

Bilan hydrique et croissance des arbres
exemple du réseau RENECOFOR

Objectifs :

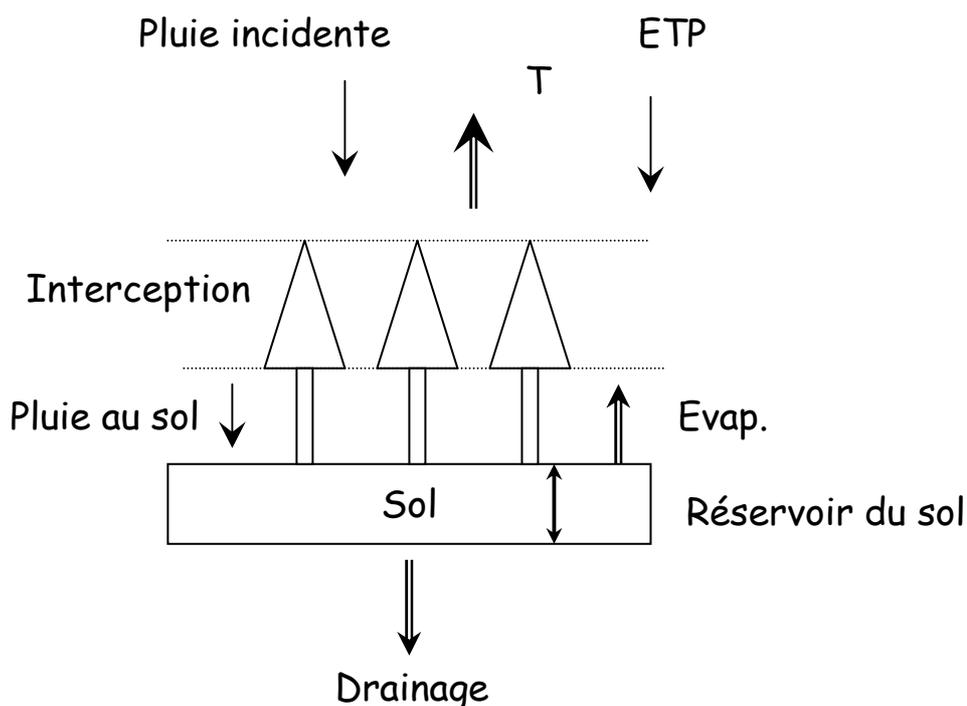
- Indices de contraintes en eau des peuplements
- Expliquer les variations inter-annuelles de croissance radiale
 - Années caractéristiques
 - Comportement moyen
- Régionaliser les relations cerne-climat

Bilan hydrique et croissance des arbres

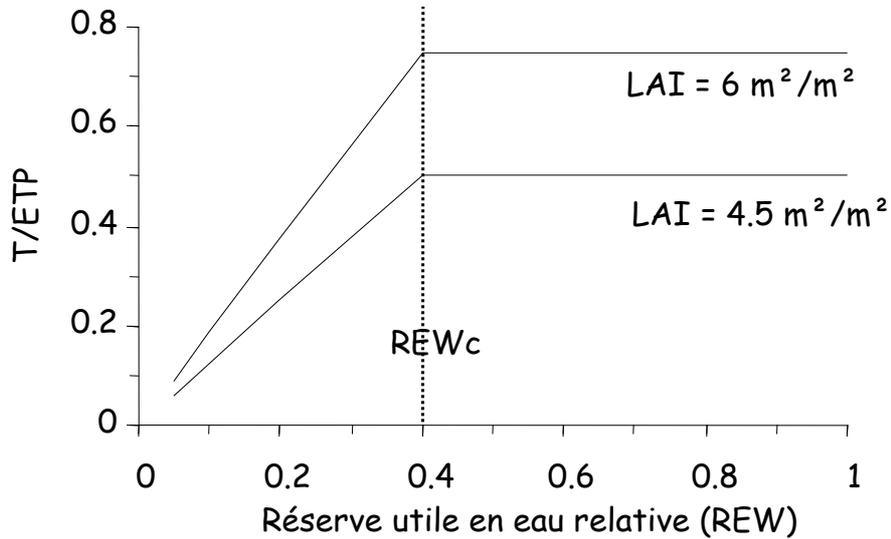
Définition : un modèle de bilan hydrique estime l'évolution au cours du temps de la réserve en eau du sol (Choisnel 1992)

Intérêts : approche écophysiological fonctionnelle...

- prise en compte de l'interception des pluies par le couvert
- prise en compte du couplage transpiration - conditions atmosphériques et de la régulation des pertes (régulation stomatique)
- phénologie

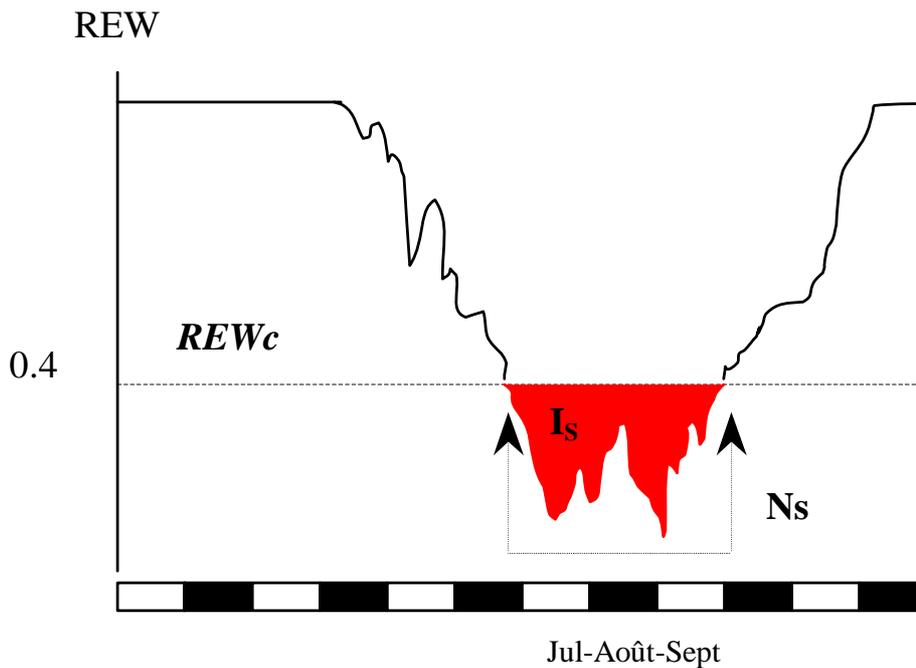


Bilan hydrique et croissance des arbres



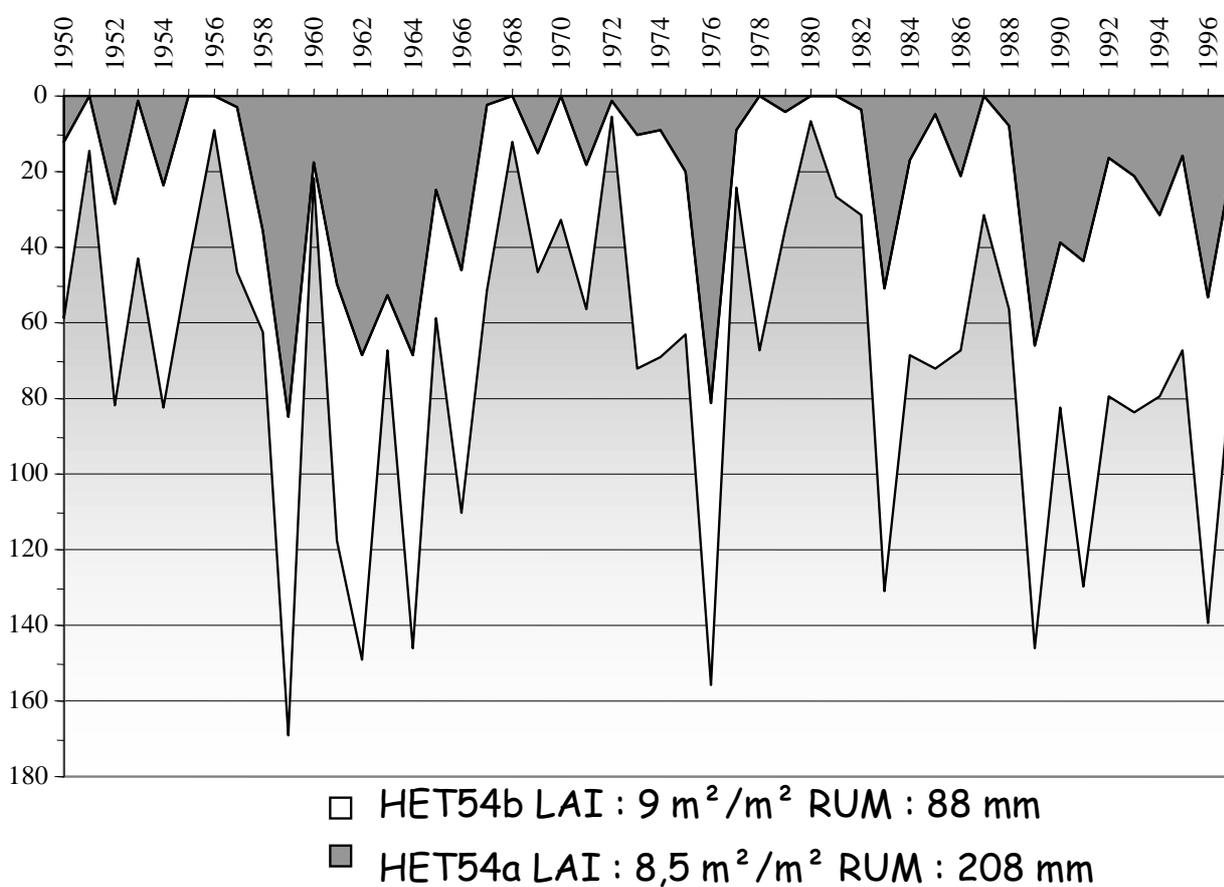
$$REW = (R_j - RU_{\min}) / (RU_{\max} - RU_{\min})$$

