

Le risque climatique, élément des risques encourus pour la production agricole.

Michel ELDIN

L'un des objets de l'analyse agroclimatique est de tenter - dans un contexte physique donné - d'évaluer la probabilité d'occurrence de facteurs climatiques défavorables susceptibles d'entraîner la perte partielle ou totale d'une récolte. Ce risque climatique ne représente, bien entendu, qu'une partie des risques encourus par l'agriculteur.

L'analyse agroclimatique peut concerner différents risques climatiques tel que le risque de grêle, de gelée, de développement d'une maladie ou d'un parasite, d'excès d'eau... pris isolément ou de façon conjuguée. On traitera ici - à titre d'exemple - de l'analyse du risque de sécheresse dont l'importance n'est malheureusement pas à démontrer. Cette analyse repose sur trois concepts principaux :

- 1) Suivre l'alimentation hydrique d'une culture, c'est comparer deux grandeurs homogènes (même unité) exprimant d'une part les besoins en eau de la culture, d'autre part la disponibilité de l'eau pour cette culture. Les besoins en eau dépendent de la contrainte climatique exercée sur la culture qui est correctement exprimée par l'évapotranspiration potentielle (ETP), du stade de développement de la culture et de la stratégie agricole retenue : les besoins en eau susceptibles de garantir un minimum de production dans le cadre d'une

stratégie de sécurité alimentaire ne sont bien sûrs pas les mêmes que les besoins correspondant à une tentative de maximisation de la production. Pour une analyse macroscopique qui se veut régionale et non spécifique d'une culture ou d'une variété particulière, on se contente d'exprimer ces besoins en eau par une fraction de l'ETP.

Quand à la disponibilité de l'eau pour les plantes, elle peut s'exprimer par l'état de la réserve en eau du sol utilisable par la culture. L'expression de cette réserve résulte de l'écriture d'un bilan hydrique :

$$RH_f = RH_d + P - ETR - r - d$$

Au cours d'une période donnée, la réserve hydrique en fin de période (RH_f) est égale à la réserve hydrique en début de période (RH_d) augmentée de la pluie (P) tombée durant la période et diminuée des pertes en eau dues à la consommation hydrique effective de la culture c'est-à-dire à son évapotranspiration réelle (ETR), au ruissellement (r) et au drainage (d). Pour une approche macroscopique, régionale, non spécifique, on considère que la pluie est le terme très nettement prépondérant de ce bilan et l'on assimile l'étude des disponibilités en eau à celle des précipitations. Pour une approche plus fine, conduite généralement à l'échelle de la parcelle, il est nécessaire d'évaluer RH_f en utilisant le modèle itératif exposé ci-avant. Cela suppose la connaissance d'un certain nombre de paramètres caractéristiques du sol et de la culture, nécessaires à la détermination des termes de ce bilan hydrique.

2) Le pas de temps choisi pour cette analyse doit être en rapport avec l'importance de la réserve hydrique du sol c'est-à-dire avec son aptitude à stocker puis à restituer à la culture une certaine quantité d'eau au cours de la période correspondant au pas de temps retenu. Il doit être également en rapport avec la précision désirée pour la détermination des dates du calendrier agricole - (quelques jours).

Il apparaît ainsi que le mois et a fortiori l'année, est un pas de temps inadéquat, beaucoup trop long, pour ce genre d'analyse. Les agroclimatologues utilisent actuellement des pas de temps de l'ordre de 5

à 15 jours maximum suivant l'objectif de l'étude entreprise.

3) Parler de risques, c'est faire appel à la notion de probabilité. La probabilité d'occurrence d'un événement s'évalue par la fréquence observée ou calculée de cet événement. L'analyse du risque climatique est donc basée sur l'étude fréquentielle des événements qui le déterminent et, en particulier, sur l'étude fréquentielle des précipitations.

Il est important de noter ici que la variabilité interannuelle des pluies est particulièrement forte en milieu tropical si bien que les moyennes n'ont que peu d'intérêt. Il est beaucoup plus intéressant de connaître la probabilité d'obtenir, grâce aux précipitations, une quantité d'eau donnée correspondant à un besoin bien identifié.

Le tableau I donne pour YAOUNDE (Cameroun) les totaux décadaires de pluies enregistrés pendant 26 ans. Pour chaque décade de l'année, numérotée de 1 à 36, les valeurs des totaux décadaires sont présentées, classées par ordre croissant, sur chaque ligne du tableau.

