

BULLETIN DES SÉANCES
DE LA
SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

ET DE LA

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance de la Société des Sciences du 15 mars 1901.

Sur un uréomètre à écoulement, par M. F. GIRARDET.

Dans ce nouvel appareil, on ramène la mesure d'un gaz à celle d'un liquide. L'azote, dégagé par la réaction de l'hypobromite sur l'urée, provoque l'écoulement d'une quantité proportionnelle de liquide, dont on détermine facilement le poids ou le volume. Le facteur de proportionnalité pouvant atteindre facilement la valeur *cinq*, l'erreur absolue commise sur la mesure du volume du liquide est divisée par ce coefficient : une éprouvette, graduée en demi-centimètres cubes donnera donc une approximation de 1/10 de centimètre cube.

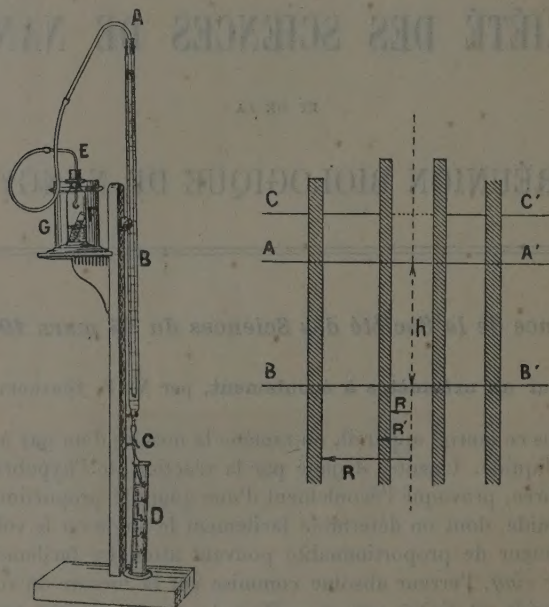
Description. — Un tube vertical A, ouvert à sa partie inférieure, est maintenu dans l'axe d'un autre tube plus large, B, à l'aide d'un bouchon fermant incomplètement.

Ce tube B, rempli d'un liquide approprié (eau ou huile de vaseline), est fermé à sa partie inférieure par un caoutchouc, muni d'une pince de Mohr C.

L'extrémité supérieure du tube A est recourbée en siphon et réunie par un caoutchouc au flacon à décomposition E, qui ne

présente rien de particulier et qui est immergé dans un vase G, plein d'eau. Ce flacon E renferme le petit tube F, dans lequel on place un des deux corps destinés à réagir.

Mode opératoire. — Dans le flacon E on place 10 centimètres cubes d'hypobromite, puis on y glisse verticalement le petit tube F, dans lequel on a mis 1 centimètre cube de solution d'urée à 15 p. 1,000. On ferme le flacon avec le bouchon muni du tube à



dégagement, et on le plonge dans le vase G, où on l'abandonne une ou deux minutes. On adapte alors son caoutchouc au tube A.

Cette opération provoque une légère dénivellation dans le tube intérieur; en desserrant la pince C, on ramène les niveaux à être dans un même plan. L'appareil est alors prêt.

On fait écouler par la pince C quelques centimètres cubes d'eau que l'on recueille soigneusement dans une éprouvette graduée ou un flacon taré. Puis, saisissant le flacon E, on le retourne, pour amener les deux liquides en contact, et le replace dans l'eau. En manœuvrant la pince C, on maintient les deux

niveaux dans un même plan. Lorsque la réaction paraît s'arrêter, on retire le flacon E et l'agite fortement, en ayant soin chaque fois de le replonger dans l'eau. L'opération est terminée lorsque les deux niveaux persistent à se tenir dans un même plan. On lit alors le volume ou le poids d'eau recueillie, rétablit l'appareil dans l'état primitif, et recommence l'opération avec 1 centimètre cube d'urine au lieu de solution titrée d'urée. Une simple règle de trois donnera la teneur en urée.

Détermination du facteur de proportionnalité de l'instrument.

Soit :

R le rayon intérieur du tube B
 r le rayon intérieur du tube A
 r' le rayon extérieur du tube A.

Supposons les niveaux dans une même section droite AA'. La réaction effectuée dans le flacon E introduit alors dans le tube A un certain volume v de gaz, et provoque une dénivellation h , amenant la surface de l'eau dans la section droite BB'. Inversement, l'eau s'élève dans le tube extérieur. Laissons maintenant écouler un volume d'eau suffisant pour amener le plan de niveau AA' dans celui de BB'. Ce volume V sera égal à v , augmenté du volume d'eau compris dans l'espace annulaire AA' BB', c'est-à-dire :

$$V = v + \pi R^2 h - \pi r'^2 h.$$

De plus :

$$v = \pi r^2 h.$$

On tire de là :

$$\frac{V}{v} = 1 + \frac{R^2 - r'^2}{r^2}$$

ou :

$$V = v \left(1 + \frac{R^2 - r'^2}{r^2} \right)$$

Expression qui donne le facteur de proportionnalité, et permettrait par suite de déterminer le volume réel du gaz.

Pour que la mesure soit précise, il faut :

1° Que le terme $\frac{R^2 - r'^2}{r^2}$ soit assez grand. Dans la pratique, il suffit qu'il soit au maximum = 4, la méthode à l'hypobromite ne comportant pas une exactitude plus grande ;

2° Que R , r , r' soient des quantités constantes. On peut vérifier expérimentalement que cette dernière condition est remplie. Pour cela, on cherche le volume d'eau déplacé par l'azote provenant par exemple de $1/2$ centimètre cube de solution d'urée. Soit u ce volume. On fait une deuxième opération avec 1 centimètre cube de la même solution : on doit trouver $2u$. Une troisième opération avec $1^{\text{m}},5$ doit donner $3u$, etc... Si les chiffres obtenus sont différents, l'opération permet de trouver la correction, en interpolant.

**Sur le rôle de la forêt dans la circulation de l'eau
à la surface des continents, par M. E. HENRY.**

Dans cette esquisse d'une vue d'ensemble du rôle hydrologique de la forêt, il faut tenir compte d'un si grand nombre d'éléments variables non seulement d'un point à un autre, mais en un même lieu du globe, et à chaque instant, qu'il y a nécessité absolue de suivre ici la règle toujours recommandée dans les questions compliquées de tous les ordres de sciences ; c'est de réduire le problème à ses termes les plus simples, de manière à obtenir un résultat qui, pour n'être pas d'une exactitude mathématique, puisse être pourtant considéré comme répondant, au moins dans ses grandes lignes, à la réalité des faits. Cette exactitude ne pourra être atteinte que pour des points donnés et encore seulement quand la science aura établi des méthodes suffisamment précises pour la détermination des divers facteurs et quand ceux-ci, éminemment variables, comme on sait, auront pu, à la suite de longues observations, fournir des moyennes sur lesquelles on ait le droit de compter.

Par ces mots : *circulation de l'eau à la surface des continents*, nous entendons parler de l'eau à l'état de vapeur dans l'atmosphère et de celle qui stagne ou qui circule à la surface du sol ou dans son intérieur pour former, dans ce dernier cas, la première nappe souterraine ou *nappe phréatique*, mobile ou immobile, suivant qu'elle repose sur des couches imperméables horizontales ou non.

Grâce à l'acquisition récente de certaines données parmi lesquelles il faut surtout compter l'affirmation de la remarquable puissance de la forêt au point de vue de l'aspiration de l'eau (recherches russes et françaises) et de son exhalation (constatations des aéronautes) et la détermination exacte de la fraction de ruissellement (due à M. Imbeaux. Voir « la Durance » : *Annales des ponts et chaussées*, 1892), il est maintenant incontestable qu'il existe un circuit provenant de la forêt comme il en est un provenant de la mer, le premier n'étant, à vrai dire, qu'un écho très affaibli du second.

La vapeur d'eau qui se dégage des forêts de plaine est transportée par les vents jusqu'aux limites du bassin où elle rencontre les condenseurs montagneux ; la gouttelette se précipite ; sa course aérienne vers l'intérieur des continents est terminée ; elle prend, à l'état liquide, le chemin terrestre du retour vers l'Océan. Dans ce trajet, tantôt superficiel, tantôt souterrain, la forêt exerce sur elle une action très importante, principalement dans la région montagneuse aux fortes pentes, là où se produit surtout le ruissellement, mais encore cependant quand la gouttelette est réunie à ses congénères dans les rivières et les fleuves. Et surtout elle se montre une force bienfaisante, régulatrice et modératrice, grâce à laquelle la goutte d'eau, domptée et réglée dans sa marche, assagie, pourrait-on dire, perd son terrible pouvoir de destruction et d'érosion pour fournir, soit comme force motrice, soit comme aliment, soit comme eau d'irrigation, le maximum d'utilité dont elle est susceptible.

Nous supposerons les bassins formés par des plaines théoriques, par des dépôts sédimentaires dont la surface et les joints de stratification soient assez près de l'horizontale pour que le ruissellement superficiel et l'écoulement de la nappe phréatique puissent être regardés comme nuls. Nous supposerons ces bassins limités par des chaînes de collines ou de montagnes d'altitude variable, dans lesquelles il y aura toujours à tenir compte du ruissellement et du mouvement plus ou moins accentué des nappes aquifères qui, aux points d'intersection des couches imperméables avec le relief, se déversent à l'extérieur par les sources. Celles-ci « servent donc de trait d'union entre l'hydrologie superficielle et l'hydrologie souterraine, puisqu'elles font passer du domaine de l'une à celui de l'autre les eaux que les

profondeurs du sol avaient soustraites momentanément au ruissellement¹ ».

