

LA CRISE CLIMATIQUE ACTUELLE DANS L'ARCHIPEL DU CAP VERT

QUELQUES ASPECTS DU PROBLEME DANS L'ILE DE SANTIAGO

DENISE DE BRUM FERREIRA

Episodiquement, depuis le début de la décennie de 1970, en première page de tous les journaux, viennent des nouvelles alarmantes sur l'avancée du désert du Sahara en direction du sud, des famines décimant des centaines de milliers de personnes dont la subsistance est liée à l'agriculture pluviale et à l'élevage transhumant. La sécheresse qui affecte depuis près de vingt ans toute la région soudano-sahélienne, touche certainement plus de 20 millions de personnes. Dernièrement la crise climatique semble s'intensifier sur l'Afrique orientale, le Soudan, la Somalie, et gagne même le Mozambique et l'Afrique du Sud où des périodes sèches plus longues que de coutume sont brusquement interrompues par des épisodes pluvieux violents. Sur la seule Afrique, la sécheresse toucherait 12 millions de km², soit près de la moitié du continent (UNESCO, 1985, p. 12).

L'état de sécheresse dans lequel se trouve plongé l'archipel du Cap Vert doit être envisagé dans ce contexte africain. Situé à moins de 500 km de Dakar, il se compose d'un ensemble de dix îles volcaniques, parfois très montagneuses, entre les latitudes 14° 28' N et 17° 12' N, et entre les longitudes 22° 40' W et 25° 22' W. De part sa position géographique, il participe également à cette vaste zone africaine de climat sahélien aride et semi-aride et, depuis 1968 surtout, lui non plus n'a pas été épargné par la sécheresse. Le présent article cherche à définir

les caractères de la sécheresse dans le climat capverdien afin de mieux cerner l'ampleur de la crise climatique actuelle et son impact sur le milieu naturel. La situation sera surtout étudiée dans l'île de Santiago (fig. 1), la plus vaste de l'archipel, une des plus montagneuses, donc une des plus aptes à supporter les sécheresses puisqu'elle est dotée de nombreux climats locaux. C'est d'ailleurs la plus peuplée, 145 957 habitants au

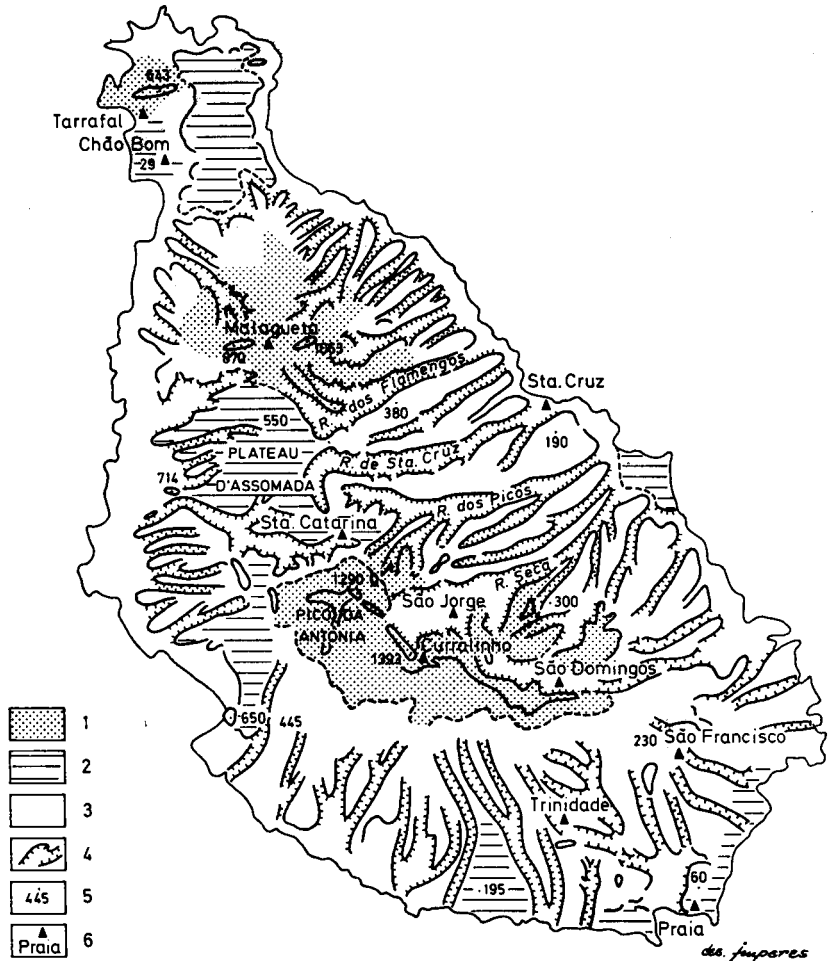


Fig. 1.— Les principaux traits du relief de Santiago et la localisation des stations météorologiques utilisées. 1, massif montagneux; 2, plateau peu disséqué; 3, plateau très disséqué; 4, vallée en canyon; 5, point coté en mètres; 6, station météorologique.

recensement de 1980, soit une densité de 147 hab./km², et également la plus productive du point de vue agricole, fournissant à elle seule plus de 50 % des récoltes de l'archipel. L'agriculture pluviale à base de maïs, les cultures irriguées et l'élevage caprin occupent encore à l'heure actuelle près de 75 % de la population capverdienne. Au vu de ces quelques chiffres, on était donc en droit de se demander quelles seraient les conséquences d'une contrainte climatique accrue non seulement sur le milieu naturel mais aussi sur l'occupation agricole de l'île.

I — LE CADRE CLIMATIQUE DE LA SECHERESSE

Aux îles du Cap Vert, la sécheresse a un rythme qui revient en première analyse à leur position géographique dans une région océanique plutôt fraîche dominée par l'anticyclone subtropical. Cette position conditionne ce qu'on pourrait appeler le champ permanent de la sécheresse. Comme l'Afrique soudano-sahélienne, l'archipel connaît deux saisons distinctes liées au mouvement de la convergence intertropicale. De novembre à juin, c'est la saison sèche; de juillet à octobre, tombent la plupart des pluies. Cependant, selon les années, juillet et octobre peuvent rester complètement secs et s'annexer ainsi à la longue saison déficitaire en contractant ou en déphasant la saison pluvieuse. C'est ce rythme, apparemment simple, des pluies qui impose une loi sévère au croît de la végétation et sur lequel est réglée toute la vie économique des îles encore presque exclusivement agricoles.

1 — *Le rythme climatique*

Durant la majeure partie de l'année et de façon quasi-exclusive entre décembre et juin, les îles du Cap Vert sont soumises à l'influence du secteur oriental de la cellule aзорéenne des hautes pressions subtropicales qui alimente l'alizé maritime boréal. De part son origine, c'est un air stable. La couche inférieure humidifiée lors de son parcours sur l'océan est toutefois encore peu épaisse en abordant les îles. Ce fait se doit à l'alimentation polaire récente de l'alizé et à la présence des eaux fraîches du Courant des Canaries. Cette structure

favorise la formation de bancs de stratocumulus qui accrochent les versants nord et nord-est des îles montagneuses dont l'altitude dépasse les 1000 mètres. C'est pourquoi la Serra da Malagueta, dans l'île de Santiago, et le massif du Pico da Antónia ont en moyenne près de 200 jours de brouillard par an au-dessus de 850 m d'altitude (1950-1971). Dans les parties amont des plus profondes vallées orientales se terminant en reculées dans les massifs montagneux, les nuages s'accumulent et la station de S. Jorge dos Órgãos, par exemple, à 319 m d'altitude seulement, a connu pendant la même période près de 180 jours de brouillard. Sous le vent des reliefs, les nuages se dissipent rapidement par effet de foehn, aussi les versants et plateaux abrités du sud-ouest de l'île restent-ils très lumineux et secs.

Entre décembre et février, la stabilité de l'alizé est fragilisée et parfois rompue par des invasions d'air polaire en fin de course, qui arrivent à donner quelques pluies sur les sommets et les versants nord des îles les plus septentrionales de l'archipel. Seules les plus puissantes parviennent jusqu'à Santiago. Ces pluies, quoique de faible intensité, donnent un cachet particulier à la longue saison sèche et, certaines années, elles arrivent même à entretenir quelques cultures horticoles hors saison sur le plateau d'Assomada. Même sans pluies, ces invasions se marquent toujours par un épaissement de la couche humide de l'alizé maritime et par une accélération sensible de la vitesse du vent. Les versants au vent sont bourrées de nuages dès les 500 m d'altitude et le bonnet nuageux déborde largement au-delà des crêtes en apportant une nébulosité accrue sous le vent des reliefs.

L'alizé devient continental lorsque l'anticyclone des Açores se soude à une cellule de hautes pressions saharienne. Ce dispositif est fréquent de novembre à mai. Il arrive sur l'archipel par l'est ou le nord-est, encore très sec, malgré son parcours de quelques centaines de kilomètres sur l'océan. Sa structure très stable, alliée à la sécheresse originelle de l'air, fait disparaître complètement le toit nuageux sur les îles montagneuses. L'alizé continental peut arriver par bouffées fugaces pendant quelques heures seulement ou s'installer pendant plusieurs jours en faisant descendre l'humidité relative à un taux très bas. Ce sont alors les «lestadas», invasions d'harmattan, si redoutées

des agriculteurs. Celles de mars 1983, présentées ici comme exemple (fig. 2c), ont provoqué le grillage de la plupart des cultures de haricots dans les basses vallées orientales de Santiago; les bananeraies ont également beaucoup souffert. La fréquence et la durée de ces coups d'harmattan dépendent de la dynamique des deux anticyclones accolés (cellule maritime des Açores et cellule continentale saharienne). L'archipel n'est pas assez éloigné de la côte africaine pour se soustraire à leurs effets destructeurs.

Ainsi, de décembre à juin, se succèdent trois principaux types de temps dominés par l'alizé maritime, l'alizé continental et les invasions polaires. C'est la saison sèche, encore appelée saison des «brises» car le trait climatique dominant est la constance du vent. Les directions varient du nord à l'est et les renforcements de vitesse sont fréquents, non seulement à chaque gonflement de l'anticyclone subtropical mais aussi les après-midi sur tous les secteurs au vent de l'alizé par adjonction de la brise de mer. Ainsi sur les littoraux orientaux, les vitesses moyennes journalières peuvent dépasser les 50 km/h. Les vitesses moyennes mensuelles calculées pour la saison sèche de la période 1980-1984, à Sal, ont toujours dépassé les 25 km/h! Cette constance du vent de quadrant nord-est et sa force impriment une contrainte certaine à la végétation. Les littoraux sont presque dépourvus d'arbres. Sur les plateaux exposés au vent la déformation des frondaisons en drapeau est de règle. Les jeunes arbres ne peuvent pousser que protégés par des monticules de pierres. L'enchaînement des types de temps se note davantage par les variations d'humidité (fig. 2), et de nébulosité que par les sautes de températures. Ainsi, en cette saison, vent, sécheresse de l'air et insolation, jamais très basse, se conjugent pour accélérer l'évapotranspiration. On y reviendra plus loin pour confirmer l'importance des besoins en eau du couvert végétal en saison sèche, puisqu'il ne peut compter que sur les quelques pluies d'origine polaire et sur d'hypothétiques réserves du sol pour les satisfaire. On peut supposer à priori que les montagnes et les plateaux centraux de Santiago sont tout de même privilégiés, non seulement parce que les températures sont plus basses, mais aussi parce qu'ils peuvent bénéficier de l'action des brouillards au-dessus de 800 m d'altitude. Malheureusement, la partie axiale de l'île est une

