

LES PLUIES ET LEUR RÉPARTITION

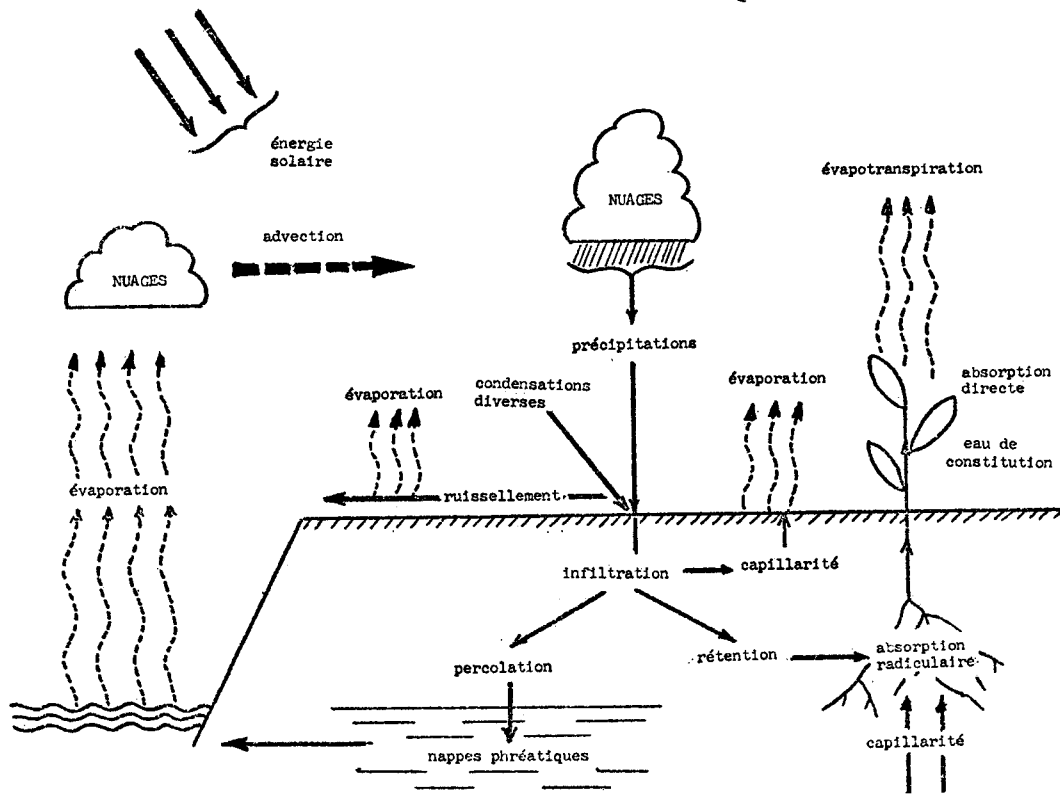
LES PRÉCIPITATIONS CONSTITUENT L'UNIQUE RESSOURCE HYDRIQUE DU COUVERT VÉGÉTAL, QU'ELLES SOIENT STOCKÉES DANS LES COUCHES SUPERFICIELLES DU SOL au moment où elles se produisent ou qu'elles approvisionnent en temps différé les rivières, les retenues superficielles (barrages, lacs collinaires) ou les systèmes aquifères dans lesquels est puisée l'eau nécessaire à l'irrigation. On peut négliger, en pratique, la participation tout à fait marginale des condensations directes : rosée, gelée blanche, dépôts de brouillard, qui, dans nos régions, sont en quasi-totalité évaporés sans transiter par les végétaux.

Alors que les besoins hydriques considérables des cultures (quelque 5.000 à 7.000 m³/ha) sont permanents au cours de leur période végétative active, les précipitations se manifestent au contraire sous forme d'épisodes discontinus pouvant être séparés par des séquences de plusieurs jours et parfois de plusieurs décades sans pluie (cas du mois de juin 1976). C'est alors qu'intervient le rôle capital du sol arable en tant que réserve d'eau permettant à la plante de s'approvisionner et de survivre entre les épisodes pluvieux.

1) Genèse des précipitations.