Si l'on considère, par exemple, les valeurs de la quatrième décade (10 premiers jours en février), on peut calculer la moyenne interannuelle qui s'établit à 19,3 mm. En fait la pluviométrie de cette décade oscille entre 0 et 100 mm. Treize années sur 26, c'est-à-dire une année sur deux, il pleut moins de 3 mm, c'est-à-dire pratiquement rien. Qu'importe dans ces conditions que la moyenne soit de l'ordre de 20 mm ! Par contre, si on a besoin de 20 mm de pluie au cours de la quatrième décade de l'année à YAOUNDE, il est intéressant de savoir que cette quantité d'eau sera obtenue ou dépassée environ 9 années sur 26, c'est-à-dire avec une probabilité de l'ordre de 0,35 - environ une année sur trois - (cf. tableau I).

Sur la base de ces concepts il est possible d'établir pour une station donnée un graphique analogue à celui présenté figure 1. Pour chaque décade de l'année (axe des abscisses), il a été calculé l'évapotranspiration potentielle (ETP) et, en utilisant les valeurs du tableau I, les fréquences avec lesquelles les pluies décadaires atteignent ou dépassent les valeurs décadaires de ETP et ETP/2. Pour évaluer ces fréquences il existe différentes méthodes plus ou moins compliquées,

TABLEAU I - Echantillons des totaux pluviométriques décennaires (en mm)

à YAOUNDE (CAMEROUN) mesurés pendant 26 ans et classés par ordre croissant

n° de la décennie

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	10	22	34	39
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	6	8	9	10	20	22	23	46	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	4	4	4	5	8	10	12	20	27	38	52	59	84
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	9	9	18	25	26	32	33	38	53	57	71	92
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	7	10	15	16	17	21	26	29	29	34	45	79	166
6	0	0	0	0	0	1	2	3	6	6	7	11	14	26	31	43	43	46	48	48	83	112	123	—	—	—
7	0	4	8	11	14	14	15	21	22	22	23	26	27	28	31	34	40	42	46	49	50	62	71	77	83	116
8	2	2	8	13	14	18	21	23	28	28	29	33	39	45	45	50	53	69	71	76	77	82	90	103	104	111
9	30	32	35	35	37	38	39	40	43	48	43	57	60	64	66	67	74	79	80	80	82	91	92	93	104	172
10	8	15	18	32	36	40	41	43	53	55	59	59	62	65	65	75	75	77	84	87	90	94	95	96	114	118
11	10	14	15	24	26	32	50	52	53	62	64	65	66	69	70	73	75	79	83	85	99	101	126	130	134	175
12	6	8	9	24	26	30	31	31	40	42	46	47	51	51	60	62	67	75	79	88	90	99	102	104	125	191
13	0	15	20	20	31	34	34	40	40	43	46	52	60	64	65	66	70	71	73	77	85	88	90	105	111	156
14	32	35	42	45	45	49	50	52	53	54	54	55	57	60	60	73	81	87	101	104	113	119	125	137	166	—
15	5	22	35	37	40	53	56	62	64	64	67	70	71	74	82	88	93	96	97	115	120	121	133	134	150	167
16	11	11	16	18	19	27	30	34	35	40	42	43	46	51	52	52	56	62	67	68	75	77	95	113	131	132
17	3	3	7	9	9	15	21	22	26	33	37	37	38	38	45	55	61	62	71	73	96	99	105	121	143	218
18	0	1	2	4	7	7	14	16	19	22	23	26	27	28	29	33	35	48	51	54	59	74	85	89	127	152
19	0	2	3	3	5	7	10	10	11	13	14	18	21	22	23	24	30	37	40	40	44	45	51	52	75	112
20	0	0	0	0	1	2	2	4	6	6	8	10	11	1	12	12	17	20	23	28	30	33	44	46	54	—
21	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	11	13	15	19	22	29	30	54	83	91	104
22	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	3	6	7	8	13	14	16	16	24	27	28	29	34	38	40
23	0	1	1	1	1	4	4	4	7	10	13	20	20	21	23	30	33	34	41	50	59	76	83	102	118	—
24	2	3	4	8	10	11	15	19	19	22	30	33	33	34	46	47	48	49	53	54	55	65	81	90	95	116
25	12	19	25	30	33	35	36	38	38	43	48	50	59	76	77	88	89	97	107	108	128	131	132	133	153	156
26	16	21	42	50	52	53	56	59	64	66	70	70	71	77	80	80	80	83	97	97	106	112	121	127	139	141
27	13	23	43	50	52	57	62	68	70	74	75	79	83	85	86	90	97	100	100	110	118	143	144	153	163	184
28	19	42	45	45	50	56	57	65	70	73	73	77	78	89	96	101	102	106	107	108	118	122	130	141	166	241
29	33	47	49	56	57	59	62	66	68	75	80	86	93	98	99	105	111	113	114	116	118	134	139	163	173	208
30	29	42	57	76	83	83	88	90	97	100	103	106	110	118	119	120	124	127	133	137	142	143	145	155	191	191
31	1	7	23	31	36	42	43	51	51	53	54	57	57	60	62	65	69	69	71	73	74	102	105	123	132	147
32	0	0	5	9	10	12	13	28	32	34	36	36	44	48	49	49	50	50	52	61	67	73	91	119	122	161
33	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4	4	4	7	8	8	9	9	11	12	13	26	27	35	43	89	126
34	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	4	9	10	11	13	13	14	15	17	21	22	26	30	50	62
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	4	7	11	12	14	16	16	17	21	23	24	—	—
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	5	5	6	9	9	21	42