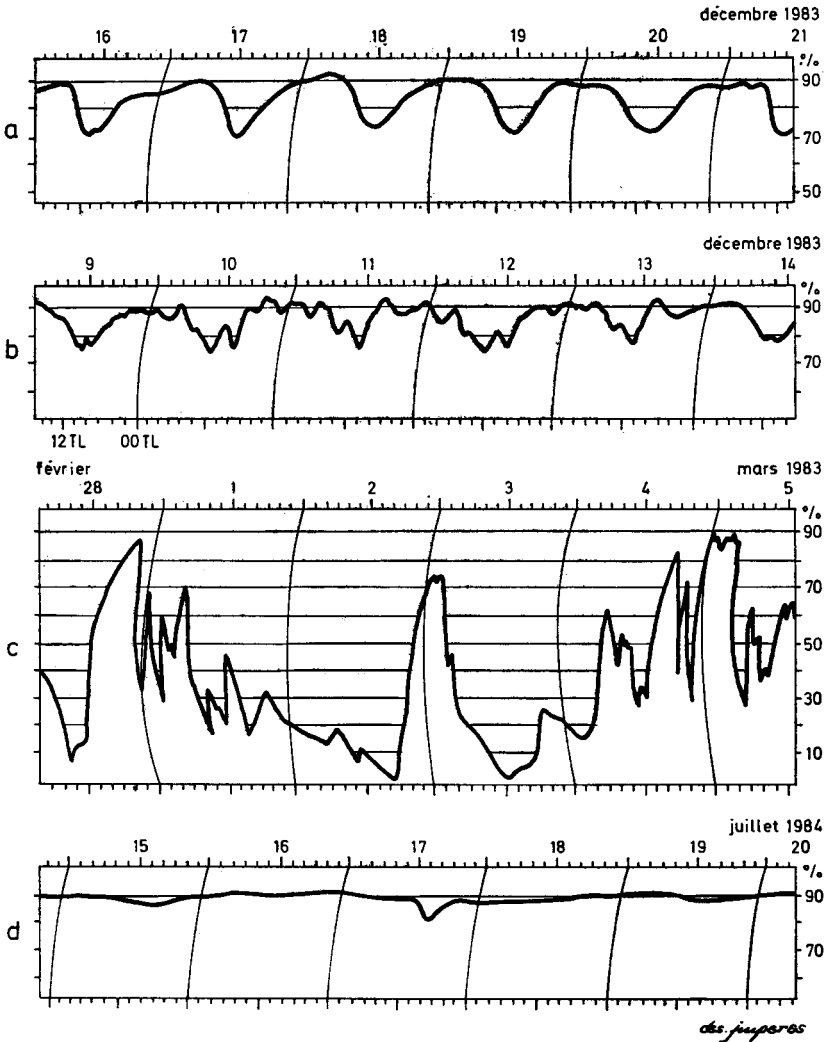


Fig. 2 — Le rythme journalier de l'humidité relative à São Jorge dos Órgãos. a, en période d'alizé maritime boréal; b, pendant une invasion d'air polaire renforçant l'alizé; c, sous une forte poussée d'harmattan; d, en régime de mousson.

région qui, par ses pentes abruptes et son manque de sol, est tout à fait inhospitalière, le plateau d'Assomada mis à part.

C'est entre août et octobre que se concentrent pratiquement toutes les pluies (90 %) en un très petit nombre de jours.

L'équateur météorologique se rapproche de l'archipel par le sud. L'alizé boréal est alors parfois remplacé dans les basses couches ou tronqué en altitude par des vents à composante sud, issus des hautes pressions subtropicales de l'hémisphère austral (cellule de Ste Hélène). C'est le phénomène de mousson. Ces irruptions d'air austral parviennent sur les îles dans des conditions dynamiques particulières, par bouffées chaudes et humides (fig. 2d), rompant la stabilité de l'alizé boréal. Les systèmes nuageux deviennent plus épais et bas et, alliés à un environnement océanique plus chaud à cette époque de l'année (25° à 27°), ils contribuent à donner une ambiance suffocante de serre. Les nuages de type convectif sont nombreux dans le ciel capverdien, isolés ou organisés, et les conditions dynamiques pour déclencher les mécanismes pluvieux sont plus fréquents. Cependant, les pluies ne sont pas continues. Elles sont très irrégulières dans le temps et l'espace et, sans l'intervention de l'orographie, elles restent modestes. Elles prennent un caractère orageux et les aires de pluie ont une distribution presque aléatoire. Il peut exister un véritable déluge dans un point d'une île, alors qu'à quelques kilomètres seulement de là il n'y a aucune goutte de pluie. Les régions montagneuses fixent tout de même davantage que les autres les systèmes pluvieux et chaque averse intense entretient un ruissellement important sur les pentes fortes mal protégées par une végétation très clairsemée. La dissection est partout profonde dans les montagnes de Santiago. Toutes les vallées principales sont de véritables canyons qui écoulent des crues monstrueuses instantanées. Leur fond parfaitement plan s'exhausse au gré des épandages de crue. Ce sont ces fonds qui sont les plus régulièrement cultivés, après épierrage, tels des rubans d'oasis pénétrant profondément dans la montagne.

2 — *Les caractéristiques des pluies à Santiago*

De part ce qui vient d'être dit, on peut supposer qu'en un point précis de l'île, les volumes tombés présentent une grande variabilité interannuelle qui provient de celle de la fréquence des séquences pluvieuses et du type de pluie. Certaines années, la pluie tombée durant un seul mois peut largement dépasser le total annuel le plus fréquent. Descendant

à l'échelle de la séquence pluvieuse, on reste étonné de voir les intensités horaires des chutes. Le volume mensuel se réalise en un très petit nombre de jours, voire d'heures de pluie. Ce sont ces caractéristiques fondamentales qui, paradoxalement, sont au centre des préoccupations quand on se penche sur le problème de la sécheresse. Concentration saisonnière et irrégularité interannuelle sont les deux traits fondamentaux du régime des pluies. Dans tout l'archipel, de juillet à novembre tombent plus de 95 % des précipitations annuelles. Les séries des totaux de ces cinq mois ont une distribution qui présente une forte dissymétrie positive. Les moyennes, fortement influencées par quelques totaux très élevés de faible fréquence, font paraître le climat des îles plus arrosé qu'il n'est en réalité. Du point de vue agricole ou hydrologique, il est donc extrêmement dangereux de faire reposer les planifications sur la moyenne. Les coefficients de variation annuels calculés sur les séries les plus longues (de plus de 35 ans) varient entre 60 % et 80 % sur toute la moitié sud de l'île de Santiago d'altitude inférieure à 300 m et sur une frange littorale étroite de la moitié nord. Le facteur altitude intervient pour réduire la variabilité interannuelle des volumes qui tombent entre juillet et novembre, mais l'exposition joue également un rôle fondamental. Sur les pentes sud-ouest, vers 700 m d'altitude, ils sont encore supérieurs à 50 %. Côté nord-est, ils diminuent beaucoup plus rapidement. Dès les 400 m d'altitude, ils deviennent inférieurs à 50 % et, à en juger par quelques rares points d'observation proches du toit de l'île au-dessus de 800 m, ils tombent vers 35 %.

Aucun point de l'île n'est soustrait à la probabilité de connaître une sécheresse absolue durant les cinq mois considérés. Une année sur deux, les totaux sont encore inférieurs à 150 mm sur le littoral méridional et les bas plateaux de cette partie de l'île sont empreints de la même aridité une année sur dix. Des expériences menées en zone soudano-sahélienne sur les relations entre les précipitations et les rendements agricoles (PAPADAKIS, 1966; DAVY *et al.*, 1976; FAO, 1978), amènent à penser qu'il faut approximativement 400 mm de pluie pour assurer une récolte acceptable de maïs et un minimum de 200 mm pour un bon renouvellement des pâturages. En appliquant ces seuils à l'île de Santiago et

sans penser aux autres facteurs limitants d'origine climatique, topographique ou agrologique, on se rend compte des risques de l'agriculture pluviale du maïs qui constitue la base de l'alimentation de la population. La moitié sud de Santiago ne pourrait fournir une récolte de maïs qu'une année sur dix, des pâturages abondants que quatre années sur dix sur les plateaux et trois années sur dix au long du littoral. Ces résultats doivent être assez proches de la réalité car tous les plateaux méridionaux sont steppiques; les zones de pâturages sont rares au-dessous de 250 m d'altitude et très dégradées. Les seules régions intéressantes pour la culture pluviale du maïs sont celles du centre de l'île, surtout sur les versants virés au nord-est, au-dessus de 400 m d'altitude. Les parties amont des vallées de la Ribeira Seca ou de Picos, par exemple, peuvent assurer une bonne récolte une année sur deux. Le plateau d'Assomada, vers 500 m d'altitude, encastré entre deux massifs montagneux, abrité du nord comme du sud ne peut assurer de bons rendements que quatre années sur dix. Les meilleures régions agricoles paraissent donc être les sommets au-dessus de 800 m si l'on s'en tient au seul aspect hydrique. Le seuil limitant des 400 mm de pluie n'apparaît que trois années sur dix, ce qui serait un risque acceptable pour le paysan. Ces régions, cependant, ne représentent que 2 % de la surface de l'île et sont constituées par une succession d'arêtes et de pitons tout à fait répulsifs. Entre 400 m et 800 m (24 % de la surface de l'île), l'agriculture pluviale est rentable une année sur deux, côté nord-est. C'est la région la plus densément peuplée, entièrement défrichée depuis longtemps, où se pratique l'agriculture pluviale sur toutes les parcelles dont la pente le permet, avec ou sans aménagement, ainsi que dans le fond des vallées, là où l'irrigation n'est pas possible. Les densités de population par unité de surface cultivée sont surprenantes: 760 hab./km² (L. ALVES, 1983). Entre 250 m et 400 m (28 %) la mise en culture pluviale est trop risquée; par contre les pâturages peuvent être exploités. Enfin, les altitudes inférieures à 200 m, représentant 46 % de la surface de l'île, ont des totaux trop faibles et une variabilité interannuelle si grande que très peu d'espèces végétales réussissent à subsister. Ce sont les bas plateaux du sud et du sud-est de l'île ainsi qu'une étroite frange côtière orientale et nord, arides, battus

par les vents. Dans ces régions, l'activité agricole n'est possible que dans le fond des vallées, temporairement ou en recourant à l'irrigation. C'est en fait cette réalité qui avait été traduite en 1958 sur la carte de l'occupation du sol de Santiago, de J. A. SILVA TEIXEIRA et L. A. GRANVAUX BARBOSA, après une longue série d'années pluvieuses et dont on présente ici une adaptation sur la figure 3. Elle souligne l'étroit lien qui existe entre l'occupation du sol (vestiges de végétation naturelle et cultures), la variabilité pluviométrique interannuelle et la dissymétrie climatique qui marque tyranniquement les versants des îles montagneuses soumis au régime de l'alizé. La valeur globale des précipitations tombées entre juillet et novembre n'est pas la seule à intervenir pour expliquer cet étagement. La répartition des pluies durant la saison pluvieuse comme l'intensité et la durée des chutes ont aussi une importance capitale.

