

I.
**COLLOQUE DE GEOGRAPHIE
FRANCO — HONGROIS**

**RÔLE DES EAUX DANS LA NATURE
ET DANS LA VIE ECONOMIQUE**

Exposés et rapports

BUDAPEST

1964

S o m m a i r e

Exposés et rapports

1. BABONAU, Yves:
 - Le problème de l'eau dans le bassin de la Loire 1 - 7
 - CSERMÁK, Béla: rapport annexe 8 - 9
 - URBANCSEK, János:
 - Les possibilités de l'irrigation à grande culture, à partir des eaux souterraines et des nappes à peu profondeur de la Grande Plaine hongroise 10 - 13
 - SIMON, László:
 - Les problèmes d'eau de l'agriculture des dorsales sableuses de la Plaine Hongroise 14 - 16
2. BETHEMONT, Jacques:
 - Problèmes posés par la mise en place d'un réseau d'irrigation: Le cas du Bas Rhône-Languedoc 1 - 5
 - PERENYI, Károly:
 - Constitution des bases techniques des ensembles d'irrigation importants de Hongrie 6 - 7
 - SOMOGYI, Sándor:
 - Les problèmes d'irrigation de Hongrie au point de vue de géographie physique 8 - 9
3. FRECAUT, René:
 - La signification morphologique des transports solides des cours d'eau dans la zone tempérée 1 - 5
 - PECSI, Márton:
 - L'influence du charriage fluvial sur le modelage du relief 6 - 8
 - DOHNALIK, József: rapport annexe 9 - 11
4. GUILCHER, André:
 - Essai de figuration cartographique des régimes fluviaux saisonniers dans l'ensemble du monde 1 - 5
 - RADÓ, Sándor - RÁTÓTI, Benő:
 - Représentation des eaux fluviales selon leur type et débit de l'eau sur les cartes à petite et à moyenne échelle 6 - 8
 - RÓNAI, András:
 - La cartographie des eaux souterraines 9 - 11
 - LOVASZ, György: rapport annexe 12 - 13
 - UBELL, Károly:
 - Caractéristiques du régime des eaux souterraines des zones fluviales 14 - 15
5. ISNARD, Hildebert:
 - L'eau et le développement économique des régions méditerranéennes et de la zone tropicale 1 - 5
 - SALAMIN, Pál: rapport annexe 6 - 8
 - OROSZLÁNY, István:
 - Corrélation entre le succès de la production agricole et le niveau de l'aménagement des eaux dans l'agriculture de la Hongrie dans les dernières cent années 9 - 11

6.	JOURNAUX, André:	
	L'évaluation des ressources en eau	1 - 3
	SZESZTAY, Károly:	
	Quelques problèmes de l'étude du régime d'eau naturelle	4 - 5
	SOMOGYI, Sándor:	
	Activité hydrogéographique et mission actuelle des géographes hongrois	6 - 7
7.	PARDE, Maurice:	
	Informations récentes sur les débits monstrueux de l'Amazone	1 - 8
	LÁSZLÓFFY, Woldemar: rapport annexe	9 - 11
	LÁNG, Sándor: rapport annexe	12 - 13
8.	CHARTIER, Marcel -M.:	
	Aspects des problèmes de l'eau dans une métropole et sa région: la région parisienne	1 - 5

Le problème de l'eau dans le bassin de la Loire

par

Yves BABONAUX

Maitre assistant
Institut de Géographie de Paris

L'inquiétude suscitée dans le monde, depuis quelques années, par la menace d'une pénurie d'eau généralisée a éveillé partout plus d'un écho alarmé. L'extension, à des régions humides de la zone tempérée naturellement bien pourvues, d'un problème longtemps circonscrit aux climats à forts déficits pluviométriques de saison végétative et au domaine de la riziculture bouleverse sous nos yeux de séculaires équilibres biologiques apparemment immuables. L'un des effets les plus spectaculaires de l'essor des civilisations industrielles modernes a été de révéler brusquement, dans l'appréciation de réserves hydrauliques qui semblaient inépuisables, des seuils critiques que ne sauraient franchir sans danger des prélèvements incontrôlés. Le bassin de la Loire n'a pas échappé, dans les soubresauts d'une conjoncture entièrement nouvelle, à ce risque. D'éminents spécialistes, techniciens, ingénieurs agronomes et hydrauliciens des Eaux et Forêts, du Génie rural, des Ponts et Chaussées, dénoncent des erreurs, multiplient les mises en garde, en appellent à des solutions d'urgence. Le problème est d'importance. Intéressant 125.000 kilomètres carrés, 12,5 millions d'hectares, près du quart de la superficie du territoire français, il prend, dans l'optique d'une politique nationale concertée de l'eau, une place de premier plan et conditionne, dans celle d'un aménagement intégré, toute option régionale décisive.