A quoi sont dues les précipitations atmosphériques ?

On sait qu'elles sont le résultat du refroidissement brusque d'une masse d'air à son maximum de saturation. « Pour que la pluie se produise, il faut que la vapeur d'eau contenue dans l'air soit condensée très rapidement ; une condensation lente donne seulement des nuages ou des brouillards... La formation de la pluie est donc subordonnée à un refroidissement brusque de l'air.

La cause de beaucoup la plus importante de production de la pluie est le refroidissement par détente qui accompagne tous les mouvements ascendants de l'air². Les météorologistes reconnaissent trois origines à ces mouvements ascendants ; l'une, la seule qui nous intéresse ici, tient au relief du sol. Supposons qu'un vent humide et chaud vienne se briser et s'élever contre les flancs d'une montagne. Ce courant aérien rencontre alors la basse température des localités élevées et se refroidit surtout par suite de la dilatation résultant de la diminution de pression : il s'ensuit que la vapeur d'eau se condense et donne lieu à la production de nuages et de pluies.

Les forêts de grande étendue sont-elles capables d'agir, *dans une mesure appréciable*, comme des accidents du relief ? On peut maintenant répondre catégoriquement : oui, à cette question.

Les expériences faites d'abord par l'École forestière de Nancy dans la forêt de Haye, puis par M. Fautrat dans la forêt d'Halatte (Oise), par M. de Pons dans la forêt de Tronçais (Allier), celles qui ont été poursuivies en Allemagne, Autriche, Russie et jusque dans l'Inde permettent d'affirmer qu'il tombe plus d'eau sur la forêt que sur les terres voisines.

L'excédent de précipitation provoqué par la forêt n'est pas très considérable, il est vrai ; mais, contrairement à l'opinion des éminents ingénieurs Surell et Cézanne, il n'est pas de l'ordre des quantités négligeables et peut se comparer à l'action qu'exercent les cimes en empêchant une partie de la pluie d'arriver sur le sol. Cet excédent atteint souvent 12 et 20 p. 100.

1. « Essai-programme d'hydrologie », par le Dr Imbeaux, ingénieur des ponts et chaussées. (*Zeitschrift für Gewässerkunde*, 1898, 2^e fasc., p. 69.)

2. Voir l'étude sur le « Régime des pluies de l'Europe occidentale », par M. Alfred Angot. (*Annales du bureau central météorologique de France*, 1895. — Mémoires.)

L'exhaussement du relief du fait de la forêt ne dépasse pas 40 mètres et n'est souvent que la moitié de ce chiffre ; l'effet produit par cette dénivellation n'est déjà pas négligeable¹. Mais surtout, pendant toute la saison de végétation, pendant le semestre mai-octobre où la pluviosité relative est la plus forte (pour l'Europe occidentale), les forêts dégagent une quantité considérable de vapeur d'eau. Si cette vapeur dissoute dans l'air était apparente comme celle des brouillards², on verrait les forêts surmontées d'un air plus humide et plus froid qui, d'après les constatations des aéronautes, peut se faire sentir jusqu'à 1,500 mètres de hauteur.

Les déterminations faites par M. Fautrat établissent que l'air au-dessus des bois contient en dissolution plus de vapeur d'eau que dans la plaine et que les forêts résineuses en dégagent plus que les forêts feuillues. Même en dehors de la saison de végétation, les forêts (surtout les résineuses) doivent projeter plus de vapeur que n'importe quelle autre culture en raison de la ramification des cimes (et de la présence des aiguilles pour les résineux) sur lesquelles s'arrête une partie notable des précipitations.

« Le refroidissement ressenti par les aéronautes en passant au-dessus de massifs boisés d'une certaine étendue se traduit par une descente marquée du ballon... Un fait précis d'expérience est que cette influence a été ressentie par nombre d'aérostiers militaires au-dessus de la forêt d'Orléans, le ballon étant à une altitude de 1,000 mètres environ. Il paraît démontré par toute la série d'ascensions faites jusqu'ici que l'influence de massifs d'une étendue semblable (34,000 hectares) est sensible jusqu'à une hauteur de 1,500 mètres environ. » (Extrait d'une lettre du chef de bataillon du génie Renard, sous-directeur de l'établissement central d'aérostation.)

On comprend que, si une masse d'air humide et chaud, voisin

1. M. Rayet, de Bordeaux, a montré, par des déterminations précises, qu'une augmentation d'altitude de 20 mètres provoquait déjà un supplément de pluie appréciable.

2. Elle l'est quelquefois. Dans une de ses communications à l'Académie des sciences à propos des résultats de ses voyages aériens, M. C. Flammarion dit : « Un jour que nous passions en ballon au-dessus de la forêt de Villers-Colterets, nous avons été fort surpris de voir pendant plus de vingt minutes un petit nuage, qui pouvait avoir 200 mètres de long sur 150 de large et qui était suspendu *immobile* à 80 mètres environ au-dessus des arbres. En approchant nous vîmes bientôt cinq ou six plus petits, disséminés et également immobiles. Cependant l'air marchait à raison de 8 mètres par seconde ; quelle ancre invisible retenait ces petits nuages ? »

de son point de saturation, vient heurter cette colonne d'air humide et refroidi par l'évaporation, il y a là une condition favorable à la condensation d'une certaine portion de la vapeur d'eau sous forme de brouillards ou de petites pluies.

Aussi, avec grande raison, crée-t-on des forêts dans les plaines nues, surtout dans celles où la tranche d'eau reçue par le sol est insuffisante, comme il arrive pour les terres noires de Russie¹. Elles y sont des plus utiles à plusieurs points de vue. Elles rompent la violence des vents qui, sans elles, briseraient ou coucheraient et dessécheraient les récoltes. Elles empêchent la neige d'être emportée par le vent; les zones de terres abritées par la forêt sont mieux humectées et donnent de plus belles récoltes. Enfin elles forment dans ces immenses steppes, qu'on a si justement comparées à une mer, des accentuations de relief qui, déjà par elles-mêmes, plus encore par la colonne d'air humide qu'elles dégagent, favorisent les chutes de pluie et soutirent aux nuages passant à travers ces plaines les dernières traces d'humidité qu'ils peuvent contenir.

I. — FORÊTS DE PLAINE.

Que deviennent les précipitations atmosphériques ?

Une partie (*e*) est retenue et évaporée sur les plantes ;

Une autre (*e'*) est évaporée sur ou dans le sol ;

Une troisième (*r*) représente la fraction de ruissellement, c'est-à-dire l'eau qui s'écoule à la surface et se dirige dans le thalweg par la ligne de plus grande pente ;

Une quatrième portion (*i*) imbibé le sol et atteint son maximum quand le sol est saturé ;

Un cinquième (*a*) est absorbée par les plantes pour leur accroissement et leur transpiration ;

Enfin le surplus (*S*) s'infiltre dans les profondeurs et alimente les nappes souterraines dont les plus superficielles viennent, en général, se déverser à la surface par des sources dans les pays à relief accidenté.

1. En Russie on constate une diminution constante et brusque dans la quantité de pluie quand on se dirige du centre de la Russie vers le sud-est. Ainsi, en juillet, il tombe à Orel 82 millimètres, à Woronej 61 millimètres, à Tsaritzin 37 millimètres, et à Astrakhan 14 millimètres. (H. Gravelius. — *Zeit. für Gewässerkunde*, 1898, p. 345.)

Soit (T) la tranche pluviale. On a

$$T = e + e' + i + r + a + S.$$

Dans les plaines il n'y a pas de ruissellement ; donc ce qui arrivera à la nappe souterraine sera

$$S = T - (e + e' + i + a).$$

Dans le cas le plus simple, celui d'un sol de plaine nu, e , r , a deviennent nuls et l'on a

$$S = T - (e' + i).$$

De ces quatre facteurs un seul, le premier, l'évaporation¹ sur les feuilles et les tiges, est susceptible d'une détermination exacte.

On sait, d'après de nombreuses expériences faites en France et à l'étranger, que la quantité d'eau interceptée par les arbres feuillus varie entre 1 et 3 dixièmes ; quant aux résineux ils n'ont laissé arriver au sol que la moitié environ (0,48-0,52) de la tranche pluviale. Mais il est bien évident que ces chiffres ne valent que pour les localités où l'on a expérimenté. Supposons un pays où la pluie ne tombe que par ondées abondantes et prolongées ; le sol forestier, qu'il soit couvert de feuillus ou de résineux, sera aussi bien arrosé, ou à très peu près, que le sol nu.

Les autres fractions (l'évaporation sur ou dans le sol, la quantité d'eau que celui-ci peut retenir, celle qui est absorbée par les plantes pour leur accroissement et leur transpiration) sont encore très mal connues aussi bien pour les sols agricoles que pour les

1. Et encore n'y faut-il pas regarder de trop près si l'on en croit les conclusions des expériences faites en 1894 et 1895 par la Station autrichienne de Mariabrunn sous des épicéas et des hêtres, conclusions dont nous extrayons ce qui suit :

1° Pour obtenir des moyennes exactes de la pluie qui traverse les cimes d'un massif il vaut bien mieux employer beaucoup de pluviomètres qu'un seul ;

2° Les résultats fournis par plusieurs pluviomètres installés dans un même peuplement ou dans une seule cime diffèrent toujours beaucoup, souvent de plus de la moitié, pour une même chute de pluie ;

4° Les quantités d'eau qui tombent sous le couvert des diverses tiges d'un peuplement sont très différentes pour une même pluie ;

10° En employant 20 pluviomètres de 1/20 de mètre carré dans un peuplement pour obtenir la moyenne de pluie traversante, on commet une erreur probable d'environ 1 p. 100 de la pluie tombant en sol nu ;

12° La comparaison entre les hauteurs de pluie sous le couvert observées sous divers peuplements ne peut avoir de signification que si, d'une part, les déterminations ont été faites avec un nombre suffisant de pluviomètres et de vases entourant les tiges, et si, d'autre part, les mesures se rapportent aux mêmes chutes de pluie, ou si l'on a de longues séries d'observations, ou si l'on groupe les pluies d'après leur intensité.

sols forestiers¹ ; elles dépendent d'un si grand nombre d'éléments variables d'un point à l'autre, d'une minute à l'autre, qu'on est en droit d'affirmer qu'elles ne seront jamais susceptibles d'une mesure rigoureuse.