Les précipitations constituent l'un des maillons du cycle de l'eau dans la biosphère, tel que celui-ci est schématisé sur la figure 1. Il s'agit d'un cycle pratiquement fermé car les prélèvements temporaires d'eau de constitution des êtres vivants, végétaux ou animaux, peuvent être négligés par rapport au flux global. A l'échelle planétaire, la plus grande partie (85 %) de l'approvisionnement de l'atmosphère en vapeur d'eau a lieu au niveau des nappes d'eau libre et en particulier des océans, les 15 % qui restent proviennent

FIGURE 1
CYCLE DE L'EAU ATMOSPHÉRIQUE



essentiellement des végétaux grâce au processus d'évapotranspiration ; les énormes quantités d'énergie nécessaire à ces changements d'état de l'eau étant fournies directement ou indirectement par le rayonnement solaire. Au-dessus de la France on peut évaluer la quantité d'eau contenue en moyenne dans l'atmosphère sous forme de vapeur ou de nuages à environ $13 \times 10^9 \text{ m}^3$, alors que les précipitations annuelles moyennes représentent $385 \times 10^9 \text{ m}^3$,

soit l'équivalent de 700 mm. Le rapprochement de ces deux nombres montre à l'évidence que l'eau atmosphérique doit se renouveler en permanence. La vapeur d'eau est ensuite répartie dans l'ensemble de la troposphère (c'est-à-dire les 10 à 15 premiers kilomètres de l'atmosphère) grâce d'une part aux turbulences dynamiques et convectives et d'autre part aux grands courants aériens. A la suite de mouvements verticaux de grande amplitude, la détente qui en résulte provoque la condensation de l'eau, d'abord sous forme de nuages, puis par toute une série de mécanismes physiques, encore incomplètement élucidés, sous forme de précipitations, lesquelles en fonction du profil thermique de l'atmosphère atteindront la végétation sous l'aspect de pluie, de neige, de grêle et parfois même de gouttelettes en surfusion. A partir du moment où l'eau condensée a atteint le sol, son comportement ultérieur échappe à la compétence du météorologiste pour rejoindre celle de l'agronome, de l'hydrologue ou de l'hydrogéologue.

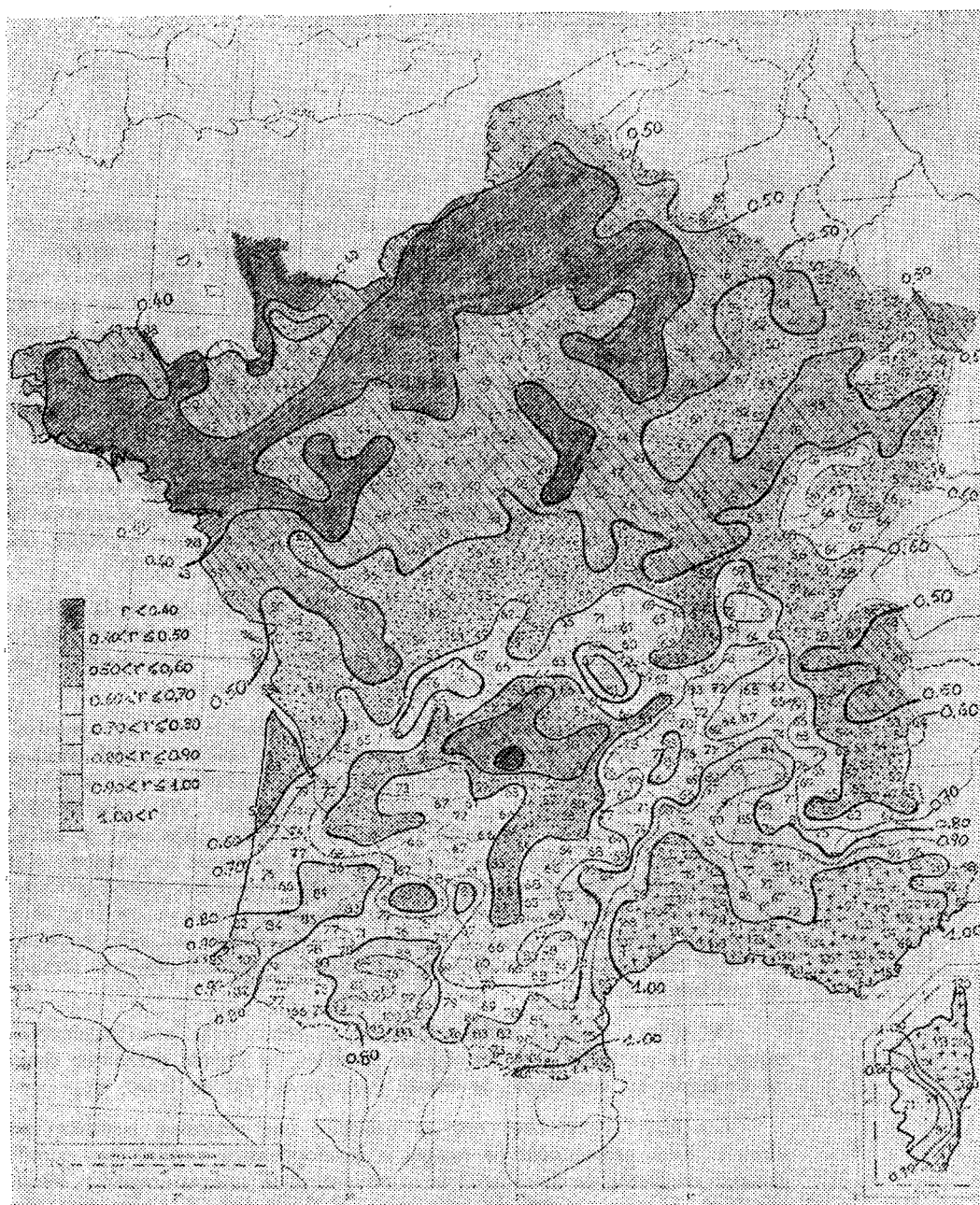
Suivant la nature des nuages dont elles proviennent et la situation météorologique qu'elles accompagnent, on peut classer les précipitations en deux catégories présentant du point de vue agricole des caractères bien différenciés : les pluies advectives et les pluies convectives.