Les ressources.- Sans faire figure, sur le plan hydraulique, de région particulièrement privilégiée, le bassin de la Loire appartient, dans son intégralité, à un domaine climatique dont les ressources ont toujours été considérées comme suffisantes pour couvrir ses besoins les plus divers. Eaux météoriques, fluviales, souterraines constituent un ensemble de réserves directement ou indirectement utilisables, mais partout substantielles.

Les précipitations assurent au sol et au sous-sol une alimentation régulière. Tourné vers l'Atlantique, dont il n'est jamais éloigné de plus de 450 kilomètres, le bassin de la Loire est en toutes saisons balayé par les vents humides dominants d'ouest; drainant, sur une large étendue, du Limousin au Vivarais, les hautes terres du Massif central, il bénéficie dans sa partie supérieure d'apports copieux. Souvent effleuré l'été, il est vrai, par les hautes pressions des Açores qui rejettent momentanément vers le nord la trajectoire des dépressions cycloniques océaniques, il n'en accuse pas moins des bilans pluviométriques moyens annuels et saisonniers économiquement satisfaisants. Limousin, Auvergne, Alpes mancelles même reçoivent annuellement plus de 800 mm; Berry, Sologne, Touraine, pays nantais, en dépit de positions plus déprimées, plus de 600 mm, encore. Les précipitations ne tombent à des valeurs inférieures à 600 mm. qu'en quelques îlots de relative sécheresse, Limagnes, basse vallée du Cher, nord du Poitou et de l'Anjou, Beauce, où elles se tiennent d'ailleurs généralement à plus de 550 mm. Le voisinage de l'Océan à l'ouest, la continentalité croissante du bassin vers l'est assurent à la saison végétative /avril-septembre/ des pluies presque partout supérieures à 300 mm., la moitié ou plus du total annuel: 312 mm. à Nantes /sur 785 mm., 40 %/, 344 mm. à Bourges /sur 672 mm., 51 %/, 394 mm. au Puy /sur 649 mm., 61 %/. A plusieurs centaines de kilomètres de distance, les précipitations de printemps et d'été se répartissent avec une

remarquable uniformité. Un tel climat combine les aptitudes culturales les plus diverses - céréales, plantes industrielles, vigne, légumes de plein champ, arbres fruitiers, cultures industrielles, prairie naturelle et artificielle - autorise les spéculations les plus riches: polyculture savante de Limagne, association blé-betterave sucrière de Beauce, fruits, légumes, porte-graines de Touraine et d'Anjou. Parfaitement adaptés aux assolements les plus complexes de cultures sèches, les pays de la Loire n'ont pas hésité non plus à s'orienter, dans les zones les plus humides, vers de fructueuses formes de spécialisation herbagère /hautes terres du Massif central, dépressions marneuses du Berry, brandes du Poitou, gâtines de Touraine, confins armoricains bocagers du Maine et de l'Anjou, Val de Loire, fonds de vallées/.

Les eaux fluviales offrent, par pompages directs, une autre source d'approvisionnement appréciée. De graves irrégularités de régime entravent leur pleine utilisation. Mais les cours d'eau du bassin ne sont pas tous capricieux. De tranquilles rivières de plaine, drainage sognot, Indre, réseau de la Maine, ne connaissent pratiquement pas de maigres. La Vienne roule des eaux souvent abondantes. La Loire elle-même peut faire face à de gros besoins. Avec un module moyen, calculé sur 70 ans /1880-1949/, de $840 \text{ m}^3/\text{s.}$, elle écoule à son embouchure presque autant d'eau que la Vistule / $950 \text{ m}^3/\text{s.}$ / ou le Rhin à Bâle / $1000 \text{ m}^3/\text{s.}$ /, davantage que la Seine ou l'Odra / $500 \text{ m}^3/\text{s.}$ /, la Garonne / $650 \text{ m}^3/\text{s.}$ / ou l'Elbe / $675 \text{ m}^3/\text{s.}$ /. Ses débits de crue dépassent couramment $2000 \text{ m}^3/\text{s.}$, atteignent accidentellement le chiffre énorme de plus de $5000 \text{ m}^3/\text{s.}$: 6355 en décembre 1910 à Montjean, dans le bassin inférieur, lors d'une crue exceptionnelle de type océanique pur; 9800, 8800 et 9800 en septembre 1846, juin 1956 et septembre 1866 au Bec d'Allier, dans le cours supérieur, lors de trois crues catastrophiques de type mixte méditerranéen et atlantique. Sans doute souffre-t-elle à la fin de l'été, de façon endémique, de graves indigences. Anémiée par la double ponction de l'évaporation et de la transpiration par les végétaux, elle voit alors son débit s'effondrer à des valeurs dérisoires: en étiage extrême, $48 \text{ m}^3/\text{s.}$ en août 1949 à Montjean, 12 en août 1949 à Gien, 5 en juillet 1870 à Orléans. Chaque été découvre, entre ses berges, d'innombrables grèves parmi lesquelles se cherche un chétif fillet. Mais la pénurie n'est jamais totale. Ses riverains ont toujours su s'accomoder d'une situation qui ne les a jamais pris au dépourvu. Une ville de la taille de Blois /40.000 habitants/ puise sans difficulté à même le fleuve les 10.000 mètres cubes d'eau nécessaires à sa consommation journalière. L'Electricité de France entreprenait sur ses rives, à Avoine /Indre-et-Loire/ et Saint-Laurent-des-Eaux /Loir-et-Cher/, après enquête concluante, la construction de deux centrales nucléaires qui dériveront, vers les circuits de refroidissement de leurs condenseurs, 43 et $50 \text{ m}^3/\text{s.}$.