Une étude portant sur les quarante dernières années a montré qu'il n'a plu que 4 % des jours à Praia, 9 % des jours à S. Jorge et 8 % seulement des jours à la station de Malagueta, pourtant située à 750 m d'altitude. Ce qui représente, en moyenne et par an, une quinzaine de jours sur les littoraux exposés au sud et 40 à 50 jours au centre de l'île, en fonction de l'altitude et de l'exposition. Cette évaluation est en fait assez grossière car la variabilité interannuelle est très forte. Les mois d'août et septembre regroupent à eux seuls 75 % des jours pluvieux. La moitié des jours où il pleut, les précipitations atteignent au moins 3 mm à Praia, 4 mm à S. Jorge et 15 mm à Malagueta. 62 % des jours pluvieux ont une intensité inférieure à 5 mm à Praia et 25 % sont inférieurs à 1 mm par jour. A S. Jorge, de telles intensités ne représentent plus que 25 % des jours pluvieux. Pour Malagueta, 15 % seulement des jours pluvieux n'atteignent pas 5 mm. Ces quelques chiffres dénoncent l'importance des fortes précipitations sur les reliefs. On note également un accroissement net des fortes intensités de juillet à septembre-octobre partout dans l'île. Même à Praia, dans un site soustrait à l'influence de tout relief, les pluies de plus de 50 mm par jour représentent encore 6 % des jours pluvieux en septembre; cette fréquence devient le double à S. Jorge. Les pluies de plus de 100 mm sont l'exception à Praia contrairement aux deux autres stations. Passé octobre,

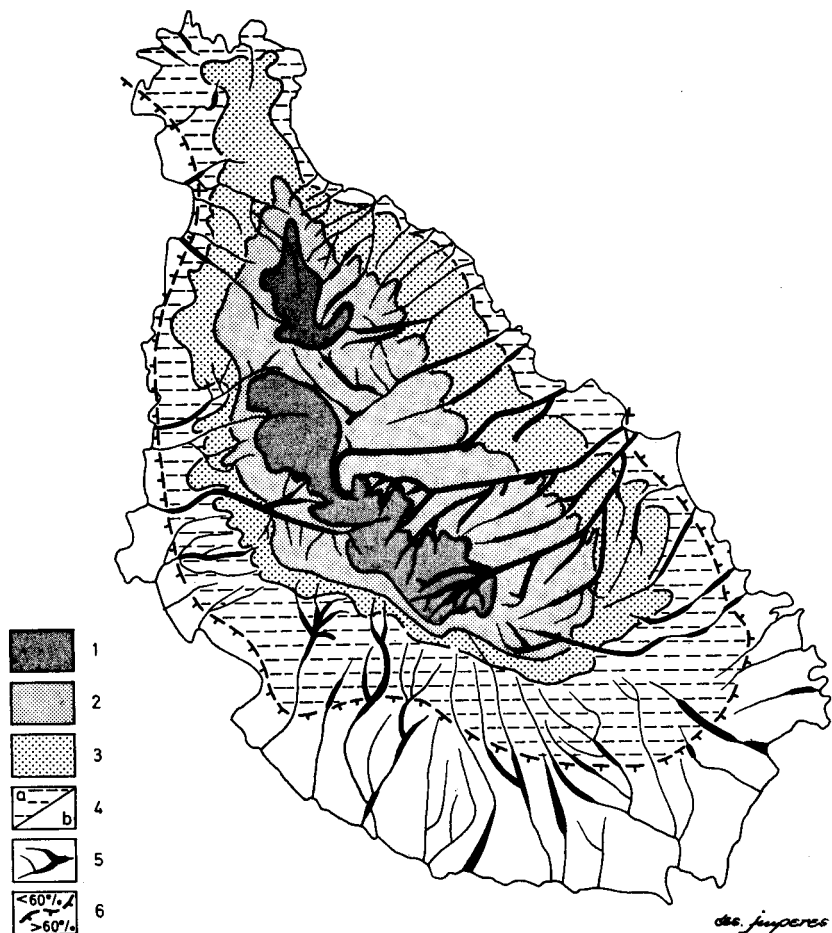


Fig. 3 — L'étagement agro-climatique de Santiago. 1, zone humide (cultures pluviales, pâturages d'altitude; pluie de juillet à novembre > 400 mm une année sur deux; brouillards fréquents); 2, zone sub-humide (cultures pluviales; pluie de juillet à novembre > 400 mm 4 années sur 10; forte nébulosité); 3, zone semi-aride (cultures pluviales avec de grands risques, pâturages, sisal; pluie de juillet à novembre < 400 mm 8 années sur 10); 4, zone aride (a, pâturages avec de bonnes possibilités de développement, pluie de juillet à novembre > 200 mm une année sur deux; vent fort sur la côte est; b, pâturages en conditions hydriques déficientes; renouvellement difficile des espèces fourragères; pluie de juillet à novembre < 200 mm 8 années sur 10); 5, zones de cultures irriguées en 1957; 6, coefficient de variation 60 % de la quantité totale de pluie de juillet à novembre (adapté de A. SILVA TEIXEIRA et L. A. GRANVAUX BARBOSA, 1958).

les pluies de plus de 20 mm par jour n'existent plus à Praia comme le nombre de jours pluvieux tombe à un ou deux. En fait, en novembre, il ne pleut plus tous les ans et les intensités restent faibles. C'est un contraste à souligner par rapport au centre montagneux de l'île. Là, les pluies se prolongent en automne au point d'établir une liaison sans grand hyatus avec les pluies d'hiver d'origine polaire. A S. Jorge, 8,5 % des pluies de l'année se situent sur novembre et 6 % à Malagueta. Ce qui distingue surtout le style pluvieux des hautes vallées orientales des sommets, c'est l'importance relative des très fortes pluies journalières. L'ordre de grandeur de la fréquence des pluies de plus de 50 mm par jour est de 7 % à S. Jorge contre 14 % à Malagueta. Sur la zone axiale, elles peuvent apparaître dès juillet mais c'est surtout en septembre et octobre que tombent ces grosses pluies. Durant ces deux mois, un jour sur deux, les intensités sont supérieures à 20 mm, un sur cinq, supérieures à 50 mm et, en octobre, 14 % des jours pluvieux ont une intensité de plus de 100 mm à Malagueta et Curralinho (Pico da Antónia). Les volumes journaliers records dépassent largement les 300 mm sur le toit de l'île. On a peine à imaginer l'effet destructeur que doit accompagner ces pluies torrentielles sur les pentes abruptes des massifs décharnés formés d'un empilement de matériaux pyroclastiques divers et de basaltes plus ou moins altérés. Cependant, les fortes pluies sont essentielles à la reconstitution des nappes phréatiques de l'île car ce sont elles qui soutiennent le bâti des régimes pluviométriques. Août et septembre ont sensiblement le même nombre de jours de pluie mais le mois le plus arrosé est celui qui compte le plus grande nombre de jours de fortes intensités. Au centre de l'île, le rôle des fortes pluies sur l'alimentation en eau devient évident. A S. Jorge, 56 % du volume de pluie tombée entre juillet et novembre se doivent à la tranche d'intensité 20-100 mm et 18 % encore à celle de plus de 100 mm. A Malagueta, ce sont les très grosses pluies qui apportent l'essentiel de l'eau surtout en septembre et octobre.

II — LE CHANGEMENT DES CONDITIONS CLIMATIQUES DEPUIS 1968

C'est tout d'abord sur les quantités annuelles de pluie que porte l'évolution après 1967. En effectuant une analyse comparée des séries de mesures dans les six stations de Santiago qui ont les registres communs les plus longs (depuis 1945), on se rend compte que les variations pluviométriques de même signe touchent l'ensemble de l'île.

1 — L'évolution des précipitations annuelles

En effectuant le cumul des écarts à la médiane de la période 1945-1984, on note un certain synchronisme dans le comportement des stations (fig. 4A) :

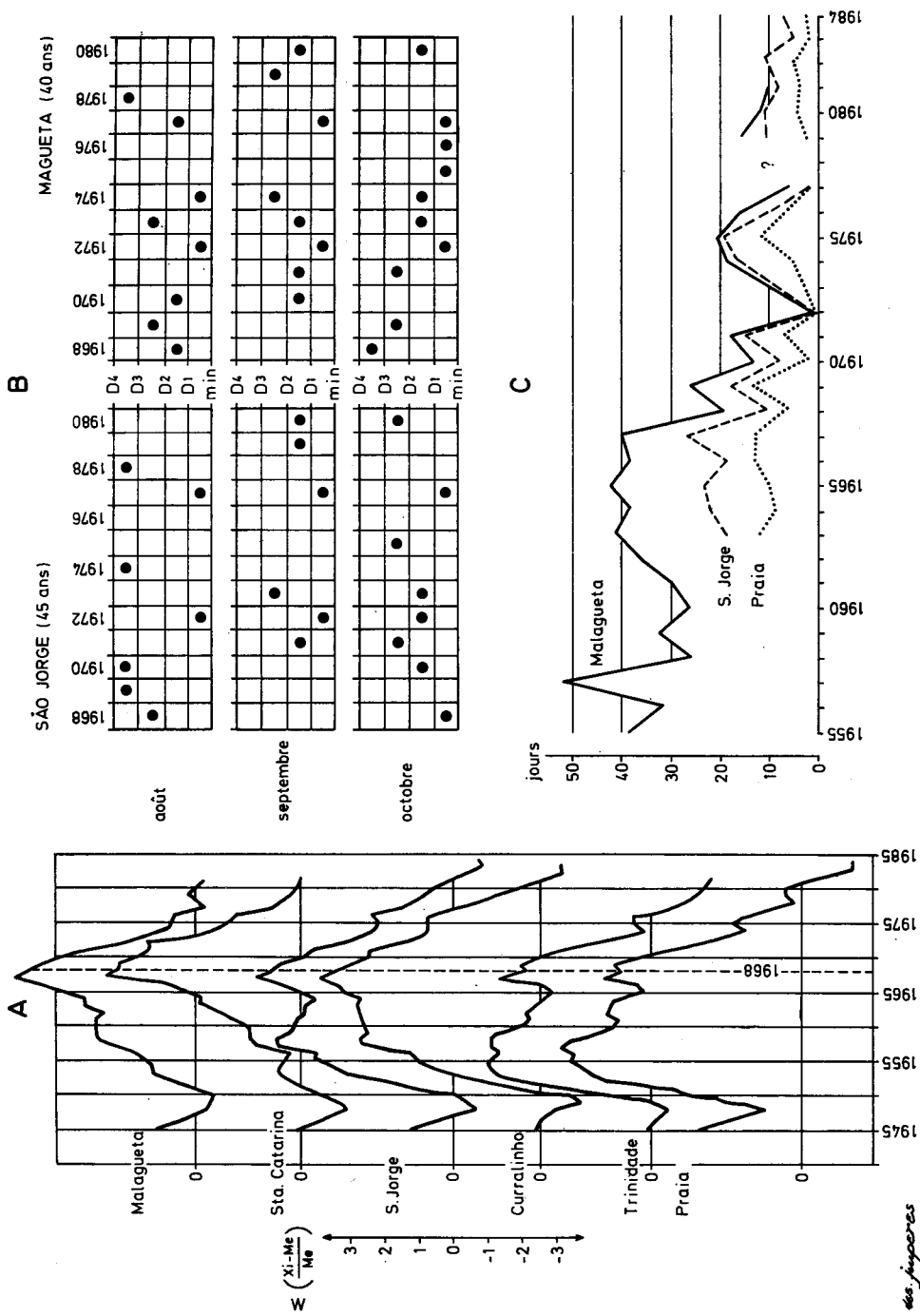
— une période déficitaire commencée avant 1945 et dont le point le plus creux se situe en 1949 ou en 1950, en montagne, et en 1948, sur le reste de l'île;

— une période excédentaire sur la partie haute de l'île, au-dessus des 500 m, entre 1949-1950 et 1967. Au-dessous de cette altitude, cette période excédentaire est échancrée par quelques années déficitaires consécutives, entre 1958 et 1964 à S. Jorge, entre 1958 et 1965 à Trinidad et Praia. Pour les six stations, les dernières années excédentaires consécutives ont été celles de 1965, 1966 et 1967;

— après 1967, c'est la chute vertigineuse de la pluviométrie. Cette longue phase déficitaire se poursuit encore actuellement.

A Praia, entre 1970 et 1982, les écarts à la médiane ont oscillé entre 50 % et 85 %; à Trinidad, il en va de même; l'année 1972 n'a connu aucune pluie mesurable et celle de 1977, 15 mm. Au centre de l'île, malgré l'influence de la masse montagneuse, la situation n'est pas meilleure. Les écarts à la médiane oscillent de 10 à 95 % entre 1970 et 1982. En 1972 et 1977 également, les totaux ont été très bas: 42 mm et 39 mm à S. Jorge; 53 mm et 68 mm à Curralinho; 7 mm et 37 mm à Santa Catarina; 34 mm et 116 mm à Malagueta. Ces chiffres constituent les records de sécheresse annuelle depuis le début des registres dans ces stations.

Durant la période 1945-1984, si l'on compare la pluviosité de la décennie la plus humide (1949-1958) et celle de la plus



des Juyeres

Fig. 4 — Aspects pluviométriques de la crise climatique actuelle. A, écarts cumulés à la médiane des précipitations annuelles; B, sévérité de la sécheresse des mois d'août, septembre et octobre; seuls les mois où la précipitation a été inférieure au 4^e décile ont été indiqués. Pour chaque station figure le nombre d'années sur lequel a porté le calcul des déciles; C, nombre de jours de pluies ≥ 5 mm durant la saison pluvieuse.

sèche (1968-1977), l'ampleur du changement apparaît encore mieux (tableau I).

TABLEAU I

Variabilité des totaux pluviométriques annuels à Santiago

	Praia	Trinidad	Currallinho	S. Jorge	Sta. Catarina	Malagueta	
X	343	387	1013	939	809	1116	1949-1958
C. V.	38,5	50	46	29	30	41	
X.	116	138	413	341	330	381	1968-1977
C. V.	110	98	64	61.5	61	72	

(X = moyenne de la période indiquée; C. V. = coefficient de variation correspondant en %).