Nota: /, donnée manquante

Périodes de culture à YAOUNDE
(Cameroun)

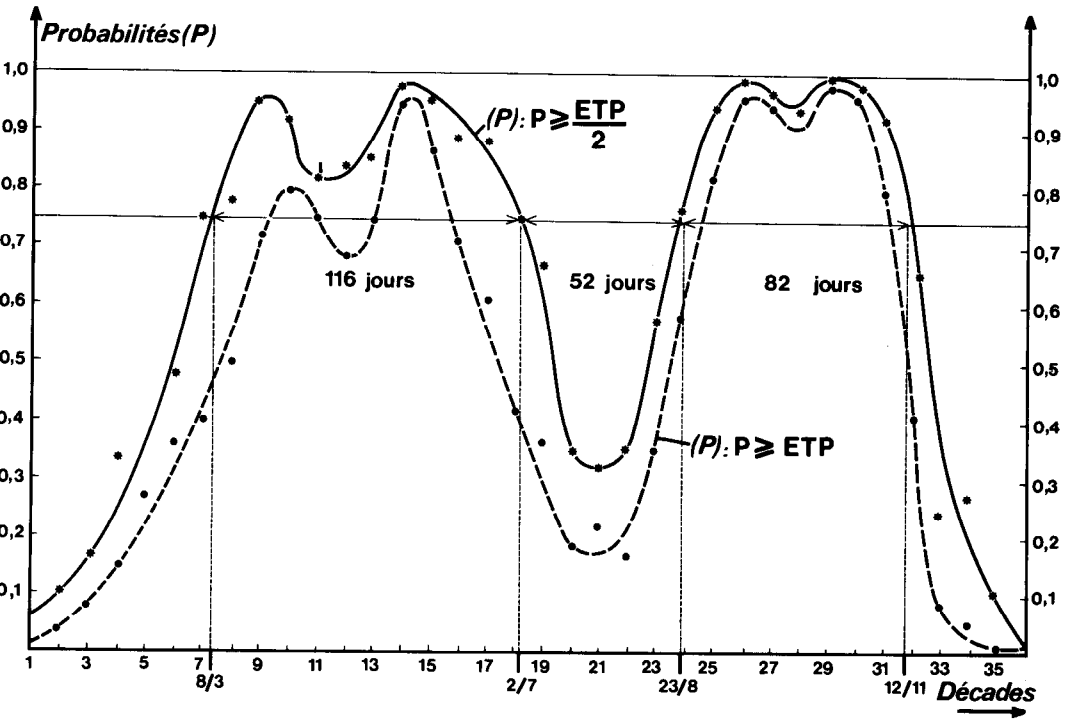


FIGURE 1

plus ou moins précises : comptage, construction de la courbe de répartition à partir d'un histogramme des fréquences cumulées, ajustement de l'échantillon des valeurs observées à une loi théorique... Dans tous les cas on estime qu'il faut des échantillons d'au moins 20 à 25 valeurs pour réaliser une analyse fréquentielle correcte.