Les nappes souterraines, fraîches, limpides, naturellement filtrées par les roches dans lesquelles elles cheminent, sont plus fréquemment recherchées. Alimentées par les pluies ou par les rivières, phréatiques ou artésiennes, alluviales ou karstiques, superficielles ou profondes, elles ont été partout largement exploitées. Elles représentent actuellement, dans l'approvisionnement de la région en eau, le principal apport. Des milliers de puits leur soutirent, en campagne, jusqu'à des profondeurs comprises entre 40 et 80 mètres /Beauce/, des volumes liquides impossibles à évaluer mais de toute évidence considérables. Les communes rurales en cours d'équipement y ont recours pour l'alimentation de leurs réseaux de distribution. Les villes y puisent abondamment; les grandes villes surtout, équipées depuis un siècle et de plus en plus insatiables /usages domestiques, services publics, cultures maraîchères, fruitières, florales/. Orléans prélève ainsi, pour les besoins d'une population de 90.000 habitants, un volume journalier moyen de 32.000 m^3 - 40.000 pendant les pointes d'été - ; Tours, pour une population de 100.000 habitants, 35.000 m^3 - 45.000 en pointe; Angers, pour une population de 150.000 habitants, 50.000 m^3 - 75.000 en pointe -; Encore mal connues, en dépit de recherches récentes, les nappes se sont jusqu'à présent relativement bien comportées, capables de répondre à une demande sans cesse accrue sans donner pour autant des signes d'épuisement. Dans tout le sud-ouest calcaire du bassin parisien, une intense circulation karstique les régénère constamment. Des mesures de débit d'étiage effectuées en Loire orléanaise entre Gien / $33 \text{ m}^3/\text{s.}$ / et Chaingy

/42 m³/s./, de part et d'autre des parties de Bouteille et de leur restitution au confluent du Loiret, révèlent, dans une section de cours pratiquement dépourvue d'apports de surface, d'invisibles sous-écoulements de l'ordre d'une dizaine de mètres cubes par seconde. Alors que d'autres régions françaises de climat humide apparemment pas plus mal placées qu'eux pour la reconstitution immédiate ou à court terme de leur potentiel hydraulique, subissaient gravement, en 1949, les perniciox effets d'une sécheresse estivale anormalement prolongée /Bretagne, Nord-Est, Sud-Ouest/, les pays de la Loire surmontaient sans dommage la redoutable épreuve. Rien ne laissait prévoir le retournement, en quelques années, d'une situation à priori favorable.

La menace.- L'aggravation subite des conditions d'alimentation des pays de la Loire en eau à des causes multiples qu'il convient de rechercher fondamentalement dans l'illusoire croyance d'un inépuisement des nappes et dans l'insouciant anarchie qui préside à leur exploitation. La faveur qui s'est toujours attachée à elles pour suppléer, à la terre, un dérèglement pluviométrique ou thermique saisonnier, dans les foyers domestiques les impropriétés des eaux de surface, a eu pour déplorable contre-partie un appel inconsidéré aux nappes. Les services des eaux des villes réalisaient les premiers, dans la poussée d'urbanisation des vingt dernières années, les dangers auxquels exposaient inmanquablement d'excessifs prélèvements. Trois cas caractéristiques retenaient vite l'attention. Des débouchages dus au dépressionnement et à l'accélération des courants souterrains crevaient, dans le maillage karstifié de l'Orléanais, le filtre naturel, livrant passage à des ablettes là où jadis de microscopiques bactéries étaient arrêtées, et obligeant la ville d'Orléans à adjoindre à sa station de relèvement un laboratoire d'analyses. Sully-sur-Loire et Gien assistaient inversement, par accumulation d'alluvions fines dans leurs sables aquifères, à un inquiétant phénomène de colmatage assez actif pour retarder la réalimentation de leur nappe. Le régime épuisant, enfin, auquel est soumise la nappe en Touraine provoquait à Tours, dans des conduits trop riches en oxygène, l'apparition, par fixation d'algues au manganèse, d'une "eau noire" peu goûtée des consommateurs. Chaque pompage nouveau d'une certaine envergure fait craindre, dans les réserves encore mobilisables, de fâcheux désordres auxquels l'homme serait présentement, en tout état de cause, hors d'état de remédier.