- > 40% => $T = f(LAI, ETP) = \text{cste}$
 - < 40% => régulation stomatique
- } Nouvelle réserve



Bilan hydrique et croissance des arbres

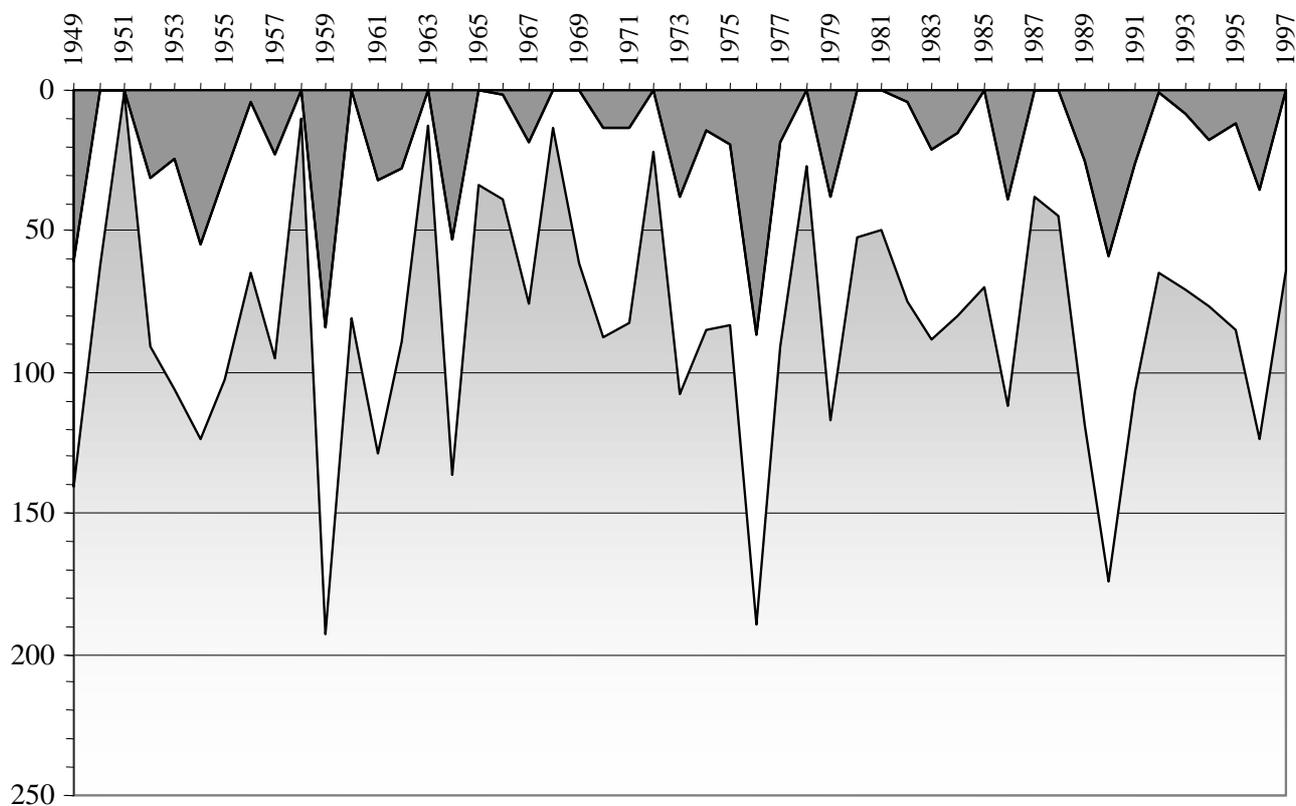
Effet de la RUM sur les contraintes en eau



Tomblaine	Année	Mai-Sept
P	760 mm	335 mm
T	9.4 °C	15.8 °C

Bilan hydrique et croissance des arbres

Effet de la RUM sur les contraintes en eau



- HET60 LAI : $9,2 \text{ m}^2/\text{m}^2$ RUM : 110 mm
- HET02 LAI : $10,2 \text{ m}^2/\text{m}^2$ RUM : 274 mm

Bonneuil	Année	Mai-Sept
P	647 mm	280 mm
T	10.8 °C	16.4 °C

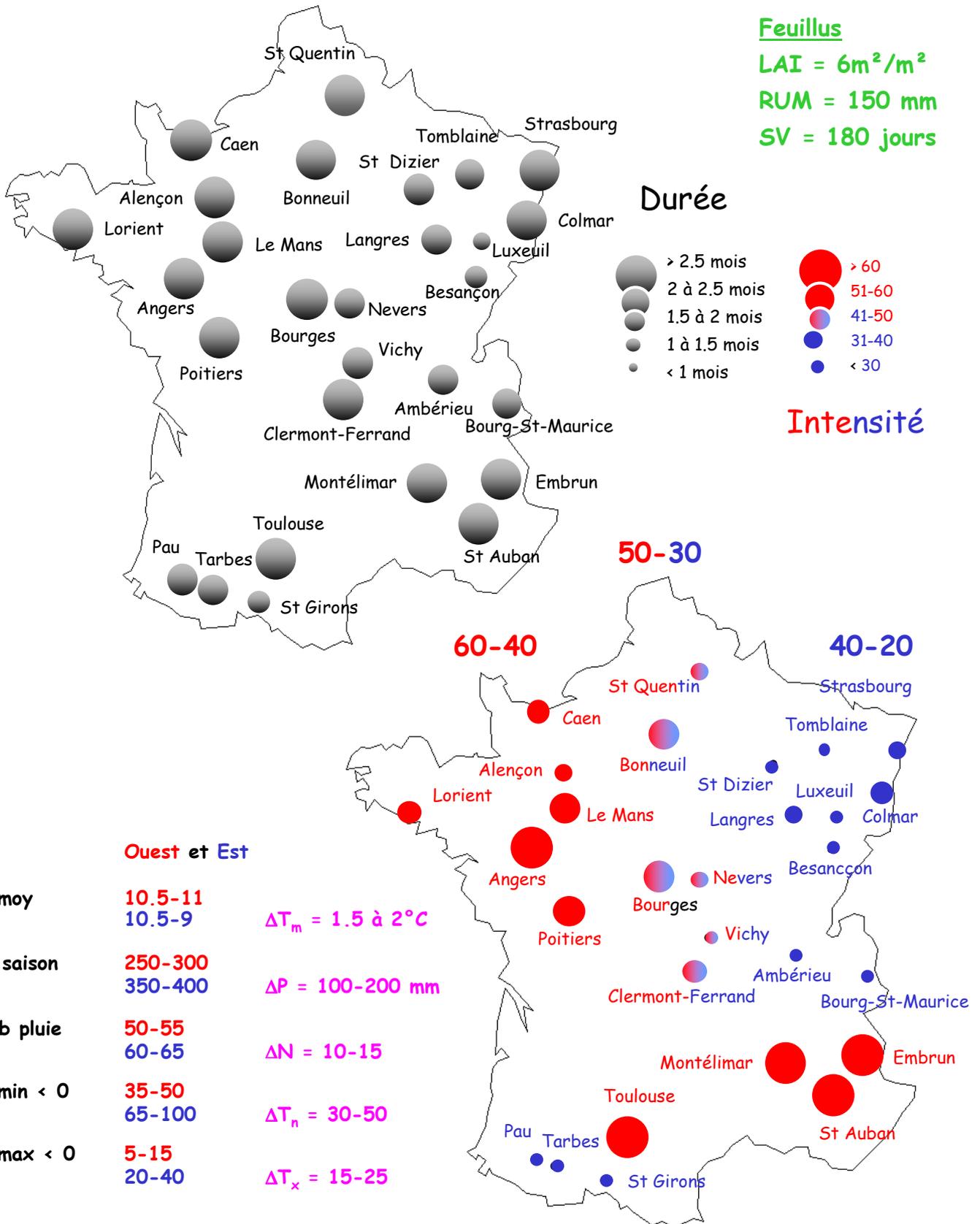
Durée et intensité des contraintes en eau