Raisonnant d'après ces faits exacts que, malgré la quantité d'eau interceptée par le feuillage, le sol forestier est aussi bien arrosé que le sol agricole et que l'évaporation qu'il subit est bien moindre, comme l'atteste l'humidité plus grande de la surface, on pensait que la forêt contribuait plus que n'importe quelle autre culture à l'alimentation de la nappe souterraine. (Nous rappelons encore une fois qu'il s'agit de forêt en sol plat, à nappe souterraine immobile ; nous envisagerons tout à l'heure le cas de la forêt en sol accidenté.) Aussi les personnes qui s'intéressent à ces questions furent-elles fort surprises des résultats obtenus par les agronomes russes.

D'après les mesures prises pendant la saison de végétation (du 1^{er} juin au 1^{er} septembre) dans les sondages pratiqués en forêt et hors forêt, le niveau de la nappe souterraine serait abaissé sous la forêt Chipoff (gouvernement de Woronej) d'une dizaine de mètres, et sous la forêt Noire (gouvernement de Kherson) de 4 à 5 mètres.

Il est à présumer que ce sont là des maximums qui seront rarement atteints, déjà pour les deux raisons suivantes : 1^o les mesures ont été prises au moment où la forêt transpire le plus, au moment où elle extrait du sol les plus grandes quantités d'eau ; les différences doivent être moindres en hiver ; 2^o les expériences ont été faites sur des points où il ne tombe que 30 centimètres d'eau par an, où les forêts naturelles manquent à peu près complètement, peut-être par défaut d'eau, où, presque toujours assoiffées, elles utilisent avidement, pour les besoins de leur transpiration, la maigre provision que leur apportent, sous forme de pluie ou de neige, les précipitations atmosphériques.

En effet, des expériences, entreprises encore sous la direction de M. Ototzky, mais cette fois bien plus au nord, sous le 59^e degré de latitude, dans le gouvernement de Saint-Petersbourg, à climat plus froid et plus humide, à pluviosité plus grande², avec

1. Voir mon article : « Les forêts et les eaux souterraines dans les régions de plaine ». (*Revue des Eaux et Forêts*, 1898, p. 529.)

2. Saint-Petersbourg est compris, comme la plus grande partie des bassins géolo-

eaux souterraines abondantes, ont encore montré que la forêt abaissait le niveau de la nappe souterraine (toujours dans les régions de plaine à nappe immobile, ne l'oublions pas), mais d'une façon moins sensible, puisque la différence de niveau n'est plus que de 50 centimètres à 1^m,15 suivant les forêts.

Les expériences en cours d'exécution dans la forêt domaniale de Mondon, près de Lunéville, ont donné jusqu'alors des résultats analogues. Dans le but de vérifier les faits constatés en Russie et de voir si des conditions climatologiques différentes, notamment une bien plus forte pluviosité, ne modifieraient pas les résultats obtenus sous le climat sec de l'Europe orientale, l'administration forestière ouvrit à l'École de Nancy, dès le 1^{er} juillet 1899, un crédit pour des recherches préliminaires à entreprendre sur cette question dans les environs de Nancy.

La forêt de Mondon fut choisie parce qu'elle réalisait la plupart des conditions exigées. D'accès facile, elle forme, à l'est de Lunéville, entre la Meurthe et la Vezouse, un massif de 2,000 hectares environ (avec les bois communaux avoisinants), dont l'altitude ne varie que d'une vingtaine de mètres (de 246 à 266 mètres). Ce sol plat est constitué par les alluvions anciennes de la Meurthe quaternaire qui, avant de traverser l'étroit défilé de Rehainviller, s'épanouissait là sans doute en un vaste lac dans les dépôts duquel la Meurthe et la Vezouse actuelles, diminutifs insignifiants des grands fleuves d'autrefois, ont fini, après maints tâtonnements, par se creuser le lit que nous voyons aujourd'hui. Ces deux rivières coulent de chaque côté du massif à des cotes variant entre 235 et 240 mètres, par conséquent à un niveau de fort peu inférieur (30 mètres au maximum) à celui du seuil très peu accusé qui sépare les deux rivières.

Le sol est surtout formé de grains de sable, de graviers ou de cailloux, le tout de grosseur très inégale suivant les remous et les courants, suivant les variations d'étiage et de régime qui se sont produites pendant la longue période de comblement du lac. A la surface, on trouve le plus souvent des éléments fins (sable rouge, gris ou blanc); parfois le grain est si ténu que le sol ressemble à de l'argile par la faculté d'imbibition; au-dessous vien-

giques de Paris et de Bordeaux, dans la zone où la tranche pluviale varie entre 50 et 75 centimètres.

nent des graviers, puis des cailloux de plus en plus humides à mesure qu'on se rapproche de la nappe aquifère qu'on atteint vers 3, 4 ou 5 mètres.

Il aurait été préférable d'opérer dans des masses plus homogènes, telles que celles des grandes forêts à sol siliceux des environs de Paris; mais c'était impossible à cause de l'éloignement.

On forait 11 trous de sondage de 5 centimètres de diamètre, à l'aide de la sonde géologique belge, jusqu'au niveau de l'eau, et on les garnit de tubes percés de petits trous; ces tubes étaient destinés à empêcher les éboulements tout en permettant à l'eau de prendre son niveau. 5 sondages furent installés en terrain découvert, dans des champs aux abords de la forêt ou au milieu, dans des terrains de garde, et 6 furent placés en forêt.

Voici les résultats obtenus pour les deux couples de sondages les plus comparables par la proximité des points hors bois et sous bois et par l'horizontalité du terrain. Les sondages 1 et 2, distants de 300 mètres environ, ont accusé entre les niveaux de la nappe souterraine des différences qui ont oscillé entre 92 centimètres et 1^m,60 pour la période de mai 1900 à mars 1901. Le plan d'eau sous bois a toujours été de 92 centimètres à 1^m,60 plus éloigné de la surface que dans le milieu du terrain du brigadier.

Les sondages 5 et 6 ne sont éloignés que d'une centaine de mètres; l'un est au milieu d'une pépinière, l'autre sous un vieux taillis; le terrain est horizontal. Le plan d'eau sous le sol de la pépinière a toujours été plus près de la surface que sous le sol boisé; les différences ont varié entre 15 et 75 centimètres; elles auraient été plus accusées si l'on avait fait un sondage dans la pépinière au lieu d'utiliser le puits qui s'y trouve. On sait que la nappe d'eau s'infléchit autour des puits et que le niveau de l'eau y est un peu inférieur à ce qu'il est dans le sol avoisinant.

Donc, dans tous les points où on a expérimenté jusqu'ici et en conformité avec ce que l'on sait du dessèchement des marais et de l'assainissement des sols fangeux par la forêt, avec ce que l'on sait aussi de l'assèchement des couches profondes du sol par les racines des arbres, la forêt abaisse le niveau des nappes phréatiques *immobiles*, telles que celles que l'on trouve dans les pays à stratification tabulaire, *mais dans une proportion qui décroît d'autant plus que les arbres ont plus d'eau à leur disposition, ainsi qu'on pouvait le prévoir.*

Nous nous garderions bien de généraliser ces résultats et de dire que dans toutes les régions de plaine du globe la forêt doit exercer la même influence¹. Il peut même se faire que, dans certains cas, l'inverse ait lieu et que l'évaporation du sol nu l'emporte sur celle du sol boisé. Ce fait doit se présenter surtout dans les régions tropicales où la chaleur est torride, où le sol, recevant de grandes quantités de pluie, est presque toujours saturé et doit renvoyer dans l'atmosphère la plus grande partie de l'eau qu'il reçoit², tandis que la marche de la transpiration, phénomène physiologique, n'est pas, on le sait, proportionnelle à celle de l'évaporation qui obéit aux lois de la physique. Ajoutons que, pendant la saison chaude, la végétation dans les pays tropicaux est plus ou moins ralentie.

La *Revue des Eaux et Forêts* (1901, p. 19) rapporte, d'après le témoignage de M. B. Ribbentrop, que « des puits de 6 à 10 pieds de profondeur creusés dans des plantations forestières faites aux environs de Madras, près de Trichinopoli, conservent de l'eau pendant la saison chaude, même quand les rivières du voisinage sont à sec, tandis que les puits de 15 pieds de profondeur, voisins, mais en terrain non planté, sont entièrement secs pendant les mois chauds ».

Trichinopoli est sous le 11° degré de latitude nord; c'est le centre du maximum des isothermes d'été (31°) pour le sud de l'Inde, et il y tombe 918 millimètres d'eau par an, dont la moitié dans les trois mois de septembre, octobre et novembre.

L'isotherme d'hiver est de 26°. On voit combien les conditions climatiques sont différentes de celles de l'Europe moyenne; aussi n'y a-t-il rien d'étonnant à ce que les résultats soient différents. C'est le contraire qui aurait lieu de surprendre.