L'extraordinaire développement de l'irrigation par aspersion sur des terres de cultures traditionnellement sèches fait peser sur les nappes une menace infiniment plus lourde. De sa fortune précisément est parti le cri d'alarme. Inaugurée en Beauce sur une grande échelle en 1962, elle permettait d'élever brusquement à des niveaux records certains rendements, ceux de la betterave sucrière notamment, qui, entre deux campagnes, passaient de 25-30 à 50-60 tonnes à l'hectare /1961-1962/. Installée à grands frais mais vite rentabilisée, l'irrigation gagnait en deux ans de nouvelles terres. Partout l'on multiplie les prises. Rien que dans la Beauce du Loiret, par exemple, entre Orléans et Pithiviers, une cinquantaine de puits étaient en cours de forage en 1963. Des études récentes, basées sur le calcul de l'évapotranspiration potentielle, c'est-à-dire sur l'évaluation des pertes provoquées par évaporation au sol et transpiration des végétaux, et sur la mesure des quantités d'eau indispensables pour assurer aux cultures une alimentation hydrique optimale, compte tenu des réserves du sous-sol /"réserve facilement utilisable" des hydrauliciens/, montraient non seulement le bien-fondé des réalisations entreprises, raisonnées ou empiriques, mais aussi l'intérêt qu'il y aurait à encourager à long terme les irrigations par aspersion dans les autres secteurs du bassin ligérien à fort déficit pluviométrique. Or celui-ci /différence évapotranspiration potentielle - pluies/ n'est nulle part inférieur à 150 mm. De 150-200 mm. en Limousin, Bourbonnais et Nivernais, il passe à 200-250 mm. dans les plaines intérieures du Massif central /Limagnes et bassins de la haute Loire/, 250 mm. dans le cours moyen du fleuve /Berry, Orléanais/, plus de 250 mm. dans le Maine, pour atteindre 300 mm. dans le bas bassin, Touraine, Poitou septentrional, Anjou, pays nantais. Il résulte de ces valeurs que, pour une tranche moyenne de "réserve facilement utilisable" de 100 mm., l'irrigation semble

souhaitable, au moins sur les sols légers et pour les cultures à enracinement peu profond, de 4 à 6 années sur 10 en Limousin, de 5 à 6 en Bourbonnais et Nivernais, de 6 à 7 dans les bassins intérieurs du Massif central, de 6 à 8 en Berry, Orléanais et Maine, chaque année dans le bas bassin: une superficie de 5 millions d'hectares au total - dont 500.000 immédiatement aménageables - 40 % de la surface du bassin hydrographique, 58 % du périmètre agricole utile. C'est dire l'ampleur des besoins, l'effort qu'on attend des nappes. Un puits d'alimentation débitant de 80 à 100 m³ à l'heure, et un hectare irrigué absorbant au bas mot, chaque saison, 2500 m³ d'eau, l'aspersion intégrale du bassin de la Loire exigerait, sur la foi d'estimations des plus autorisées, un volume de 8 milliards de mètres cubes en année moyenne, 12 milliards en année sèche.

Encore ces données ne tiennent-elles aucun compte des besoins de l'industrie. A l'heure où la politique d'aménagement du territoire s'efforce de susciter vers la province certaines vocations industrielles, le bassin de la Loire ne voit pas sans appréhension l'éventualité d'implantations massives d'entreprises grosses consommatrices d'eau. Dès 1950, hydrauliciens et milieux d'affaires orléanais et nantais déploreraient qu'aucune politique d'ensemble n'ait été menée en vue d'apprécier les réserves du sous-sol ni de guider d'un pas sûr les options et localisations nouvelles. L'industrie, de son côté, hésite à s'engager sans un minimum de garanties. Agent de refroidissement, conducteur, solvant, l'eau est devenue pour elle, par la multiplicité de ses emplois, une véritable matière première dont elle peut de moins en moins s'affranchir. Facteur d'implantation majeur, voire décisif, elle conditionne dans une large mesure le succès de la décentralisation en cours.

