.1

Olivier Geoffroy, Aurore Voltaire, David Saint-Martin,  
David Salas Y Méria,  
Stéphane Sénési, Antoinette Alias, Sophie Tytéca



*AMA 2012*

# Plan

I) Concept de forçage radiatif, rétroactions radiatives et sensibilité climatique

II) Méthode des perturbations radiatives partielles

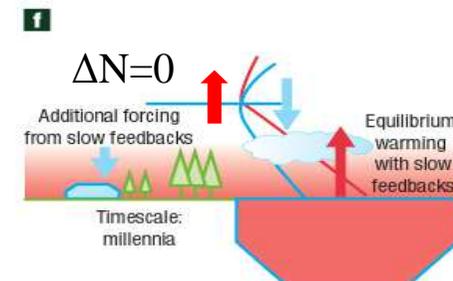
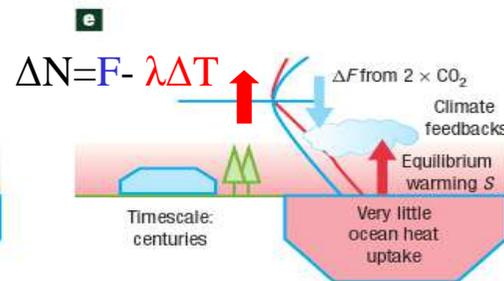
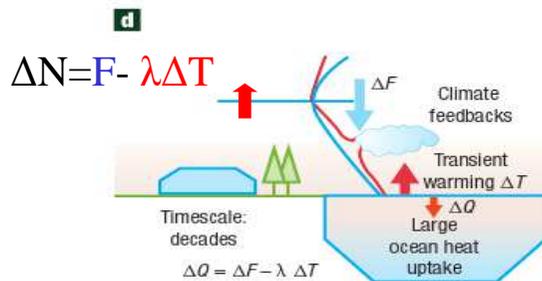
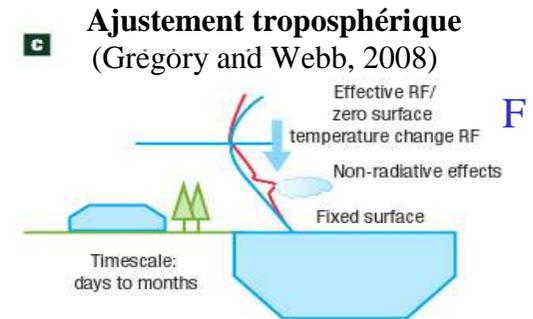
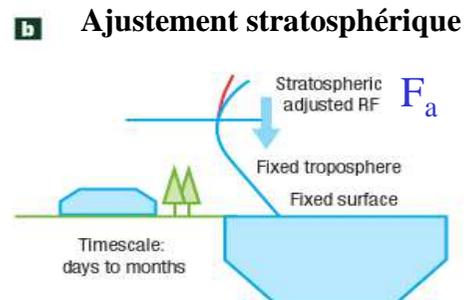
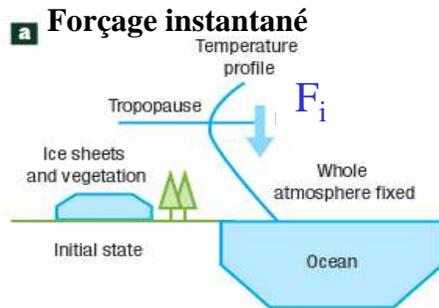
III) Résultats

IV) Effet de l'ajustement troposphérique

# Concept de forçage radiatif, rétroactions radiatives, et sensibilité climatique

## Perturbation radiative

(Knutti and Hegerl, 2008)



→ Nouvel état d'équilibre

# Concept de forçage radiatif, rétroactions radiatives et sensibilité climatique

## Modèle de bilan énergétique (EBM).

(Hansen et al., 1984; Schlesinger, 1988 )

Serie de Taylor:

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial p} \Delta p + \frac{\partial N}{\partial T} \Delta T + O(T^2)$$

Variation du flux net tropopause

Variation due à une perturbation externe = F forçage

Variation due au changement de T

# Concept de forçage radiatif, rétroactions radiatives et sensibilité climatique

## Modèle de bilan énergétique (EBM).

(Hansen et al., 1984; Schlesinger, 1988)

Serie de Taylor:

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial p} \Delta p + \frac{\partial N}{\partial T} \Delta T + O(T^2)$$

Variation du flux net tropopause

Variation due à une perturbation externe = F forçage

Variation due au changement de T

Sans rétroaction:

$$\Delta N = F + \lambda_p \Delta T$$

$\lambda_p \approx -4\epsilon\sigma T^3$

Equilibre ( $\Delta N=0$ ):

$$\Delta T_p = -\frac{F}{\lambda_p}$$

Réponse de Planck

Paramètre de rétroaction de Planck

# Concept de forçage radiatif, rétroactions radiatives et sensibilité climatique

## Modèle de bilan énergétique (EBM).

(Hansen et al., 1984; Schlesinger, 1988)

Serie de Taylor:

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial p} \Delta p + \frac{\partial N}{\partial T} \Delta T + O(T^2)$$

Variation du flux net tropopause

Variation due à une perturbation externe = F forçage

Variation due au changement de T

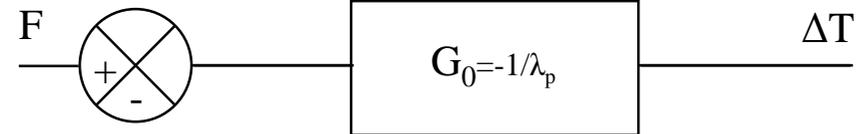


Schéma-bloc.

Sans rétroaction:

$$\Delta N = F + \lambda_p \Delta T$$

$\lambda_p \approx -4\epsilon\sigma T^3$

Equilibre ( $\Delta N=0$ ):

$$\Delta T_p = -\frac{F}{\lambda_p}$$

Réponse de Planck

Paramètre de rétroaction de Planck

$$\Delta T_p = G_0 F$$

Gain en boucle ouverte

# Concept de forçage radiatif, rétroactions radiatives et sensibilité climatique

## Modèle de bilan énergétique (EBM).

(Hansen et al., 1984; Schlesinger, 1988)

Serie de Taylor:

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial p} \Delta p + \frac{\partial N}{\partial T} \Delta T + O(T^2)$$

Variation du flux net tropopause

Variation due à une perturbation externe = **F forçage**

Variation due au changement de T

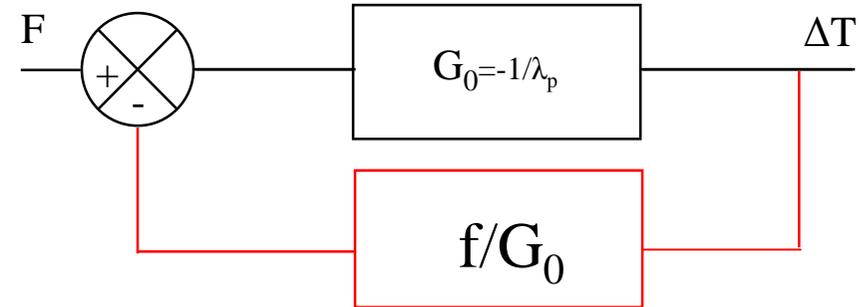


Schéma-bloc.

Sans rétroaction:

$$\Delta N = F + \lambda_p \Delta T$$

$\lambda_p \approx -4\epsilon\sigma T^3$

Equilibre ( $\Delta N=0$ ):

$$\Delta T_p = -\frac{F}{\lambda_p}$$

Réponse de Planck

Paramètre de rétroaction de Planck

$$\Delta T_p = G_0 F$$

Gain en boucle ouverte

**Avec rétroaction:**

$$\Delta N = F + \left( \underbrace{\frac{\partial N}{\partial T_i} \frac{\partial T_i}{\partial T}}_{\lambda_T = \lambda_p + \lambda_L} + \sum_i \underbrace{\frac{\partial N}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial T}}_{\lambda_W + \lambda_A + \lambda_C} \right) \Delta T$$

Température

Autres rétroactions

$$\Delta N = F + \lambda \Delta T$$

Paramètre de rétroaction ( $<0$ )  
(dépendant du type de forçage)

# Concept de forçage radiatif, rétroactions radiatives et sensibilité climatique

## Modèle de bilan énergétique (EBM).

(Hansen et al., 1984; Schlesinger, 1988)

Serie de Taylor:

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial p} \Delta p + \frac{\partial N}{\partial T} \Delta T + O(T^2)$$

Variation du flux net tropopause      Variation due à une perturbation externe = F forçage      Variation due au changement de T

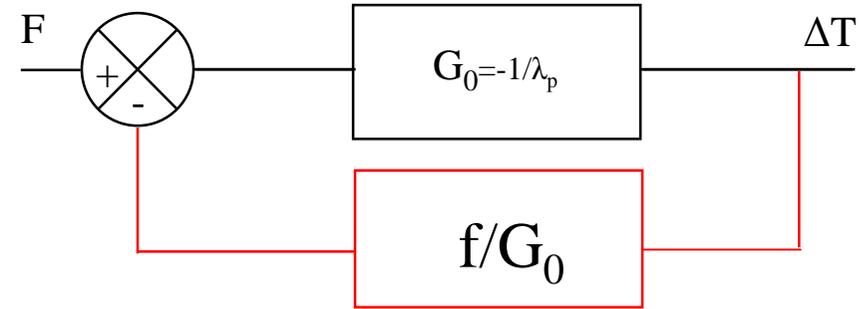


Schéma-bloc.