On ne saurait trop insister sur la relativité de tous les phénomènes hydrologiques qui dépendent d'une foule de circonstances

1. Nous disions l'an dernier (*Compte rendu du Congrès international de sylviculture de 1900*, p. 344) : « Il serait intéressant de voir ce qu'il advient dans les pays tropicaux où l'évaporation est si active en terrain découvert. » L'exemple récent que nous citons d'après la *Revue des Eaux et Forêts* montre que nous avions raison de prévoir que les pays tropicaux pouvaient se comporter autrement que les nôtres.

2. Déjà dans le midi de la France, à Orange, Gasparin trouve 0.88 pour le rapport entre l'eau évaporée annuellement par le sol et la hauteur de pluie qu'il reçoit. Dans des climats plus froids la proportion est moindre, naturellement. Maurice à Genève trouve 0.61 et Marié Davy à Paris 0.51. A Orange, il ne resterait donc que 12 p. 100 pour l'imbibition du sol et l'alimentation de la nappe souterraine.

éminemment variables. Pour s'en convaincre on n'a qu'à lire le remarquable *Essai-programme d'hydrologie* de M. Imbeaux¹ où se trouve décrite la suite rationnelle des problèmes que se propose l'hydrologie tant superficielle que souterraine et sur la plupart desquels nous ne possédons encore que fort peu de données. Suivant les valeurs si diverses que prennent les facteurs de l'expression $S = T - (e + e' + i + r + a)$, la nappe souterraine sera beaucoup, pas, ou peu alimentée.

En résumé, la vapeur d'eau émise par la forêt contribue à augmenter quelque peu l'humidité des vents qui viennent de la mer et qui vont venir condenser la plus grande partie de leur réserve aqueuse sur les chaînes de montagnes environnant les bassins. C'est du moins le cas ordinaire pour la France où les vents dominants sont les vents d'ouest, qui se sont humidifiés en passant sur l'Atlantique.

Dans les régions de plaine et en se plaçant uniquement au point de vue de la circulation de l'eau, la forêt rend des services d'ordre divers :

1° Elle constitue le meilleur moyen d'assainir et d'assécher les terrains marécageux et fangeux, repaires des malarías, des fièvres paludéennes. Les Landes, la Sologne, les Marais pontins et mille autres exemples le prouvent ;

2° Elle va puiser, à des profondeurs où ne saurait atteindre aucun autre organisme, l'eau inutilisée, pour la lancer très haut dans l'atmosphère, la faire rentrer dans la circulation générale et la faire retomber en pluie bienfaisante sur la forêt elle-même et sur les contrées avoisinantes où elle la met à nouveau à la disposition des plantes ;

3° Elle ne saurait avoir d'action nuisible sur les sources, puisqu'il n'y en a pas dans les régions à stratification tabulaire, dans les plaines parfaites où l'homme s'alimente par des puits. *Elle abaisse seulement le niveau des eaux souterraines dans une proportion insignifiante pour les régions de l'Europe qui ont une pluviosité moyenne ;*

4° Elle accroît d'ailleurs, en rafraîchissant l'air au-dessus d'elle,

1. « Essai-programme d'hydrologie », par le Dr Ed. Imbeaux, ingénieur des ports et chaussées, directeur du service municipal de la ville de Nancy, publiée dans *Zeitschrift für Gewässerkunde*, 1898 et 1899.

la condensation des vapeurs apportées par les vents et rend la pluie plus fréquente pendant la saison de la végétation.

II. — FORÊTS DE MONTAGNE.

Transportons-nous maintenant dans les chaînes de collines ou de montagnes qui séparent les bassins et voyons rapidement le rôle qu'y joue la forêt, toujours à ce point de vue de la circulation de l'eau, soit à la surface, soit dans le sol.

Les courants aériens qui se sont chargés de vapeurs en passant au-dessus des mers et même, quoique à un bien plus faible degré, au-dessus des lacs, des cours d'eau et des grands massifs boisés, venant à s'élever contre les flancs d'une montagne, se refroidissent par leur mélange avec des couches d'air plus froides et surtout par la dilatation qu'amène la diminution de pression. Ils atteignent bientôt leur point de saturation et peuvent le dépasser; dès lors une partie de la vapeur se condense en pluie ou en neige d'autant plus abondante que la température s'écartera davantage du point de rosée. La pluie est surtout abondante si l'air froid ou la neige des régions élevées vient à descendre jusqu'à la couche des cumulus. La température initiale de l'air, dit M. Angot¹, exerce une influence prépondérante sur l'intensité même de la pluie; plus l'air est chaud, plus il contient de vapeur d'eau pour un même état hygrométrique et plus il abandonnera d'eau liquide pour un même abaissement de température.

L'influence qui se manifeste tout d'abord sur les cartes pluviométriques est celle du relief, et on a souvent dit qu'une carte pluviométrique était comme le calque de la carte hypsométrique de la même région; en réalité, la carte pluviométrique est beaucoup plus compliquée.

Toutes les chaînes de montagnes offrent des maxima de pluie : Alpes², Pyrénées, Cévennes, montagnes d'Auvergne, Morvan,

1. « Régime des pluies de l'Europe occidentale. » (*Annales du Bureau central météorologique de France*, 1859. — Mémoires B.-174.)

2. Les pluviomètres placés sur le même versant, dans le bassin d'un même torrent, nous ont constamment démontré que la quantité d'eau tombée à 2,500 mètres était supérieure à celle constatée à 2,000 mètres qui, elle-même, dépassait considérablement celle trouvée à 1,500 mètres. Le plus souvent même les hauteurs d'eau à 2,000 mètres étaient une moyenne entre 2,500 et 1,500 mètres, le maximum demeurant constamment acquis à 2,500 mètres. En comparant ces observations avec celles faites dans le fond

Jura, Vosges, Ardenne, pour ne parler que de la France. Les plus petites élévations suffisent quelquefois pour amener encore des maxima très appréciables; citons en France les hauteurs de Gâtine, les monts de Bretagne, les collines de Normandie et de Picardie et même la pointe du pays de Caux.

Mais les montagnes boisées ont une influence bien plus accusée sur les précipitations atmosphériques surtout pendant les mois d'été.

Les forêts de montagne sont presque entièrement formées de résineux. « Or, d'après les observations de M. Faurat¹, les massifs de pins ont sur l'état hygrométrique de l'air une plus grande influence que les autres essences. De sorte que si les vapeurs dissoutes dans l'air étaient apparentes comme les brouillards, on verrait les forêts entourées d'un vaste écran humide, et chez les résineux l'enveloppe serait plus tranchée que chez les bois feuillus. »

Les observations de M. Faurat ont montré que la forêt reçoit plus d'eau que les terres voisines et qu'au-dessus des forêts de pins ce fait météorologique est encore plus nettement accusé (*loc. cit.*, p. 14).

M. Faurat se demande quelle est la source de ces vapeurs. « Proviennent-elles du sol; sont-elles le résultat de l'évaporation des feuilles ou sont-elles dues chez les résineux à l'action des mille pointes que développent chaque année les verticilles des pins? Question complexe que les données actuelles de la science physique ne permettent pas de résoudre. Ce que l'on peut dire, c'est que la transpiration des feuilles ne peut à elle seule produire ce phénomène.

« En effet, la transpiration chez les bois résineux est moins active que chez les bois feuillus. Il s'ensuit que si la vapeur d'eau dissoute en si grande abondance dans l'atmosphère enveloppant les pins était le résultat de l'évaporation des arbres, ce phénomène devrait être beaucoup plus apparent au-dessus du massif

de la vallée à un point voisin (Barcelonnette), situé à 1,130 mètres, on arrivait à cette conclusion que la hauteur d'eau tombée sur le sommet de la montagne est supérieure au double de celle trouvée au fond de la vallée. (*Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes*, par P. Demontzey, Paris, 1882, p. 137.)

1. *Observations météorologiques faites de 1874 à 1878*, par M. Faurat, sous-inspecteur des forêts. (Paris, Imprimerie nationale. 1878, p. 21.)

de bois feuillus et c'est le contraire que constatent les observations. Il faut donc attribuer au sol et à d'autres causes inconnues cette propriété remarquable qu'ont les pins de concentrer les vapeurs. »

Il peut se faire que le sol y soit pour quelque chose ; mais une des causes de cette plus forte émission de vapeur chez les pins réside sûrement dans la plus grande quantité de pluie retenue par leurs cimes. En se reportant aux chiffres obtenus par M. Fau-trat, on voit qu'en 1876 le sol a reçu sous les feuillus 424 millimètres, et sous les pins 280 millimètres ; donc, 144 millimètres se sont évaporés en plus sur les branches et les aiguilles des pins que sur les feuilles des arbres feuillus ; en d'autres termes, les pins ont lancé dans l'atmosphère, de plus que les feuillus, 1,440 mètres cubes d'eau par an et par hectare. En 1877, le sol a reçu sous les feuillus 643 millimètres et 375 millimètres sous les résineux ; il s'est donc évaporé sur les aiguilles de ceux-ci une lame d'eau de 268 millimètres plus épaisse que celle qu'ont évaporée les feuillus ; dans le cours de l'année 1877, les pins de la forêt d'Halatte ont projeté dans l'air, par hectare, une quantité notable de vapeur correspondant à 2680 mètres cubes d'eau en plus que l'hectare voisin garni d'arbres feuillus.

Le poids de vapeur d'eau contenu dans un mètre cube d'air saturé à 20° (isotherme d'été de Senlis) est de 18 grammes. Ces 2680 mètres cubes suffisent donc à saturer d'humidité 148 millions de mètres cubes d'air.