Les précipitations advectives sont, dans la majorité des cas, associées à une perturbation du front polaire susceptible de balayer partiellement ou totalement notre pays. Elles durent généralement plusieurs heures (trois à six en moyenne), mais leur intensité, c'est-à-dire leur débit par unité de temps, est modérée, de l'ordre de 2 à 4 mm par heure. De sorte qu'un épisode pluvieux de ce type donne habituellement en plaine une hauteur d'eau de 10 à 30 mm. Ces pluies sont particulièrement bénéfiques pour l'agriculture car leur débit modère et leur durée permet une infiltration continue et un approvisionnement satisfaisant des réserves du sol. D'autre part, elles intéressent de façon relativement homogène de vastes régions, souvent plusieurs centaines de milliers de km².

De telles situations météorologiques se rencontrent principalement en automne et en hiver dans les régions soumises au régime océanique comme la Bretagne, la Normandie, le Bassin Parisien, le Val de Loire, etc.

Les pluies convectives ont au contraire une extension beaucoup plus limitée. Elles proviennent de nuages à développement vertical type cumulus (nuages en forme de chou-fleur) ou cumulo-nimbus (nuages orageux), lesquels résultent de mouvements de brassage vertical de l'air d'origine thermique.

FIGURE 2
RAPPORT DES PLUIES ACCUMULÉES RÉELLES ET MOYENNES
DU 1^{er} DÉCEMBRE 1975 AU 31 AOUT 1976



Ces nuages dont l'épaisseur dépasse souvent 5 à 6.000 m ont des dimensions horizontales restreintes, de quelques dizaines à quelques centaines de km² et les pluies qu'ils génèrent sont elles-mêmes très localisées dans l'espace, mais de forte intensité, celle-ci atteignant parfois plusieurs dizaines de mm/heure. Par contre, leur durée est brève : quelques dizaines de minutes, rarement plus d'une heure. A peu de kilomètres de distance, il arrive que l'on recueille plus de 50 mm d'eau ou seulement quelques gouttes.

Ces catégories de pluies sont beaucoup moins intéressantes du point de vue agricole par suite d'abord de l'hétérogénéité de leur distribution et, par conséquent, de la reconstitution des réserves et également de leur intensité qui, par effet de battage ou de ruissellement, peut provoquer localement des manifestations d'érosion voire des inondations brutales bien que temporaires. Les conséquences sont encore plus fâcheuses lorsque ces averses prennent la forme de grêle.

2) Variabilité des précipitations.

Les pluies constituent l'un des éléments climatiques présentant la plus importante variabilité à la fois spatiale et temporelle.