Sans rétroaction:

$$\Delta N = F + \lambda_p \Delta T$$

$\approx -4\epsilon\sigma T^3$

Equilibre ( $\Delta N=0$ ):

$$\Delta T_p = -\frac{F}{\lambda_p}$$

Réponse de Planck      Paramètre de rétroaction de Planck

$$\Delta T_p = G_0 F$$

Gain en boucle ouverte

**Avec rétroaction:**

$$\Delta N = F + \left( \underbrace{\frac{\partial N}{\partial T_i} \frac{\partial T_i}{\partial T}}_{\lambda_T = \lambda_p + \lambda_L} + \sum_i \underbrace{\frac{\partial N}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial T}}_{\lambda_W + \lambda_A + \lambda_C} \right) \Delta T$$

Température      Autres rétroactions

$$\Delta N = F + \lambda \Delta T$$

Paramètre de rétroaction (<0)  
(dépendant du type de forçage)

$$\Delta T_{eq} = \frac{-F / \lambda_p}{1 + \sum_{i \neq p} \lambda_i / \lambda_p}$$

$$\Delta T_{eq} = \frac{G_0}{1-f} F = \frac{1}{1-f} \Delta T_p$$

Gain en boucle fermée

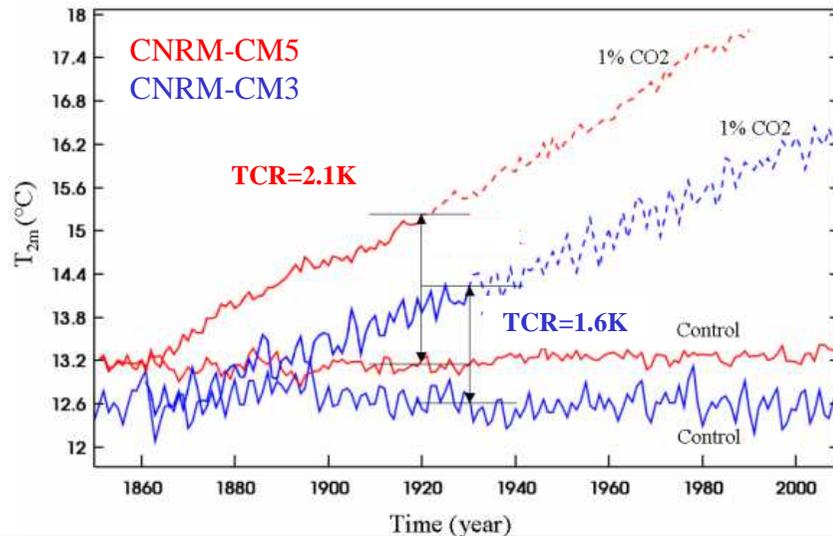
$f < 0 \rightarrow$  atténuation  
 $0 < f < 1 \rightarrow$  amplification

Facteur de rétroaction  
(Bode, 1975)

$$\text{Sensibilité climatique à l'équilibre (ECS)} = \Delta T_{eq \times CO_2} = \frac{F_{2 \times CO_2}}{-\lambda}$$

# Sensibilité Climatique à l'Equilibre (ECS) Réponse Climatique Transitoire (TCR)

TCR = T(70 ans) simulation 1% CO2



ECS Méthodes d'estimation:

→ Run de plus de 1000 ans.

**Inconvénient:** long. Non demandé dans CMIP5

→ Run long avec un AGCM-Mixed Layer Ocean.

**Inconvénient:**  $ECS(AGCM - ML) \neq ECS(AOGCM)$

→ Sensibilité climatique effective (Murphy, 1995)

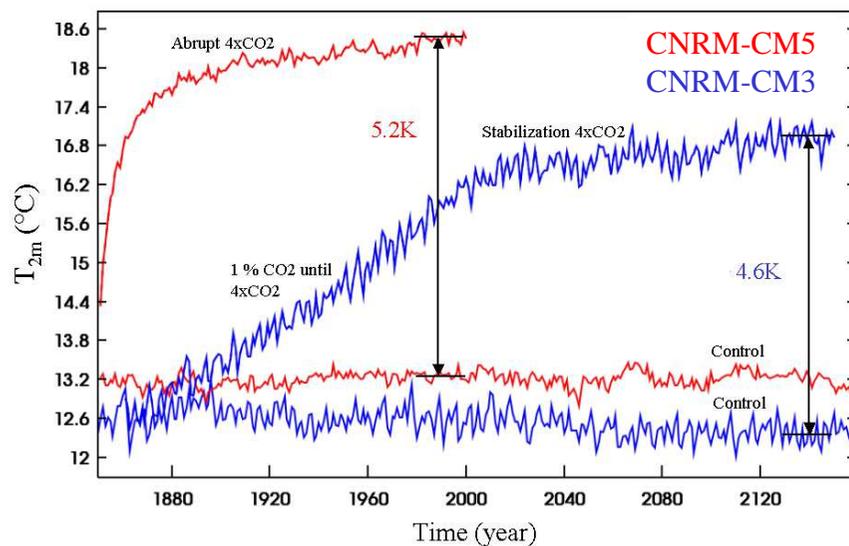
$$ECS = (F - N) / \lambda$$

**Inconvénient:**  $F = ?$ , non constant pour certains modèles

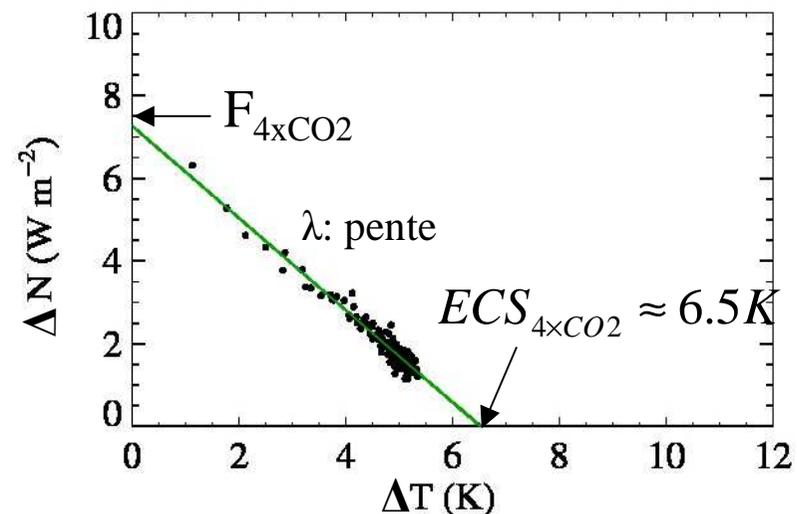
→ Régression  $N=f(T)$  pour AB4CO2

(Gregory et al., 2004)

**Inconvénient:** non linéaire pour certains modèles.



$$\Delta N = f(\Delta T)$$



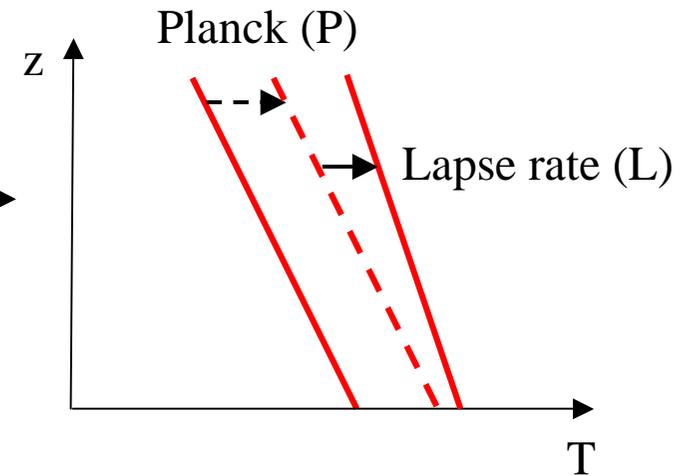
# Rétroactions radiatives

- Gradient de température ( $T=P+L$ ) →

- Vapeur d'eau (W)  
(effet de serre)

- Albedo de surface (A)  
(banquise, neige: fort albédo)

- Nuages (C)  
(effet de serre + effet parasol)