Les montagnes boisées amènent une augmentation plus importante des précipitations atmosphériques que les montagnes nues. Cela est hors de doute ; mais nous manquons jusqu'ici d'expériences permettant de mesurer exactement l'effet de la végétation forestière.

M. Angot a publié dans les *Annales du bureau central météorologique de France*, année 1893, une étude magistrale sur le *Régime des pluies de la péninsule ibérique*. En examinant les cartes qui représentent, pour chaque mois et pour l'année moyenne, la distribution des pluies dans cette péninsule, on voit que les mois de juin, juillet, août présentent des caractères très différents de ceux des mois précédents. En juin il tombe sur les deux tiers médians de la péninsule de 25 à 50 millimètres et moins de 25 millimètres dans le sud ; en juillet et août il n'en tombe que de

10 à 25 millimètres sur tout le milieu et moins de 10 millimètres dans le sud.

Ces trois mois sont donc extrêmement secs.

« *Bien que le vent, dit M. Angot, souffle alors généralement de la mer vers la terre, celle-ci présente un tel excès de température que l'air humide de la mer se trouve réchauffé au contact du sol et éloigné de son point de saturation.* » Dans tout ce réseau de montagnes qui couvre les provinces de Grenade, Jaen, Murcie, malgré la proximité de la mer, malgré l'absence des chaînes plus occidentales pouvant déterminer des précipitations, malgré la présence de sommets élevés dont beaucoup ont une altitude variant de 2,000 à 3,500 mètres, dans les mois de juillet et août il ne tombe pas 10 millimètres d'eau. L'Espagne est, de toute l'Europe, le pays qui reçoit le moins de pluie. Il est certain que, si les chaînes qui s'étendent entre la Sierra Nevada et la Sierra de Segura étaient boisées au lieu d'être absolument nues et desséchées, le régime des pluies s'améliorerait dans le sud-est de l'Espagne et l'on n'aurait pas eu à déplorer les désastres produits dans Murcie par les débordements de la Segura.

Ne possédant pas de forêts, elles ne peuvent refroidir et humidifier l'atmosphère comme le font les montagnes boisées qui projettent au-dessus d'elles une colonne d'air humide de 1,000 à 1,500 mètres de hauteur. Le sol nu que le soleil pénètre tout le jour, sous ces climats, *d'une chaleur torride*, ne jouit certes pas de cette propriété. C'est précisément en ces mois si secs d'été que la forêt exercerait au plus haut degré son action condensatrice d'une utilité si évidente pour ces régions¹.

Les vents qui soufflent généralement de l'ouest et du sud-ouest en été contiennent de grandes quantités de vapeur d'eau ; mais, faute d'un réfrigérant tel que des forêts ou des montagnes boisées, elles ne se refroidissent pas et, par suite, ne se condensent pas avant d'avoir rencontré des courants aériens plus froids. C'est à la prédominance en été des vents chauds du sud et du sud-ouest d'une part et, de l'autre, à l'absence des vents froids

1. Les Espagnols l'ont enfin compris et M. Ricardo Codorniu, ingénieur en chef du bassin de la Segura, a donné au Congrès international de sylviculture tenu à Paris en 1900, dans sa brochure intitulée : *Apuntes relativos à la Repoblacion forestal de la Sierra de Espuña*, une idée précise des travaux qui se font en Espagne (depuis quatre ans !) pour enrayer les inondations d'une portion de la côte du Levant. (Voir le *Compte rendu du Congrès international de sylviculture*, p. 421.)

du nord et du nord-est que l'on doit attribuer la rareté des pluies estivales dans les contrées déboisées. Dans les régions richement pourvues de bois et de montagnes boisées il n'est pas besoin de l'apparition de ces vents froids pour qu'il pleuve parce que le prisme d'air humide et froid que dégage la forêt amène les courants aériens (qui sont humides, mais chauds, c'est-à-dire éloignés de leur point de rosée) au refroidissement nécessaire pour provoquer la pluie.

C'est donc surtout sur les montagnes, et plus encore sur les montagnes boisées, qu'ont lieu les fortes précipitations. Il est regrettable qu'on n'ait pas jusqu'alors de résultats d'expériences comme pour les forêts de plaines ou de collines. Il est probable, pour ne pas dire certain, que les différences au profit de la forêt seraient plus accusées que dans les plaines.

En montagne, la tranche pluviale se partage, comme dans les plaines, en diverses fractions, *avec cette différence fondamentale que la fraction de ruissellement, nulle dans les plaines, atteint ici une valeur considérable.*

Mais avant d'examiner ce point, voyons les principales particularités présentées par les autres fractions (e , e' , i , a) dans les montagnes.

Les quantités (e) de pluie ou de neige interceptées par les résineux des montagnes n'ont pas été, croyons-nous, déterminées directement et, en raison des différences profondes entre l'intensité et la répartition des précipitations en plaine et en montagne, de la part prépondérante qu'y prend la neige, on ne peut pas appliquer avec certitude aux forêts de montagne les résultats obtenus pour les résineux des plaines.

La fraction représentant l'évaporation à la surface du sol (e') doit être sensiblement plus faible qu'en plaine, puisque la température, dont dépend surtout l'évaporation, diminue à mesure que l'altitude augmente.

Il est vrai qu'il y a une cause antagoniste de la précédente — c'est la diminution de pression — qui favorise l'évaporation ; mais l'effet produit par l'abaissement de la température est, à ce qu'il nous semble, plus considérable.

C'est pour la même raison que la fraction si importante (a), représentée par l'eau fixée et évaporée par les plantes, subit en montagne une diminution qui peut être assez exactement appré-

ciée par la comparaison du taux des cendres. La saison de végétation est plus courte et la chaleur moins forte; les végétaux (herbes ou arbres) fabriquent moins de matière organique par hectare et par an et transpirent moins. La surface de 1,000 feuilles de hêtre, qui est de 3^m3,414 à Aschaffenburg, à l'altitude 133 mètres, n'est plus que de 91 centimètres carrés à 1,344 mètres, limite altitudinale du hêtre. Non seulement la surface et le poids d'un même nombre de feuilles se réduisent à mesure qu'on s'élève, mais encore le taux centésimal des cendres. A 133. mètres il y a 9,91 p. 100 de cendres pures dans des feuilles de hêtre, et 10,19 p. 100 dans des aiguilles d'épicéa, tandis qu'à 1,040 mètres les taux ne sont plus que de 4,03 p. 100 pour le hêtre et 3,68 p. 100 pour l'épicéa. On a constaté de même que l'herbe des hauts pâturages contenait moitié moins de cendres que celle des prairies des vallées.

Donc tout conspire en montagne pour que le sol plat, qu'il soit forestier, pastoral ou nu, soit mieux imbibé qu'un sol de plaine ayant même composition et même revêtement. Il reçoit une lame d'eau plus épaisse; la neige y séjourne plus longtemps, l'évaporation est moindre ainsi que la consommation par les végétaux. On sait que le sol des hauts plateaux ou des parties planes des montagnes a souvent une humidité excessive et qu'on y rencontre à chaque pas prairies tourbeuses ou tourbières.

Mais les parties planes sont l'exception dans les régions montagneuses où le relief n'est guère formé que de pentes plus ou moins fortes pour lesquelles il y a toujours à se préoccuper de la fraction de ruissellement. *Celle-ci joue un rôle capital dans l'hydrologie des pays accidentés; c'est elle qui explique la différence qui existe entre les forêts des plaines et celles des montagnes, des collines ou même des pénéplaines au point de vue de l'alimentation de la nappe souterraine et des sources.* De nombreux exemples de l'heureuse influence de la forêt sur le maintien, le volume et la régularité des sources ont été depuis longtemps signalés, et chaque jour les revues hydrologiques ou forestières signalent des faits nouveaux du même genre, de plus en plus probants parce qu'ils sont mieux observés, avec plus de précision et de compétence¹.

1. Le rapport de M. de Rothenbach inséré dans le *Journal suisse d'économie forestière* de 1898, p. 233, montre nettement que, pour les trois bassins d'alimentation de

Il n'est aujourd'hui personne qui songe à nier l'action bienfaisante de la forêt de montagne au quadruple point de vue — de l'augmentation des précipitations — de la protection du sol contre l'érosion — de la régularisation du régime des cours d'eau et de la diminution de violence des crues — du maintien et de la régularisation du débit des sources.

Comment expliquer, pour ce dernier point, l'apparente contradiction entre ce qui vient d'être dit de la forêt de plaine qui, du moins dans l'Europe moyenne, abaisse quelque peu le niveau de la nappe souterraine, et ce que nous disons de la forêt en sol accidenté? Est-il admissible, objectera-t-on, que la forêt agisse sur un point dans un sens et sur un autre en sens contraire?

Pour avoir la solution de cette apparence d'antinomie, rappelons brièvement quelques faits bien connus, maintes fois décrits et que chacun a été à même d'observer. Supposons qu'un versant montagneux incliné à 45° soit boisé sur sa moitié gauche et nu ou même gazonné sur sa moitié droite. En hiver les deux parties sont couvertes de neige, la couche de neige étant plus épaisse et plus régulière en forêt parce qu'il n'y a pas d'avalanche et que le vent ne peut déplacer ou évaporer la neige. Surviennent le printemps et une fonte brusque. Sur la pente nue où rien n'arrête l'accès de l'air chaud, la fonte sera très rapide et une grande partie de l'eau qui en provient ruissellera jusque dans le thalweg. On sait que de fortes et soudaines crues se produisent toujours à la suite de la fonte brusque des neiges hivernales dans les montagnes dont les pentes sont nues ou même gazonnées. Telle a été la cause des inondations terribles de 1856.