Feuillus

LAI = 6m²/m²

RUM = 150 mm

SV = 180 jours

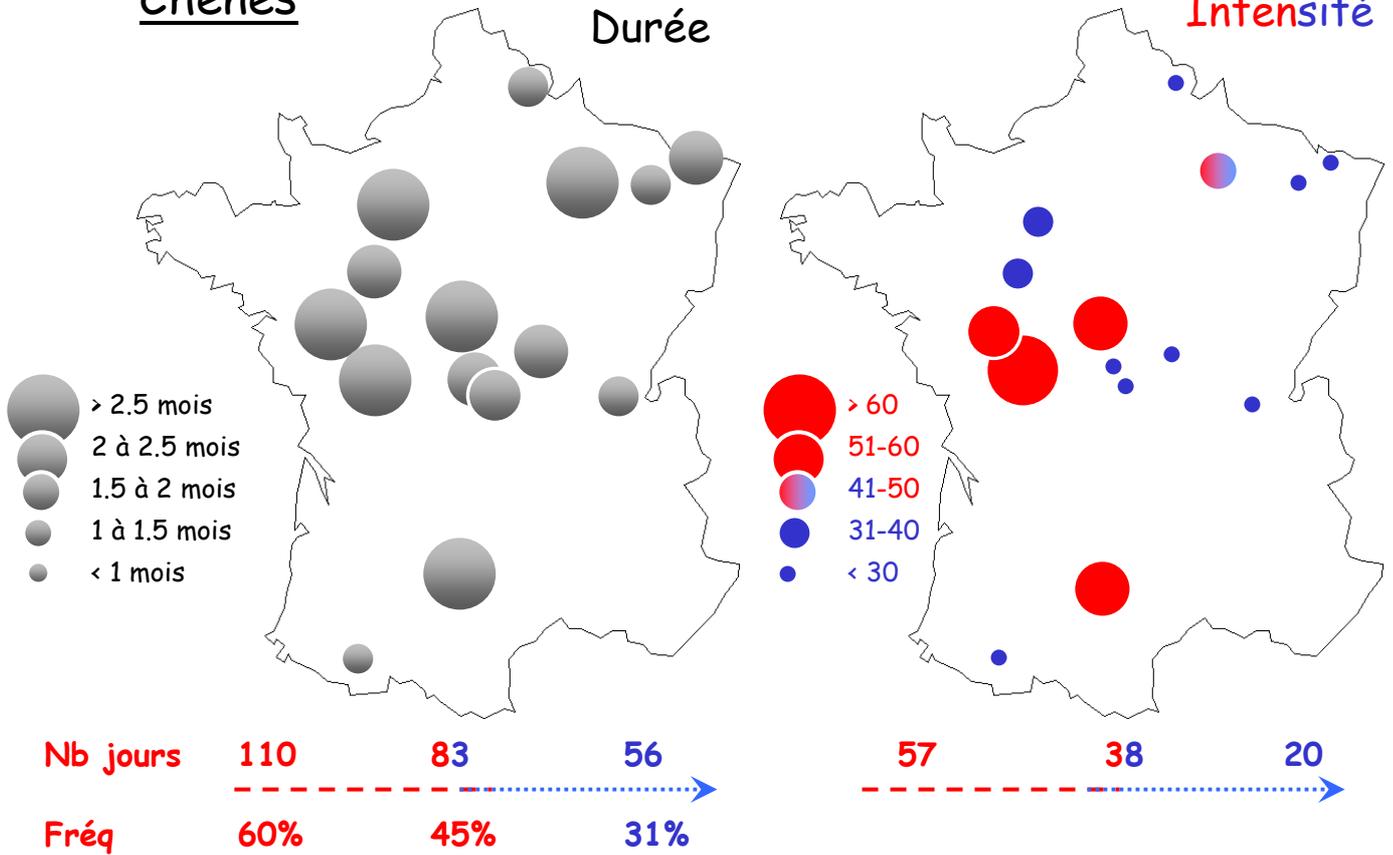


Durée et intensité des contraintes en eau

Chênes

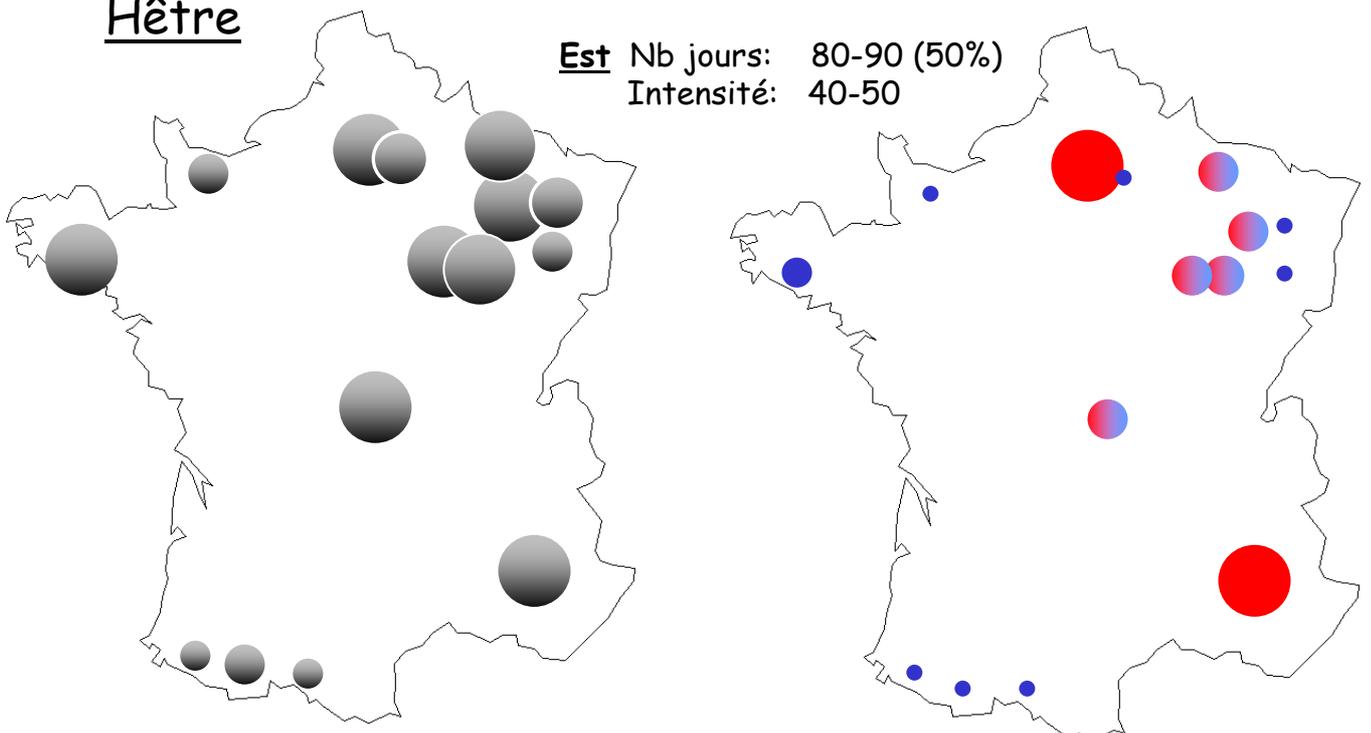
Durée

Intensité



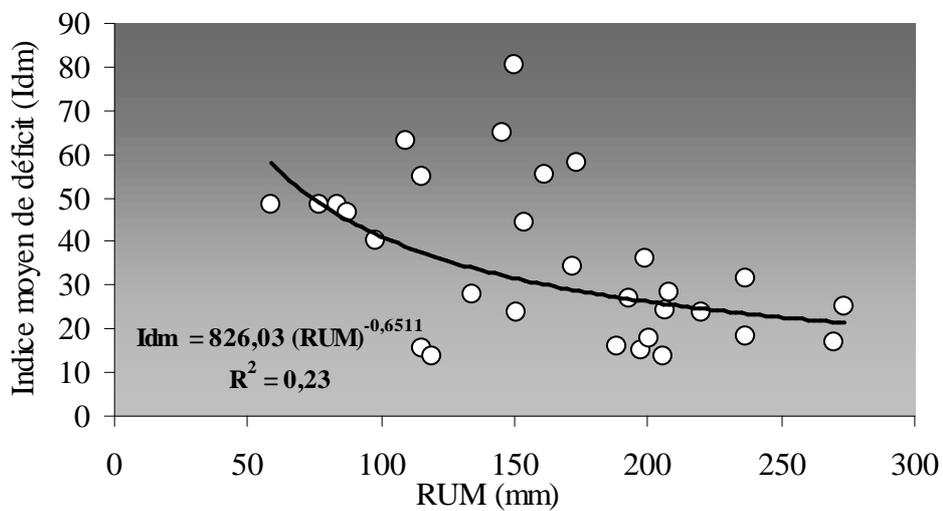
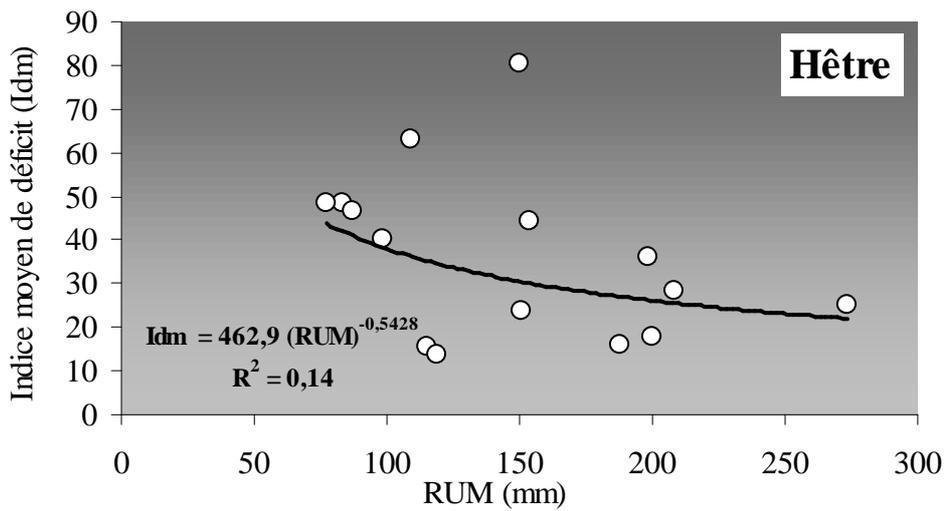
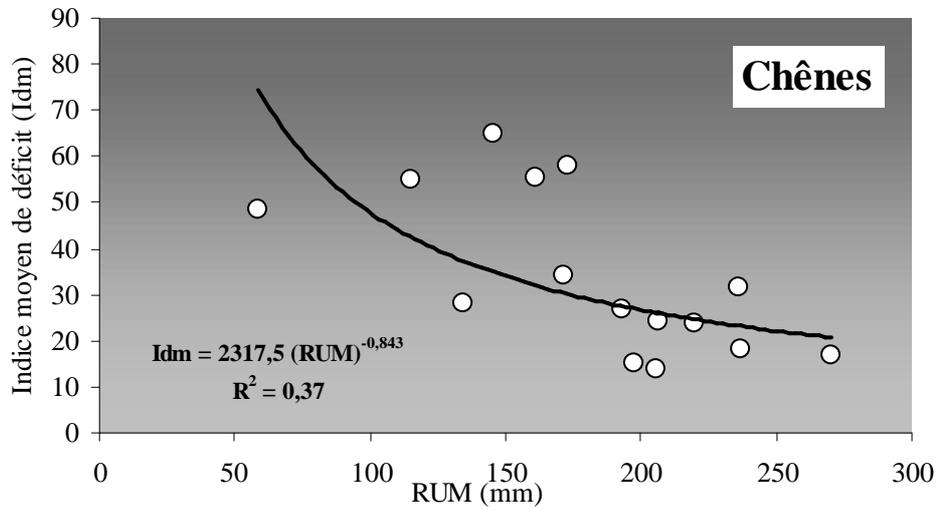
Hêtre

