

CONDENSATIONS OCCULTES

Communication par M. le Médecin Général PASTEUR

L'étude des condensations occultes de la vapeur d'eau atmosphérique constitue sans aucun doute une partie importante de l'hydrogénèse aérienne et terrestre et nous initie aux conditions climatiques de la vie à la surface du sol. Nous avons déjà traité ce sujet précédemment sous trois aspects différents dans plusieurs publications (La Nature, 1er avril 1935, Hydrogénèse aérienne et terrestre - La Revue Scientifique, 22 juin 1935, L'Eau météorique - le 5 novembre 1937, les Cines nuageuses des Roches).

L'Ecole Allemande, se basant sur l'expérience qu'un bassin en terre ne recueille pas de pluie même après une abondante averse, ne lui attribue qu'un rôle de surface reconnaissant aux condensations occultes une prépondérance totale dans l'alimentation des sources. DIENERT démontra que si ce bassin était entouré d'une zone imperméable, l'eau s'y accumulait parce qu'elle n'était pas reprise par siphonnage et pompage capillaire par les terres voisines. Bien que partisan de la Théorie de l'infiltration de l'eau des pluies, il reconnaît que les condensations occultes contribuent à entretenir l'humidité de surface en compensant les pertes d'évaporation ; cependant, les exemples abondent de contrées à pluies saisonnières rares ou faibles, dans les zones sèches, où l'humidité de l'air aide à la maturation des moissons à proximité de vastes étendues d'eau telles que les mers et balayées par des courants aériens chargés de vapeurs. Cette humidité explique la croissance des plantes herbacées et même des arbustes sur des roches ou leurs anfractuosités, ainsi que sur les murs et leurs parois et au sommet des anciennes Tours dont les pierres sont plus ou moins disjointes et leurs joints tapissés d'une légère couche d'humus de ces touffes d'alfa des sables... Il en est de même de ces jaillements, écoulements et suintements à la base des falaises de Bizerte, de Tripolitaine (Hégly), d'Ouargla (Czekalsky), d'Aïn-Sefra (Pasteur)... des grès du Liban et du Grand Erg Saharien (Lugeon) des foggaras et rotaras (Ginestous) ou au pied des édifices et monuments de masse plus modeste tels que le Château de Versailles et, à Paris, l'Eglise de la Trinité. Citons le mystérieux sarcophage du Cloître d'Arles-sur-Tech dans les Pyrénées Orientales (La Nature, 1er mars 1935) qui,

actuellement, et depuis longtemps vidé de toute sépulture, depuis le VIII<sup>e</sup> siècle, collecte de la vapeur atmosphérique en une eau assez abondante pour le remplir. C'est mieux encore les fontaines de Théodosia en Crimée (Hitier), l'ancienne Chersonèse Taurique des Grecs, qui étaient alimentées de 700 mètres cubes journaliers provenant de 13 importants monticules de galets de pierres calcaires condensant les vapeurs de mer passant sur cette presqu'île. C'est aussi l'origine de ces sources d'altitude qu'aucune nappe d'eau artésienne lointaine n'alimente dans les dolomies du Chellala en Algérie, à 800 mètres d'altitude, et dont l'abondance est d'autant plus grande que la sécheresse est plus accusée et alors que celles du Tell se tarissent (Alquier, Congrès de l'Eau d'Alger 1920).