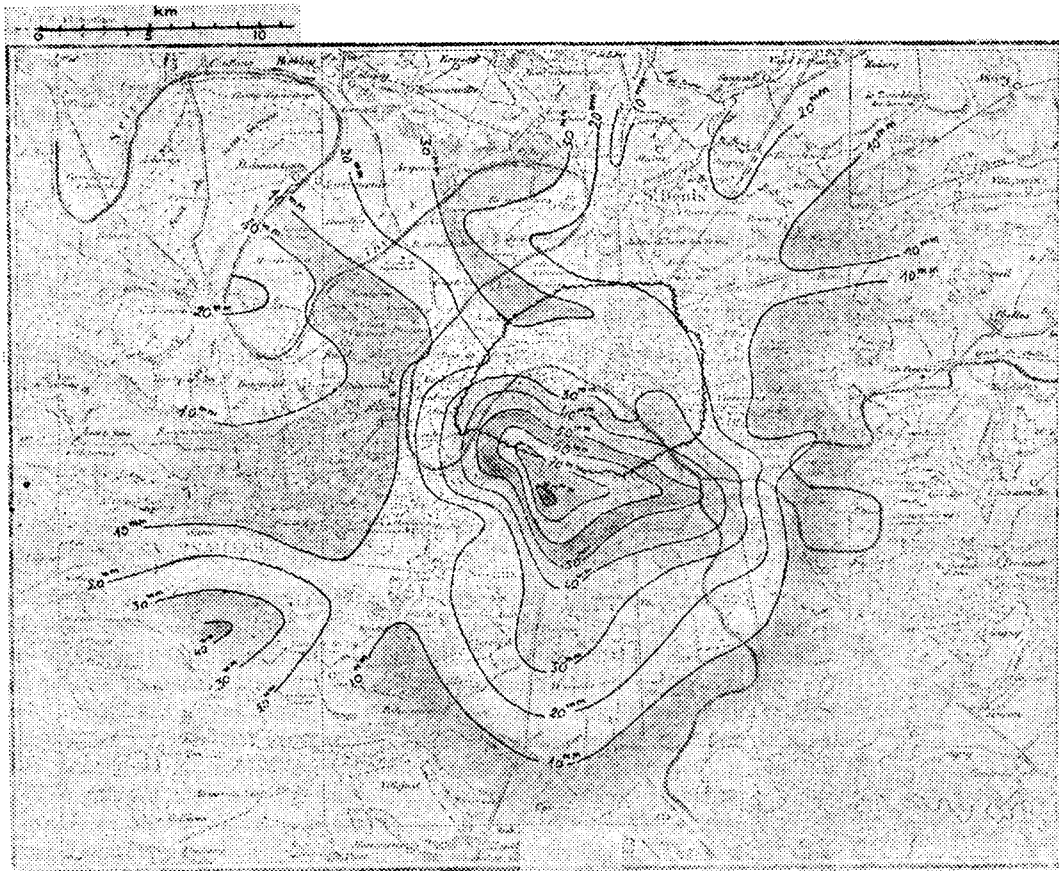
D'une région à une autre, même en France dont le climat est relativement homogène, des écarts importants apparaissent déjà sur les valeurs moyennes pluridécennales mensuelles. Ainsi, en plaine, au mois de juillet, les hauteurs normales de pluie de la période 1931-1960 sont inférieures à 20 mm sur le littoral méditerranéen, alors qu'elles excèdent 70 mm en Normandie et en Lorraine. Quant à la répartition mensuelle des jours avec pluies, le contraste est encore plus saisissant : en août, sur le littoral méditerranéen, moins de quatre jours et dans le Nord plus de quatorze jours !

A l'échelle annuelle, par contre, il y a compensation entre les saisons et les variations sont moins significatives. En fait, les isohyètes annuelles reflètent essentiellement dans nos régions la structure topographique du sol. Lorsque l'on prend en compte, non plus les valeurs moyennes mais les données individuelles, les écarts s'avèrent bien plus spectaculaires. La carte 2 sur laquelle figurent les rapports pluviométriques (rapports des pluies actuelles aux pluies moyennes d'une période donnée) de l'épisode de sécheresse 1976 fait apparaître la différence remarquable entre les rapports pluviométriques de la Bretagne, de la Picardie, de la Normandie fréquemment inférieurs à 0,40 (soit un déficit pluviométrique de 60 %) et les pluies excédentaires du sud-est de la France. Il faut dire que dans les régions les plus atteintes par cette calamité atmosphérique (celles dont le rapport pluviométrique a été inférieur à 0,40), la probabilité moyenne de retour d'un tel événement dépasse le siècle. C'est au cours d'épisodes pluvieux convectifs que l'on peut s'attendre à trouver les plus forts contrastes sur de courtes distances ; la figure 3 qui représente les isohyètes afférentes à l'orage du 19 juillet 1972 au sud de Paris illustre parfaitement ce fait. Alors que les hauteurs d'eau recueillies ont dépassé 80 mm à Montrouge, les pluies ont été inférieures à 10 mm à Palaiseau, soit à moins de 10 km.

FIGURE 3

AVERSES ORAGEUSES DU 19 AU 20 JUILLET 1972

Quantités d'eau mesurées entre le 19 juillet à 10 h et le 20 juillet à 10 h, exprimées en millimètres.