Une réduction aux deux tiers des volumes annuels par rapport à la décennie 1949-1958 et une variabilité relative accrue caractérisent en premier lieu la pluviosité de la récente période. C'est un fait préoccupant pour la survie du couvert végétal y compris la végétation naturelle qui était adaptée à un zonage moins sévère de l'humidité. Si l'on prend le seuil des 200 mm annuels pour l'équivalent de la sécheresse des espèces fourragères, on s'aperçoit vite que la partie méridionale de l'île est devenue complètement improductive. Les 120 mm annuels placent cette région dans des conditions plus désertiques que semi-arides. Le centre montagneux, franchement humide au vu des volumes tombés durant la décennie 1949-1958, véritable château d'eau de l'île, a un cachet semi-aride depuis 1968. La zone traditionnelle de la culture pluviale du maïs ne reçoit plus la quantité minimum des 400 mm. Actuellement, c'est le toit de l'île, au-dessus des 800 m qui reçoit le plus régulièrement ce volume. La déficience globale de la saison pluvieuse pose donc un problème certain au maintien de l'équilibre du milieu naturel et de l'activité agricole. Cependant, même avec des totaux plus faibles, une meilleure répartition des chutes dans la saison pluvieuse, donc au long du cycle végétatif actif, permettrait peut-être une utilisation plus rationnelle de l'eau. Il faut donc descendre à l'échelle du mois pour avoir une vision plus juste de l'ampleur du changement et de ses implications.

2 — *Les précipitations mensuelles*

A Santiago, on sait que les pluies tombent entre juillet et novembre et qu'il peut aussi exister quelques situations pluvieuses en janvier et février, interrompant ou adoucissant la sécheresse dans laquelle est plongée l'île à cette époque de l'année. Durant la décennie 1949-1958, ces caractères ont été évidents. A Praia, par exemple, la part des précipitations mensuelles dans l'élaboration du total annuel avait été la suivante: juillet, 7,6 %; août, 32,4 %; septembre, 28,9 %; octobre, 18,9 % et novembre, 6,2 %; soit une proportion de 94 % pour l'ensemble de ces cinq mois, les 6 % restants étant dûs aux pluies d'hiver. Durant la décennie sèche 1968-1977 et encore actuellement, la situation à Praia est la suivante: juillet, 3 %; août, 46 %; septembre, 36 %; octobre, 14 %; novembre, 1 % et les pluies d'hiver n'existent plus. L'évolution est semblable pour l'ensemble de l'île. On assiste donc à une concentration des situations pluvieuses sur août et septembre (82 % des pluies annuelles). La saison pluvieuse commence tard et finit tôt. Même août et septembre, les mois les plus pluvieux actuellement, ont des totaux déficitaires et la variabilité relative augmente. Dans le tableau II on a rassemblé l'évolution de la variabilité des précipitations mensuelles de la décennie pluvieuse 1949-1958 à la décennie sèche 1968-1977. Force est de reconnaître que les pluies de juillet sont devenues négligeables même au centre de l'île.

Sur les plateaux méridionaux, les pluies d'août et septembre sont en moyenne les deux tiers de celles de la période 1949-1958. Dans le centre, la chute atteint 25 à 30 %. Au nord, la Serra da Malagueta semble encore plus touchée; les totaux d'août et de septembre y sont réduits de moitié. Octobre qui avait la réputation d'être le mois des déluges en montagne devient pratiquement dépourvu de pluies. La saison pluvieuse ne se prolonge plus en automne. On assiste donc à un véritable changement du régime des pluies. La figure 4B donne une image très expressive de la persistance des anomalies depuis 1968. Durant les 13 années consécutives présentées ici, les mois d'août, septembre et octobre ont eu 6 à 10 fois des totaux inférieurs à la médiane. La sévérité de la sécheresse se marque non seulement par le nombre élevé de mois dont

TABLEAU II

Variabilité des totaux pluviométriques mensuels

	juillet	août	septembre	octobre	novembre		
X	8	31	193	131	33	A	Praia
C. V.	119	71	91	78	203		
X	3	59	72	29	0,1	B	
C. V.	266	128	121	208	254		
X	10	74	139	155	53	A	Trinidad
C. V.	118	76	94	103	143		
X	7	32	98	6	0	B	
C. V.	206	92	107	89			
X	110	242	308	290	81	A	Currealinho
C. V.	109	48	74	181	126		
X	38	125	227	18	7	B	
C. V.	142	82	76	136	136		
X	47	160	261	305	100	A	São Jorge
C. V.	65	60	67	119	118		
X	19	101	181	20	16	B	
C. V.	175	100	94	125	149		
X	31	133	229	269	85	A	Sta. Catarina
C. V.	69	77	60	111	107		
X	17	122	164	20	0,7	B	
C. V.	216	103	86	170	316		
X	87	236	350	399	62	A	Malagueta
C. V.	69	30	48	95	143		
X	21	120	144	11	8	B	
C. V.	212	67	106	157	200		

A = 1949-1958

B = 1968-1977

X = moyenne en mm

C. V. = coefficient de variation (%)

les totaux ont été placés en-dessous du second décile comme par le nombre d'années consécutives où les trois mois ont présenté des anomalies négatives. Ce manque d'eau persistant durant le cycle végétatif a forcément eu une influence néfaste

sur le couvert végétal et l'occupation du sol dont les effets ont été cumulatifs. En descendant à l'échelle de la journée, on a cherché à savoir la raison de ces faibles totaux mensuels.

3 — Les précipitations journalières

En analysant les intensités journalières, on a pu voir à quoi étaient dues ces fortes anomalies pluviométriques. Sur toute l'île, depuis 1968, le nombre de jours pluvieux a décliné comme les pluies de forte intensité sont devenues moins fréquentes. Pour exemplifier les faits, on présentera les résultats obtenus à S. Jorge, station qui est assez représentative de la zone de culture pluviale du maïs. Le nombre moyen de jours de pluie entre 1949-1958 et 1968-1977 est passé de 48 à 23. L'analyse des intensités journalières n'a pu être faite à S. Jorge qu'entre 1963 et 1980. Si l'on regroupe les résultats obtenus pour la période 1963-1970 qui renferme presque toutes les années pluvieuses de la séquence et pour la période 1971-1978 très sèche, on obtient une vision assez objective du changement survenu. Il est exposé dans le tableau III. Sur la période 1971-1978, les pluies d'intensité journalière supérieure à 10 mm sont devenues rares sauf en août. Le mois d'août, plus que

TABLEAU III

Nombre de jours de pluie d'intensité donnée à la station de São Jorge durant les périodes de 1963-1970 et 1971-1978

classes d'intensité (mm)	juillet	août	septembre	octobre	novembre	
≤ 5	19	48	24	13	17	1963-1970
5,1- 10	4	12	18	5	3	
10,1- 20	2	12	16	4	1	
20,1- 50	1	5	17	14	0	
50,1-100	1	7	11	5	0	
> 100	0	0	1	0	0	
≤ 5	14	40	22	8	4	1971-1978
5,1- 10	2	16	13	2	1	
10,1- 20	0	10	4	2	0	
20,1- 50	0	10	6	0	0	
50,1-100	0	0	5	1	0	
> 100	0	1	2	0	0	

septembre, concentre maintenant les grosses pluies. Comme ce sont les pluies de forte intensité qui apportent la plus grande part de la lame d'eau mensuelle, leur disparition explique le véritable effondrement de la pluviosité à partir de septembre. Ce qui vient d'être dit pour S. Jorge est valable pour toute la partie centrale de l'île, y compris les stations d'altitude comme Curralinho et Malagueta. Le château d'eau de l'île est donc actuellement très mal alimenté.

Un tel changement dans les caractéristiques pluviométriques entraîne forcément une nouvelle physionomie de la saison pluvieuse. A partir de 1968, les pluies commencent plus souvent en août qu'en juillet et, à Praia, la saison débute même en septembre quatre années sur dix. Partout, les pluies cessent en octobre. De ce fait, la durée de la saison pluvieuse a été profondément affectée. Entre 1968 et 1980, elle a été en moyenne de 69 jours à S. Jorge, 53 jours à Malagueta, 48 jours à Sta Catarina et 41 jours à Praia. Elle a ainsi été emputée de près de la moitié de sa longueur par rapport à la période 1949-1958. Or, on touche là un problème important qui est celui de la survie du couvert végétal et du maintien de l'agriculture pluviale dans l'île. C'est la durée de la saison pluvieuse qui fixe celle de la phase active du cycle végétatif. Toute la vie à Santiago, comme dans les autres îles du Cap Vert, est conditionnée par ce facteur limitant qu'est l'eau disponible. Bien plus que la chaleur ou la luminosité, c'est l'insuffisance des pluies pendant une bonne partie de l'année qui sélectionne le cortège des espèces naturelles et cultivables. Les plantes annuelles non irriguées doivent obligatoirement effectuer tout leur cycle pendant la saison des pluies; les autres présentent une adaptation qui leur permet de supporter de longues périodes sèches ou doivent recevoir un apport d'eau supplémentaire. Par exemple, les variétés de maïs cultivées à Santiago effectuent leur cycle entre 100 et 120 jours quand la température de croissance accumulée atteint 1800° à 2200°. Les besoins en eau de la plante ne sont pas uniformément répartis tout au long du cycle végétatif, mais, l'un dans l'autre, il faut que la longueur de la saison des pluies soit compatible avec les exigences thermiques. C'est pourquoi les dates de l'installation et de la fin des pluies sont des facteurs importants de la réussite des cultures pluviales. Une arrivée trop tardive

ou un faux départ de la saison pluvieuse peuvent être catastrophiques tout comme une saison trop courte ou une pluie trop tardive compromettent irrémédiablement les récoltes.

C'est la partie centrale de l'île qui semble actuellement la plus préjudiciée. Le plateau d'Assomada, surtout, connaît depuis 1968 des saisons pluvieuses extrêmement courtes. Constatation préoccupante puisque, situé vers 500 m d'altitude, il avait jusqu'alors des potentialités climatiques tout à fait évidentes pour l'agriculture pluviale. C'était le grenier de l'île. Par comparaison, les hautes vallées orientales ont connu des changements moins brutaux. On est en droit de se demander si une telle contraction de la saison pluvieuse est encore compatible avec une activité agricole et même si la végétation naturelle y trouve son compte. Quand on cherche à savoir le nombre de jours de pluie «utile» dont a disposé la végétation dans chacune des saisons pluvieuses de la période 1968-1980, la réalité est encore plus inquiétante. En fixant à 5 mm par jour le seuil d'une pluie «utile» (fig. 4C), quantité en principe suffisante pour contrebalancer les pertes par évaporation, le nombre maximum qu'on peut trouver au centre de l'île est de 20. A Praia, exception faite de l'année 1975, proche de la «normale», le nombre maximum de pluie utile a été de 7. Reste à savoir l'efficacité réelle de telles pluies; elle dépend surtout de l'espacement des chutes de plus de 5 mm et de l'évolution du bilan hydrique du sol.