« La quantité d'eau qui s'infiltre dans le sol, dit M. Imbeaux¹, dépend, entre autres circonstances, de la durée du contact de l'eau avec le terrain. Or, cette durée est fonction, d'une part, de celle de la pluie elle-même (ou de la fusion de la neige) et, d'autre part, du temps que l'eau ruisselant ou stagnant à la surface met à s'écouler ou à disparaître autrement. Ici encore l'influence de la pente prend une grande importance; car c'est elle qui règle principalement la vitesse du ruissellement. *C'est pour cette raison*

la ville de Berne voisins des sources Giseli, Schliern et Scherlithal, l'influence de la forêt sur l'abondance des eaux n'est pas contestable. Ce cas a été signalé dans la *Revue des Eaux et Forêts*, 1898, p. 561.

1. « Essai-programme d'hydrologie. »

que, dans les montagnes, l'assèchement du sol suit de si près la fin de l'averse, la forte déclivité soustrayant rapidement l'eau à l'action de pénétration. » M. Imbeaux entend évidemment parler des montagnes non boisées.

Dans la moitié boisée de notre versant, la fonte se fera bien plus lentement; en montagne, la neige persiste quinze jours et même un mois plus longtemps sous bois que hors bois. En admettant qu'il n'y ait pas de couverture sur le sol forestier, par le fait seul du ralentissement de la fonte, le ruissellement serait moins intense, étant réparti sur une plus longue durée, et le gonflement des cours d'eau récepteurs serait moins brusque. Mais, de plus, le sol forestier est toujours garni d'une couche plus ou moins épaisse d'humus et de feuilles mortes (*couverture morte*) faisant l'office d'éponge. Douée d'une faculté d'imbibition remarquable, elle peut absorber deux à trois fois son poids d'eau et, quand elle en est saturée, elle ne la laisse stiller que goutte à goutte. Le sol sous-jacent, protégé en même temps contre l'évaporation, peut ainsi s'imbiber jusqu'à saturation et laisser écouler le surplus dans la nappe souterraine avec d'autant plus de facilité qu'à ce moment de la fonte des neiges la végétation forestière est encore assoupie et n'en réclame point pour elle-même.

Le même fait a lieu pour les grandes averses d'été, avec cette différence que les arbres prélèvent sur l'eau qui s'infiltre la part réclamée pour leur nutrition et leur transpiration.

Supposons même qu'un peu d'eau ruisselle sous la couverture; elle descendra lentement, entravée à chaque instant par le lacs des racines saillantes formant autant de barrages, et, dans ce long parcours, la gouttelette a beaucoup de chances de rencontrer soit un coin non saturé, soit une petite fissure par où l'eau pourra s'infiltrer, si bien que *le ruissellement est à peu près supprimé sur les pentes boisées*. Les cours d'eau dans ces bassins montagneux boisés se gonflent cependant aussi à la suite des fontes de neige ou des grandes pluies, mais lentement et surtout par la plus forte adduction des sources¹.

1. « Le retard et la lenteur des mouvements souterrains de l'eau absorbée par le sol ou, en d'autres termes, le temps que mettent les sources à recevoir et à traduire l'influence des pluies, transforment pour le cours d'eau les intermittences brusques des averses en oscillations douces et de longue durée, et cela est d'autant plus sensible que la fraction d'absorption est plus considérable, c'est-à-dire que le bassin est plus

« Quant au calcul de la fraction de ruissellement correspondant à une forte pluie ou à une série de pluies, dit M. Imbeaux, il est relativement facile à établir, puisqu'il suffit d'évaluer, pour le comparer à la pluie, le débit supplémentaire qui en est résulté pour le cours d'eau pendant le temps du ruissellement. » Dans son beau mémoire sur le *Régime de la Durance*, M. Imbeaux décrit la méthode qu'il a imaginée pour le calcul de cette fraction de ruissellement et qu'il a appliquée aux crues de cette rivière.

Il a trouvé que, pour les trois crues exceptionnelles des 27-28 octobre 1882, 26-27 octobre 1886, et 8-11 novembre 1886, la fraction de ruissellement avait été à Mirabeau de 0,33, — 0,39, — 0,42, soit plus du tiers de la pluie tombée ; elle était descendue à 0,27 pour des crues moins fortes, et à 0,22 et même 0,18 pour des moyennes et petites crues, montrant bien ainsi la loi de sa décroissance parallèle à celle de l'intensité de la pluie ; au confluent avec le Rhône, les chiffres étaient très voisins des précédents, mais un peu inférieurs. Pour le Danube, à Vienne, M. Lauda a trouvé, en appliquant la même méthode, 42,1 p. 100 pour la période du 28 juillet au 14 août 1897.

Il est évident que cette fraction de ruissellement est d'autant plus élevée pour une même intensité de pluie que le sol est moins perméable et à pentes plus raides. Mais la couverture du sol joue aussi un grand rôle, comme le constate, à la fin de son chapitre sur le ruissellement, M. l'ingénieur Imbeaux, dont le travail, si bien ordonné, fruit de longues recherches et de patients calculs, justifie les nombreux emprunts que nous lui avons faits. Nous ne résistons pas au plaisir de citer sa conclusion : « Le reboisement et le regazonnement des régions élevées sont donc, comme on l'a compris depuis longtemps en France, l'un des plus puissants moyens de lutter contre le ruissellement torrentiel et les inondations qui en sont la conséquence ; c'est pour l'avoir oublié et avoir défriché dans la première moitié de ce siècle, par une exploitation inconsidérée, de grandes étendues d'antiques forêts que les États-Unis ont vu se transformer leurs cours d'eau, jadis tranquilles et réguliers, en torrents violents, presque à sec toute

perméable : sur ces oscillations lentes, les eaux de ruissellement viennent au contraire greffer des intumescences subites et rapides ou, à proprement parler, des crues » (*loc. cit.*, IMBEAUX).

l'année, mais ayant des montées brusques et redoutables lors des pluies. (Nous avons, à ce sujet, sous les yeux les témoignages nombreux et irréfutables du service forestier américain.) »

On ne saurait mieux dire. Donc, partout où l'homme a à craindre le ruissellement torrentiel et le danger des inondations, qu'il dresse comme obstacle la forêt; celle-ci lui procurera, par surcroît, cet autre avantage de faire profiter le sol et la nappe souterraine (dont les sources sont les émissaires) de toute la part qu'elle soustrait au ruissellement.

Les chiffres que nous venons de citer relativement à la fraction de ruissellement s'appliquent à de grands bassins dont les pentes sont tantôt nues ou cultivées, tantôt gazonnées ou boisées. Il serait bien désirable, pour préciser l'action de la forêt, d'avoir des expériences relatives à un versant de sol et de pentes uniformes, dont une moitié serait nue et l'autre boisée, ou à deux petits bassins voisins de structure géologique identique dont l'un serait nu ou même gazonné et l'autre boisé. Dès 1860, trois agents forestiers, MM. Jeandel, Cantegril et Bellaud¹, ont fait des essais comparatifs dans les Vosges sur deux bassins voisins, et ils ont trouvé que les coefficients généraux d'écoulement superficiel et d'action inondante étaient environ moitié moindres dans les bassins boisés que dans les bassins déboisés pour les conditions climatologiques où ils étaient placés.

Bien que leur travail ne soit pas à l'abri de tout reproche², leurs résultats sont bien plus probants que ceux qui ont été publiés par M. Belgrand et auxquels, malgré la grande valeur de l'auteur, on ne peut accorder aucune confiance en raison des circonstances défectueuses d'installation.

En ce moment la station de recherches forestières de Suisse commence des expériences, à ce sujet dans deux bassins voisins comparables, l'un entièrement boisé, l'autre presque complètement déboisé. De nombreux pluviomètres permettront de déterminer exactement la quantité de pluie tombant sur les deux bassins et le débit des cours d'eau sera mesuré par des déversoirs avec l'approximation que l'on voudra. On possédera donc enfin bientôt des chiffres précis pour la pluviosité de cette région.

1. *Études expérimentales sur les inondations*. Paris et Nancy, 1862.

2. Voir le rapport du maréchal Vaillant à l'Académie des sciences.

L'importance de la portion soustraite au ruissellement peut s'apprécier aussi, mais d'une façon grossière, par le débit des sources. Nombreux sont les exemples de sources disparaissant ou du moins diminuant de volume et de régularité par le déboisement des versants qui constituaient leur surface d'alimentation et reparaissant au contraire ou augmentant avec le boisement.

A la longue liste que l'on trouvera dans les ouvrages spéciaux je ne veux ajouter que quelques exemples, parce qu'ils sont récents, peut-être peu connus et qu'ils ont été observés par des personnes compétentes.