à l'autre. *La variabilité intersaisonnière* peut être très apparente même sur les valeurs moyennes des pluies. Dans les régions soumises au régime de la Mousson (par exemple au Pakistan, en Indes, en Birmanie, etc.) les hauteurs d'eau recueillies sont pratiquement inexistantes pendant la saison sèche (hiver) alors qu'au cours de la saison des pluies (été), il peut tomber l'équivalent de plusieurs mètres d'eau. En France, les contrastes saisonniers sont moins accusés et différent suivant les régimes climatiques. En régime océanique, par exemple en Bretagne, Normandie, Bassin Parisien, Picardie, Val de Loire, les normales mensuelles ou saisonnières varient peu dans l'année et c'est plutôt

Les pluies et leur répartition

la nature et l'origine des précipitations qui différencient les saisons. Ainsi à Lille, le mois le plus sec (mars) reçoit 37 mm (en moyenne tridécennale 1931-1960) et le mois le plus arrosé (octobre) : 63 mm. A Poitiers, les extrêmes vont de 45 mm en juillet à 66 mm en décembre. Ces écarts s'accroissent par suite de la continentalisation et le maximum est alors atteint au moment du plus grand développement des nuages convectifs, c'est-à-dire en été ; ainsi à Colmar, le minimum se situe en février avec 23 mm et le maximum en juin avec 80 mm. Au contraire, sur le pourtour méditerranéen, les pluies estivales sont habituellement très faibles (mais comme partout il peut y avoir des exceptions : 1976, par exemple) et le maximum se localise en automne ou au début de l'hiver. C'est ainsi qu'à Nice on recueille en moyenne 20 mm en juillet contre 129 mm en novembre, et en altitude, au Vigan (Gard), 29 mm en juillet pour 179 mm en décembre.

Quand on examine la succession chronologique, d'année en année, des hauteurs de précipitations, les contrastes sont encore plus manifestes, même si l'on se réfère à des intervalles plurimensuels. Sur les figures 4 et 5, on

FIGURE 4

PARIS-MONTSOURIS :
PRÉCIPITATIONS DU SEMESTRE AVRIL-SEPTEMBRE, DE 1920 A 1976

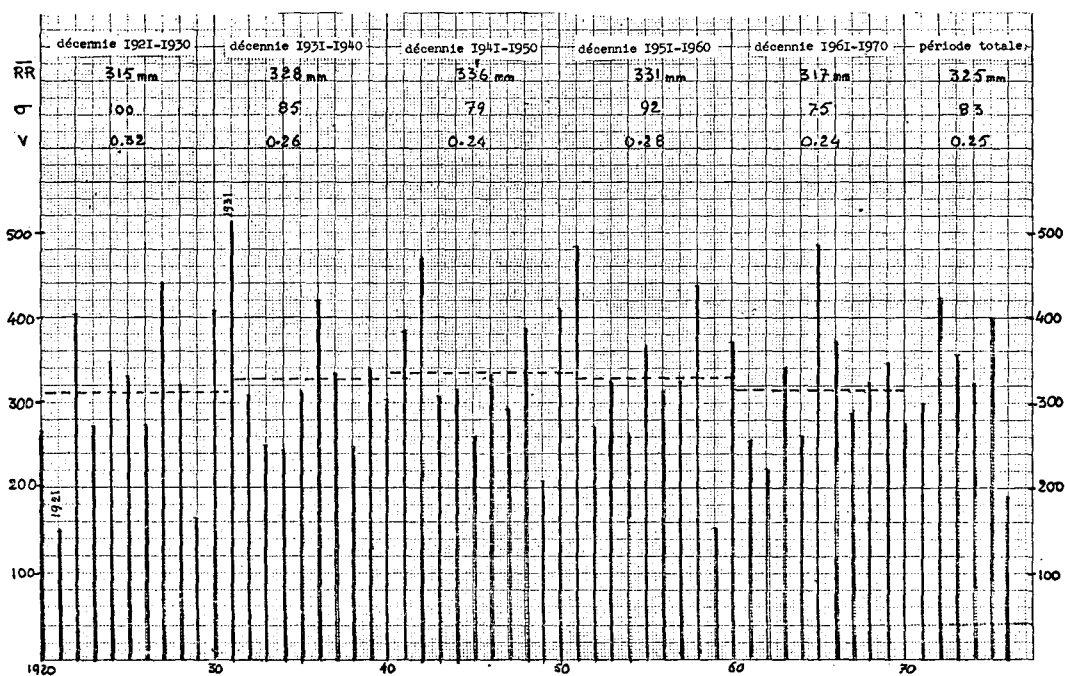
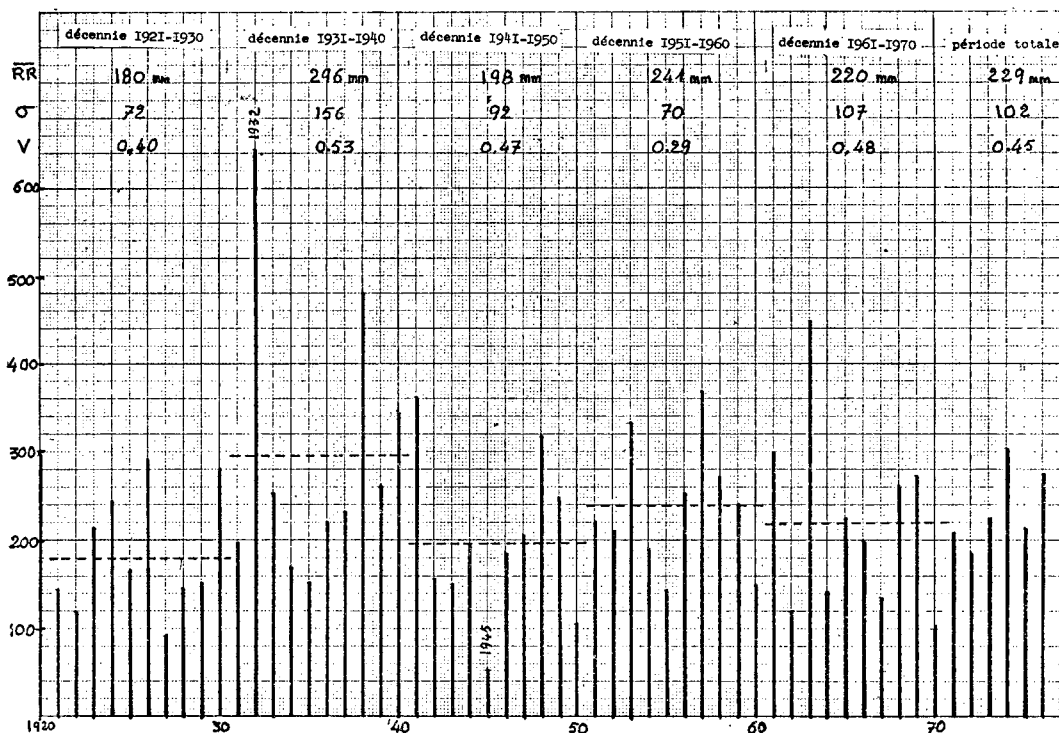