Le danger d'une pénurie d'eau se double enfin, pour le bassin de la Loire, de tentatives de ponctions géographiquement marginales d'autant plus graves qu'elles déverseraient sans espoir de retour vers les bassins voisins d'importantes disponibilités. Si, l'évaporation mise à part, les eaux ligériennes utilisées sur place finissent toujours par regagner rivières ou nappes, il n'en va pas de même des prises effectives ou escomptées, dans le cours supérieur et moyen, de deux de ses plus redoutables clients, l'Electricité de France et Paris. Tirant parti, sur l'escarpe cévenole, d'une brusque dénivellation de plus de 600 mètres entre haute Loire et Ardèche, l'E.D.F. inaugurerait en 1954 à Montpezat un ambitieux programme d'équipement hydro-électrique qui, centré sur le captage des hauts bassins de la Loire et de l'Allier, besculerait vers le Rhône, entièrement exécuté, pour une production annuelle d'un milliard de kilowatts-heure, 1300 kilomètres carrés de bassin versant de la Loire et 950 millions de mètres cubes d'eau, 30 m³/s. en moyenne, l'équivalent du débit moyen du fleuve entre Orléans et Tours en été, 8 % de son débit annuel dans cette partie du cours. Exemple unique en Europe de détournement des eaux d'un bassin fluvial dans un autre, l'aménagement intégral de Montpezat représenterait pour la Loire une sévère saignée.

Les visées de Paris sur "les eaux fraîches et pures des vals de Loire" sont aussi directes. Ce sont même celles qui causent chez les riverains le plus d'émoi. Pour couvrir des besoins que les prévisions les plus raisonnables estiment, dans un avenir prochain, pour l'agglomération, à 4 ou 5 millions de mètres cubes par jour, Paris dériverait vers ses bassins, soutiré de la nappe alluviale entre La Charité et Châtillon-sur-Loire, de part et d'autre de Sancerre, un volume quotidien d'un million de mètres cubes, plus de 10 m³/s., le tiers du débit d'étiage du fleuve à Gien. Déclaré d'utilité publique en 1931, régulièrement renouvelé par la suite tous les cinq ans, le projet était vivement combattu par les instances locales et rejeté en 1957, sur pourvoi de la Chambre de Commerce d'Orléans, par le Conseil d'Etat. Mais l'affaire est beaucoup plus ancienne et loin d'être close. Dès 1834, la Ville de Paris, préoccupée de son alimentation en eau, prescrivait une enquête dans le bassin de la Loire. Trente ans plus tard, une société privée, élargissant le projet de captage par Paris à la desserte de la Beauce et du Gâtinais /canal de Beauce/, tablait sur un prélèvement journalier, dans le Val de Sancerre, de près de 900.000 mètres cubes. En 1900, Paris revenait à la charge, convoitant cette fois les eaux du Loiret, à raison de

432.000 mètres cubes par jour, 5 m³/s. L'apaisement de 1957 lui-même aura été de courte durée. Fortement inspirée par les édiles parisiens, une ordonnance ministérielle de 1959 confirmait le décret d'utilité publique de 1931, ranimait la controverse, engageait les parties intéressées dans une nouvelle procédure.

Les solutions.- Le problème de l'eau dans le bassin de la Loire a pris au cours des dernières années une trop grande acuité pour ne pas inciter ses populations à en conjurer rapidement les effets. Dans un cadre qui englobe, totalement ou partiellement, 27 départements, toute conception étriquée d'un semblant d'aménagement est désormais condamnée. C'est vers la recherche de formules de grand style qu'il convient maintenant de s'orienter. Les solutions négatives sont d'emblée rejetées. Devant l'ampleur des pompages aux fins d'irrigation, la question s'est posée de savoir s'il ne serait pas opportun d'en limiter, voire d'en stopper le rythme. La conjoncture actuelle a donné la réponse. Face aux lois de la concurrence, à l'irrégularité des marchés, aux impératifs du Marché Commun, l'agriculture ligérienne paraît incapable de trouver ailleurs que dans un large recours à l'irrigation la stabilité et la rentabilité nécessaires à son sain épanouissement. Les pays de la Loire peuvent appartenir à ces régions humides qu'un économiste définissait récemment comme "celles à l'intérieur desquelles les précipitations moyennes sont suffisantes pour permettre la pratique de diverses cultures à un niveau d'intensification convenable dans des conditions économiques acceptables", les sécheresses d'été auxquelles ils sont occasionnellement soumis leur nuisent considérablement. Les chutes de production par rapport aux années normales y atteignaient, en 1959, 30 % pour le lait, de 20 à 50 % pour les fruits, de 30 à 50 % pour les pommes de terre, de 30 à 60 % pour le maïs, de 50 à 70 % pour la betterave sucrière. "Maintenant commence à être largement reconnu, observent les auteurs du plan de développement économique et social de la région Centre, l'intérêt de l'irrigation de complément en zone humide, pour la triple raison qu'elle accroît sensiblement les rendements culturaux et donc le revenu net des exploitations, qu'elle est seule susceptible de contribuer efficacement à la régularisation des différentes productions et enfin que, de ce fait, elle facilite la commercialisation des produits et l'orientation des spéculations en fonction des débouchés". Les bienfaits de l'arrosage appréciés, "il n'est pas possible, écrivait en 1963 un technicien averti, d'en concevoir le rationnement".