M. Crahay, inspecteur des eaux et forêts à Bruxelles, nous écrivait en 1898 qu'à Planchimont, aux sources de la Sure, « depuis le boisement en épicéas qui remonte à trente-cinq ans, le débit des sources est devenu plus régulier. L'une d'elles, qui ne donnait pas d'eau pendant l'été, ne tarit plus jamais et se trouve à 70 mètres plus haut que la plus ancienne source. — A Bois-le-François, commune de Villers-devant-Orval, après le déboisement d'une ancienne futaie sur taillis, deux sources ont tari. On voit encore le lieu de sortie de l'eau et la petite rigole qu'elle suivait dans le versant. »

Au congrès international de sylviculture qui s'est tenu à Paris en 1900, M. Servier, propriétaire à Lamure-sur-Azergues (Rhône), a fait une intéressante communication *Sur des phénomènes hydrologiques consécutifs à la plantation de conifères*. « Le terrain, dit-il¹, est sablonneux et il était jusqu'à ces derniers temps presque absolument déboisé, ce qui tendait à donner aux cours d'eau un régime torrentiel. Néanmoins, partout où quelque bouquet de bois avait été conservé, sa présence coïncidait constamment avec celle d'une source... Sur la lisière occidentale d'un de ces bouquets se trouve une source. Toutes les fois que le taillis est exploité, le débit de la source diminue; à mesure que le taillis repousse, le débit redevient normal. »

M. Bargmann² cite deux sources de la forêt communale de Storkensohn (vallée de Saint-Amarin, près d'Urbès) qui tarirent après qu'on eut fait quelques coupes *au-dessus*, et, *160 mètres plus bas, en un point où l'on n'avait encore rien abattu*, une nou-

1. *Compte rendu du Congrès international de sylviculture tenu à Paris en 1900*. Paris, Imprimerie nationale, 1900.

2. *Der Wald und die Hochwassergefahr*. Munich, 1900.

velle source se produisit. « Il est facile de voir, ajoute l'auteur, que la disparition de la forêt change complètement les conditions d'évaporation et de ruissellement. Tous deux sont fort augmentés par le déboisement. »

Dans ces divers cas, et notamment dans celui de la forêt de Storkensohn que nous avons visitée et dont les pentes sont très fortes, *le ruissellement joue certainement un rôle*. On ne peut expliquer le fait observé par M. Bargmann et tous les faits analogues qu'en admettant que le déboisement fait perdre à la nappe souterraine par l'excès d'évaporation et de ruissellement plus qu'il ne lui apporte par la suppression de la succion des racines.

Nous disions plus haut que l'importance de la fraction soustraite au ruissellement ne peut s'apprécier que *d'une façon grossière* par le débit des sources. C'est qu'en effet toute l'eau infiltrée, diminuée de ce que reprend l'évaporation et l'imbibition, ne revient pas toujours à l'air sous forme de source pour rejoindre ensuite le fleuve émissaire. D'abord, il y a des nappes profondes dont les eaux vont se rassembler dans des cuvettes à 500 ou 1,000 mètres de profondeur (puits artésiens de Paris fournissant l'eau qui s'est infiltrée dans la zone d'affleurement des sables verts, c'est-à-dire dans une partie du bassin de la Meuse) ou déboucher dans les fosses océaniques et sont dès lors perdues pour l'écoulement des fleuves. « En second lieu, il arrive assez fréquemment qu'un certain nombre des sources auxquelles donnent naissance les nappes souterraines d'un bassin s'épanchent dans le bassin voisin et vont enrichir un autre fleuve.

« En dernier lieu — et ceci est plus important — on doit considérer le sol comme un grand réservoir intérieur dont l'état de remplissage varie beaucoup d'une époque à l'autre, suivant l'abondance et la succession des pluies antérieures. Si, au début d'une année, ce réservoir est relativement vide (ce qui correspond au plus bas niveau des nappes) et qu'à la fin il soit plein, il est bien évident que l'eau emmagasinée dans l'intérieur de la terre pendant ces douze mois manquera à l'écoulement superficiel de cette période et que, dès lors, le rapport du débit du fleuve à la pluie annuelle sera plus faible pour cette année-là que pour la moyenne. Inversement, si l'année suivante est peu pluvieuse, la réserve accumulée précédemment va se vider par les sources et maintenir au fleuve un niveau supérieur à celui qu'on

devait attendre. Ce supplément, qu'on pourrait appeler, comme en matière budgétaire, le *report de l'exercice précédent*, donnera cette fois un rapport plus élevé que la moyenne.

« ... Les nappes profondes étant le plus souvent inaccessibles à toute mesure, il n'y a que le débit des sources qui puisse donner une idée de l'état des provisions aqueuses contenues dans les entrailles de la terre : tant que ce débit augmente, c'est que le niveau des nappes s'élève ; s'il reste stationnaire, c'est qu'il y a équilibre entre l'apport dû à la pluie et l'évacuation¹. »

Le temps qui se passe entre la pénétration de l'eau en terre et son issue par les sources est très variable ; court pour les terrains à larges pores ou fissures (on voit dans ce cas les sources grossir presque aussitôt après la pluie et écouler rapidement le trop-plein), il est très long — des mois, des années même — pour les terrains à fins canalicules comme les grès et les sables. Il dépend aussi, bien entendu, de la longueur du chemin souterrain que les filets ont à parcourir.

Donc, voici la gouttelette revenue au jour après un trajet souterrain plus ou moins long. Elle se réunit à l'eau de ruissellement pour former des filets qui confluent en des ruisseaux, lesquels finissent par devenir des torrents. Sur les fortes pentes, dans les terrains affouillables, ces eaux sauvages creusent profondément leur lit, délayant et entraînant incessamment le pied des berges et sillonnant le sol de profondes déchirures si l'on n'y vient mettre promptement obstacle. Ce tableau de la dévastation des pentes par les eaux sauvages a été trop souvent brossé, et de main de maître, pour que nous insistions. Ici encore, la forêt rend les plus grands services.

En travers de ces filets, on installe des barrages vivants, des clayonnages faits de branches de saules entrelacées qui s'enracinent et donnent de vigoureuses cépées. Cette haie touffue, qui s'exhausse en même temps que le lit du ruisseau, forme un barrage à claire-voie qui filtre l'eau et brise sa vitesse, annihilant ainsi sa force destructive.

Ce n'est pas seulement dans les ravins des torrents que la forêt vivante remplit son rôle si utile de force modératrice et régulatrice. Les arbres plantés en travers du lit majeur des grandes

1. IMBEAUX, *loc. cit.*

rivières torrentielles — telle la forêt d'aunes que les agents forestiers maintiennent avec un soin jaloux sur le lit du Vénéon, à son confluent avec la Romanche — retiennent les matériaux, diminuent la violence du flot et provoquent ainsi le dépôt d'éléments qui, sans elle, iraient exhausser le lit déjà trop élevé de la Romanche. Ce sont de véritables barrages et les meilleurs de tous; ils ne coûtent rien et s'entretiennent tout seuls; il est évident que ce mode de défense n'est pas applicable à tous les cas; mais, à notre avis, il n'est pas aussi employé qu'il devrait l'être.

D'après ce que nous venons de dire, la forêt joue dans la circulation de l'eau à la surface des continents un rôle important.

Elle assainit et assèche les régions de plaines où l'eau est en excès et rend à l'atmosphère sous forme de vapeur cette eau nuisible ou inutilisée, soit superficielle, soit souterraine.

Prolongeant sur les continents l'action des mers, elle humidifie les courants aériens qui, venant à passer sur d'autres forêts ou sur des montagnes, se refroidissent et se condensent en pluie ou en neige.

Ces précipitations sont plus fortes sur les montagnes boisées. La goutte de vapeur sortant des forêts de plaine vient donc, poussée par les vents, se condenser sur les montagnes qui entourent les bassins. Là se termine le trajet aérien de l'eau provenant de la forêt et commence son trajet terrestre de retour vers la mer.

L'eau, condensée sur le sol, tend toujours, obéissant à la loi de la pesanteur, à descendre vers les points les plus bas du relief. Dans ce parcours la forêt exerce une action évidente. Si la montagne est nue, la fraction de ruissellement est considérable et les eaux provenant des fontes brusques de neige ou des grandes averses se précipitent dans le thalweg sans avoir le temps de pénétrer dans le sol et en provoquant des crues subites, des inondations désastreuses. Si la montagne est boisée et que le sol soit muni de sa couverture de feuilles mortes, le ruissellement est pour ainsi dire supprimé; l'eau provenant des pluies ou des neiges, après avoir imbibé la couverture, s'infiltre goutte à goutte dans le sol et, après l'avoir saturé, vient renforcer la nappe souterraine.

Tout concourt à faire des montagnes boisées le réservoir d'eau par excellence, le centre d'approvisionnement des sources qui

sont presque toutes situées dans les régions accidentées où s'exerce le ruissellement : d'abord, le volume considérable des précipitations (les versants opposés aux vents humides sont toujours copieusement arrosés); ensuite, la suppression de la fraction de ruissellement, fraction qui dépasse parfois le tiers du volume de la pluie et qui forcément profite au sol et aux sources; enfin, la diminution d'intensité de tous les facteurs (évaporation, transpiration, fixation dans les tissus) qui prélèvent aux basses altitudes une si large part du peu qui tombe.

Grâce à la forêt, l'eau condensée sur la montagne gagne la mer d'une allure sage et bien réglée après avoir fourni le long de sa course, sous forme d'eau d'imbibition, de source, d'irrigation, de rivière et de fleuve, son maximum d'utilité, tant pour l'alimentation de l'homme, des animaux et des végétaux que comme force motrice.

Réunion biologique du 21 mars 1901.

M. MAIRE. — Sur la cytologie des Gastromycètes.

M. Maire décrit les phénomènes de la fusion des noyaux primaires et la division du noyau secondaire des basides chez les champignons du groupe des Gastromycètes; la figure de division présente des centrosomes très nets autour desquels s'oriente le cytoplasme.

M. ABT. — Nouveau procédé d'obtention des moignons artificiels en ophtalmologie par les injections sous-conjonctivales de vaseline.