Ayant calculé ces fréquences on peut construire point par point les courbes donnant leur évolution au cours de l'année. La courbe inférieure donne l'évolution de la probabilité avec laquelle les pluies décennales sont égales ou supérieures à l'ETP décennale. L'ETP représente un majorant de la consommation hydrique de n'importe quelle culture, à n'importe quel moment. Obtenir, pour une décennie donnée, des pluies supérieures à l'ETP c'est avoir l'assurance que la culture, quelle qu'elle soit, ne manquera pas d'eau.

De la même manière, mais de façon un peu arbitraire cette fois, ETP/2 représente un besoin hydrique moyen qui doit permettre à une culture de démarrer son cycle de végétation (phases de germination, levée, début de croissance) et de le terminer (phase de maturation) dans des conditions d'alimentation hydrique à peu près convenables.

Le choix d'une probabilité (p) traduisant le risque de perte plus ou moins complète de la récolte du fait de la sécheresse, qui est acceptée ou acceptable pour l'agriculteur, permet de définir la période de culture en sec correspondante. Sur la figure 1, on a supposé que cette probabilité est $p = 0,25$: on accepte une perte partielle ou totale de la récolte une année sur quatre. La probabilité complémentaire $P = 1 - p = 0,75$ exprime donc les chances de ne pas perdre la récolte. La droite représentant cette probabilité $P = 0,75$ sur le graphique de la figure 1 coupe la courbe donnant l'évolution des probabilités d'obtenir des pluies (P) supérieures à ETP/2 en des points qui déterminent le début et la fin de chaque période de culture en sec. Dans le cas de YAOUNDE (figure 1), soumis à un régime soudano-guinéen à 4 saisons, on voit apparaître deux périodes de culture possibles. L'une d'environ 116 jours allant approximativement du 8 mars au 2 juillet. L'autre d'une durée d'environ 82 jours allant du 23 août au 12 novembre. Ces périodes de culture sont donc constituées de décades consécutives pour lesquelles la probabilité d'obtenir $P \geq ETP/2$ est toujours supérieure ou égale à la probabilité P choisie (0,75 dans notre exemple).

Les résultats de l'analyse fréquentielle ainsi conduite, illustrés par le graphique de la figure 1, permettent :

- Le choix des cultures et variétés les mieux adaptées à la longueur des périodes de culture.

- La détermination des dates théoriques optimales du semis, de la récolte et des différents évènements du calendrier cultural.

- Le "callage" des cycles culturaux sur le cycle climatique le plus probable : il s'agit - en simulant des dates de semis variant de part et d'autre de la date théorique optimale de trouver celle qui, compte tenu des particularités du cycle cultural étudié, conduit à la meilleure superposition avec le cycle climatique le plus probable. Les phases présentant la plus forte sensibilité au manque d'eau (initiation à la floraison, par exemple) doivent bien entendu correspondre aux décades pour lesquelles la probabilité d'obtenir $P \geq ETP/2$ est élevée.

- Détermination des périodes où une irrigation de complément serait souhaitable. Il apparaît très clairement sur la figure 1 qu'une irrigation de complément entre le 2 juillet et le 23 août, pendant une période relativement courte d'une cinquantaine de jours permettrait de souder les deux périodes de culture pour pouvoir disposer d'une période unique d'environ 250 jours offrant de nombreuses possibilités nouvelles de culture.

- La ou les périodes de culture constituent très logiquement des bases de temps sur lesquelles il est possible d'intégrer une fonction de production pour aboutir à l'établissement d'un indice des potentialités climatiques de production susceptible d'être zonifié.

Pour une étude agroclimatique régionale mais concernant une culture particulière, il est possible d'affiner l'analyse en tenant compte de l'évolution des besoins en eau de cette culture au cours de son cycle végétatif. Ces derniers peuvent encore s'exprimer commodément par une fraction de l'ETP mais cette fraction varie au cours du temps. La méthode reste la même par ailleurs ; elle suppose simplement le choix ou la simulation d'une date de semis comme point de départ du cycle cultural.

L'analyse fréquentielle des précipitations décadaires combinée à la prise en compte de l'évolution de la demande climatique en eau (ETP)

dans l'espace et dans le temps et à l'expression des besoins hydriques d'une culture ou d'un groupe de cultures dans le cadre d'une stratégie de production agricole déterminée permettent donc d'aboutir à une évaluation intéressante du risque climatique encouru dans un contexte physique et économique donné.