#### EVAPORATION -

Par une corrélation nécessaire, les masses de vapeurs d'eau atmosphériques sont considérables. Elles s'évaporent à la surface des continents et surtout des 140 millions de kilomètres carrés de la surface des mers en 720 kilomètres cubes d'eau par an. En dehors des pluies locales, ces vapeurs soulevées à l'équateur par les vents contre-alizés, vont jusqu'aux pôles atténuer en se résolvant en neige les rigueurs de ces climats hyperboréens, non sans avoir dispensé leurs bienfaits au long de leur immense parcours. Rien que les grands fleuves de France restituent annuellement aux Océans 143 milliards de mètres cubes d'eau. En dehors de ces grands mouvements atmosphériques, il ne faut pas négliger ce qui se passe dans chaque contrée, et d'une façon indépendante, tel ce courant aérien, bien déterminé par Ginestous, qui existe normalement sur le Sud Tunisien, du golfe de Gabès au Sahara. Chargé à son départ de 17 grammes de vapeur d'eau, il n'en a plus que 3 grammes après 300 kilomètres, représentant, en basant le calcul sur une certaine hauteur et largeur, plus de 300 mille mètres cubes d'eau quotidiennement absorbés par les sables, agents de la sécheresse de l'air, au profit de la végétation et du régime des eaux souterraines. Il en est de même avec une humidité double des vents océaniques qui traversent la Mauritanie et finissent sur les sables du Sahara, tandis que leurs couches supérieures se heurtent en hiver aux contreforts Sud de l'Atlas en l'escaladant et se résolvent en pluies sur les hauts plateaux, tout en poursuivant leur route au gré des vicissitudes physiques, du relief et de la composition des sols et des autres courants aériens. Cet aperçu d'ensemble, avec ses données

d'un ordre de grandeur peu sensible à quelques tonnes d'eau près, ne manque pas d'une certaine exactitude dans les masses et les superficies, et que nous retrouverons dans le détail quand nous envisagerons les diverses modalités de cette évaporation, ses lois, les fluctuations locales, les perturbations saisonnières et toutes les actions mouvantes de l'atmosphère.

#### EXPERIMENTATION -

Ce que nous avons observé sur le plan intercontinental peut être considéré au point de vue d'une région hydrologique comprenant une vallée, ses versants, ainsi que toute la contrée qui en est tributaire ou y apporte sa contribution. Le ruissellement se traduira par l'accroissement subit des débits des sources après des pluies ordinaires ou torrentielles, la hauteur d'eau des puits indiquera la proportion des eaux ayant pénétré jusqu'à la nappe d'eau souterraine et, par différence, celle qui a été retenue dans les terres, vaporisée ou utilisée aussitôt par les plantes pour leur alimentation ou l'évaporation par leurs stomates aériennes. La question se complique encore du fait qu'il faudra tenir compte de l'état du terrain au moment de l'orage, c'est-à-dire de son état de durcissement et d'imperméabilité, de son état d'humidité ou de sécheresse et, suivant les lieux, des causes susceptibles de les entretenir et dont nous allons tenter d'apprécier l'importance.

Le brouillard, sorte de nuage au voisinage du sol, est très variable suivant les régions quant au nombre de ses apparitions, sa densité, sa durée. Son apport ne dépasserait pas 30 mètres cubes par an, d'après les observations du Dr MARLOTH et les calculs de CHAPTAL, en considérant la grosseur des molécules qui le composent et leur vitesse de chute. DECOURTY estime "qu'un arbre de hauteur moyenne reçoit annuellement, dans des conditions convenables, une quantité de rosée de l'ordre de la tranche pluviale". Le maximum de rosée que RAYMOND a pu recueillir à Nice s'élève à 500 grammes par mètre carré et on estimerait à 30 mètres cubes par an les quantités totales ; mais on sait aussi que dans certaines régions elle se substitue par son abondance à la pluie. Toutefois, il y aurait lieu de tenir compte que la sursaturation de l'atmosphère diminue l'évaporation du sol et des plantes de quantités non négligeables. D'autre part, Paul DESCOMBES dans "Les Forêts, les pluies et les condensations occultes" (Annuaire de la Société météorologique de France, T.66, p.38) a fait remarquer que souvent les eaux d'écoulement étaient

d'un volume supérieur à celui des pluies tombées. Qu'indiquent nos expériences ?