4 — *L'évolution des autres éléments du climat*

A partir de 1968, il y a eu un changement spectaculaire de la direction de l'alizé. Il souffle actuellement presque exclusivement du nord-est et ceci quel que soit le mois considéré, avec un net renforcement du quadrant est de février à avril. C'est une acquisition importante car elle montre que l'alizé maritime atteint moins souvent l'archipel qu'avant. C'est l'alizé maritime dévié, ayant déjà effectué un parcours sur l'Afrique ou même l'air saharien. Les conséquences directes de cette situation sont une baisse sensible de l'humidité relative (-6 % à l'échelle de l'année), une plus grande fréquence des coups d'harmattan et des brumes sèches sur les îles méridionales alors que ces caractères étaient plutôt l'apanage des

îles du nord. Cette atmosphère plus sèche dans laquelle baignent les îles ne peut engendrer que des développements nuageux plus faibles. Sur les littoraux, même au vent, sur les plateaux méridionaux, le nombre de jours couverts ($N > 8/10$) a fortement décliné. A Praia, il est passé de 80 (1949-1958) à 43 (1968-1980). Dans l'intérieur montagneux de l'île, le bonnet nuageux d'alizé est moins épais, plus bas et rarement persistant. C'est certainement ce qui explique pourquoi la station de S. Jorge, à 319 m d'altitude, au vent des reliefs, connaît actuellement un plus grand nombre de jours nébuleux qu'avant (160 contre 145 entre 1949 et 1958) et des cieux dégagés ($N < 2/10$) moins fréquents (21 par an au lieu de 77). L'inversion thermique qui marque la structure de l'alizé est souvent basse, entre 400 m et 900 m et S. Jorge se trouve directement affecté par le battement de la mince couche humide. Cette situation était réservée autrefois au plateau d'Assomada et aux sommets, qui baignent aujourd'hui dans l'air sec au-dessus des nuages de la surface d'inversion. Santa Catarina a connu une moyenne de 161 jours dégagés entre 1968 et 1980 contre 90 durant la décennie pluvieuse 1949-1958. Ces conditions sont permanentes en dehors de quelques rares jours d'été durant lesquels la stabilité de l'alizé boréal est rompue par des perturbations accompagnant l'approche de la convergence intertropicale. De 1968 à 1974, sur les radiosondages de Sal, on a pu repérer une vingtaine de jours tout au plus où l'inversion de subsidence de l'alizé boréal est rompue alors que, chaque année de la période pluvieuse 1955-1959, le seul mois de septembre en comportait une quinzaine. Les vents de quadrant sud, qui sont ceux de l'air humide de la mousson, deviennent rares après 1968. A Praia, ils ne représentent que 4 % des directions alors qu'entre 1949 et 1958 leur proportion s'élevait à 10,5 %. Ce qui laisse entendre que la convergence intertropicale est restée plus lointaine de l'archipel. Sécheresse de l'air et du sol, moindre nébulosité devaient se traduire dans l'évolution des températures sur l'île. Le changement se note surtout par une augmentation des températures maxima. A Praia, l'élévation de température se vérifie toute l'année. Elle dépasse un degré en janvier, février et septembre, et même 2° en octobre! L'air fraîchement arrivé des hautes latitudes renforçant l'alizé maritime en hiver est devenu rare. Des étés

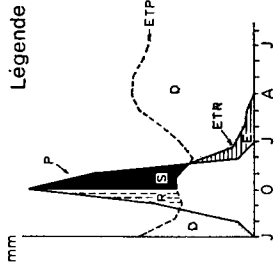
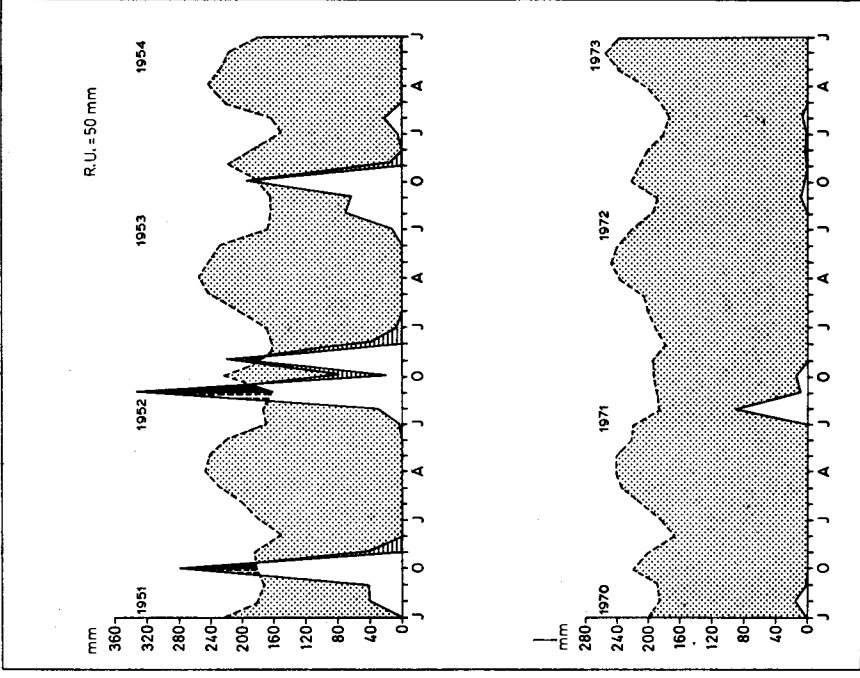
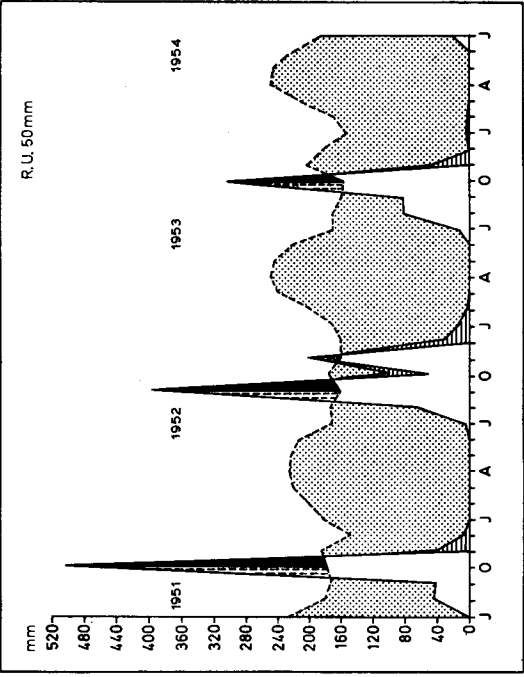
plus secs, moins nuageux, perturbent fortement le bilan radiatif de l'île, surtout sur sa moitié méridionale. L'indigence des pluies sur cette partie de l'île entraînant la disparition totale des pâturages s'est probablement soldée par un changement sensible de l'albédo et un puissant dégagement de chaleur qui se note dans l'augmentation des températures maxima. Les températures minima sont restées stables tra-
duisant le rôle modérateur de l'environnement océanique durant la nuit. Le plus grand échauffement diurne déclenche de fortes brises de mer qui renforcent les vents de nord-est dès la fin de la matinée et jusqu'au milieu de la nuit. Le versant oriental de l'île est très venteux et même les vallées, orientées actuellement dans la direction du vent dominant, ne sont plus abritées. Bref, sur toute l'île, on assiste à une franche détérioration du bilan hydrique.

III — L'EVOLUTION DU BILAN HYDRIQUE

Un changement aussi radical dans le régime des pluies et des autres éléments du climat ne peuvent qu'accroître le déficit hydrique de l'île, lui-même naturellement fort par la présence d'une longue saison sèche. Vent, sécheresse de l'air, radiation solaire jamais très basse, même sur les sommets, se conjuguent pour accélérer l'évapotranspiration (ETP). Celle-ci, calculée selon la méthode de Penman, justement pour intégrer ces paramètres fondamentaux, a très franchement augmentée durant la récente période.

Afin de pouvoir doser l'importance du changement, on a construit le bilan de l'eau, en continu, en divers points de l'île, durant la séquence pluvieuse 1949-1958 et à partir de 1968. On ne présente ici qu'un extrait des schémas obtenus entre 1951 et 1954 puis entre 1970 et 1973 (fig. 5A, B et C).

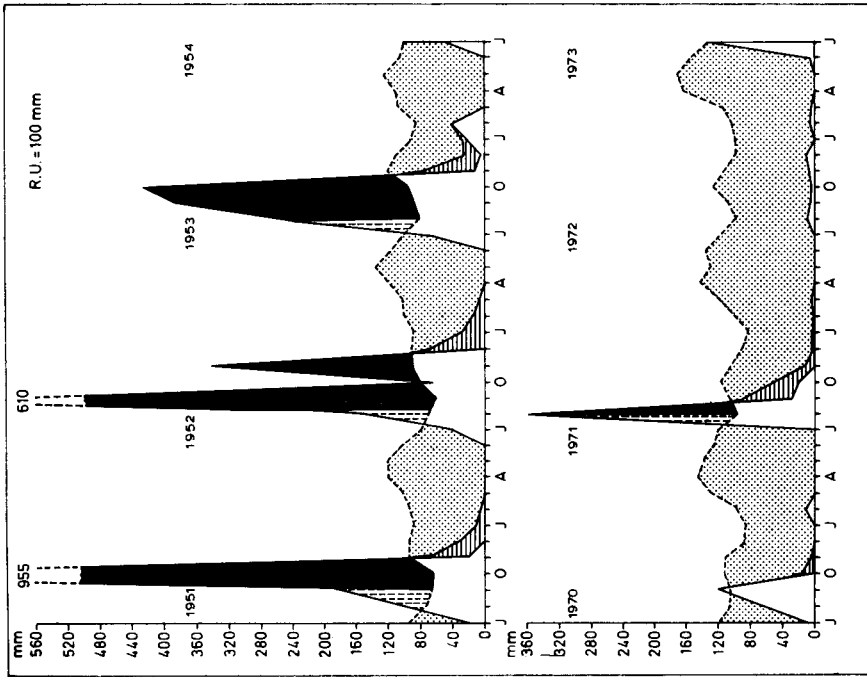
Deux caractères frappent tout de suite. C'est l'ampleur de la déficience de l'évapotranspiration (ETP-P), même en année pluvieuse, sur la partie méridionale de l'île, et c'est l'importance de la lame d'eau disponible pour l'écoulement, en saison humide, dans le centre, même en année sèche. A Praia, en année pluvieuse, il y a une déficience de pluie utile 11 mois sur 12, cumulant 2000 mm.



des figures

Fig. 5A — Evolution des bilans hydriques sur la partie méridionale de l'île de Santiago. R, reconstitution de la réserve (R. U.); S, période d'écoulement du surplus de l'eau; E, évapotranspiration au détriment de la réserve; D, déficience de l'évapotranspiration; ETP, évapotranspiration potentielle; P, précipitation; ETR, évapotranspiration réelle. 1951 à 1953, années pluvieuses; 1970 à 1973, années sèches.