L'antagonisme qui, dans une double querelle d'intérêts, oppose les pays de la Loire à l'E.D.F. et à Paris, n'est pas dans l'absolu plus constructif. Certes la décapitation du bassin de la Loire pour les besoins de Montpezat ferait planer sur le régime futur du fleuve plus d'une incertitude. Certes Paris n'a encore fait aucun effort sérieux pour tirer de son propre bassin, en dépit d'un projet avancé /projet Chabal/, ce qu'elle réclame sans scrupule à d'autres. Mais sur la Loire non plus rien n'a jamais été entrepris pour retenir des eaux qualifiées de vitales mais qui restent à l'état sauvage et continuent de se perdre dans l'Océan sans profit pour personne. Attitude négative et d'autant plus discutable a priori que l'E.D.F. comme Paris se sont toujours engagées à garantir au fleuve, en contre-partie des ponctions opérées, un débit minimum stable et, qui plus est, supérieur aux basses eaux minimales actuelles: l'E.D.F. par restitution, en période sèche, d'eaux accumulées en amont pendant les crues. Paris par prélèvement de réserves emmagasinées dans des bassins d'une capacité totale de 220 millions de mètres cubes /Villereest/.

C'est précisément sur ce principe fondamental d'une régularisation des débits que repose aujourd'hui le programme de mise en valeur intégrale du bassin. Dans une prise de conscience collective de leurs difficultés, de leurs faiblesses, de leurs possibilités aussi, les riverains confiaient en 1957 à un groupement de défense animé par les Chambres de Commerce, l'A.N.E.C.L.A. /Association Nationale pour l'Etude de la Communauté de la Loire et de ses Affluents/, le soin de "définir le cadre d'une gestion commune du potentiel hydrographique du bassin et les moyens de l'utiliser pour le développement économique et social des régions qu'il englobe". Sous l'impulsion de celle-ci, une société d'économie mixte, la S.E.M.E.C.L.A. /Société d'

Economie Mixte d'Etudes pour la Communauté de la Loire et de ses Affluents/ était chargée en 1962 d'en concrétiser techniquement et financièrement les intentions, par "l'étude non seulement des barrages d'emmagasinement susceptibles d'élever les étiages et d'écouler au moins les crues moyennes, mais encore de la répartition et de l'utilisation optimale des eaux en vue notamment de l'irrigation et de l'industrialisation ainsi que des adductions d'eau potable, de la production d'énergie et de la navigation". L'idée n'est pas nouvelle. Estimation des réserves, retenue des eaux de crue, amélioration des étiages, affectation des débits régularisés, tels apparaissent déjà, au siècle dernier, aux ingénieurs de la Loire, les seuls moyen de vaincre les fantasques écarts de régime du fleuve. D'une étude préliminaire il résulte que plus de 3 milliards de mètres cubes d'eau pourraient, dans des délais rapprochés, être tenus en réserve: 1600 millions en amont du Bec d'Allier sur la Loire supérieure et l'Allier, 240 millions sur le Cher et l'Indre, 1065 millions sur le bassin de la Vienne, 410 millions sur celui de la Maine. Une première tranche de travaux, portant sur la construction de 37 barrages-réservoirs sur le haut bassin, en Auvergne et en Limousin, et de barrages escamotables sur le cours moyen de la Loire sujet aux grandes crues, permettrait l'emmagasinement de 1900 millions de mètres cubes et l'irrigation de près de 500.000 hectares, tout en maintenant des débits minima quatre ou cinq fois supérieurs aux étiages actuels: Cien, par exemple, bénéficierait, de juin à octobre, d'un débit permanent de $140 \text{ m}^3/\text{s}$. au lieu de 30. Des travaux ultérieurs équiperaient les sites de barrages encore non pourvus, étendraient les irrigations aux terres moins prédisposées, associeraient à la domestication des eaux l'ouverture, de part en part de la France, d'une grande voie navigable ouest-est basse-Loire-Rhin. L'ensemble des opérations serait confié à un maître d'oeuvre qui pourrait être une "Compagnie de la Loire" issue de la S.E.M.E.C.L.A. et auquel serait concédée sous contrôle la disposition totale de l'eau sur l'ensemble du périmètre asservi; leur financement, assuré par emprunts à long terme garantis par l'Etat.