Deux trous de 60 cm. furent creusés dans le sol, étagés latéralement par un tube de fer de 15 cm. de diamètre, l'un vide et l'autre rempli de terre et tous deux recouverts d'une vitre. Celui-ci, après dessèchement de la terre qu'il contenait, ne produisit plus aucune buée sur la face inférieure de sa vitre, ni après les pluies abondantes d'automne, pendant lesquelles la terre ne parvint pas à s'imbiber par dessous, ni pendant les froids de l'hiver cependant favorables aux condensations de surface. Par contre, la vitre sur le tube vide subit toutes les fluctuations de température relatives du fond du tube et de l'extérieur. Au cours des grandes chaleurs de l'été, nous avons placé au fond de ce tube vide un petit récipient cylindrique contenant 80 grammes d'eau qui s'accrurent de 3 grammes en un mois, tandis que parfois ses parois se recouvraient de buée. Un hygromètre à cheveu marquait 100° à l'intérieur où le thermomètre ne varia qu'entre 17 et 18°5, tandis qu'à l'extérieur, l'hygromètre marquait entre 45° et 50° et les températures s'élevaient entre 22° à 28°, différences suffisantes pour provoquer la condensation. Par contre, les phénomènes furent inversés dès le rafraîchissement de l'atmosphère. Nous en déduisons donc qu'à travers les failles, fissures, diaclases et toutes ouvertures donnant accès aux profondeurs du sol, il se fait un échange de vaporisations et de condensations qui se trouvent en conformité avec les observations des spéléologues (de MARTEL, TROMBE), à savoir que les quantités d'eau augmentent en été dans les cavernes et dans les sous-sols (Pasteur). Mais, dans les terrains qui ne possèdent pas de ces sortes de canalisations béantes vers l'atmosphère, les vapeurs aériennes se condensent toujours dans le sol sous les influences que nous avons indiquées, mais ne remontent pas à la surface du sol ; et cela fort heureusement, sinon on tomberait au dessèchement complet du sous-sol, surtout dans les régions désertiques. L'eau, en raison de la force de gravitation, et sa vapeur grâce à la fraîcheur du sol, de la pression ou de son aspiration, se maintient à une certaine profondeur. La force capillaire ne peut guère s'exercer sur une hauteur de plus de 70 cm. au maximum, trajet insuffisant pour faire monter l'eau hors de sa nappe souterraine vers la surface, bien que le sol soit perméable. En effet, la pression atmosphérique s'établit jusqu'à plus de 3 mètres en profondeur et, par les grands vents, on a pu noter, au même niveau, les variations de la teneur du sol en acide carbonique. De plus, j'ai renouvelé l'expérience de PETTENKOPFER qui le démontre. Nous

avons rempli de sable un tube de verre ayant 5 cm. de diamètre, 1<sup>m</sup>50 de hauteur, après avoir placé concentriquement en son milieu, et descendant jusqu'à son fond, un tube de verre de diamètre moindre terminé en haut par un tube en U manométrique à moitié rempli d'eau. Si l'on souffle à la surface du sable avec un autre petit tube de verre dont il est loisible de faire varier l'inclinaison, on constate le dénivellement de l'eau par l'air qui a traversé de bas en haut le sable, avec une telle instantanéité apparente et une si forte oscillation que l'on est en droit de penser qu'elle s'effectuerait encore, mais moindre, à travers une longueur de tube plus que doublée. Il faut convenir toutefois qu'en terre libre, sans canalisation, avec le manque d'homogénéité habituelle de composition des différentes couches de terre aux pores plus ou moins obstrués par l'humidité, la vitesse des gaz s'en trouverait fortement ralentie et leur diffusion à travers la masse, que rien n'empêcherait, entraînerait une grande perte de vitesse et de pression. L'agitation de l'air au-dessus du sol libre ne s'est jamais manifestée sur des tubes manométriques témoins que nous avons enfoncés en terre. C'est que le souffle expiratoire est capable de soutenir une pression de 130 à 150 mm. de mercure représentant sur les 6 à 7 cm. carrés de la surface du sable de notre tube d'expérience, environ 4 gr. de pression par cm. carré, ce qui équivaudrait à 40 Kg par mètre carré, correspondant à l'effet d'un cyclone de 30 mètres à la seconde. Une dépression barométrique de 7,6 cm., soit 100 gr. au cm. carré dépasserait de beaucoup l'action du vent et serait peut-être capable d'un certain balayage intra-terrestre auquel on a fait parfois allusion.