S. JORGE DOS ORGÃOS



STA. CATARINA

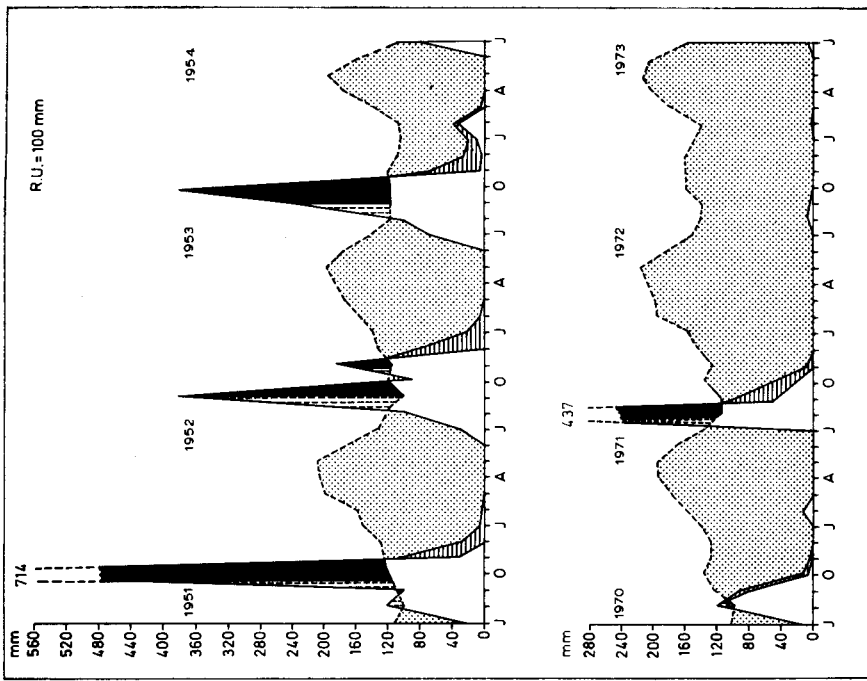
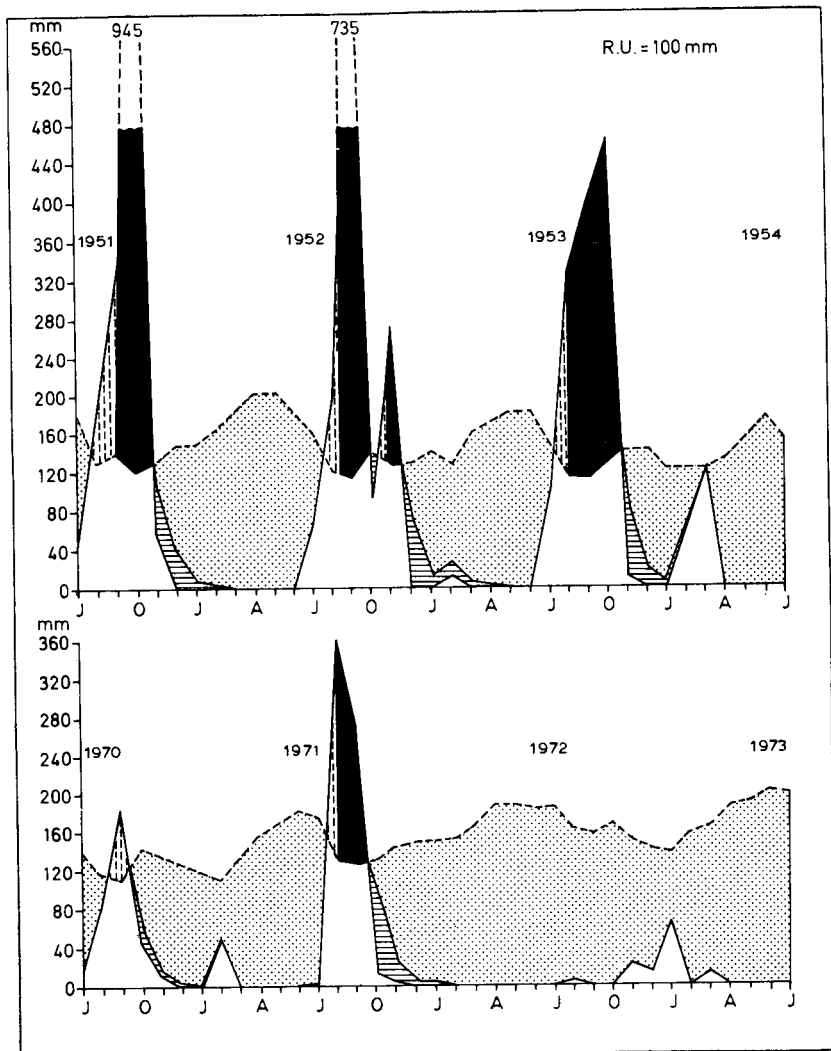


Fig. 5B — Evolution des bilans hydriques dans la région de la culture pluviale du maïs (même légende que figure 5A).

CURRAL INHO



des jupères

Fig. 5C — Evolution du bilan hydrique dans le massif du Pico da Antónia (même légende que figure 5A).

En année sèche, celle-ci touche toute l'année. Ainsi lorsqu'on a une longue séquence sèche, comme celle qui sévit depuis 1968, où le mois de septembre lui-même présente des totaux insuffisants pour contrebalancer les pertes par évap-

potranspiration, la déficience devient continuelle. A Trindade, en années sèches, le phénomène est de même intensité qu'à Praia. C'est pourquoi on s'est dispensé de présenter le bilan. Les sols sont si décupés sur les plateaux méridionaux que les réserves hydriques qu'ils peuvent constituer sont certainement négligeables. L'ETR (évapotranspiration réelle) dépendrait donc exclusivement de l'abondance des chutes de pluie. En années pluvieuses, les mois humides ne sont pas plus nombreux qu'à Praia. On distingue pourtant une gradation dans l'aridité puisque le rapport ETR/ETP n'est pas nul de juillet à novembre, mais la relation $ETR \geq 1/2 ETP$, qui dénonce une certaine reprise de l'activité végétative, n'est guère vérifiée que durant deux mois. C'est surtout le plus grand excédent mobilisable pour l'écoulement durant le mois humide qui distingue les plateaux du littoral (fig. 5A). Les pluies plus abondantes ici ne servent donc pas à entretenir une végétation plus dense mais au contraire à attiser une érosion plus active, un lessivage du peu de sol qui n'a pas encore été dispersé par le vent.

Le problème que pose la lame d'eau disponible pour l'écoulement prend toute son ampleur dans le centre montagneux de l'île. Les excédents sont énormes, de 200 mm à 900 mm par mois, quand septembre ou octobre sont très pluvieux (fig. 5B et 5C). Il peut y avoir plusieurs mois consécutifs où le surplus alimente de tels écoulements. La recharge des nappes profondes est ainsi assurée; les rivières bien alimentées transportent l'eau aux régions basses et permettent ainsi une agriculture intensive dans le fond des vallées mais, en montagne, sur pente forte, l'écoulement superficiel a des effets catastrophiques. Il dépouille littéralement les versants de leur fraction fine, provoque des éboulements et des ravinements profonds. Les cultures ne peuvent se faire que sur pentes bien aménagées ou sur quelques replats et n'ont rien à gagner avec de tels déluges. Cependant, on doit reconnaître que dans cette région, les mois où les contraintes hydriques n'existent pas ($ETR \geq 1/2 ETP$) se présentent presque tous les ans de manière consécutive et ainsi forment une véritable saison humide très intéressante du point de vue agricole et pastoral. C'est en grande partie ce qui explique l'intense défrichement auquel ont été soumis depuis longtemps les montagnes, malgré des pentes fortes, et les hauts plateaux les plus accessibles. On a peine à imaginer

aujourd'hui quelle a pu être la végétation naturelle dans cette région, tellement l'occupation humaine a modifié le paysage en quête de terrain de culture et de pacage. En années pluvieuses, d'août à novembre (et parfois de juillet à décembre), la végétation n'est pas soumise à des contraintes insupportables. A l'échelle de l'année, la déficience de pluie utile ne s'élève pas à plus de 800 mm à S. Jorge, 1400 mm à Currálinho et Sta Catarina, tandis qu'au sud de l'île, la déficience cumulée dépasse les 2000 mm. Ces conditions favorisent une agriculture pluviale du maïs puisqu'elles fournissent une humidité suffisante pendant au moins 100 jours consécutifs, durée tout à fait compatible avec le cycle végétatif des variétés précoces cultivées dans l'île. Les pâturages, également, ont de bonnes conditions de renouvellement jusqu'au coeur de l'hiver.

En années sèches, ces conditions changent radicalement. Les pluies d'août et de septembre deviennent si maigres qu'elles n'assurent plus la présence d'une saison humide continue en montagne. Sur les basses terres, la saison humide disparaît. Ainsi, sur l'année, la déficience d'ETP du centre s'élève vers 1600-1700 mm. En bas, sur les littoraux est et sud, à plus de 2300 mm. Plus, une année sèche se présente rarement isolée. Elle est toujours suivie de deux ou trois autres, comme s'il existait un phénomène de persistance. Ce caractère est très net partout dans l'archipel sur tous les registres de précipitation disponibles antérieurs à 1968. Il marque les périodes de crises alimentaires et de famines qui ponctuent toute l'histoire des îles. La situation vécue depuis 1968 reste sans précédent. Les années 1975 et 1980 sont les seules où la sécheresse a présenté un certain répit. Les déficiences cumulées ont atteint des valeurs records même dans le centre de l'île. A Sta Catarina, de septembre 1971 à juillet 1973, la déficience continue a cumulé 3650 mm et d'octobre 1976 à août 1978, 3670 mm. A Currálinho, les valeurs ont été équivalentes à celles de Santa Catarina sur les mêmes périodes, alors qu'à S. Jorge, elles sont restées inférieures à 1000 mm. A Praia, la déficience d'octobre 1967 à août 1969 a cumulé 4300 mm, et d'octobre 1969 à août 1975, 9753 mm!

Cette succession d'années pluviométriques très creuses a entraîné une déficience d'ETP qui ne suit donc plus un rythme annuel. Il existe actuellement un divorce entre le régime

hydrique et le rythme végétatif. La rémission des mois d'août et septembre où une recharge des réserves hydriques du sol était possible sur les plateaux méridionaux n'existe plus régulièrement. Dans l'intérieur de l'île, le stress hydrique est plus tolérable, néanmoins il est devenu très fort. Son évolution apparaît nettement quand on compare le rapport ETR/ETP de la période 1949-1958 et celui de la période 1968-1977 (tableau IV).

Durant la décennie pluvieuse, chaque année, entre août et novembre, la saison végétative bénéficiait d'une alimentation hydrique acceptable au centre de l'île ($ETR \geq ETP/2$). Eventuellement, juillet, décembre, janvier et février étaient encore des mois où la végétation pouvait espérer ne pas souffrir de la sécheresse. Les conditions hydriques des mois d'hiver permettaient même une certaine reprise de l'activité agricole et pastorale. La réalité actuelle est toute autre. Même les mois les plus régulièrement arrosés, août et septembre, n'offrent plus toujours des conditions hydriques favorables à l'agriculture pluviale. Les valeurs du rapport ETR/ETP ont même été nulles à plusieurs reprises. Octobre, également, ne donne plus de garanties très solides d'alimentation en eau et des conditions d'écoulement ne se sont jamais vérifiées. Quant à juillet d'une part et aux mois de novembre à février d'autre part, ils sont devenus tout à fait inutilisables du point de vue hydrique. La saison pluvieuse utile pour les activités agricoles sans irrigation ne s'étend donc plus que sur trois mois, entre août et octobre avec une très forte variabilité interannuelle alors qu'entre 1949 et 1958, elle s'étendait toujours sur quatre mois et elle avait la possibilité d'atteindre 6 mois. Ce changement dans les conditions hydriques de l'île a été d'autant plus calamiteux qu'il a touché toutes les saisons pluvieuses depuis 18 ans déjà. La représentation chronologique du bilan depuis 1950 sur la figure 6 fournit une image synthétique de l'intensité de la sécheresse actuelle à Santiago. A Trinidad, on note parfaitement la contraction de la saison humide et le caractère excessif du bilan actuel. La saison humide se résume à un seul mois sur les plateaux méridionaux, en général septembre, où les pluies ont tout de même été suffisantes pour alimenter l'écoulement, en gros, une fois tous les trois ans. On note également des cas où la saison humide

TABLEAU IV

Variation du rapport ETR/ETP au centre de Santiago

	Jt		A		S		O		N		D		J		F	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1949-1958																
S. Jorge	0.3	0.6	0.7	1	0.8	1	0.8	1	0.5	1	0.3	1	0.1	1	0	0.8
Sta Catarina	0.2	0.6	0.8	1	0.9	1	0.9	1	0.5	1	0.2	1	0	1	0	0.3
Curralinho	0.2	0.7	0.5	1	1	1	0.9	1	0.5	1	0.2	1	0	1	0	0.2
1968-1977																
S. Jorge	0	0	0.1	1	0	1	0	0.9	0	0.4	0	0.4	0	0.3	0	0.1
Sta Catarina	0	0.3	0	1	0	1	0	0.9	0	0.4	0	0.2	0	0	0	0
Curralinho	0	0.2	0	1	0	1	0	0.8	0	0.4	0	0.2	0	0	0	0

a = Valeur la plus basse de la période; b = valeur la plus élevée de la période. Ont été soulignées les valeurs ETR/ETP \geq 0.5.

manque intégralement, fait nouveau totalement inconnu durant la période 1950-1967. Dans les cas de sécheresse les plus sévères de cette période, les plateaux du sud connaissent tout de même des moments où les conditions de croissance des pâturages étaient remplies ($ETP/2 \leq ETR < ETP$). Rien d'étonnant donc que les espèces fourragères annuelles aient totalement disparu et que la partie méridionale de l'île soit un véritable désert transformé en reg par le vent.