FIGURE 5

MARSEILLE :
PRÉCIPITATIONS DU SEMESTRE AVRIL-SEPTEMBRE, DE 1920 A 1976



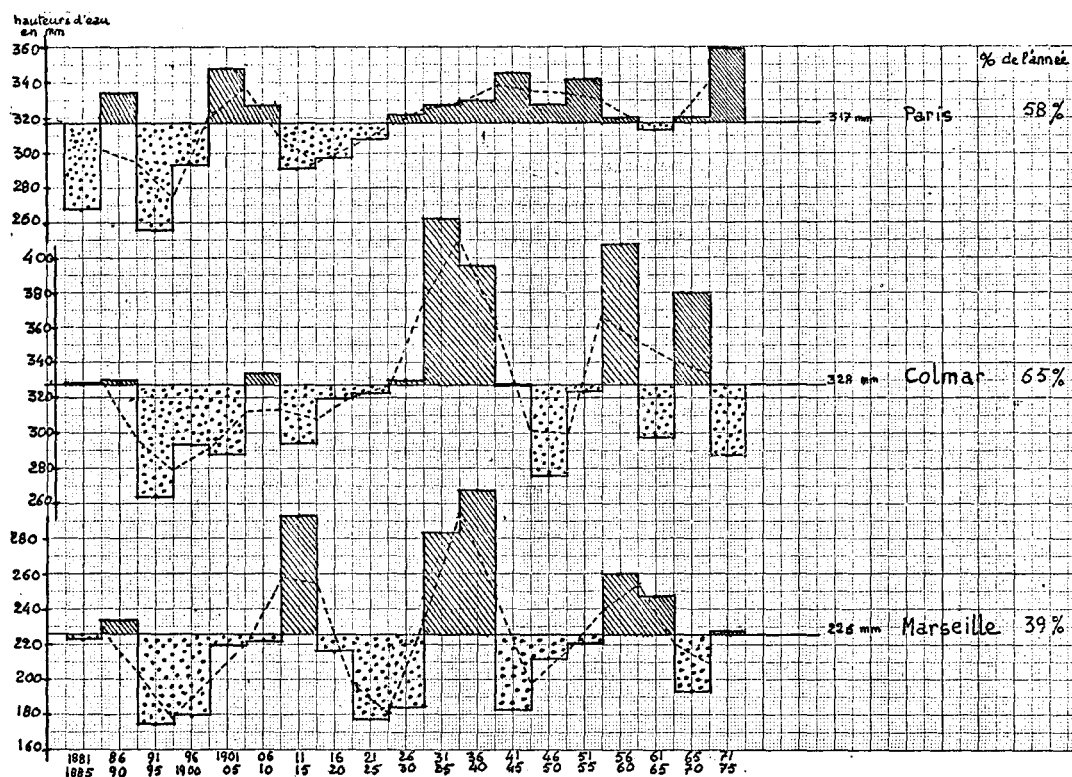
a représenté depuis 1920 (soit pour cinquante-sept années consécutives) la distribution chronologique des pluies du semestre estival (avril à septembre), le plus intéressant du point de vue agricole, dans deux sites ayant des régimes climatiques très différenciés : Paris et Marseille, villes où l'on dispose de longues séries de mesures climatiques dignes de confiance. Même sur un tel intervalle relativement long (183 jours), les écarts interannuels peuvent être remarquables. On notera ainsi qu'il est tombé à Marseille, en valeurs accumulées, 644 mm d'eau en 1932 et seulement 53 mm en 1945 (rapport 1 à 12, médianes 214 mm). A Paris, en régime pluviométrique plus régulier, les extrêmes vont cependant de 516 mm en 1931 à 149 mm en 1921 (rapport 1 à 3,5, médianes 323 mm). Sur les moyennes décennales (traits tiretés), les écarts peuvent ne pas être négligeables et à Marseille atteignent 100 mm, alors qu'à Paris ils n'excèdent pas 21 mm.