On a utilisé récemment des injections interstitielles de vaseline pour remplacer une perte de substance et rendre à l'organe, sein ou testicule, son aspect normal; M. Rohmer a eu l'idée d'obtenir, par le même procédé, des moignons oculaires assez volumineux pour pouvoir placer un œil de verre convenable, restituant absolument la forme de l'œil enlevé. M. Abt rappelle qu'on a essayé de combler le fond de l'œil par les corps les plus variés: œil de lapin, éponge, pelote de soie, moule en celluloïd, etc., mais tous ces corps finissent par se résorber; la vaseline est d'une innocuité parfaite, très facile à manier, et on espère qu'elle ne disparaîtra

pas par résorption ; en tous cas, les résultats donnés jusqu'à présent par ces moignons artificiels supportant un œil de verre, sont aussi parfaits que possible au point de vue esthétique et au point de vue des mouvements de l'œil et de la fonction lacrymale.

M. FLORENTIN présente un appareil qui permet d'entretenir dans un aquarium d'eau de mer un courant d'eau aérée, sans que l'on soit forcé de renouveler le liquide ; cet appareil, très simple de construction et très robuste, pourra rendre des services dans les laboratoires éloignés de la mer, où l'on désire conserver en vie pendant quelque temps des animaux marins.

Aperçu sur les modifications cytologiques de la cellule intraparasitée chez les animaux¹, par M. P. DORMOY.

L'étude des modifications cytologiques de la cellule intraparasitée est à l'ordre du jour depuis quelques années. Pendant longtemps, l'attention fut attirée sur les parasites seuls ; on en décrivait la morphologie, l'évolution, mais c'était tout. De la manière d'être du parasite vis-à-vis le milieu ambiant, il n'en était point question. Une autre cause d'oubli dans lequel est resté ce sujet, tient aussi, ce me semble, à la technique employée. L'auteur, fasciné en quelque sorte par le parasite, n'emploie que des fixatifs et des colorants qui en font mieux ressortir la structure ; mais, dans certains cas, la méthode qui convient au parasite peut être nuisible à la cellule-hôte et la montrer sous un mauvais jour. LABBÉ, dans son travail sur les coccidies, émet les conclusions suivantes :

Quand le parasite pénètre dans la cellule, celle-ci réagit (toute cellule ayant un pouvoir phagocytaire) par production d'une vacuole digestive, c'est-à-dire par sécrétion d'un enzyme quelconque ; le parasite répond en sécrétant un antienzyme. La présence d'un parasite de petites dimensions n'entrave nullement ni la nutrition, ni la division, ni la fonction. La structure du protoplasma n'est point modifiée. Quand le parasite grandit, la cellule

1. Communication faite à la Réunion biologique du 21 février 1901.

s'hypertrophie, hypertrophie portant à la fois sur le cytoplasme et le noyau; mais ce dernier ne tarde pas à être refoulé entre le parasite et la membrane basale, il est anémié. Le parasite puise donc dans la cellule-hôte les substances nécessaires à son accroissement. Dès que la coccidie est abritée par une capsule, elle perd toute relation avec les tissus de l'hôte, elle se sert de ses matériaux de réserve. De plus, les coccidies, étant plutôt des parasites épithéliaux que des parasites des cellules épithéliales, les cloisons cellulaires ne sont point respectées. Enfin, lorsque l'hôte meurt, le parasite meurt en quelques heures; sa mort s'annonce par une dégénérescence graisseuse.

SIMOND, dans un travail sur l'évolution des sporozoaires du genre coccidium, a constaté les faits suivants :

Dès la pénétration du sporozoïte, le noyau de la cellule se retire à la périphérie et ne tarde pas à présenter des signes d'altérations. C'est d'abord sa forme qui se modifie, le bord le plus proche du parasite se creuse en arc et cette disposition s'accroît progressivement. Bientôt le noyau représente un croissant qui va s'amincissant de plus en plus; on a des figures analogues aux phases de la lune en voie de décroissance. Le karyoplasme devient plus dense et plus fortement colorable; les nucléoles diminuent de volume, perdent leur colorabilité et finissent par disparaître. A la fin, le noyau n'est plus représenté que par une ligne arquée, fortement colorable, avec quelques rares grains de chromatine. Quant au cytoplasme, il disparaît peu à peu. Finalement, la cellule-hôte tout entière se réduit à une coque plus ou moins épaisse; de sorte que, dans les images colorées, on a comme image une sorte de bague dont le chaton est formé par le noyau dégénéré.

Pour *Klossia helicina*, parasite des cellules épithéliales du rein de *Helix hortensis*, LAVERAN a constaté les faits suivants :

D'abord, hypertrophie considérable du noyau dont le volume peut devenir cinquante ou soixante fois supérieur au volume primitif. La chromatine se colore plus fortement et c'est seulement quand la coccidie est devenue volumineuse que le noyau s'atrophie. D'autre part, les cellules du voisinage réagissent par karyokinèse et par prolifération; en plus, il y a formation de tissu fibreux qui englobe les amas de coccidies.

On sait, depuis peu de temps, que beaucoup de Grégarines

présentent, pendant leur évolution, un stade intracellulaire ; aussi, SIEDLECKI, dans une note récente, a signalé les modifications cytologiques produites par une Grégarine, *Monocystis ascidiæ*, qui passe la plus grande partie de sa période de croissance dans une cellule de l'épithélium intestinal de *Ciona intestinalis*. Voici les faits constatés sur la cellule-hôte :

On remarque d'abord un léger élargissement de la cellule et une hypertrophie très nette du noyau qui devient vacuolaire ; sa chromatine se condense presque entièrement en un gros grain central. A mesure que la Grégarine grossit, l'hypertrophie de la cellule s'accroît ; son protoplasma n'a plus la densité ni l'homogénéité de celui des cellules normales, il est parsemé de vacuoles claires. Le noyau est rejeté dans un coin de la cellule et prend la forme d'un croissant, tout en restant hypertrophié. Aux stades suivants la cellule acquiert des dimensions considérables ; sa largeur est dix ou vingt fois celle d'une cellule normale, le noyau est maintenant en voie d'atrophie ; on a un croissant très chromatique, de plus en plus mince. La Grégarine occupe la plus grande partie de la cellule ; son grand axe est dirigé dans le sens de la largeur de la cellule et elle est située au voisinage de la membrane basilaire qui sépare l'épithélium intestinal du système sanguin environnant. A l'hypertrophie de la cellule succède donc l'atrophie. Plus tard, les cellules épithéliales voisines de la cellule contaminée viennent se rejoindre par leurs plateaux ; ce parasite se trouve refoulé en arrière, et, poussant devant lui la membrane basilaire, il vient se loger dans une poche limitée par cette membrane et qui fait hernie dans le système sanguin où il peut tomber accidentellement. Normalement, le parasite adulte passe entre les cellules intestinales et vient tomber dans la lumière de l'intestin.

Pour ma part, je me suis attaché à l'étude d'un parasite du noyau décrit par STEINHAUS. Il s'agit du *Karyophagus salmandræ*, qui est l'hôte du noyau de la cellule intestinale. Voici ce que j'ai pu constater sur des préparations que M. Nicolas a bien voulu mettre à ma disposition et que je le remercie de m'avoir permis d'étudier.

D'abord je n'ai point vu d'une façon bien nette la pénétration du parasite dans le noyau ; mais une fois qu'il y est entré, le *Karyophagus* s'accroît aux dépens du noyau qui, bientôt, est

réduit à sa membrane. La substance nucléaire n'est point comprimée pendant la croissance du parasite, mais disparaît petit à petit. Il semble même se produire une diminution dans la tension interne du noyau, ce qui se traduit par une membrane nucléaire plus ou moins ondulée, plus flasque qu'à l'état normal; cela est surtout évident quand le *Karyophagus* a formé des granules chromatoïdes. Quant à l'aspect général de la cellule, il n'est point modifié, le cytoplasme ne diffère en rien de celui de la cellule saine et le noyau ne s'hypertrophie pas. De sorte que les fonctions physiologiques de la cellule ne paraissent point modifiées. A ces faits on pourrait rattacher ceux constatés par DANGEARD. Cet auteur a découvert dans une amibe un parasite du nucléole et a constaté que les amibes dont le noyau a été ainsi envahi continuent à vivre, se meuvent et digèrent les aliments. En comparant ces faits aux résultats amenés par la mérotomie, DANGEARD a émis l'hypothèse suivante : « Les amibes énucléées par mérotomie sont incapables d'ingérer des particules solides, tandis que les amibes énucléées par le parasite continuent au contraire à ingérer normalement. » Ainsi donc serait vérifiée en partie la théorie de BALBIANI qui range l'ingestion et l'égestion sous la domination du protoplasma.

Conclusions :

En comparant les différents travaux auxquels cette question biologique a donné naissance, on est frappé des divergences qui existent entre les différents faits constatés. Tel parasite produit des désordres graves dans la cellule (hypertrophie suivie de dégénérescence), alors que tel autre parasite semble vivre en parfait accord avec elle; et cela à tel point que LABBÉ a été jusqu'à prononcer les mots de symbiose, de cytosymbiose. On ne voit pas pour le moment les avantages que la cellule pourrait bien tirer de pareils parasites. Pour comprendre ces divergences il faut songer à ceci : Les facteurs qui interviennent sont différents; par suite, ils entraînent forcément des altérations cellulaires différentes. Chaque cellule constituant un individu, une unité, est capable de réagir suivant un mode en rapport avec sa vitalité; en un mot, la réaction pourra être en quelque sorte spécifique pour la cellule. Quant au parasite, ainsi que l'a dit SIEDLECKI, sa manière de vivre, ses exigences propres et surtout ses produits de déchet qui doivent transfuser dans l'hôte sont les principaux

facteurs qui déterminent les modifications cytologiques de la cellule-hôte; de sorte que l'action mécanique du parasite doit être reléguée au second plan¹.

1. Travail du laboratoire d'histologie de la Faculté de médecine de Nancy.