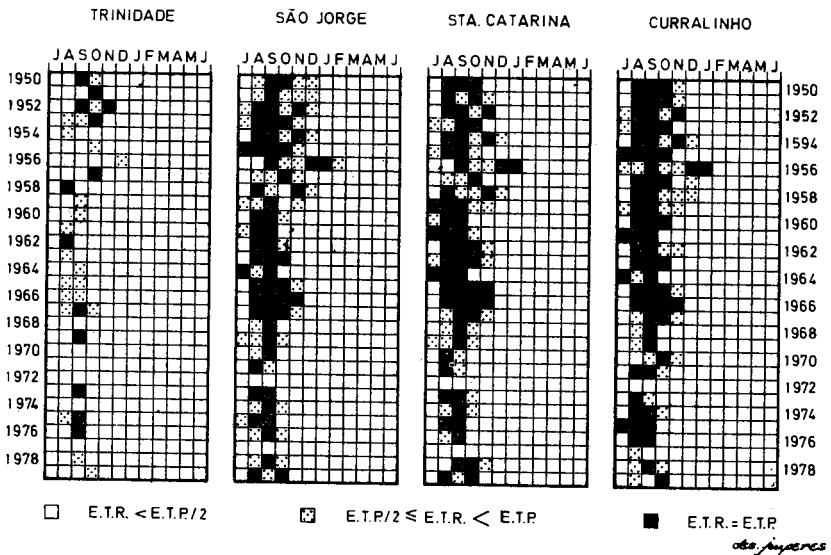


Fig. 6 — Variabilité des conditions d'humidité dans l'île de Santiago durant la période 1950-1979. Typologie des mois: 1, mois sec; 2, mois de transition; 3, mois humide.

Au centre de l'île, la déficience totale n'a touché que les années 1972 et 1977 mais, comme au sud, il y a une dangereuse contraction de la saison humide. Les besoins hydriques ne sont réellement satisfaits que durant un mois ou deux tout au plus dans la zone du maïs, en août et/ou septembre, et la saison humide s'arrête abruptement en octobre. Ce mois que l'on pouvait définir comme humide ou de transition durant la période 1950-1967, devient le plus souvent sec. Actuellement, juillet comme novembre sont aussi des mois secs. Ce bilan si peu encourageant au maintien d'une agriculture pluviale à

base de maïs laisse entrevoir aussi des difficultés de recharge des nappes phréatiques puisque la lame d'eau disponible pour l'écoulement dans les montagnes a considérablement diminué. A Currealinho, par exemple, le surplus moyen est passé de 700 mm par an durant la période 1950-1967 à 200 mm par an depuis 1968!

IV — LA CRISE CLIMATIQUE ACTUELLE: LES CONSEQUENCES ET LES PERSPECTIVES

Une crise climatique aussi brutale et prolongée devait se traduire dans les paysages et la vie économique de l'île. Un récent séjour à Santiago, en avril 1985, a permis de prendre contact avec les problèmes que pose la sécheresse actuelle (1). En guise de conclusion, envisageons les répercussions de près de 20 ans de pluies déficientes dans l'île.

On peut se demander si les nouvelles contraintes climatiques imposées au milieu naturel de l'île sont encore supportables. Quel sera le devenir de l'occupation humaine de Santiago si le terroir devient improductif en dehors de quelques vallées irriguées? Comment subvenir aux besoins en eau de la population et de l'irrigation sans surexploiter les nappes? Dès 1973, il y a eu une multiplication des forages dans les nappes aquifères de la côte et des basses vallées orientales. Plusieurs piézomètres montraient déjà en 1976 des signes de surexploitation des bassins orientaux puisque le biseau salé était passé d'une quinzaine de mètres à moins de 10 mètres. Qu'en est-il de la situation actuelle? Il est difficile de le dire, les contrôles étant très épars. En avril 1985, le sol des bananeraies irriguées de Sta Cruz présentait des auréoles salines. Ce qui n'est pas de bonne augure. Sources, puits et forages, au nombre approximatif de 950 sur toute l'île en 1980, exploitaient 35 000 m³ par jour. Les 55 forages à eux seuls débitaient 10 000 m³. Beaucoup de nappes d'altitude qui alimentaient des sources au pied des escarpements ou dans le fond des hautes

(1) Je tiens à remercier pour leur chaleureux accueil et leur aide Madama SONIA RAMOS, directrice du Service Météorologique National (Sal), tout le personnel de la Station Agrométéorologique de São Jorge dos Órgãos (Santiago) et celui de la section de documentation du Ministère de Développement Rural à Praia (Santiago).

vallées sont tarées depuis 1972. Les recherches hydrogéologiques actuelles s'orientent vers l'exploitation de l'eau gravitaire qui circule depuis les sommets sous les puissantes coulées basaltiques.

Quant à l'agriculture traditionnelle du maïs, qui fixait une nombreuse population rurale dans la partie centrale de l'île dès les 350 m d'altitude, sur le versant oriental au vent, la situation est claire. La culture du maïs ne peut plus être à la base de la subsistance de la population. Si, avant 1968, elle était déjà risquée, puisqu'il n'existait qu'une récolte satisfaisante qu'une année sur quatre dans la région la plus apte, aujourd'hui une récolte normale devient l'exception. Depuis 1970, les mauvaises récoltes sont presque constantes, soit parce que la saison humide est trop courte (1971, 1972, 1973, 1977, 1978, 1982, 1983), soit parce que les apports pluvieux sont mal répartis au long du cycle végétatif (mauvaise germination par la présence d'une longue séquence sèche après le semis, absence de pluie durant la période la plus critique d'exigence en eau de la plante), soit parce qu'il y a eu un accident climatique ponctuel (fortes intensités des pluies, vents desséchants...). Ceci sans mentionner ni les attaques de sauterelles et autres vermines, qui sont à redouter aux premières pluies, ni l'appauvrissement continu des sols par lessivage des eaux de pluie, par l'érosion éolienne, et par l'absence totale de fumure (à part les brûlis) ou de traitement correcteur. Les conditions hydriques actuelles durant la saison des pluies se situent au-delà du seuil-limite de la réussite de la culture du maïs sans irrigation. Toute dégradation postérieure — éventualité qui n'est pas à exclure étant donnée la sécheresse persistante depuis plus de 18 ans — impliquera la disparition totale de la culture, donc un changement dans l'utilisation du sol. Une reconversion de l'agriculture pluviale est donc urgente; mais comment rompre rapidement avec les habitudes culturelles et alimentaires de la population capverdienne? Dans l'immédiat, la presque totalité des besoins alimentaires en maïs, qui s'élèvent à plus de 48 000 tonnes par an, vient de France, des U. S. A... En 1979 et 1980, qui peuvent être considérées les meilleures des derniers 20 ans, la production de maïs de l'archipel a tout juste atteint les 15 000 tonnes et le poids relatif de Santiago et Fogo dans cette performance dépasse

les 75 %. En 1971, 1972 et 1977, années particulièrement affectées par la sécheresse, les récoltes de maïs et de haricots ont couvert respectivement 8,5 %, 5,6 % et 3,8 % des besoins alimentaires (*Linhas gerais de desenvolvimento...*, 1980). Ces chiffres montrent bien la gravité du problème.

Pour reprendre l'étagement agroclimatique altitudinal de TEIXEIRA *et al.* (1958), utilisé dans la figure 3 et représentatif de l'occupation du sol et des paysages après une longue phase pluvieuse, tout se passe comme si actuellement la zone aride recouvrait également les régions semi-arides. La zone sub-humide se contracte sur les têtes de vallées orientales et les sommets. Le seul trait de l'ancienne zone humide qui subsiste est la présence de brouillards liés au bonnet de stratocumulus de l'alizé. En période de pluies déficientes, c'est une source d'humidité qui prend de l'importance et dont sait profiter la végétation, puisqu'au-dessus de 600 m d'altitude elle semble en meilleur état que plus bas.

On conçoit qu'une dégradation climatique aussi drastique qui dérègle le rythme et l'intensité de la sécheresse auxquels sont adaptées les associations végétales, les espèces cultivées, les méthodes de travail de la terre et de l'utilisation de l'eau, peuvent être la source d'une rupture grave des équilibres. La même exploitation du sol qu'entre 1949 et 1967 n'est plus possible. Les écosystèmes naturels, intacts, supportent relativement bien les sécheresses prolongées mais il n'en va pas de même lorsque la terre est trop sollicitée par l'homme. Telle est la grande leçon que nous fournit actuellement le Sahel. Santiago est une île qui a été intensément défrichée, surtout à partir du dernier quart du XIX^e siècle, et l'occupation effective s'est accélérée après 1950, pour faire face à la forte croissance démographique. Celle-ci est devenue particulièrement forte pendant la dernière phase pluvieuse. Entre 1950 et 1960, elle s'est située vers 2,5 % par an (AMARAL, 1964) et entre 1960 et 1970, le taux est monté à 3,3 % par an. Entre 1970 et 1980, en dépit de l'état de sécheresse permanent, la population a crû au rythme de 2 % par an. Ainsi, malgré l'émigration massive, la population a doublé dans l'archipel entre 1950 et 1980 et, à Santiago, elle a été multipliée par 2,5. L'accroissement a atteint 7000 personnes par an durant la décennie 1961-1970. Elle a été plus lente entre 1971 et 1980 (2500 per-

sonnes par an). Une exploitation plus intensive du milieu naturel à la demande d'une pression démographique accrue est impensable. Le terroir est presque improductif actuellement, en dehors de quelques vallées irriguées, et l'île, mise à nu par les défrichements antérieurs, a perdu une grande partie de sa capacité d'autoprotection à l'érosion. La sécheresse règne, mais les quelques averses brutales qui surviennent encore en août ou septembre ont un effet destructeur considérable. En réalité, la densité des 147 hab./km² ne reflète plus une occupation effective de l'île. A quoi bon essayer de cultiver les champs dans l'extension qu'ils avaient durant la période pluvieuse avec des perspectives de réussite aussi aléatoires. Les solutions alternatives qu'offrent la ville et l'émigration, pour les hommes surtout, ont transformé la mentalité paysanne. La tenacité avec laquelle ils avaient appris à cultiver la terre, si souvent louée dans la littérature capverdienne, commence à s'estomper. Qui les en blamerait après 18 ans d'attente! La main d'œuvre résidant en permanence dans les campagnes est devenue trop faible pour maintenir les anciens aménagements ruraux dont l'utilité est devenue douteuse. L'entretien des terrassettes de soutènement s'est relâchée dès les premières années de sécheresse. Les chenaux d'irrigation inutiles depuis 1971, qui sillonnent les basses pentes d'anciennes vallées fertiles, ne sont plus fonctionnels. Les terres les moins accessibles, les plus sèches, sont abandonnées. Ainsi, loin de favoriser le milieu naturel, cette décompression démographique des campagnes a des conséquences imprévisibles. Les vestiges de l'occupation humaine de la phase pluvieuse antérieure se transforment en de dangereux facteurs de ravinement sur les pentes à nu. Les troupeaux de chèvres, qui constituaient autrefois les dernières ressources contre la famine, continuent à brouter librement. Même les épineux ne sont pas à l'abri de leur voracité. Dans l'archipel, il y avait encore 66 000 caprins en 1980. Un exode rural de sécheresse en direction de la ville de Praia est devenu actif. Les autres îles, encore plus défavorisées que Santiago, se vident également. En 1980, un capverdien sur deux vivait à Santiago et dans cette île, un sur trois habitait la capitale, Praia.