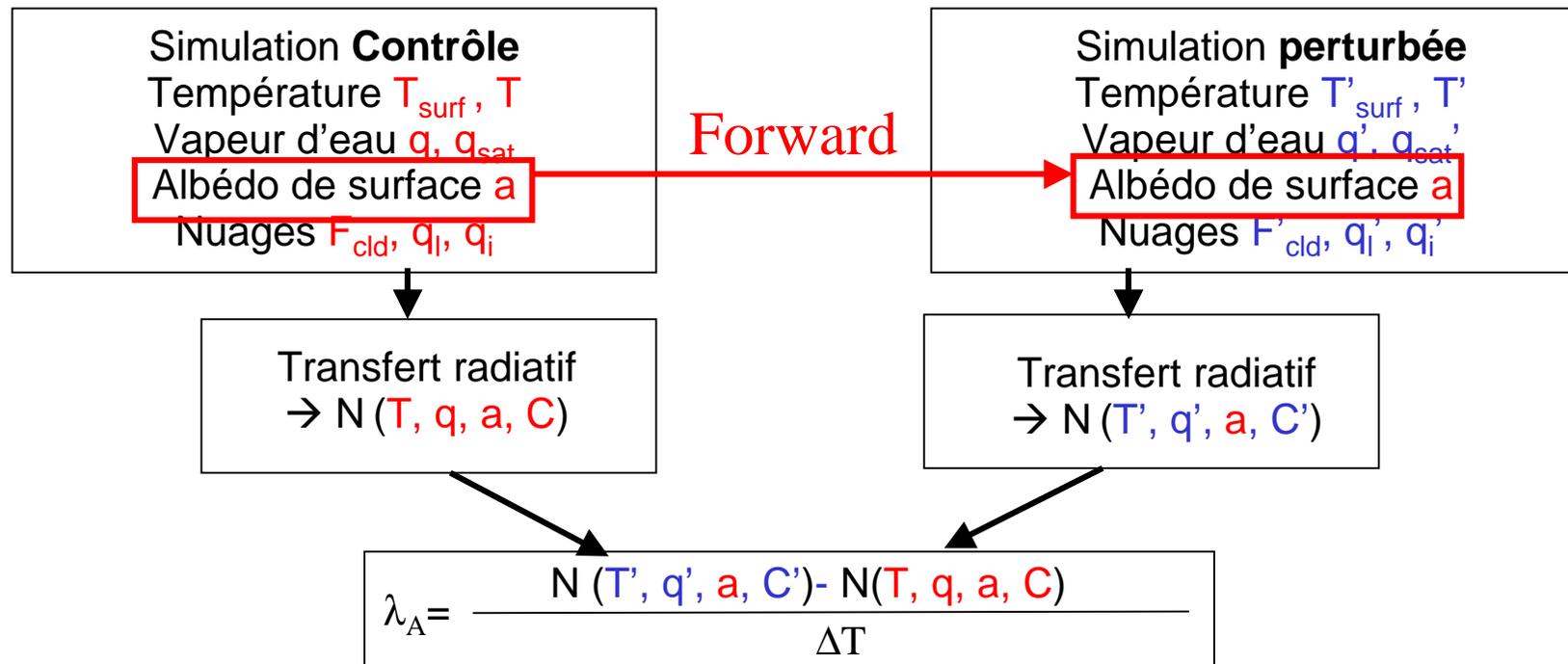


# Méthode des Perturbations Radiatives Partielles (PRP)

(Wetherald and Manabe, 1988)

$$\Delta N = F + \left( \underbrace{\frac{\partial N}{\partial T_i} \frac{\partial T_i}{\partial T}}_{\lambda_T = \lambda_p + \lambda_L} + \sum_i \underbrace{\frac{\partial N}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial T}}_{\lambda_W + \lambda_A + \lambda_C} \right) \Delta T = F + (\lambda_T + \lambda_W + \lambda_A + \lambda_C) \Delta T$$

$\lambda_T + \lambda_W + \lambda_A + \lambda_C$ 
  
 $= \lambda_p + \lambda_L$

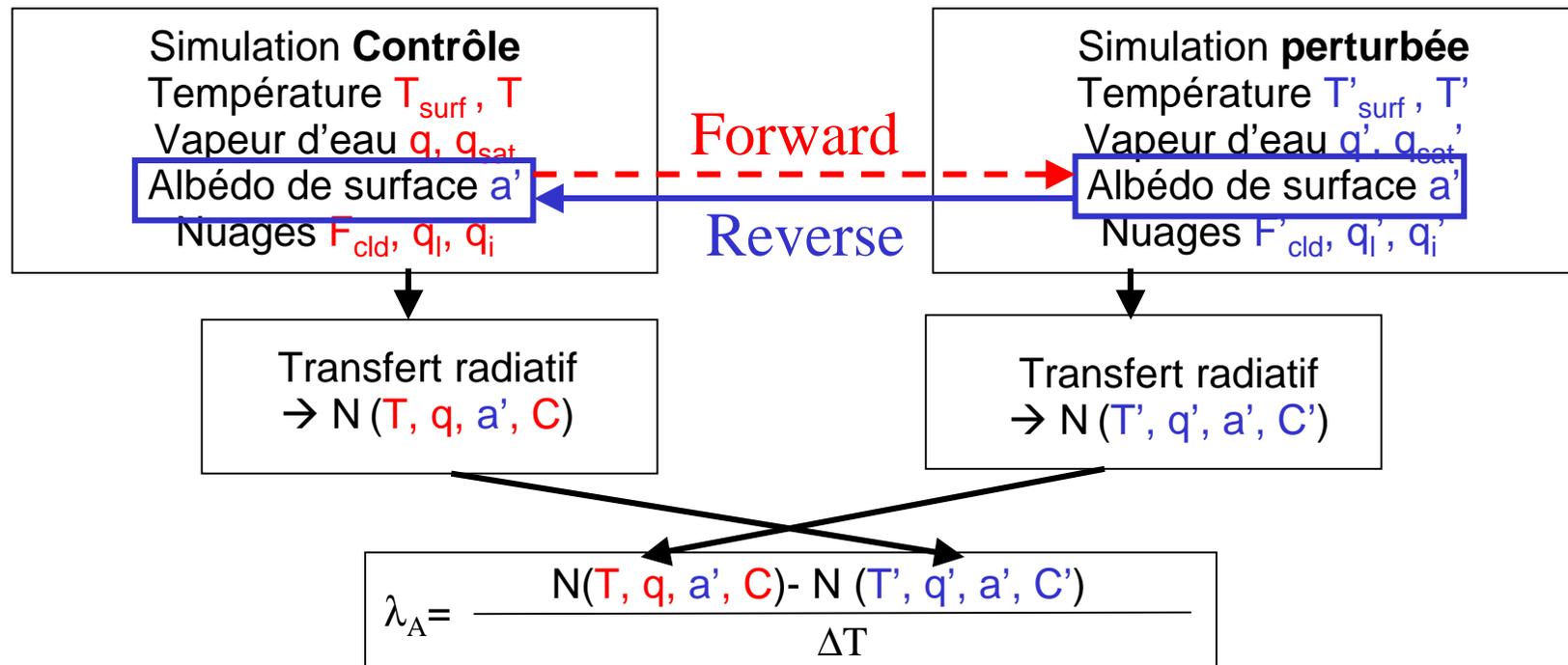


# Méthode des Perturbations Radiatives Partielles (PRP)

(Wetherald and Manabe, 1988)

$$\Delta N = F + \left( \underbrace{\frac{\partial N}{\partial T_i} \frac{\partial T_i}{\partial T}}_{\lambda_T = \lambda_p + \lambda_L} + \sum_i \underbrace{\frac{\partial N}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial T}}_{\lambda_W + \lambda_A + \lambda_C} \right) \Delta T = F + (\lambda_T + \lambda_W + \lambda_A + \lambda_C) \Delta T$$

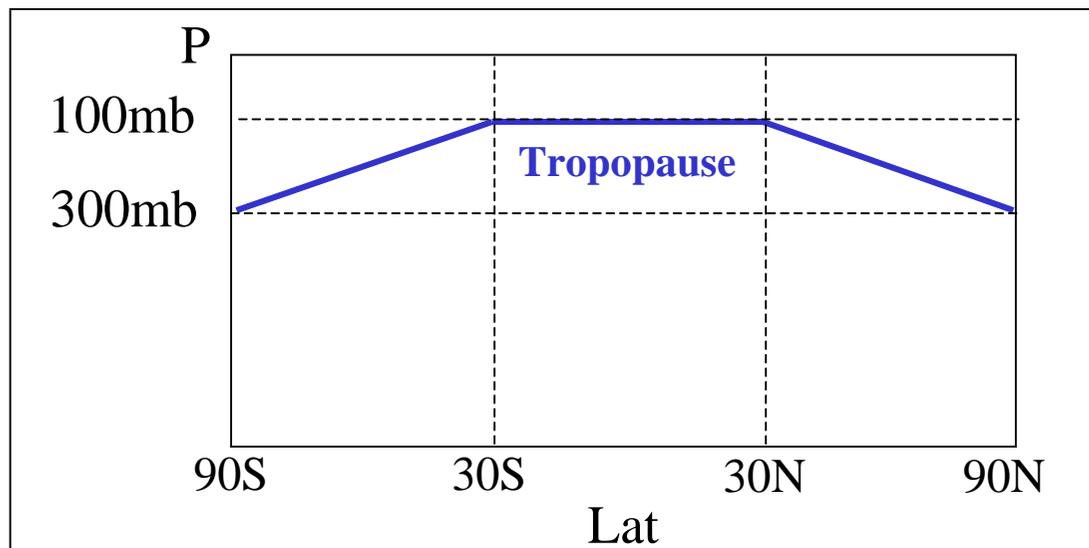
$\lambda_T + \lambda_W + \lambda_A + \lambda_C$ 
  