Est Nb jours: 80-90 (50%)
Intensité: 40-50

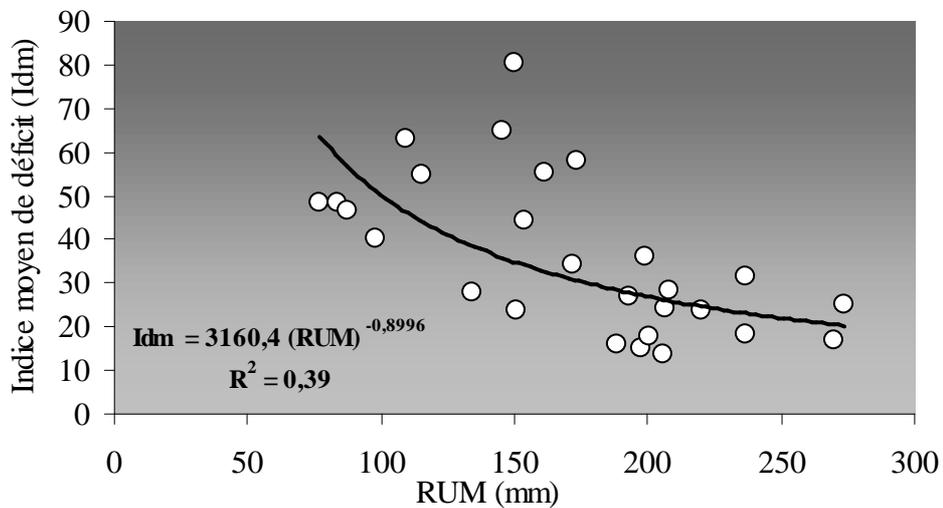
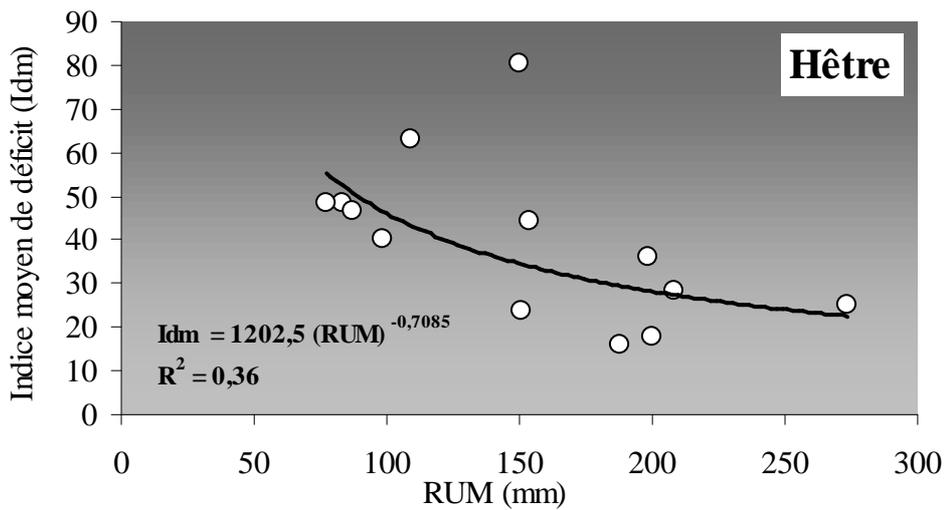
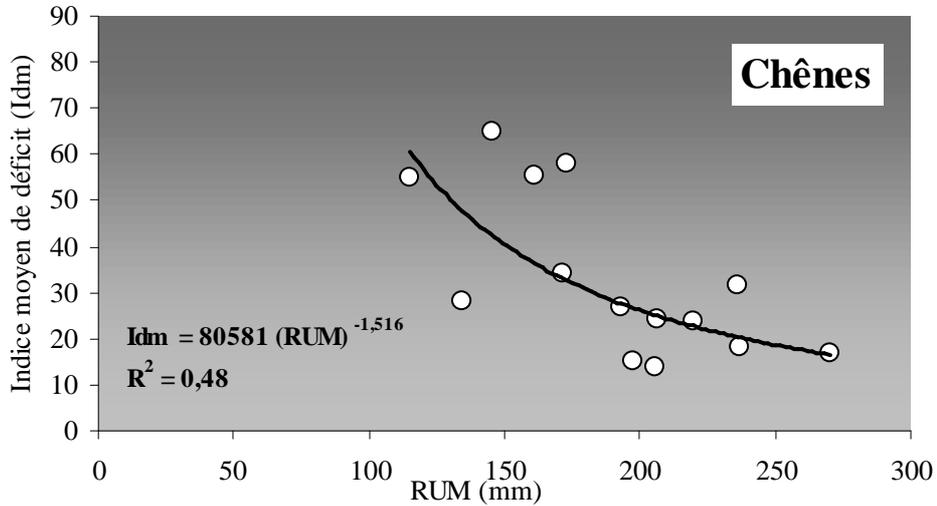


Durée et intensité des contraintes en eau

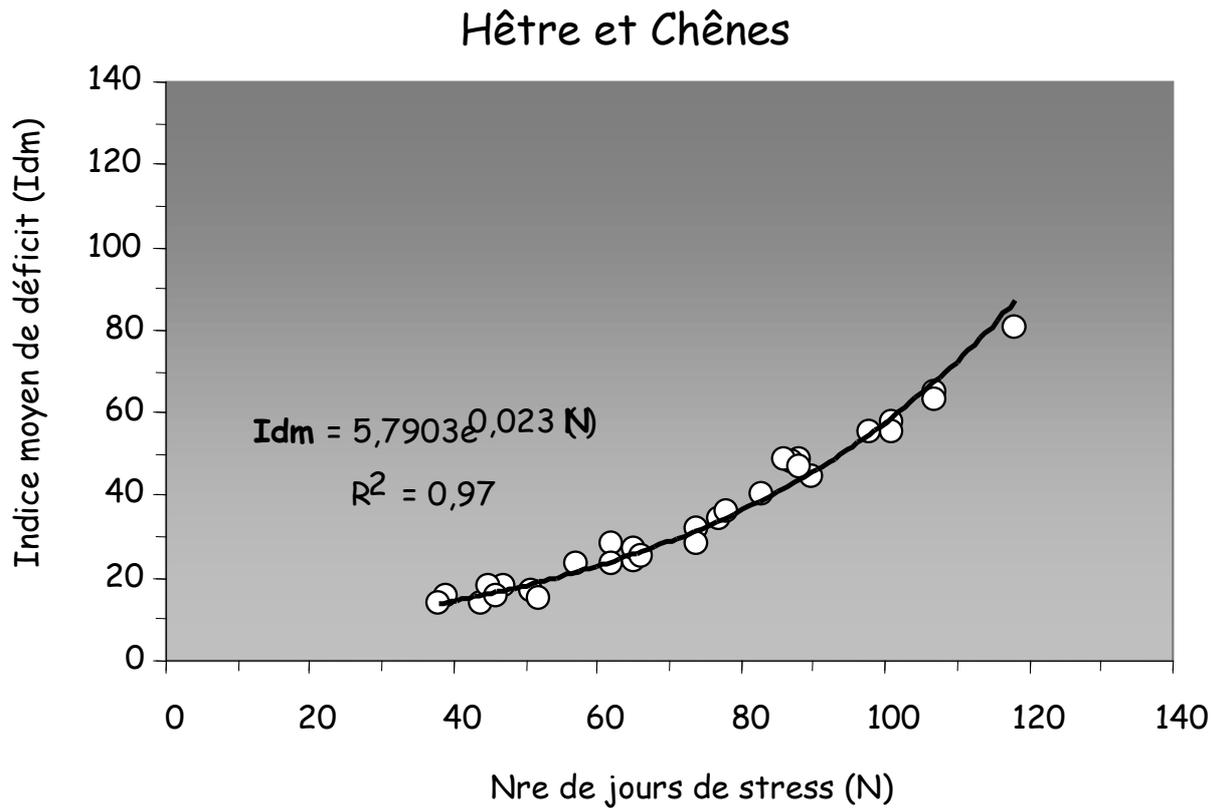
Relation avec la RUM



Durée et intensité des contraintes en eau
Relation avec la RUM



Durée et intensité des contraintes en eau
Relation Indice de déficit et Nombre de jours de stress