#### COMPORTEMENT de l'EAU à la SURFACE du SOL -

Les 4/7 de l'eau de pluie (DURLAND-CLAYE, DUCLAUX) sont retenus à la surface du sol et disparaissent par ruissellement, évaporation, imbibition et alimentation des plantes qui en rejettent à leur tour une grande partie. Le ruissellement n'est appréciable que par la presque instantanéité du gonflement parfois catastrophique des ruisseaux et des rivières, et dont la prévision est elle-même difficile. Ce gonflement résulte sans doute de la quantité d'eau tombée en un court espace de temps, mais aussi de la perméabilité du sol, donc de sa nature, de sa composition et de la présence superficielle de certaines roches, marnes..... La terre arable peut absorber de 100 à 100 Kg. d'eau par mètre cube, c'est-à-dire la quantité d'eau la plus habituelle d'une année. Elle y est retenue dans ses pores qui représentent le tiers

de son volume, par adhésion ou adsorption, formation d'hydrates.. quand évidemment elle n'est pas déjà totalement ou en partie saturée, auquel cas le surplus s'infiltré plus bas.

L'évaporation est encore plus complexe. Elle dépend non seulement de la nature, de la teinte et de l'opacité des surfaces exposées, du temps de leur insolation, du vent, de sa vitesse, de son déficit de saturation et de sa température (loi de Dalton). La différence entre divers pays est parfois considérable ; par exemple, elle serait de 300 mm. à Léninegrad et à Paris de 600 mm., et nulle dans les déserts, où non seulement il ne pleut pas, mais où le sable absorbe l'humidité de l'air quand les chotts et toutes étendues d'eau sont rapidement vaporisées. Notre petit jardinet de 80 mètres carrés de Montmartre est soumis à presque toutes les influences, par sa position au Nord derrière la maison, entouré sur trois autres côtés de murs de trois mètres de haut permettant toutefois son ensoleillement en été sur ses trois quarts ouest-nord-est. De plus, il comporte une enceinte de troènes et d'aucubas avec bordure de lierre délimitant par une large allée circulaire un massif central également bordé de lierre, avec, au centre, un petit acacia. Huit petits vases de verre ont été répartis en divers points, les uns du côté de l'ensoleillement, d'autres à l'ombre ou sous les arbustes, d'autres à l'air libre ou abrités de la pluie par une vitre surélevée. Enfin, deux terrines d'une contenance égale de 10 décimètres cubes et d'une surface d'exposition de 10 décimètres carrés, l'une remplie de 9 Kg. de terre, l'autre de 7 Kg. d'eau. Il y a une telle inconstance et irrégularité dans les phénomènes météorologiques que malgré nos pesées très régulières, il est impossible de dresser des courbes utiles. Nous ne pourrions donc avoir que des considérations d'ensemble après deux mois d'observations.

1° - D'une façon évidente, pendant tout le mois de mai et de juin 1950, et malgré la chute de pluies à intervalles parfois assez rapprochés et certaines abondantes, à aucun moment il n'y a eu récupération de l'eau évaporée qui avait diminué de 2 Kg., sauf le jour du violent orage de pluie du 5 juillet, où il y eut 3 Kg. de plus que la quantité primitive et disparue depuis. Il en fut de même pour la terrine de terre. Quant aux petits vases de verre, tout se passa de même suivant leur capacité, mais avec toutes les variations dues à leur exposition, les vases à l'ombre et peu aérés n'ayant subi que quelques grammes de perte d'eau.