 $= \lambda_p + \lambda_L$



# Méthode des Perturbations Radiatives Partielles (PRP)

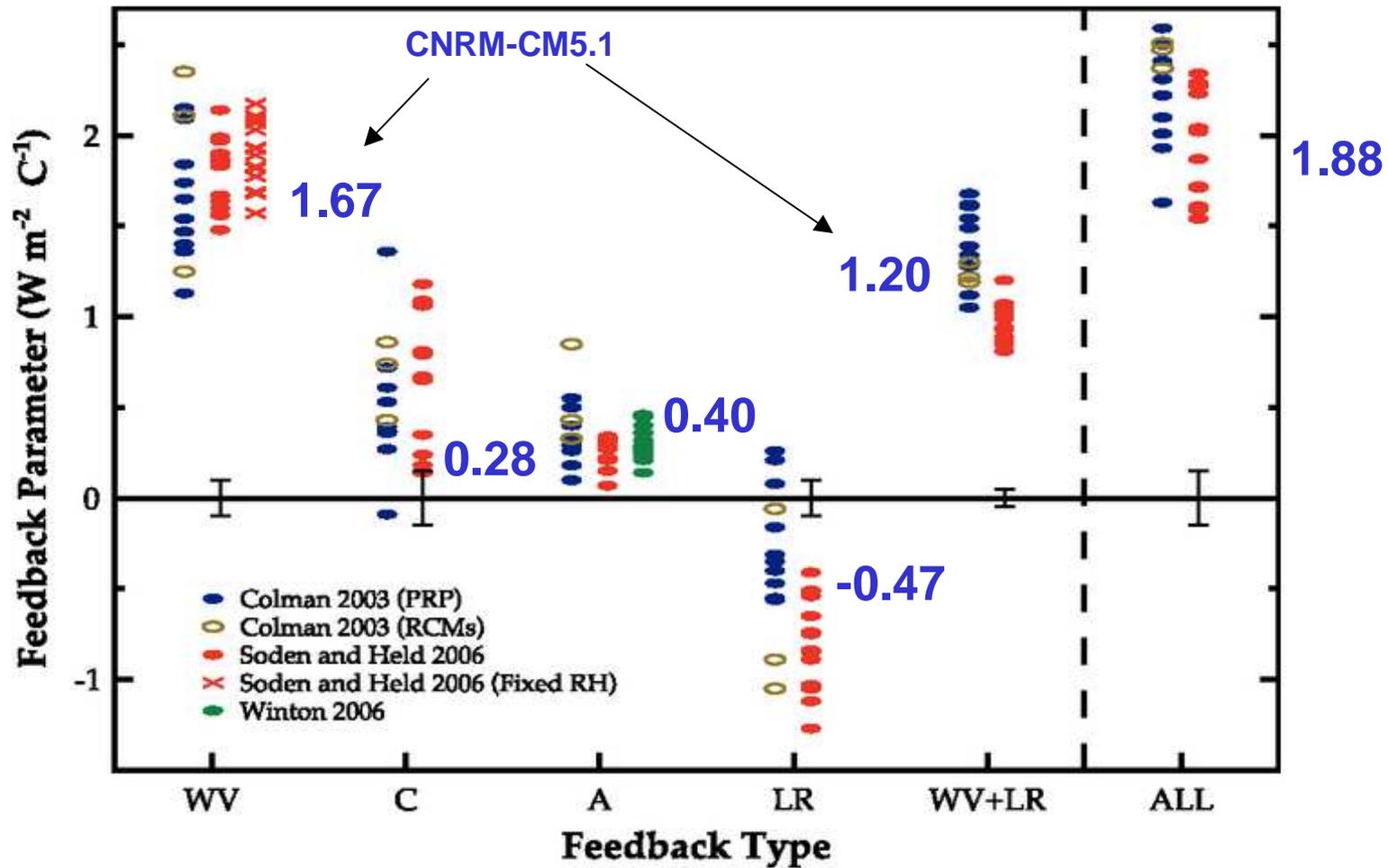
(Wetherald and Manabe, 1988 )

- Simulations: AB4CO2 et contrôle
- Période de temps: max 10 ans.
- 3H (tests de sensibilité).
- Moyenne Forward et Reverse: élimine biais dû à la décorrélation des champs  
(Colman et al., 2003)
- **Tropopause** (même définition que Soden and Held, 2004):



# Résultats PRP (TOA).

Comparaison AR4 des  $\lambda_i$  en  $W m^{-2} K^{-1}$ .



(Fig. 8.14 de l'AR4)

Résultats consistants avec les études multimodèles.

# Résultats PRP - sensibilité

*Paramètres de rétroaction  $\lambda$  en  $W m^{-2} K^{-1}$ .*

Flux location	Run	Frequency (H)	Period (y)	L	W	A	C
Tropopause	AB4CO2	3	10	-0.42	2.00	0.41	0.28
			6	-0.44	2.00	0.41	0.28
			3	-0.44	2.02	0.41	0.27
		6	10	-0.44	2.02	0.41	0.29
			6	-0.43	2.01	0.42	0.29
			3	-0.42	2.00	0.43	0.28
	1% CO2	6	-0.43	1.96	0.43	0.27	
TOA	AB4CO2	3	10	-0.47	1.67	0.40	0.28
			6	-0.49	1.68	0.40	0.27
			3	-0.49	1.69	0.40	0.26
		6	10	-0.48	1.67	0.41	0.28
			6	-0.47	1.67	0.41	0.28
			3	-0.47	1.66	0.42	0.24
	1% CO2	6	-0.48	1.65	0.43	0.26	

Lapse rate    Water vapor    Surface Albedo    Cloud

- Pas ou peu de sensibilité au temps de simulation, à la fréquence temporelle, au type de simulation
  - $\lambda_A$ ,  $\lambda_C$  identiques au TOA et à la tropopause.
  - $\lambda_W$  et  $\lambda_L$  différents au TOA et à la tropopause.
- Stratosphère non équilibrée radiativement.

# Résultats PRP

(Tropopause)

*Paramètres de rétroaction  $\lambda$  en  $W m^{-2} K^{-1}$ .*

		<b>P</b>	<b>L</b>	<b>W</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	TOTAL
Forward PRP	LW	-3.33	-0.70	1.95	0	0.44	
	SW	0.03	0.00	0.29	0.45	0.01	
Reverse PRP	LW	-3.03	-0.13	1.51	0	0.19	
	SW	-0.04	0.00	0.26	0.38	-0.07	
MEAN	LW	-3.18	-0.42	1.73	0	0.32	
	SW	-0.01	0.00	0.27	0.41	-0.03	
	<b>LW+SW</b>	<b>-3.18</b>	<b>-0.42</b>	<b>2.00</b>	<b>0.41</b>	<b>0.28</b>	<b>-0.91</b>

Plank      Lapse rate      Water vapor      Surface Albedo      Cloud

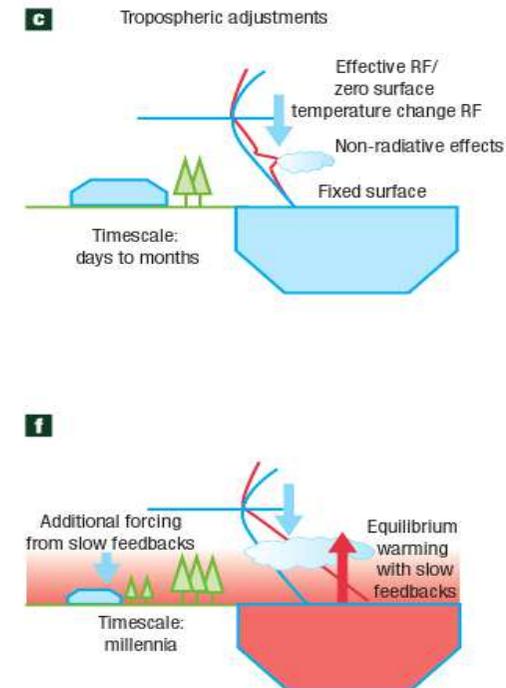
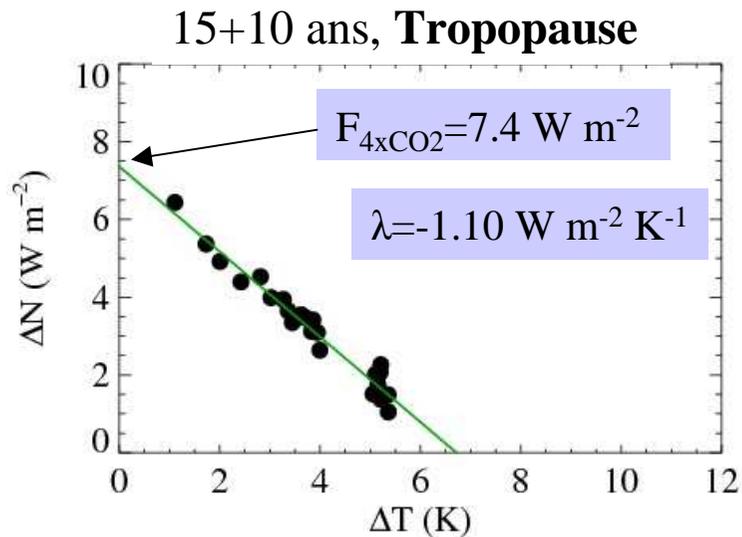
$$\lambda_p = -4\varepsilon\sigma T^3$$

$$\varepsilon = \frac{N_{LW}}{\sigma T^4} \quad \rightarrow \quad \lambda_p = -3.14 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

- Forte rétroaction de l'albédo de surface.
- Rétroaction positive des nuages due à la composante LW.
- Forte différences "Forward" et "Reverse" (effet de la décorrélation des champs)
- **Valeurs biaisées** par les ajustements stratosphérique et troposphérique.