Années caractéristiques

Définition :

Une année n est caractéristique quand la différence de croissance avec l'année précédente ($n-1$) est au moins égale à 10% et que 75% des arbres présentent le même comportement pour l'année n considérée (minimum = 30 arbres)



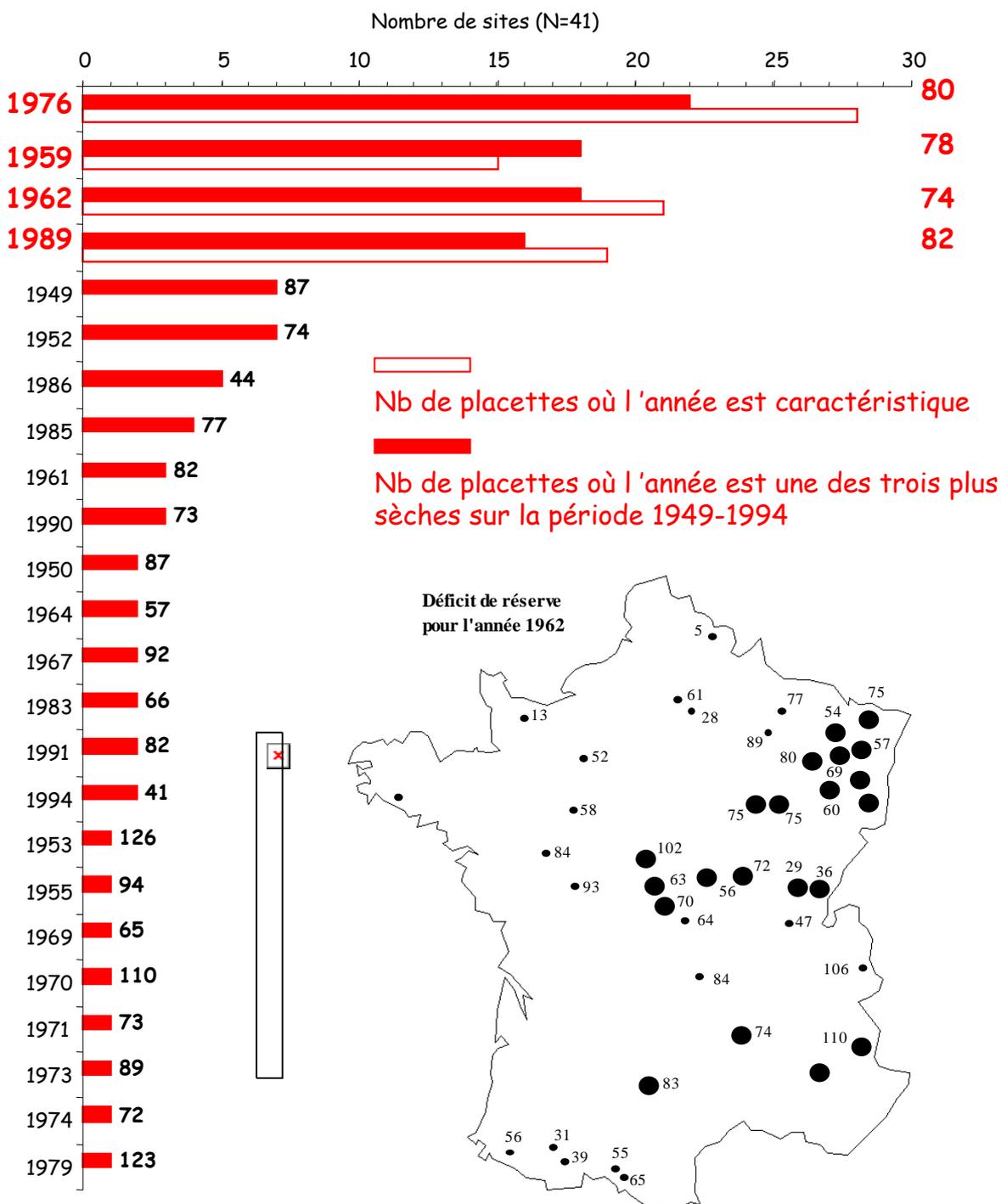
Événements extrêmes (rares)

Facteurs limitants majeurs

Années caractéristiques

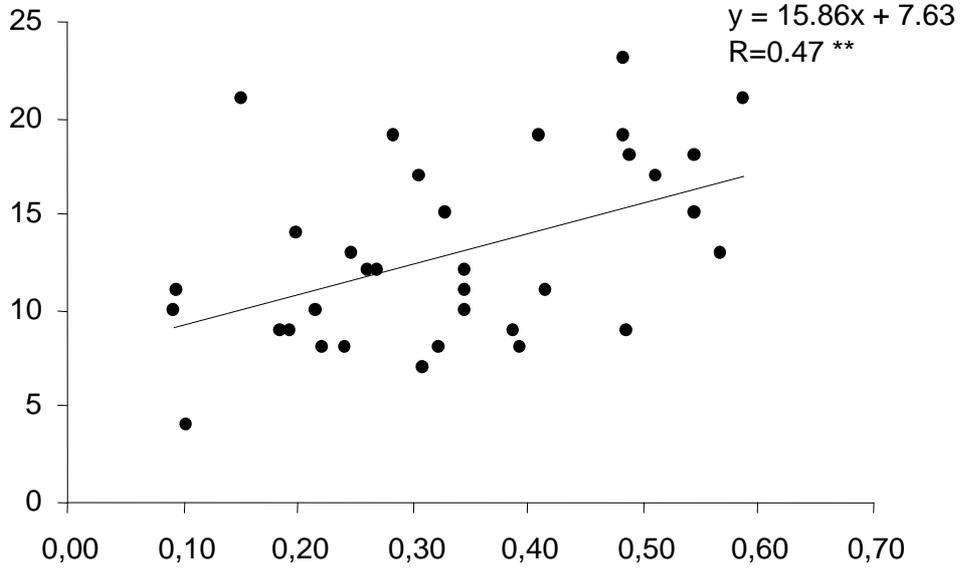
Période étudiée : 1949-1994

41 peuplements, 5 espèces (CHP, CHS, HET, EPC, SP), 1219 arbres

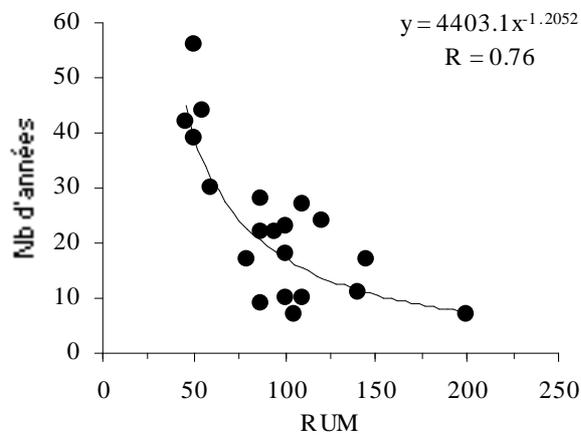


Années caractéristiques

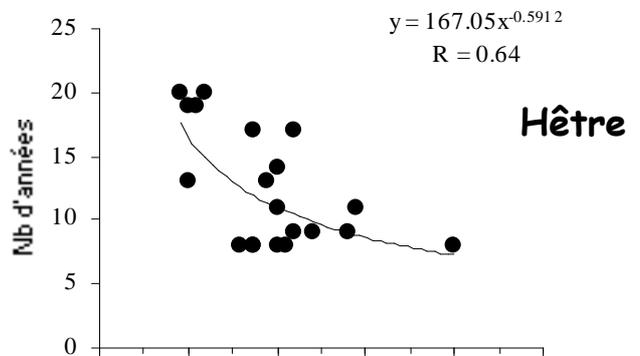
Nb total d'années caractéristiques (période 1949-1994, toutes espèces)