2° - Une surface de terre humide évapore d'abord notamment plus d'eau, un bon tiers en plus qu'une surface lisse humide, à cause des irrégularités qui en augmentent l'étendue

et l'élévation de sa chaleur superficielle plus grande que celle de l'eau. Par contre, cette évaporation décroît très vite avec l'assèchement pour devenir, après un temps, presque nulle, bien que la terre au fond de la terrine conservât encore de l'humidité.

3° - Ces dispositions ne nous ont pas permis de constater de condensations à la surface par augmentation d'eau dans un de nos petits vases, les pertes par évaporation étant toujours supérieures.

Il ne faut donc pas s'étonner des chiffres de déficience de pluies de plus de 2 mètres cubes d'eau par hectare et par jour dans la région de Montpellier, signalés par CHEFFAL, si on tient compte des différences de latitude et de climat, et qui deviennent en conséquence comparables aux nôtres.

#### CONCLUSIONS -

Si nous exceptons les contrées à calcaires fissurés, telles que les Causses, les régions à alluvions volcaniques ou couvertes superficiellement d'argile, pour n'envisager que les sols de culture, même indépendamment de leur constitution physique et de leur composition chimique, on peut admettre que le sol, au point de vue de l'humidité, dans son rôle biologique, paraît se répartir en plusieurs zones ou strates de profondeur, se succédant ainsi :

- Une partie superficielle sur laquelle poussent les végétaux à racines courtes en profondeur, mais s'étalant en largeur, plantes herbacées, arbrisseaux et jusqu'à nos pins sylvestres qui, souvent placés sur un roc granitique, se contentent d'une épaisseur de 1 à 2 décimètres de terre rarement arrosée par la pluie et qu'humidifient seulement la rosée des nuits et l'absorption des buées et des vapeurs que forme le soleil, buées que terrain et racines absorbent avidement, ou que précipitent le simple refroidissement de leur ombre.

- Une deuxième couche, de profondeur généralement supérieure à 1 mètre, et de limites indécises. Son humidification est le résultat de sa constitution tellurique, sans doute, mais surtout de sa température, à ce niveau où viennent se condenser les vapeurs d'eau atmosphérique, température qui en été se trouve sensiblement inférieure à celle de l'atmosphère. La ventilation s'effectue non seulement par la porosité de la terre et ses craquelures, mais aussi par les nombreux forages et galeries de la flore et de la faune des champs. Dans les pays calcaires à avens, failles, diaclases, l'humidité pénètre profondément et peut aller suinter dans les grot-

tes et augmenter les circulations d'eaux souterraines (Caus-  
ses). C'est aussi cette humidité qui alimente les foggaras  
d'Algérie et les rettaras du Maroc, galeries dont l'origine  
remonte à plusieurs siècles, creusées dans le sol sur plu-  
sieurs kilomètres, comme elle alimentait les eaux des fontai-  
nes de Théodosia. C'est dans cette couche d'humidification  
par la vapeur d'eau atmosphérique que le blé, l'orge, l'avoine,  
la luzerne... les arbrisseaux, les arbres à racines profondes  
et ajoutons la vigne (jusqu'à 20 mètres) sont allés puiser  
leur eau d'alimentation pour donner, en dépit de la longue  
sécheresse de 1949, de florissantes moissons, une belle ré-  
colte de fruits, un vin abondant et d'excellente qualité, dan-  
dis que les arbres conservaient encore, très avant dans l'au-  
tome, la teinte verdâtre de leur frondaison. C'est elle aus-  
si qui est à l'origine <sup>des</sup> sources d'altitude et du pied des fa-  
laises et par surcroît peut augmenter les sources d'eau vive  
de nos fontaines.