L'examen de séries relativement longues de mesures de pluies fait apparaître des séquences d'années consécutives au cours desquelles les pluies

ont été plus ou moins abondantes, comme le montre la figure 6 où l'on a représenté graphiquement les moyennes par périodes quinquennales disjointes ainsi que les moyennes décennales chevauchantes par pas de cinq ans. Il ressort de l'ensemble des données dont on dispose à ce sujet que sur la plus grande partie de la France les précipitations ont manifesté une certaine recrudescence depuis 1930 par rapport à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e, bien que ce soit moins net dans les zones continentales (cf. Colmar).

FIGURE 6

PRÉCIPITATIONS QUINQUENNALES : AVRIL-SEPTEMBRE, DE 1881 A 1975



Par contre, on ne retrouve pas ce caractère dans les secteurs méditerranéens. Beaucoup d'auteurs se sont interrogés sur l'existence de cycles réguliers dont l'identification serait très précieuse pour toute planification à long terme (quelques décennies) d'activités plus ou moins liées au régime des pluies (agriculture, hydrologie, hydrogéologie, tourisme, etc.) ; jusqu'à présent aucun résultat vraiment convaincant et utilitaire n'a pu être mis en évidence.

leur répartition

Parfois des pseudocycles semblent se manifester pendant un certain temps puis on s'aperçoit que la période devient brusquement erratique.

Quant aux valeurs quotidiennes, leur variabilité peut être considérable. Alors que les jours sans pluie sont heureusement nombreux (50 à 60 % des journées pour la majeure partie de la France), il arrive que l'on recueille plusieurs centaines de millimètres en 24 heures (de 06 TU du jour J à 6 TU du jour J + 1) : 222 mm à Marseille en octobre 1892, 318 mm à Montpellier en septembre 1938, 840 mm à Llau, poste pluviométrique des Pyrénées-Orientales en octobre 1940.

*
**

Toutes ces données relatives à la variabilité des pluies pour différentes références de temps montrent combien il convient d'être circonspect dans l'utilisation des valeurs moyennes des précipitations. Celles-ci sont peu représentatives du régime pluviométrique réel et, en ce qui concerne les pluies, comme pour les autres éléments climatiques, les paramètres statistiques mettant en relief la dispersion des valeurs individuelles doivent être obligatoirement associés aux moyennes si l'on veut disposer d'une description réaliste et utile du phénomène étudié.