Constamment remis par un siècle d'abondance et d'insouciance, l'aménagement hydraulique du bassin de la Loire ne semble plus capable d'être longtemps différé. La sensibilité de l'économie régionale aux disponibilités en eau impose des solutions majeures. Juridiquement abandonnée à la propriété privée, mais économiquement vitale et pratiquement menacée d'épuisement, l'eau est devenue une denrée trop rare pour être laissée à la discrétion de chacun. "Res nullius jusqu'ici, écrivait ces mois derniers l'auteur d'une pertinente défense d'une France de l'Ouest, elle doit être considérée désormais comme un bien collectif, protégée en conséquence, et répartie dans l'intérêt général". Facteur de progrès technique, économique, social, elle peut légitimement apparaître, selon le mot de l'A.N.E.C.L.A., comme le "pivot" de la réorganisation de demain de la région; Toute velléité d'expansion est aujourd'hui liée, dans les pays de Loire, à l'urgence de sa réglementation.

A Loire-medence vízkészlet-problémája

Yves BABONAUX

Napjainkban a vízigények kielégítése nemcsak az arid övezetekben és a rizskultúrák vidékén, hanem helyenként a mérsékelt égöv csapadékosabb területein is komoly problémát jelent. Ez a helyzet Franciaország több táján, közte a 125.000 km² kiterjedésű Loire-medencében is.

A Loire-medencében a csapadék mennyisége és időbeli eloszlása nem mondható kedvezőtlennek. A vízfolyások zömének a vízjárása azonban szélsőséges; gyakoriak a nyárvégi rendkívüli kisvizek. A felszínalatti vizek - a széles körben való hasznosítás ellenére - mind mennyiségi, mind minőségi szempontból kielégítik az igényeket.

A vízhasználatok fejlődése a jövőt illetően viszont már aggodalomra ad okot. A felszínalatti vizeknél lokálisan már is jelentkeztek káros következmények; az esőszerű öntözésnek a legutóbbi időkben való, és még inkább a várható térhódítása, továbbá Párizs vízellátása a Loire-menti alluviális rétegekből nagyobb területeken veszélyes lehet. A Loire felszíni vízkészletét pedig az Electricité de France 1954-ben elkezdett vízerőhasznosítási programjának a végrehajtása csökkenteni érzékenyen, a Rhone felé történő átvezetéssel.

A Loire-medence jogos érdekeinek védelme és lehetőségeinek gazdaságos kihasználása érdekében behatóan vizsgálják az árvizek csökkentésének és a vizek több-célú hasznosításának lehetőségeit. A vizsgálatok alapján tározóépítési programot dolgoztak ki. Ennek hatalmas méreteire jellemző, hogy mintegy 3 milliárd m³-re becsülik azt a tározótérfogatot, amelyet már a közeljövőben kívánatos lenne kiépíteni.

Rapport annexe à l'exposé du Professeur Y. Babonaux

par

Béla CSERMÁK

Chef de section
à l'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques

L'excellent exposé du Professeur Babonaux évoque spontanément dans un hydraulicien hongrois l'idée de faire une comparaison avec la situation de la Hongrie, avec l'état actuel et avec les projets de ce pays.

L'exposé cite au premier abord la superficie du terrain considéré. Le bassin de la Loire compte quelques 125 mille kilomètres carrés soit une surface réceptrice supérieure à la superficie totale de notre pays. Ajoutons que le bassin versant de la Loire se trouve entièrement entre les frontières de la France, tandis que chez nous tous les fleuves d'une certaine importance, arrivent des cinq pays voisins de la Hongrie. Voici que les problèmes de l'eau du bassin de la Loire peuvent être résolus sur l'échelle nationale. Quant à nous autres, nous sommes obligés à mener des pourparlers internationaux avec nos voisins pour établir sur la base de conventions bilatérales, même multilatérales les plans communs et pour assurer leur réalisation en collaboration.

Les précipitations annuelles et celles de la saison de culture sont dans le bassin versant de la Loire, supérieures à celles de notre pays. L'évapotranspiration potentielle dépasse au moins de 150 mm la précipitation. La quantité des précipitations tombées en Hongrie et leur répartition n'influencent que d'une manière insignifiante les débits disponibles des cours d'eau du pays, vu que la majeure partie de leurs eaux, environ 96 % de leur apport total, est d'origine d'autres pays du Bassin Danubien. Mais en ce qui concerne les eaux phréatiques et les eaux karstiques, de même qu'au point de vue de l'agriculture ces eaux sont d'un certain intérêt /en vue d'accroître la production agricole et de diminuer leur fluctuation l'augmentation progressive des terrains irrigués s'impose/.