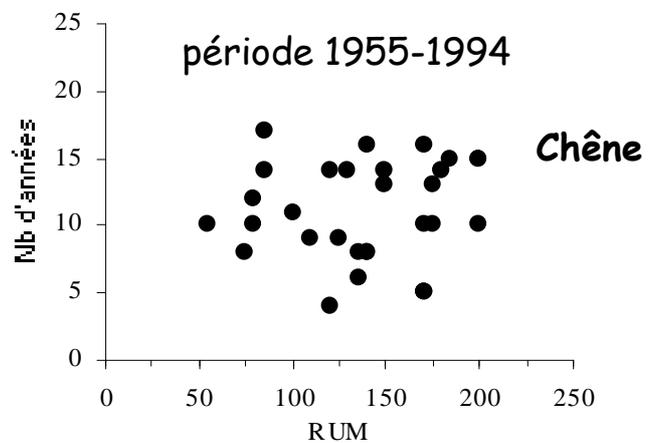
Fréquence des jours de déficit hydrique sur l'année



Hêtre (N=20 sites ; 598 arbres)

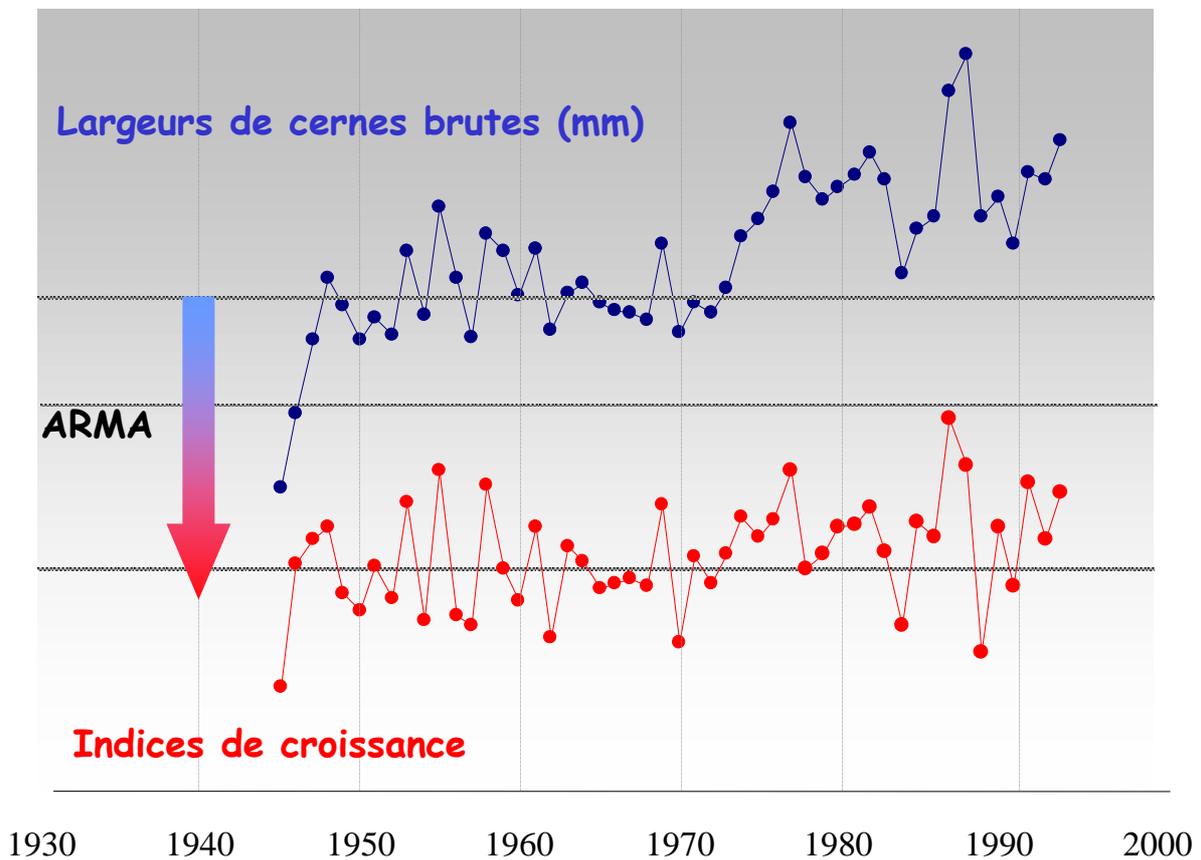


Hêtre



Chêne

Standardisation des données brutes



ARMA = Auto Regressive Moving Average processes

=> autocorrelation des largeurs de cernes

=> moyenne mobile

=> conservation du signal haute-fréquence

**Simple corrélations et fonctions de réponse
(réponse linéaire moyenne cerne-climat)**

**Variables à expliquer = dépendante
=> Indices de croissance**

**Variables explicatives
=> Les paramètres climatiques**

 **Approche classique mensuelle**

O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Année n-1 Année n

24 paramètres climatiques par an

- 12 T + 12 P
- Tmin + P
- Tmax + P

 **Approche journalière Bilan hydrique**

- un indice de stress annuel => corrélations simples
- indices mensuels + températures
 - 6 indices (mai à oct) + 12 Tmin
 - 6 indices (mai à oct) + 12 Tmax

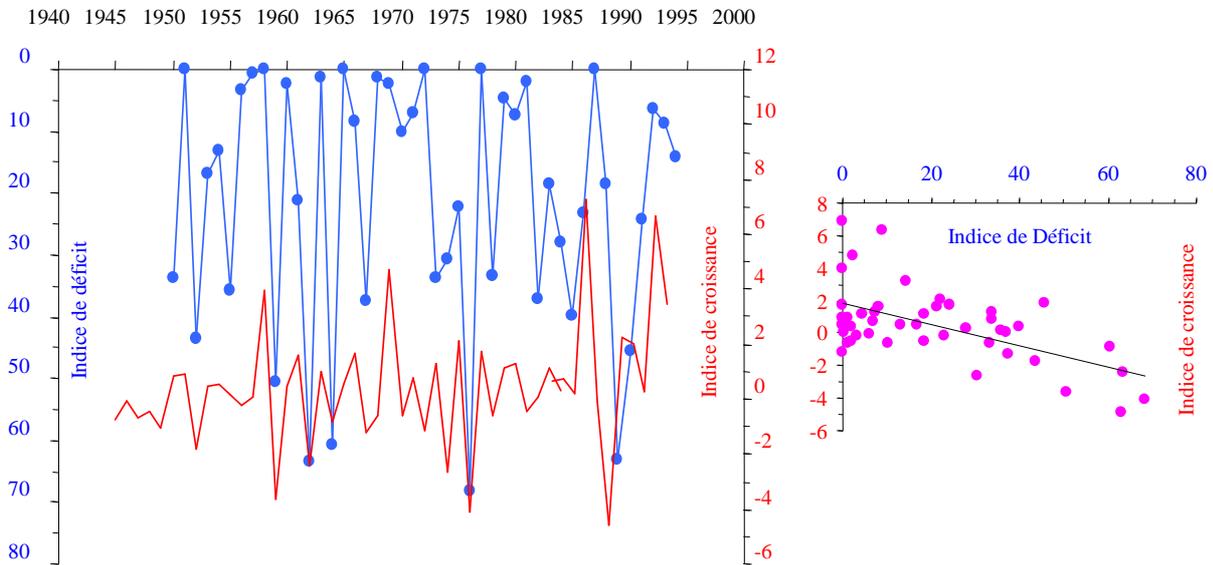
Indice de stress annuel et croissance

- Corrélations significatives pour 24 des 41 peuplements

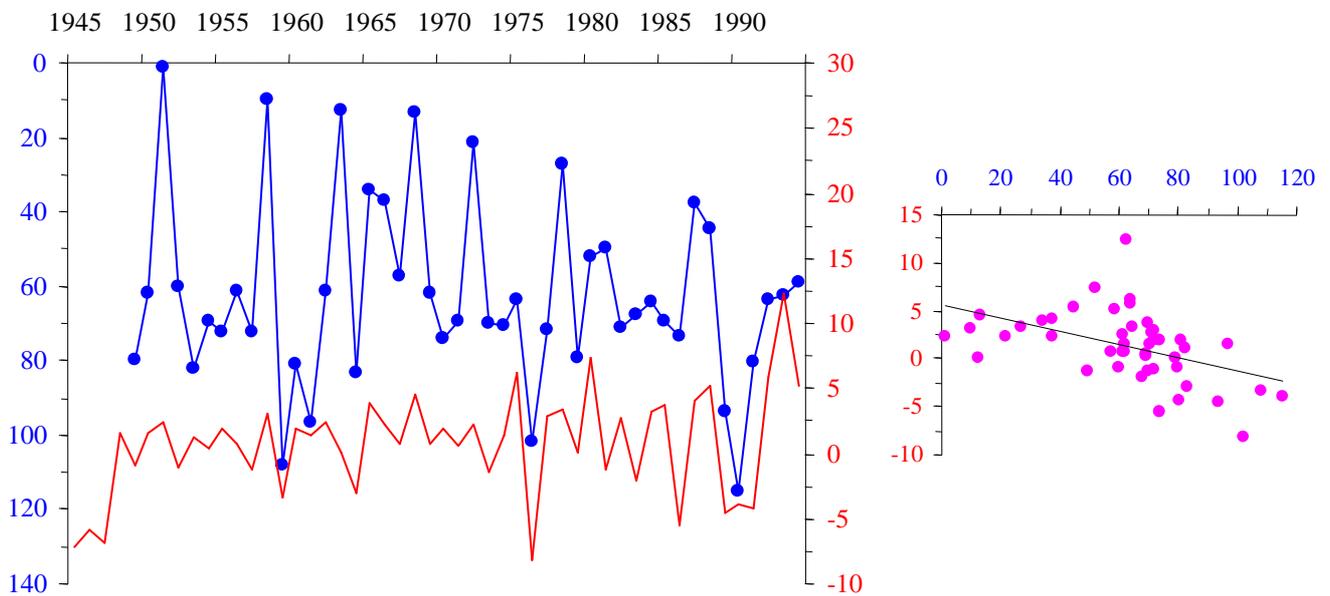
• Chênes	9 sur 15	$r^2 = 10$ à 34%
• Hêtre	12 sur 15	$r^2 = 12$ à 38%
• Epicéa	3 sur 5	$r^2 = 13$ à 19%
• Sapin pectiné	0 sur 6	$r^2 =$