# Ajustements stratosphérique et troposphérique.

Forçage et paramètre de rétroaction effectifs  
(Grégory et al., 2004):  $\Delta N = f(\Delta T)$

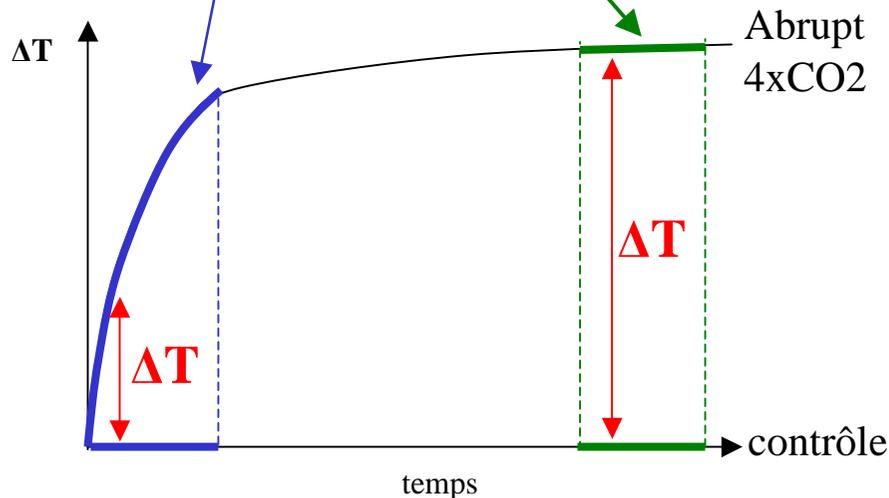
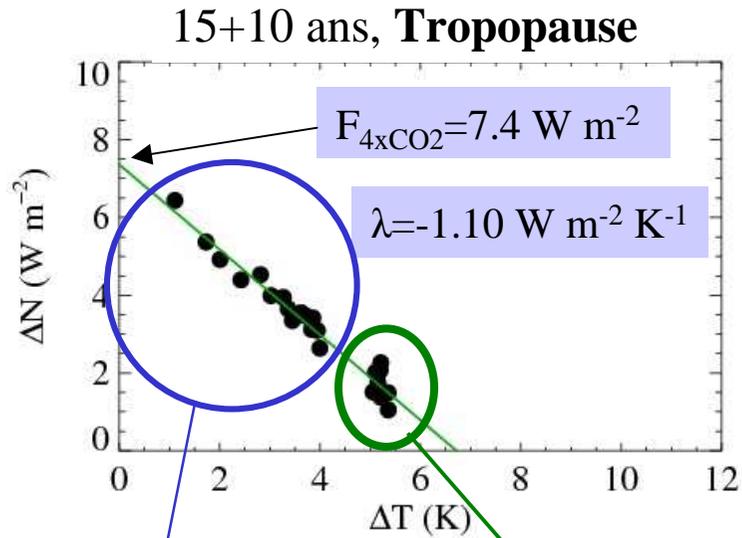


$-1.10 \neq -0.91 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$   
→ Effet des ajustements

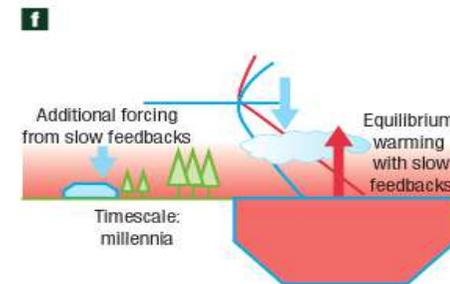
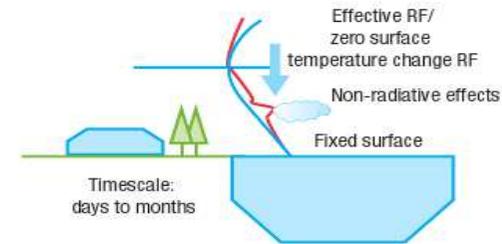
Suivant Colman and Mc Avaney (2011),  
PRP en transitoire + régression linéaire  
pour obtenir  $F_i$  et  $\lambda_i$ .  
- Période: 15 ans (début) + 10 ans (fin)

# Ajustements stratosphérique et troposphérique.

Forçage et paramètre de rétroaction effectifs  
(Grégory et al., 2004):  $\Delta N = f(\Delta T)$



**c** Tropospheric adjustments (Gregory and Webb, 2008)

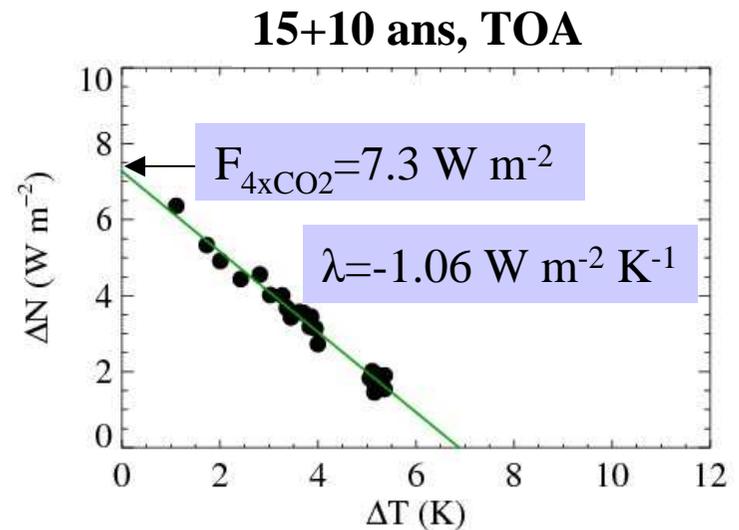
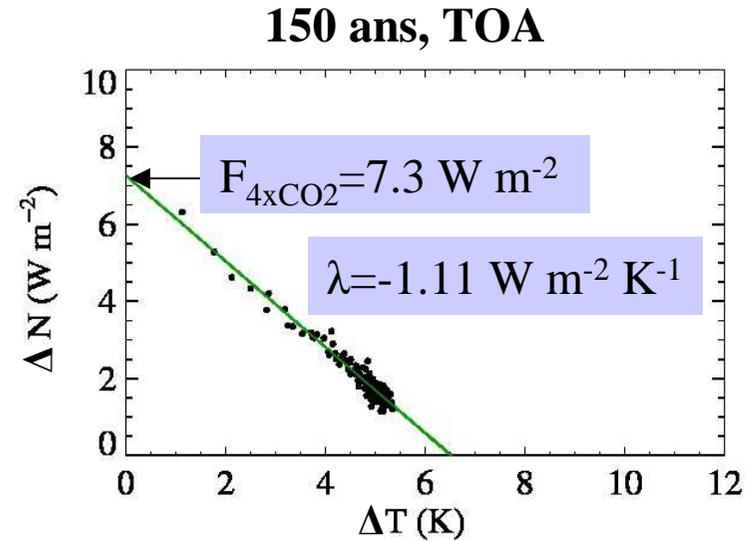
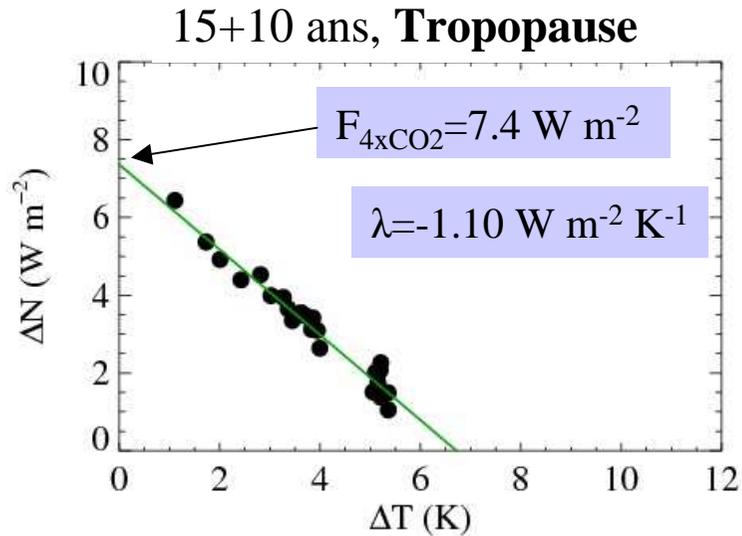