C'est cette situation de délabrement d'origine climatique et anthropique qui a été le lourd héritage transmis aux auto-

rités capverdiennes au moment de l'indépendance en 1975. La voie de la désertification était largement ouverte non seulement à Santiago mais aussi dans tout l'archipel, puisque la situation des autres îles est semblable à des degrés divers, fonction de l'énergie du relief et de l'occupation humaine. Les efforts actuels, sous l'égide des instances internationales ou avec l'aide des pays de la C. E. E., pour inverser le sens de l'évolution sont très intéressants et ont transformé l'archipel en un véritable laboratoire de lutte contre la désertification. Les mesures prises pour «réparer» le microclimat, restaurer le patrimoine naturel et, dans l'immédiat, pour préserver ce qui en reste, quoique déjà formulées depuis longtemps (SENNA BARCELOS, 1904; CHEVALIER, 1935; TEIXEIRA *et al.*, 1958...) ont été coordonnées dans un vaste plan d'actions intégrées qui a été décisivement implanté dès 1975. Les axes prioritaires de la lutte portent sur la protection et la restauration de la couverture forestière, des pâturages, des zones de cultures, sur la protection des sols et des versants contre l'érosion hydrique et sur la conservation des eaux. La quasi totalité de la végétation herbacée et arbustive est pratiquement détruite, tuée par la sécheresse, les chèvres et les coupes inconditionnées. L'île de Santiago ne peut plus survenir aux nécessités de la population en bois de chauffe comme d'ailleurs les autres îles. Or, les besoins en bois des zones rurales de l'archipel ont été estimés à 200 tonnes par jour. Cuire les aliments devient donc un problème sérieux et les coupes furtives sont nombreuses au centre de l'île, comme les arbres qui subsistent au long des routes sont sévèrement «taillés». En de nombreux endroits, on ne trouve plus que des étendues pierreuses battues par les vents. Il était donc urgent d'entreprendre une action systématique de reboisement. Les conditions édaphiques et microclimatiques ayant été profondément modifiées, la réintroduction des mêmes espèces qui constituaient la flore a été impossible. Dans le projet en cours de réalisation à Santiago, les actions se déroulent dans deux zones écologiques distinctes. Ce sont les montagnes, où les périmètres forestiers qui existaient déjà sont mieux protégés des coupes clandestines. Un reboisement des têtes de vallée a commencé. Le but est de créer un couvert forestier d'eucalyptus, de pin canarien et de cyprès, assez continu pour retenir les matériaux

friables et instables des hauts versants, tout en favorisant l'infiltration des eaux de pluie. Les zones basses, qui étaient déjà arides et semi-arides avant 1968, représentant 20 % de la surface de l'île, sont aujourd'hui extrêmement dégradées et sont, de ce fait, l'objet d'une attention particulière. Le but est d'obtenir de nouveau des pâturages productifs sur les bas plateaux qui, actuellement, sont d'authentiques regs de déflation dotés de 100 à 250 mm de pluie par an, tombant en une demi douzaine de jours. La première étape de la recolonisation a été l'implantation d'espèces ligneuses afin de constituer un microclimat protecteur. Entre 1975 et 1984, surtout sur les plateaux méridionaux (Achada de S. Filipe; Achada Mosquita) plus de 3000 ha ont été plantés avec succès en acacias américains, *Parkinsonia aculeata* et *Prosopis juliflora*. Les arbres plantés en 1975, malgré de sévères conditions de sécheresse, avaient déjà plus de deux mètres de hauteur en 1985. En complément à cette intervention, la protection des sols et des versants contre l'érosion hydrique est tentée par une correction torrentielle et une fixation des matériaux des pentes fortes. Des centaines de digues en ciment ou en pierres ont été bâties dans le lit des torrents. Ainsi les ondes de crue sont retardées ou déphasées. Les matériaux arrachés aux versants s'accumulent dans les bassins à l'arrière des digues au lieu de disparaître en mer, et, sitôt l'assèchement, ils constituent de nouvelles terres arables. Sur les versants, le sisal, les euphorbes, le pois d'Angola remplacent utilement les murs de soutènement des terrassettes en fixant naturellement le terrain. Les expériences actuelles sont très prometteuses dans les bassins des rivières orientales.

L'œuvre entreprise est ambitieuse et de longue haleine, surtout dans les conditions climatiques et socio-économiques actuelles. En effet, un autre aspect essentiel de la réussite du plan contre la désertification est l'information et l'éducation de toute la population, favorisant sa réelle participation. Les mesures qui doivent être prises sont parfois impopulaires: mise en défens des périmètres boisés, abattage du bétail, réduction des plantations de cannes à sucre, rigoureux contrôle de la coupe des arbres, la nécessité urgente d'une réforme agraire... Elles risquent de ne pas être comprises et ainsi être la source de conflits. Les bases de la récupération des îles sont bien

lancées. Elles demandent maintenant l'effort soutenu et consenti de toute la population, un contrôle énergique et de gros moyens financiers. La survie des capverdiens en dépend.

BIBLIOGRAPHIE

- ALVES, L. (1983) — *Rôle de l'agrométéorologie dans le développement socio-économique de la République du Cap Vert*. Mémoire de Maîtrise en Sciences de l'Environnement, Arlon (Belgique).
- AMARAL, I. (1964) — *Santiago de Cabo Verde. A Terra e os Homens*. Memórias da Junta de Investigações do Ultramar, 2^a série, n° 48, Lisboa.
- BARCELOS, C. J. SENNA (1904) — *As fomes em Cabo Verde, 1719-1904*. Lisboa.
- CHEVALIER, A. (1935) — «Les îles du Cap Vert. Géographie, biogéographie, agriculture. Flore de l'archipel», *Rev. Bot. Appliquée*, tome XV, p. 733-1090.
- DAVY, E. G.; MATTEI, F.; SALOMON, S. I. (1976) — *An evaluation of climate and resources for developments of agriculture in the soudano-sahelian zone of West Africa*. W. M. O., Environmental Report n° 9, Genève.
- PAPADAKIS, J. (1966) — *Crop ecologic survey in West Africa*. Vol. I, F. A. O., Rome.
- TEIXEIRA, A. DA SILVA; BARBOSA, L. A. GRANVAUX (1958) — *A agricultura do Arquipélago de Cabo Verde*. Memórias da Junta de Investigações do Ultramar, 2^a série, n° 2, Lisboa.

Ouvrages collectifs et sources statistiques

- Anuário Climatológico de Portugal, Continente e Ilhas do Atlântico Norte (observações de superfície)*, Serviço Meteorológico Nacional, Lisboa (période 1947 à 1958).
- Anuário Climatológico de Portugal, Territórios Ultramarinos (observações de superfície)*, Serviço Meteorológico Nacional, Lisboa (période 1959-1974).
- Hydrological aspects of drought*. Studies and Reports in Hydrology n° 39, U. N. E. S. C. O./W. M. O., Paris, 1985.
- Linhas Gerais de Desenvolvimento Rural para 1982-1985*. Ministério de Desenvolvimento Rural, Praia, 1980 (ronéo).
- Recenseamento Geral da População e Habitação, 1980*. Secretaria de Estado da Cooperação e Planeamento, Praia, 1983, vol. I, II et V.

Les données pluviométriques journalières utilisées dans cette étude proviennent des fichiers AGRHYMET du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) organisés par la Station Agrométéorologique de São Jorge dos Órgãos. Les autres informations météorologiques,

journalières et mensuelles, de la période 1975-1985 ont été consultées à la station de São Jorge dos Órgãos et à la Direction de la Météorologie Nationale (Sal).

RESUMO

A crise climática actual de Cabo Verde. Alguns aspectos do problema na ilha de Santiago. — Nas ilhas de Cabo Verde, a secura tem um ritmo que deriva da sua posição geográfica, numa região oceânica fresca, dominada pelo anticiclone subtropical. Esta posição condiciona aquilo a que poderia chamar-se o campo permanente da secura, que se reflecte claramente no escalonamento das paisagens naturais e agrícolas das ilhas montanhosas, como é o caso de Santiago. De Novembro a Junho, é a estação seca, dominada pelo alísio marítimo, pelo harmatão e por algumas incursões fugazes dos vales polares de altitude, que só às montanhas beneficiam com chuvas de fraca intensidade. A estação das chuvas vai de Julho a Outubro, período que recolhe 90 % do total da precipitação anual. Mas estas chuvas apresentam uma grande irregularidade temporal e espacial. A chuva caída num mês, e em qualquer lugar, pode ultrapassar largamente o total anual mais frequente e o total mensal pode resultar de alguns dias ou de algumas horas de chuva intensa. Assim, a um ritmo estacional da secura, há que juntar a influência aleatória, interanual, das sequências chuvosas e do tipo de chuva.

Toda a história sócio-económica de Cabo Verde acusa os efeitos catastróficos de secas prolongadas, que poderiam durar dois ou três anos, interrompendo uma série de anos normalmente chuvosos. No entanto, a situação vivida desde 1968 agravou-se de tal maneira que se pode considerar sem precedentes, uma vez que a seca dura há dezoito anos e ninguém sabe quando terminará. A convergência intertropical, à qual estão ligadas as chuvas de Verão, só raramente atinge o arquipélago. Segundo os lugares, os totais anuais reduziram-se para metade ou dois terços dos verificados no decénio de 1949-58 e, pior do que isso, a estação chuvosa passou de cinco para apenas dois meses de duração. Nas montanhas centrais de Santiago, os totais de chuva passaram, mesmo, de 1000 para 350 mm e os coeficientes de variação anual triplicaram. O sector oriental, entre 350 e 600 m de altitude, tradicionalmente região de cultura não regada de milho, já não pode assegurar as necessidades alimentares da ilha, e os solos, desprotegidos, são presa fácil da erosão provocada pelas chuvas intensas e pelo vento.

Uma das causas da desertificação a que a ilha de Santiago está sujeita é, sem dúvida, de ordem climática. Mas, à falta persistente das chuvas, vêm juntar-se os arroteamentos sistemáticos, mesmo nas vertentes declivosas, o corte incontrolado das árvores, o pastoreio livre e, ultimamente, o abandono dos campos improdutivos, os quais, sem qualquer obra de protecção, ficam sujeitos, mais do que nunca, à erosão. Todavia, um esforço conjunto das autoridades cabo-verdianas e de instâncias internacionais tende a inverter esta cadeia avassaladora de destruição do

património natural e agrário, assentando, sobretudo, na protecção dos solos e das vertentes contra a erosão hídrica, na restauração da cobertura vegetal e das pastagens, na conservação da água. Os primeiros resultados desta obra de grande envergadura são encorajantes, mas a sua concretização plena dependerá de um esforço continuado e consentido de toda a população e de importantes meios técnicos e financeiros que só a ajuda internacional poderá fornecer.

SUMMARY

The present climatic crisis in Cape Verde Archipelago. Some aspects of the problem in Santiago Island. — In the Cape Verde Islands, the dryness has a rhythm that derives from its geographical position, in a cool oceanic region, dominated by the subtropical anticyclone. This position commands what we can consider as the permanent field of dryness that is clearly reflected in the staggering of natural and agricultural landscapes in the mountainous islands such as the case of Santiago. The whole Cape Verde Archipelago has two distinct seasons associated with the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). From November to June occurs the dry season dominated by the maritime northern trades, north-easterly or easterly harmattan and by some incursions of high polar troughs that only directly benefit mountains with rains of weak intensity. During the rainy season, moisture-bearing south-westerly winds of South Atlantic origin, towards perturbations along the ITCZ, or cloud clusters expelled from north to the ITCZ provide the rains from which the entirely area depends. From July to October, 90 % of all the annual precipitations occurs. These rains present a high temporal and spatial variability. At any place, the monthly rainfall may largely surpass the more frequent annual amount. Moreover, the monthly amounts results from few days or hours of intense rains. So, for the effects of dryness on the environment, more than the seasonal rhythm of dryness, we have to consider the aleatority in the distribution of the rains, the interannual variability of the length of the rainy sequences, the concentration and the intensity of rainfall.

All the socio-economic history of the Cape Verde Islands shows the catastrophic effects of prolonged drought that could last from two or three years, interrupting a period of normal rainy years. Meanwhile, the situation since 1968 has become worse in such a way that it may be considered unique. The drought lasts for 18 years now and the end is not foreseen. The ITCZ only rarely attains the archipelago and its convective intensity decreases. According to the places, the annual amounts were reduced in half or two thirds of those in the 1949-1958 period and, worse of all, the rainy season went from 5 to only 2 months length. In the central mountains of Santiago, the annual amounts went even so from 1000 mm to 350 mm and the annual coefficients of variation increased 3 times. The oriental windward side of the island, between altitudes from 350 m to 600 m, traditionally a region of rainfed maize cannot supply the feeding needs of the island any more. The unpro-

tected soils become vulnerable to erosion provoked by sparses but intense rains and by winds. This climatic degradation is one of the main causes of the advancing desertification in Santiago Island. However, the increasing population, the systematic ploughs of soils on steep slopes, the cutting down of trees and shrubs for fire wood supplies completely out of control, the herding of goats and cattle, and nowadays, the abandoning of unproductive agriculture areas lead to the intensification of the degradation of soil and its vegetal cover. Drought and further desertification draw Cape Verde authorities to the urgent necessity of efforts to preserve the environment and... the people from starvation. Since 1976, with the help of international organizations, emergency steps have been taken to re-store the vegetal cover of denuded soil surfaces, to increase underground water supply, to control the river flooding and to import food like maize. The first results are encouraging but the complete realization of the long-term measures demand a granted effort of all the population, an important mobilization of technology and such high financial means that only international aid may supply.