- Pour 15 des 24 peuplements présentant une corrélation significative, la relation est meilleure avec les indices calculés à partir des surfaces de cernes annuels (cm^2)

Indices de stress annuels et croissance

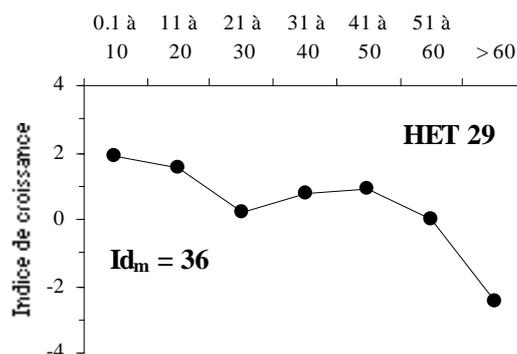
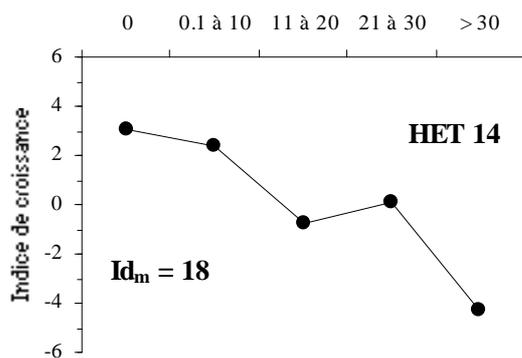
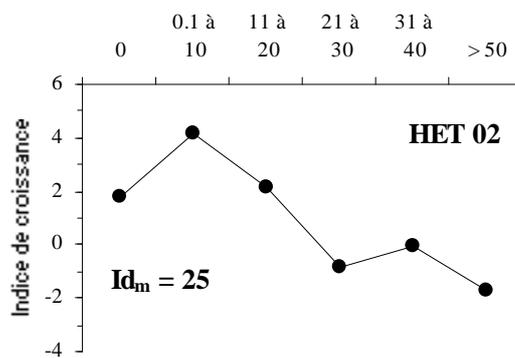
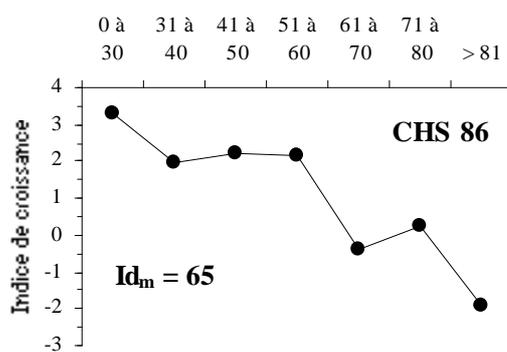
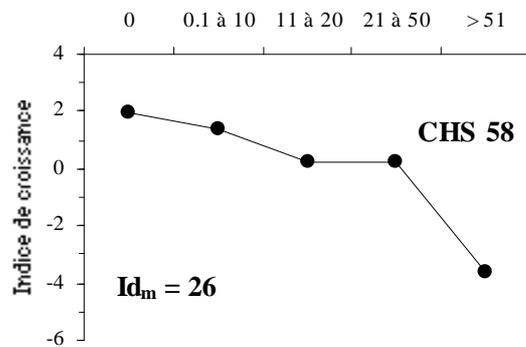
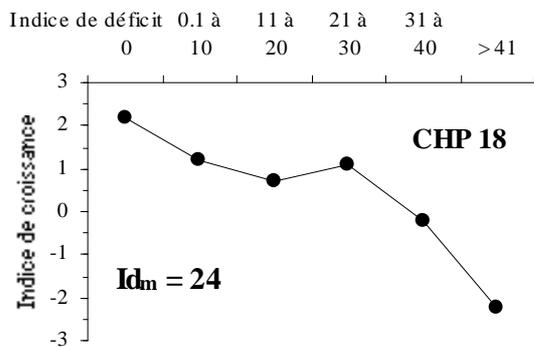


CHP 18 (Verneuil) $r^2 = 0.34$ ***

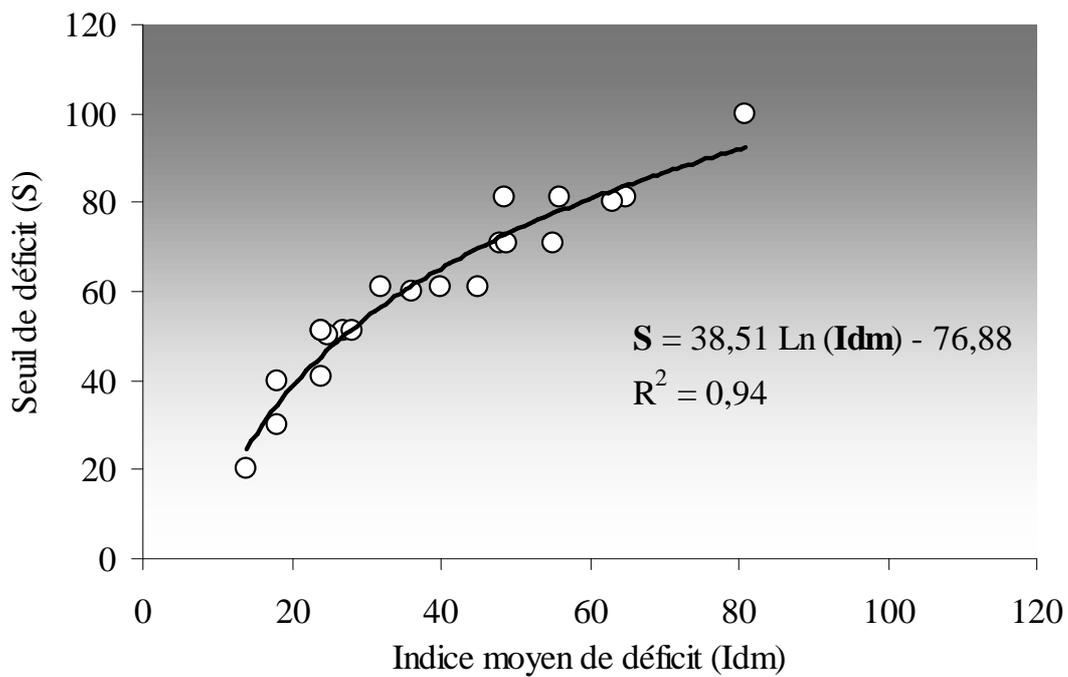
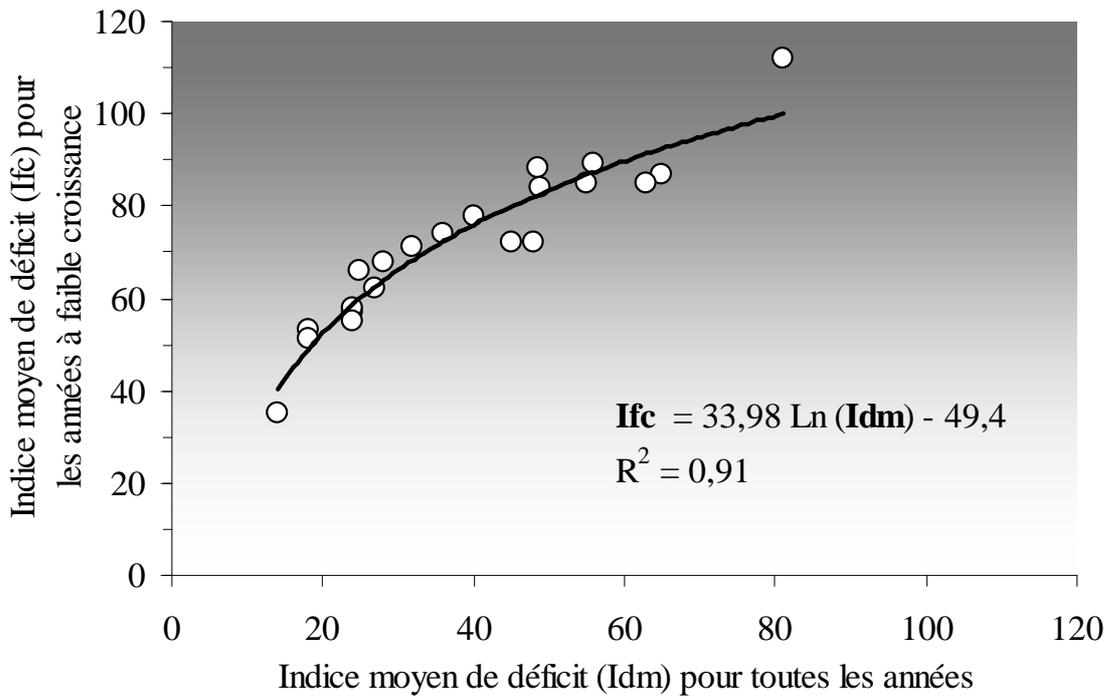