FIGURE 7

		STATION MARIANNE		PERIODE 1951/1970													
		ALTITUDE		NOMBRE D OBSERVATIONS													
		3 METRES		7294													
FREQUENCES MOYENNES POUR MILLE DES HAUTEURS DES PRECIPITATIONS QUOTIDIENNES																	
EGALES OU SUPERIEURES AUX SEUILS INDICUES EN ORDONNEE (1/10 MM)																	
RR TOT.	JANV.	FEVR	MARS	AVRIL	MAI	JUIN.	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	ANNEE	RR TOT.			
≥ 350,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≥ 350,0		
≥ 300,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≥ 300,0		
≥ 250,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≥ 250,0		
≥ 200,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≥ 200,0		
≥ 150,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≥ 150,0		
≥ 120,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≥ 120,0		
≥ 100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≥ 100,0		
≥ 80,0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	≥ 80,0		
≥ 60,0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	3	2	0	0	1	≥ 60,0		
≥ 40,0	2	4	2	2	3	3	0	0	13	15	7	4	7	4	≥ 40,0		
≥ 30,0	2	13	3	5	6	7	0	2	18	16	8	15	8	8	≥ 30,0		
≥ 25,0	2	18	6	10	11	8	3	8	25	26	17	21	13	13	≥ 25,0		
≥ 20,0	8	22	10	10	18	15	3	11	35	35	38	29	19	20	≥ 20,0		
≥ 15,0	21	32	23	22	24	20	10	18	50	48	60	44	31	25	≥ 15,0		
≥ 10,0	39	49	37	42	39	40	19	34	67	60	80	65	47	35	≥ 10,0		
≥ 8,0	50	58	50	50	47	48	23	42	73	77	102	74	58	42	≥ 8,0		
≥ 6,0	66	70	76	60	52	53	26	44	85	94	117	97	70	50	≥ 6,0		
≥ 4,0	81	101	95	85	74	67	36	56	100	116	142	124	89	60	≥ 4,0		
≥ 2,0	123	144	142	119	103	85	40	81	127	150	180	165	121	80	≥ 2,0		
≥ 1,5	147	153	160	124	123	92	47	89	143	163	194	181	134	90	≥ 1,5		
≥ 1,0	176	178	169	132	144	112	50	102	150	190	205	208	151	100	≥ 1,0		
≥ 0,9	185	183	169	137	144	113	52	105	155	194	210	211	155	100	≥ 0,9		
≥ 0,8	197	185	177	142	156	113	52	106	158	200	222	216	160	100	≥ 0,8		
≥ 0,7	198	192	179	147	160	118	58	106	158	205	225	219	164	100	≥ 0,7		
≥ 0,6	203	203	182	149	165	130	60	115	165	213	235	224	170	100	≥ 0,6		
≥ 0,5	211	207	192	152	171	130	61	118	175	218	237	232	175	100	≥ 0,5		
≥ 0,4	215	219	197	159	176	132	71	124	185	226	242	244	182	100	≥ 0,4		
≥ 0,3	229	230	211	177	185	143	81	132	190	232	249	253	192	100	≥ 0,3		
≥ 0,2	247	245	224	190	200	153	84	140	200	247	262	268	205	100	≥ 0,2		
≥ 0,1	261	254	240	210	203	165	89	152	208	265	269	274	216	100	≥ 0,1		
≥ 0,0	331	322	337	259	274	240	150	224	255	321	362	361	287	100	≥ 0,0		
≥ 0,0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	≥ 0,0		
MOYENNE	1,1	1,6	1,2	1,1	1,2	1,0	0,4	0,8	2,1	2,1	2,3	1,9	1,4	MOYENNE			
MEDIANE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	MEDIANE			
1 QUINTILE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 QUINTILE			
2 QUINTILE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2 QUINTILE			
3 QUINTILE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3 QUINTILE			
4 QUINTILE	0,7	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,8	1,2	1,1	0,2	4 QUINTILE			
VALEUR MIN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	VALEUR MIN			
DATE	31/70	28/70	30/70	30/70	31/70	30/70	31/70	31/70	30/70	31/70	30/70	31/70	31/70	DATE			
VALEUR MAX	40,2	80,6	42,1	44,3	52,8	54,7	26,2	34,5	96,0	85,8	64,0	45,6	96,0	VALEUR MAX			
DATE	9/56	11/60	20/56	14/61	5/69	8/53	9/58	7/60	19/63	19/59	7/68	10/59	19/63	DATE			

N.B. LE SIGNE * SIGNIFIE UNE FREQUENCE > A 0 MAIS < A 0,5
LE SIGNE ** SIGNIFIE UNE FREQUENCE ≥ A 999,5 MAIS < A 1000
DANS LA COLONNE RR TOT. * 0 INDIQUE TRACE, 0,0 INDIQUE PRECIPITATION NULLE

Le tableau de fréquences de la figure 7 donne un exemple de la façon dont sont disponibles de telles informations ; il s'agit ici de fréquences expérimentales déduites d'un échantillon de vingt années d'observations. On peut envisager d'affiner et de généraliser une telle information en ajustant les données expérimentales à une loi de distribution théorique. La figure 8

FIGURE 8
DISTRIBUTION DES PLUIES DU SEMESTRE ESTIVAL, AVRIL-SEPTEMBRE
A PARIS-MONTSOURIS, DE 1877 A 1976



représente un tel ajustement pour les pluies accumulées du semestre estival à Paris-Montsouris. On peut en déduire la probabilité de ne pas atteindre ou au contraire de dépasser tel ou tel seuil jugé significatif. Enfin, une information particulièrement utile à l'agriculture concerne l'occurrence de séquences de jours consécutifs au cours desquels les éléments climatiques et plus spécialement les pluies présentent certains caractères communs. A partir de séries suffisamment longues d'observations prélevées quotidiennement dans les stations des réseaux météorologiques il est possible d'établir de telles statistiques. Par exemple, les fréquences d'occurrences, aux époques de coupes des foins, de séquences de trois ou quatre jours consécutifs sans pluie.