$-1.10 \neq -0.91 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$   
→ Effet des ajustements

Suivant Colman and Mc Avaney (2011),  
PRP en transitoire + régression linéaire  
pour obtenir  $F_i$  et  $\lambda_i$ .  
- Période: 15 ans (début) + 10 ans (fin)

# Ajustements stratosphérique et troposphérique.

Forçage et paramètre de rétroaction effectifs  
(Grégory et al., 2004):  $\Delta N = f(\Delta T)$

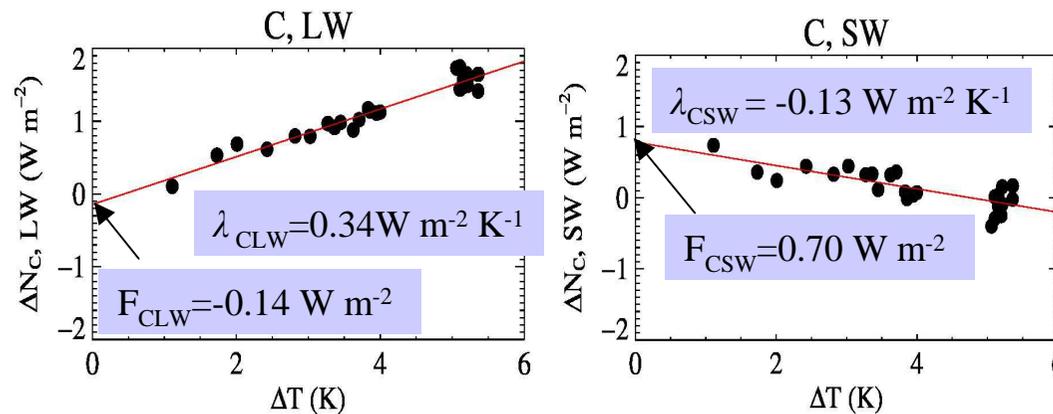


Faible sensibilité au nombre d'années  
utilisées (150 ans vs 15+10 ans)..

# Ajustements stratosphérique et troposphérique, Résultats.

	CO2+T <sub>STRATO</sub>	O <sub>3</sub>	T <sub>TROPO</sub>	W	A	C	TOTAL	Effectif	
Trop									
	F (W m <sup>-2</sup> )	8.34	-0.43	-0.36	-0.63	-0.18	0.63	7.4	7.4
	λ (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	0.00	0.00	-3.87	2.14	0.46	0.17	-1.10	-1.10
TOA									
	F (W m <sup>-2</sup> )	6.86	0.44	-0.41	-0.04	-0.18	0.64	7.3	7.3
	λ (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	0.17	0.05	-3.6	1.69	0.45	0.16	-1.08	-1.06

Nuages.



- Contribution au forçage dans le SW: ajustement troposphérique
- Rétroaction positive dans le LW
- Rétroaction négative dans le SW**

# Ajustements stratosphérique et troposphérique, Résultats.

Trop		CO <sub>2</sub> +T <sub>STRATO</sub>	O <sub>3</sub>	T <sub>TROPO</sub>	W	A	C	TOTAL	Effectif
	F (W m <sup>-2</sup> )	8.34	-0.43	-0.36	-0.63	-0.18	0.63	7.4	7.4
	λ (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	0.00	0.00	-3.87	2.14	0.46	0.17	-1.10	-1.10
TOA		CO <sub>2</sub> +T <sub>STRATO</sub>	O <sub>3</sub>	T <sub>TROPO</sub>	W	A	C	TOTAL	Effectif
	F (W m <sup>-2</sup> )	6.86	0.44	-0.41	-0.04	-0.18	0.64	7.3	7.3
	λ (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	0.17	0.05	-3.6	1.69	0.45	0.16	-1.08	-1.06

Comparaison avec la PRP classique:

Trop		T	L	W	A	C
	λ <sub>i</sub> PRP classique (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	-3.60	-0.42	2.00	0.41	0.28
	λ <sub>i</sub> effectif (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	-3.87	-0.69	2.14	0.46	0.17
TOA		T	L	W	A	C
	λ <sub>i</sub> PRP classique (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	-3.9	-0.47	1.67	0.40	0.28
	λ <sub>i</sub> effectif (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	-3.43	-0.10	1.69	0.45	0.16

# Conclusion et perspectives

- Quantification des rétroactions radiatives dans CNRM.CM5.1 au sommet du modèle et à la tropopause → peut servir de comparaison pour les études multimodèles.
- Tests de sensibilité à la fréquence à laquelle on change les champs et à la période de simulation. 3 ans et 6H suffisent à avoir une estimation.
- Pour un modèle vérifiant la linéarité entre N et T, on peut calculer la contribution de chaque composant au forçage et au paramètre de rétroaction effectif par la méthode de Colman and McAvaney (2011).
  - Rétroaction négative des nuages dans le SW non mise en évidence par la PRP classique.
  - A priori rétroaction de l'albédo et de la vapeur d'eau plus importantes.
  - A priori rétroaction de la température (donc du gradient de température) plus importantes.
- Méthode des kernels (non montré). Bon résultats sauf pour la vapeur d'eau au TOA (biais de l'ordre de  $0.5 \text{ W m}^{-2}$ ).
- Remplacer les champs de la troposphère et de la stratosphère séparément afin d'étudier l'effet de l'ajustement stratosphérique et expliquer les différences obtenues au TOA et à la tropopause.



# Interactions entre rétroactions, effet de la décorrélation des champs

$$\Delta N = F + \sum_i \lambda_i \Delta T + \sum_{i,i} \hat{N}_{ij} + O(T^3) \Rightarrow \sum_i \lambda_i = \frac{\Delta N - F}{\Delta T} + \sum_{i,i} \frac{\hat{N}_{ij}}{\Delta T}$$

Terme du 2e ordre (Stein and Alpert, 1997):

$$\hat{N}_{12} = N_{12} - (N_1 + N_2) + N_0$$

$$\hat{N}_{13} = N_{13} - (N_1 + N_3) + N_0$$

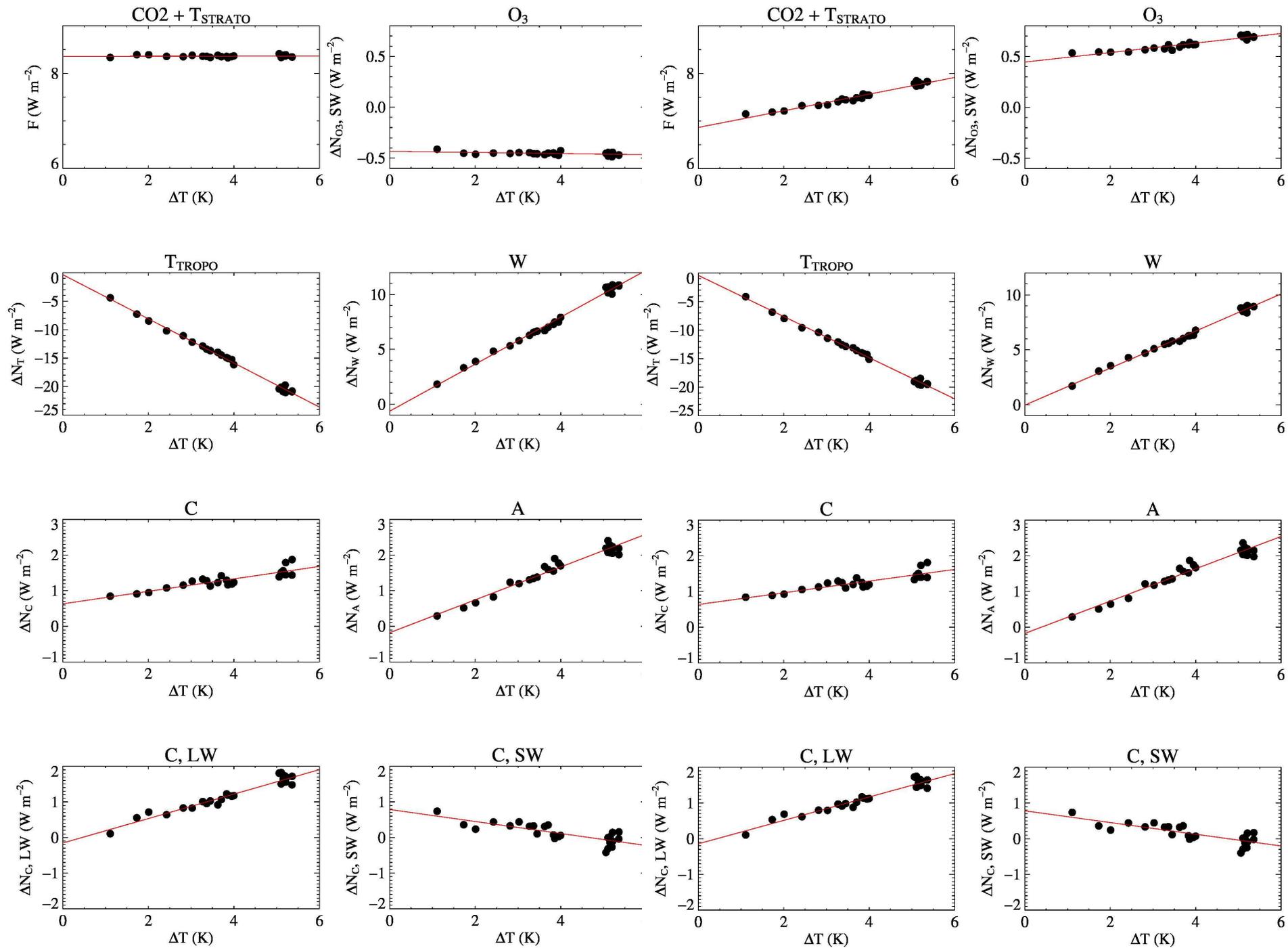
$$\hat{N}_{23} = N_{23} - (N_2 + N_3) + N_0 \quad \text{Exemple: } N_{WC} = N(T, q', a, C') - (N(T, q', a, C) + N(T, q, a', C))$$