- Enfin, la nappe d'eau souterraine, alimentée surtout  
par les pluies, se déverse dans les rivières, emplit nos puits  
et coule dans nos fontaines. Mais cette eau est incapable de  
remonter au niveau du sol à travers la terre, son ascension  
étant empêchée par la gravitation et limitée par les forces  
capillaires du terrain. Nous en avons la preuve évidente sur  
ces îlots de terrain qu'entourent des ruisselets et dont le  
gazon se dessèche autant que sur les prairies, et dans notre  
tube rempli de terre desséchée recouvert d'une vitre, restée  
absolument sèche et sans buée été comme hiver, par temps plu-  
vieux comme par temps froid. Cette circonstance favorable em-  
pêche le tarissement des sources par évaporation et notamment  
de l'eau des oueds à peine enfoncés sous quelques décimètres  
de sable, et explique que les fontaines d'un village récem-  
ment cité (14°) continuent à débiter plus de 100 mètres cubes  
d'eau par jour.

On comprendra aussi que chaque espèce de végétation  
pourra prospérer si ces racines atteignent une profondeur re-  
lative suffisante, suivant le climat et le sol, et que, de ce  
fait, des régions jusqu'ici désertiques pourront être culti-  
vées en creusant des sillons entre deux falaises de sable.  
Avant tout projet d'établissement de constructions souterrai-  
nes, de magasins d'approvisionnement, de casemates pour l'ar-  
mée, et, telles qu'il en existait pour la Marine et dans les  
Fortifications de la ligne Maginot, il sera indispensable de  
se préoccuper au préalable de toutes ces questions, notamment  
des températures du sol à cet endroit, si on veut aller au  
devant de surprises, prévisibles et fort désagréables, parce  
qu'irréparables après le travail accompli. Une fois de plus,



on peut constater ici l'importance de l'expérimentation et du laboratoire dans toutes les branches de l'activité humaine.

Au point de vue pratique, nous avons pensé :

1° - à capter l'humidité atmosphérique, soit à l'aide de substances chimiques (chlorure de calcium, acide sulfurique, charbons activés, gels de silice....) mais les régions où le procédé serait le plus nécessaire sont en même temps celles où il est le moins utilisable, car la tension de vapeur de l'atmosphère y devient inférieure à celles de ces matières absorbantes, à tel point notamment que le chlorure de calcium s'y desséchait au lieu de s'y humidifier (Laghouat en été).

2° - à capter l'humidité du sol par drainage d'une grande surface souterraine, mais les quantités d'eau contenues dans l'air que l'on pourrait aspirer sont trop faibles et cela exigerait une installation importante, sans espoir d'obtenir une quantité d'eau suffisante, quel que soit le mode de condensation employé, pour une masse d'air considérable.

3° - à utiliser les eaux salées, de surface ou des nappes profondes, par distillation solaire à l'aide d'appareils individuels, tels que ceux que nous avons déjà décrits, ou couplés pour des besoins familiaux et groupements humains importants.

Nous avons, à cet effet, sur la demande des Ingénieurs de l'Infrastructure de l'Aéronautique d'Alger, exposé un système et décrit un appareil de distillation d'eau par la chaleur solaire. La vapeur d'eau obtenue à partir d'appareils à miroir ou de simples bacs chauffants, est aspirée de la chaudière où elle est recueillie et où elle entre en ébullition sous un certain vide, pour être ensuite refoulée et comprimée dans un condenseur placé à l'intérieur même de cette chaudière ; par détente, elle rend presque intégralement la chaleur de volatilisation en produisant l'eau distillée. Cette récupération de calories ne nécessite qu'une perte de 30 à 40 Cal. par litre d'eau, au lieu de 600 calories.

4° - à créer des sources d'eau artificielles.

L'eau saumâtre serait recueillie sous faible épaisseur dans des bassins plats reposant sur le sable à faible distance l'un de l'autre et recouverts d'une tôle chauffante soutenue par quelques briques. La vapeur d'eau, n'ayant d'issue que dans

l'intervalle de sable des bassins, s'y condenserait. Dans cette portion du sol circonscrite aux bassins, des tubes seraient enfoncés dans le sol, avec une longueur suffisante au refroidissement, et l'eau serait ensuite recueillie dans des citernes.

Il ne nous paraît pas exagéré d'espérer recueillir au moins 4 litres d'eau par mètre carré de surface ensoleillée. Une place publique pourrait être utilisée sans gêner la circulation.