HET 60 (Compiègne) $r^2 = 0.23$ **

Indices de stress annuels et croissance



Indices de stress annuels et croissance



Bilan hydrique et croissance des arbres (RENECOFOR)

Indices de stress mensuels et croissance

Résultats des fonctions de réponse pour les chênes

Placette	Période	Indice de déficit					Température										r	RMV	N	S/N					
		M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J					A	S	O		
CHP 18	1950-94	.	.	-3	-3	-4	-2	-3	0,535	2,66	5	3,00
		.	.	-3	-2	-4	-1	1	.	.	0,404	1,83	5	2,20
CHP 49	1950-94	1	1	3	0,158	0,69	3	1,67	
		-3	0,180	0,87	1	3,00	
CHP 59	1949-94	2	-0,015	-0,08	1	2,00	
		-0,064	-0,29			
CHP 65	1956-94	-1	.	.	.	-2	-0,063	-0,24	2	1,50	
		-0,219	-0,96			
CHS 01	1950-94	2	0,142	0,58	1	2,00	
		-2	.	4	0,202	0,79	2	3,00	
CHS 03	1952-94	.	.	-3	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	0,416	1,55	4	1,50
		.	-1	-3	-1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	0,227	0,64	4	1,50
CHS 18	1950-94	.	-2	-2	-3	.	.	.	2	1	.	.	.	.	2	.	.	.	.	0,355	1,79	6	2,00
		.	-2	.	-3	.	.	.	3	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	0,170	0,94	4	2,25
CHS 51	1962-94	.	-3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,044	0,14	1	3,00
		-1	-3	.	.	.	-1	.	2	.	.	-1	.	.	.	.	.	2	.	0,317	1,49	6	1,67
CHS 57a	1950-94	.	.	.	-1	-3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4*	.	0,346	1,96	3	2,67
						
CHS 57b	1950-94	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-0,032	-0,13		
		.	.	.	.	.	.	-1	1	.	.	-2	.	.	1	.	.	.	.	0,047	0,19	4	1,25
CHS 58	1952-94	.	.	-2	-1	.	.	.	2	.	.	2	.	.	1	.	.	.	0,216	0,69	5	1,60			
		.	.	-1	-1	-2	.	.	3	.	.	.	.	.	1	.	.	.	0,220	0,66	5	1,60	
CHS 61	1949-94	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-0,118	-0,48	1	2,00
		.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,023	0,09	1	2,00
CHS 72	1949-94	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	0,253	1,07	2	1,50	
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,176	0,72		
CHS 81	1949-94	.	-1	.	.	.	.	.	.	2	.	1	.	.	.	.	.	.	0,027	0,15	3	1,33	
		.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	2	.	2	.	-1	.	.	0,166	0,92	4	1,75	
CHS 86	1949-94	.	-2	-2	.	-1	.	1	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	0,305	1,73	6	1,50	
		.	-2	-1	-1	-3	-2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,023	0,08	5	1,80

Bilan hydrique et croissance des arbres (RENECOFOR)

Indices de stress mensuels et croissance

Résultats des fonctions de réponse pour les hêtres

Placette	Période	Indice de déficit					Température										r	RMV	N	S/N			
		M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J					A	S	O
HET 02	1949-94				-1			3				-1								0,131	0,58	3	1,67
								1				3								0,321	1,50	2	2,00
HET 03	1950-94			-3															0,302	1,84	1	3,00	
			-1	-4			-1		4											0,479	3,13	4	2,50
HET 04	1968-94				-2							1							0,115	0,54	2	1,50	
						-1														-0,051	-0,14	1	1,00
HET 09	1956-94							1				3							0,259	1,14	2	2,00	
			-1									-3	2	-1					0,264	1,28	4	1,75	
HET 14	1952-94				-4	-1					1								0,206	0,53	3	2,00	
						-4	-2												0,098	0,22	2	3,00	
HET 21	1956-94		-2	-3															0,166	0,59	2	2,50	
				-1	-2														0,197	0,61	2	1,50	
HET 29	1965-94					-2													-0,090	-0,29	1	2,00	
							-2												0,005	0,02	1	2,00	
HET 52	1956-94		-1	-2															0,218	0,78	2	1,50	
					-2			2	1										0,258	1,04	3	1,67	
HET 54a	1950-94			-1	-2	-2												2*	0,348	1,26	4	1,75	
HET 54b	1950-94		-3	-2															0,163	0,81	2	2,50	
HET 55	1962-94		-1									-1	1						0,301	1,46	3	1,00	
				-1															0,199	0,87	1	1,00	
HET 60	1949-94		-1	-2				2	1										0,349	1,72	4	1,50	
				-3	-2			2	1	2									0,498	2,95	5	2,00	
HET 64	1955-94			-1								-1							0,140	0,51	2	1,00	
					-1							3							0,032	0,11	2	2,00	
HET 65	1956-94						2	1						-2	1				0,308	1,62	4	1,50	
									1					-1					0,138	0,70	2	1,00	
HET 88	1956-94		-1		-1	1			1										0,460	1,65	4	1,00	
				-2		-1	-1			2									0,341	1,28	4	1,50	

HET 02

RUM = 274 mm

HET 60

RUM = 110 mm

HET 54a

RUM = 208 mm

HET 54b

RUM = 88 mm

Bilan hydrique et croissance des arbres (RENECOFOR)

Indices de stress mensuels et croissance

Résultats des fonctions de réponse pour les résineux

Placette	Période	Indice de déficit						Température minimale										r	RMV	N	S/N			
		M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A					S	O	
EPC 39a	1949-94			3	-3							3									0,172	0,85	3	3,00
					3	-2						3										0,219	1,12	3	2,67
EPC 39b	1949-94		1				1			-2	2										0,106	0,64	4	1,50
			1								3										0,161	0,91	2	2,00
EPC 71	1952-94		-3	-2									2								0,423	2,26	3	2,33
			-2	-2																	0,216	0,96	2	2,00
EPC 73	1960-94						-1								2	1	-2				0,262	1,15	4	1,50
							-2										1				0,004	0,02	2	1,50
EPC 88	1963-94																				0,030	0,10		
							-1														0,006	0,02	1	1,00
SP 05	1953-94		-3						2												0,201	0,92	2	2,50
			-1	-3				3				2	2								0,231	0,91	5	2,20
SP 07	1956-94					3	2				4					1					0,352	1,57	4	2,50
			-1			3	3				3					1					0,325	1,51	5	2,20
SP 09	1956-94							2			1	1									0,129	0,46	3	1,33
			-1								3	2	1								0,111	0,40	4	1,75
SP 57	1950-94		-1						1		2								1		0,275	1,22	4	1,25
										2	1								2		0,364	1,69	3	1,67
SP 63	1949-94		-1				2		1	3					-1						0,215	0,92	5	1,60
									1	3											0,103	0,54	2	2,00
SP 68	1963-94		-3				1				2										0,335	1,54	3	2,00
			-3								1								2		0,307	1,19	3	2,00

Indices de stress mensuels et croissance

**Résultats des fonctions de réponse
avec des arrière-effets du bilan hydrique**

Placette	Période	Déficit (n-1)						Déficit (n)						r	RMV	N	S/N
		M	J	J	A	S	O	M	J	J	A	S	O				
CHP 18	1951-94							-3	-4	-2		-2	0,487	2,79	7	1,57	
CHS 03	1953-94												0,336	1,19	3	2,67	
CHS 18	1951-94				1								0,367	1,68	2	2,00	
CHS 51	1963-94							-1	-2				0,072	0,25	2	1,50	
CHS 57a	1951-94												0,170	0,87	1	2,00	
CHS 58	1953-94												0,041	0,10	2	2,00	
CHS 86	1950-94												0,177	0,64	1	1,00	
Placette	Période	Déficit (n-1)						Déficit (n)						r	RMV	N	S/N
		M	J	J	A	S	O	M	J	J	A	S	O				
HET 03	1951-94													0,391	2,41	3	1,67
HET 04	1969-94				1									0,305	1,05	1	1,00
HET 14	1953-94												0,112	0,28	1	3,00	
HET 21	1957-94												0,554	2,40	4	3,25	
HET 29	1966-94												0,098	0,27	1	2,00	
HET 52	1957-94												0,573	3,76	5	3,00	
HET 54a	1951-94												0,351	1,55	1	1,00	
(mm)													0,503	2,96	5	2,40	
HET 54b	1951-94												0,247	1,32	2	2,00	
HET 55	1963-94												0,127	0,39	1	1,00	
HET 60	1950-94												0,480	2,40	4	2,00	
HET 64	1956-94												0,060	0,20	0	0,00	
HET 88	1957-94												0,288	0,85	2	1,50	

Indices de stress mensuels et croissance

Comparaison des coefficients de corrélation (r^2)
approche BH et approche mensuelle