PRP contrôle 1850-1860 (1) vs contrôle 1990-2000 (2):

	T	W	A	C	T+W+A+C
1 → 2	-1.31	1.26	0.00	0.69	0.63
2 → 1	-0.83	0.96	-0.03	0.73	0.84

	WC	CT	WT	CA	WA	WC	Total 1 <sup>e</sup> ordre + 2 <sup>e</sup> ordre	ΔN
1 → 2	-2.74	1.38	0.71	0.03	0.00	-0.16	-0.12	-0.07
2 → 1	-2.74	1.38	0.71	0.03	0.00	-0.16	0.11	0.07

*Variation du flux net TOA (W m<sup>-2</sup>)*



# Interactions entre rétroactions, effet décorrélation des champs

Calcul des termes du 2e ordre.

$$\Delta N = F + \sum_i \frac{\partial N}{\partial x_i} \frac{\partial x_i}{\partial T} \Delta T + \left( \sum_{i,i} \frac{\partial^2 N}{\partial x_i \partial x_j} \frac{\partial x_i \partial x_j}{\partial T^2} \right) \Delta T^2 + O(T^3)$$

$$\Delta N = F - \sum_i \lambda_i \Delta T - \sum_{i,i} \lambda_{ij} \Delta T^2 + O(T^3)$$

Effet physique + effet décorrélation des champs  
(biais méthodologique)

Stein and Alpert (1993):

$$f(x_1, \dots, x_n) = \hat{f}_0 + \sum_i \hat{f}_i(x_i) + \sum_{i,i \neq j} \hat{f}_{i,j}(x_i, x_j) + \dots$$

$$\hat{f}_0 = f_0$$

$$\hat{f}_1 = f_1 - f_0$$

$$\hat{f}_{12} = f_{12} - (f_1 + f_2) + f_0$$

$$\hat{f}_2 = f_2 - f_0$$

$$\hat{f}_{13} = f_{13} - (f_1 + f_3) + f_0$$

$$\hat{f}_3 = f_3 - f_0$$

$$\hat{f}_{23} = f_{23} - (f_2 + f_3) + f_0$$

0

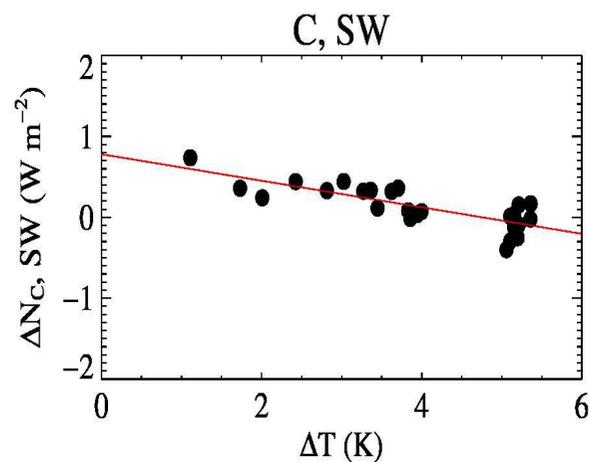
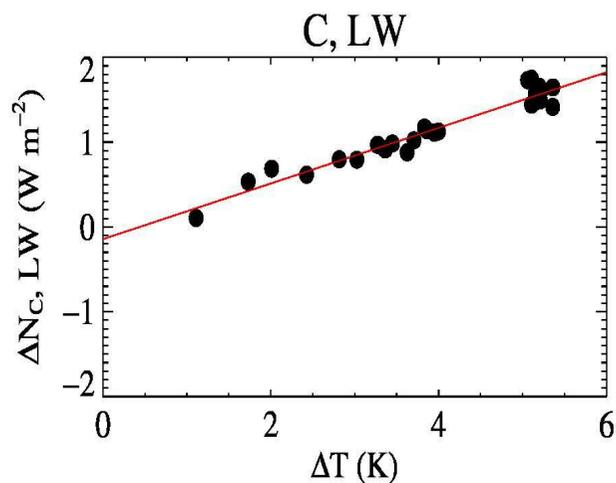
$$= \Delta N_i = -\lambda_i \Delta T$$

$$= \Delta N_{ij} = -\lambda_{ij} \Delta T^2$$

# Ajustements stratosphérique et troposphérique, Résultats.

Trop		$F+T_{\text{STRATO}}$	$O_3$	$T_{\text{TROPO}}$	W	A	C	TOTAL	Effectif
	F ( $W m^{-2}$ )	8.34	-0.43	-0.36	-0.63	-0.18	0.63	7.4	7.4
	$\lambda$ ( $W m^{-2} K^{-1}$ )	0.00	0.00	-3.87	2.14	0.46	0.17	-1.10	-1.10

TOA		$F+T_{\text{STRATO}}$	$O_3$	$T_{\text{TROPO}}$	W	A	C	TOTAL	<u>Effectif</u>
	F ( $W m^{-2}$ )	6.86	0.44	-0.41	-0.04	-0.18	0.64	7.3	7.3
	$\lambda$ ( $W m^{-2} K^{-1}$ )	0.17	0.05	-3.6	1.69	0.45	0.16	-1.08	-1.06

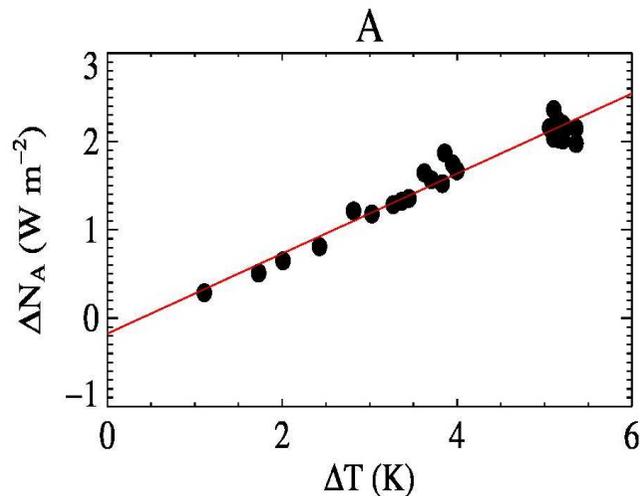


Nuages.

# Ajustements stratosphérique et troposphérique, Résultats.

Trop		$F+T_{\text{STRATO}}$	$O_3$	$T_{\text{TROPO}}$	W	A	C	TOTAL	Effectif
	F ( $W m^{-2}$ )	8.34	-0.43	-0.36	-0.63	-0.18	0.63	7.4	7.4
	$\lambda$ ( $W m^{-2} K^{-1}$ )	0.00	0.00	-3.87	2.14	0.46	0.17	-1.10	-1.10

TOA		$F+T_{\text{STRATO}}$	$O_3$	$T_{\text{TROPO}}$	W	A	C	TOTAL	<u>Effectif</u>
	F ( $W m^{-2}$ )	6.86	0.44	-0.41	-0.04	-0.18	0.64	7.3	7.3
	$\lambda$ ( $W m^{-2} K^{-1}$ )	0.17	0.05	-3.6	1.69	0.45	0.16	-1.08	-1.06

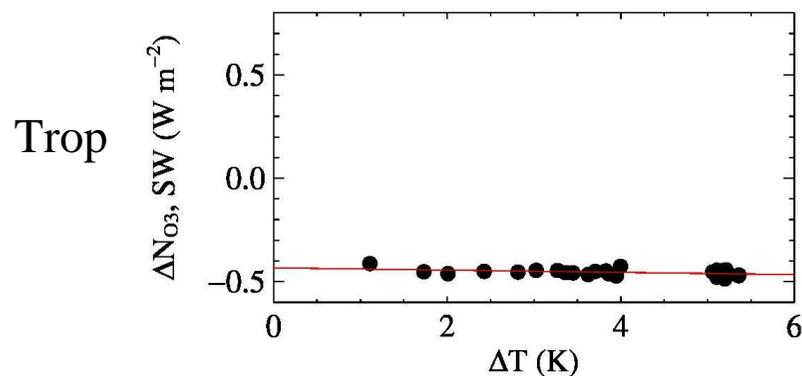
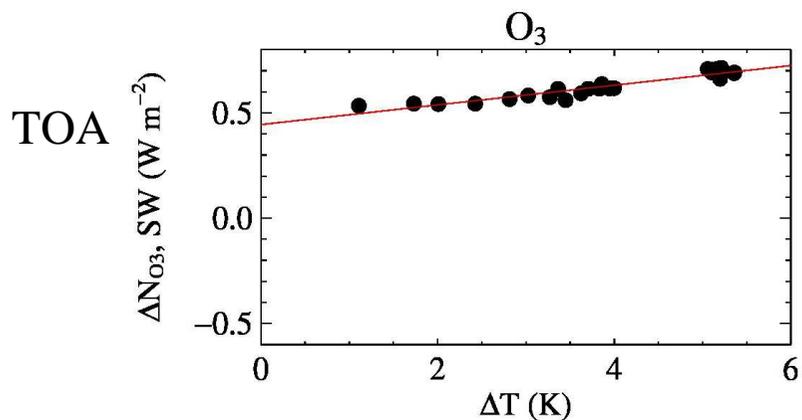


Albédo de surface.

# Ajustements stratosphérique et troposphérique, Résultats.

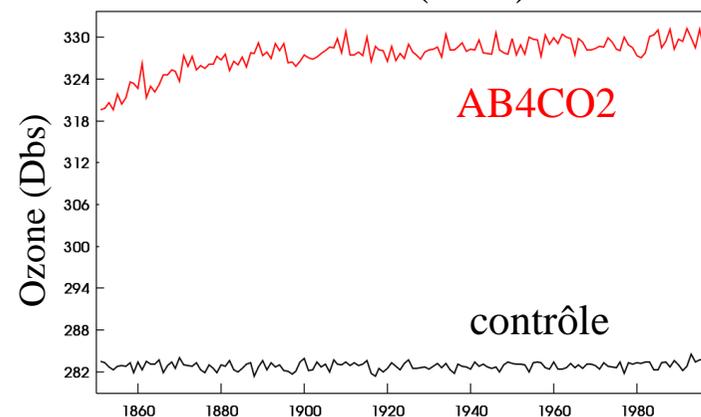
Trop	F+T <sub>STRATO</sub>	O <sub>3</sub>	T <sub>TROPO</sub>	W	A	C	TOTAL	Effectif
F (W m <sup>-2</sup> )	8.34	-0.43	-0.36	-0.63	-0.18	0.63	7.4	7.4
λ (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	0.00	0.00	-3.87	2.14	0.46	0.17	-1.10	-1.10

TOA	F+T <sub>STRATO</sub>	O <sub>3</sub>	T <sub>TROPO</sub>	W	A	C	TOTAL	Effectif
F (W m <sup>-2</sup> )	6.86	0.44	-0.41	-0.04	-0.18	0.64	7.3	7.3
λ (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	0.17	0.05	-3.6	1.69	0.45	0.16	-1.08	-1.06



Ozone

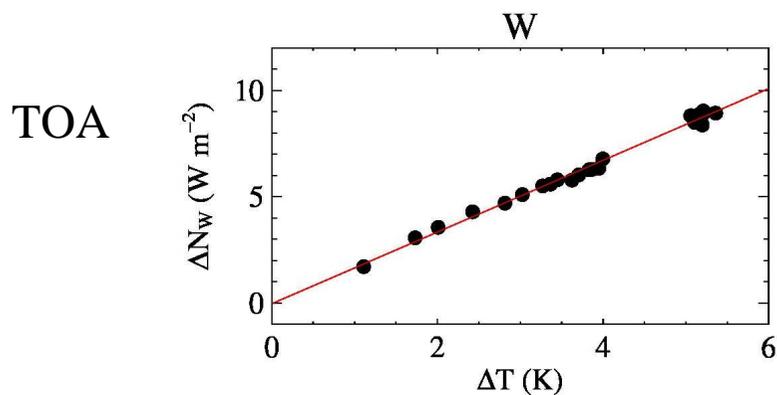
Ozone (Dbs)



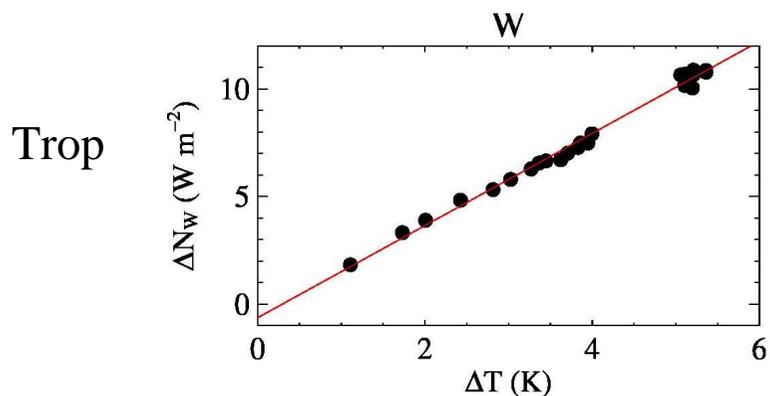
# Ajustements stratosphérique et troposphérique, Résultats.

	F+T <sub>STRATO</sub>	O <sub>3</sub>	T <sub>TROPO</sub>	W	A	C	TOTAL	Effectif	
Trop									
	F (W m <sup>-2</sup> )	8.34	-0.43	-0.36	-0.63	-0.18	0.63	7.4	7.4
	λ (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	0.00	0.00	-3.87	2.14	0.46	0.17	-1.10	-1.10

	F+T <sub>STRATO</sub>	O <sub>3</sub>	T <sub>TROPO</sub>	W	A	C	TOTAL	Effectif	
TOA									
	F (W m <sup>-2</sup> )	6.86	0.44	-0.41	-0.04	-0.18	0.64	7.3	7.3
	λ (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	0.17	0.05	-3.6	1.69	0.16	-1.08	-1.06	-1.06

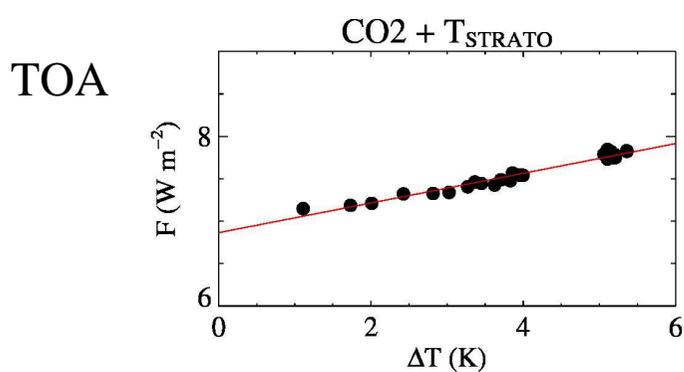
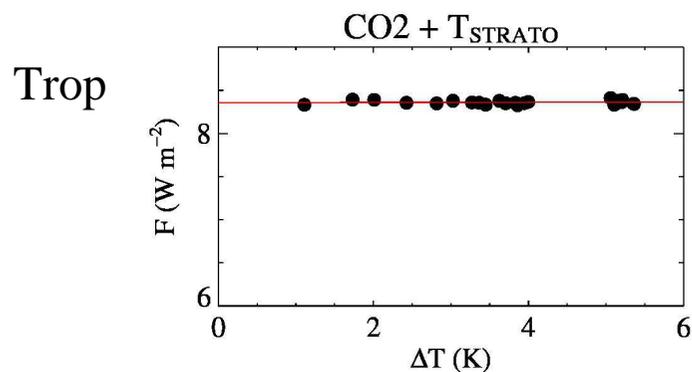


Vapeur d'eau



# Ajustements stratosphérique et troposphérique, Résultats.

	$F+T_{STRATO}$	$O_3$	$T_{TROPO}$	W	A	C	TOTAL	Effectif
Trop								
	$F (W m^{-2})$	8.34	-0.43	-0.36	-0.63	-0.18	0.63	7.4
	$\lambda (W m^{-2} K^{-1})$	0.00	0.00	-3.87	2.14	0.46	0.17	-1.10
TOA								
	$F (W m^{-2})$	6.86	0.44	-0.41	-0.04	-0.18	0.64	7.3
	$\lambda (W m^{-2} K^{-1})$	0.17	0.05	-3.6	1.69	0.45	0.16	-1.08



CO2 et Température