Les variations des débits tant des cours d'eau du bassin de la Loire que de ceux de la Hongrie sont également excessifs /à l'exception des secteurs de plaine des cours d'eau du bassin de la Loire et du Danube et de la Drave en ce qui concerne la Hongrie/. Citons par exemple la Tisza, rivière la plus importante au point de vue de l'irrigation: elle quitte la Hongrie à Szeged où son module de débit est de 810 m³/s pour un bassin versant de 140 mille kilomètres carrés, - ici son module réduit et les débits extrêmes d'étiage et de crue étant respectivement de 95 m³/s et de 4700 m³/s même, ce qui correspond à un rapport des extrêmes instantanés de 50. /Notons que pour les plus petits cours d'eau ledit rapport atteint de valeurs encore plus grandes./

Passant au problème de l'utilisation des eaux, M. le professeur Babonaux estime que dans le Bassin de la Loire tant les réserves superficielles que souterraines satisfont en général les demandes actuelles. Ce n'est que rarement est d'une manière locale que la situation devient inquiétante. Cependant pour couvrir les exigences futures s'impose la question de l'emmagasinement accru des eaux à l'aide de réservoirs.

Parlant de mon pays, même la situation actuelle n'est pas si favorable à moins que

- l'on ne considère pas la répartition spatiale des réserves et des besoins en eau en tenant compte des données cumulées relatives au pays entier, et que
- l'on néglige les débits minima en ne prenant en considération que

ceux qui dépassent en moyenne d'une fréquence de 80 %, c'est-à-dire si l'on admet qu'au moment de l'étiage les besoins ne peuvent être satisfaits, les réserves en eau de surface disponibles par exemple, au mois d'août sont de l'ordre de 956 m³/s tandis que les besoins ont atteint 161 m³/s en 1962, le degré d'utilisation des réserves étant ainsi de 17 %. Quant aux eaux souterraines, on extrait actuellement 32 m³/s des 208 m³/s théoriquement disponible, l'utilisation étant ainsi de l'ordre de 16 %.

Si, par contre, on examine le bilan d'eau des zones et des bassins particuliers /soit sous l'aspect de la réalité / on doit constater que les réserves des régions importantes du pays ne couvrent que les besoins actuels, même elles sont incapables de satisfaire aux besoins. On ne dispose de réserves importantes qu'aux bords du Danube et de la Drave.

Jusqu'à 1980 les besoins en eaux superficielles s'élèvent à 813 m³/s, ceux en eaux souterraines à 80 m³/s. En tenant compte des réserves d'eau disponibles actuellement, la moyenne générale du degré d'utilisation atteindrait donc au mois d'août, respectivement de 80 % et de 40 % - ce qui est pratiquement impossible.

Voici la raison de la nécessité de l'aménagement des eaux des régions étendues. En effet, nous voudrions mettre en jeu toutes nos possibilités restreintes et espérons de réaliser des réservoirs d'eau ayant de 700 millions m³ de volume utile dont 600 millions dans le bassin de la Tisza et les restes dans de différents pdnts du pays.

En ce qui concerne la protection contre les crues, il y a une différence sensible entre la situation du bassin de la Loire et celle de notre pays. Vu les conditions géographique du pays et le système des degrés de protection existant, on ne peut penser à la construction des réservoirs de crue que pour quelques cours d'eau secondaires. Notons, que les travaux de protection contre les inondations de notre pays accompagnés de la régulation générale des rivières - achevés, il y a plusieurs dizaines d'années - se rangent parmi les plus importants en Europe. Voici quelques données concernant les superficies protégées contre l'inondation de quelques pays:

Hongrie, en total	2,3 millions ha		
Hongrie: vallée de la Tisza	1,6	"	"
Pays Bas, en total	1,6	"	"
Italie: vallée du Po	0,7	"	"
France: vallée de la Loire	0,1	"	"

Pour terminer, qu'il me soit permis de dire, combien j'étais honoré de pouvoir participer à ce colloque franco-hongrois bien riche en enseignements. Grâce à lui j'ai appris plusieurs principes et méthodes, de même que les conditions naturelles et la situation spéciales des deux pays. Je suis persuadé de ce que ces connaissances contribueront beaucoup à la solution de nos problèmes concrets.

Les possibilités de l'irrigation à grande culture
à partir des eaux souterraines et des nappes à peu profondeur
de la Grande Plaine Hongroise

par

János URBANCSEK

Chef de département de l'Entreprise Nationale
pour les Recherches Hydrologiques et de Forages

Les dispositions de température de la Grande Plaine Hongroise et plus spécialement ses conditions de précipitation nous orientent vers l'exploitation de l'agriculture et de maraîchage irrigués permettant l'augmentation de la production des plantes de culture où les eaux superficielles ou les nappes souterraines offrent les conditions nécessaires. L'assurance d'une irrigation efficace est la prémisses indispensable d'une grande culture maraîchère, c'est bien certain; mais de récentes expériences nous ont fourni la preuve, que l'irrigation de certaines plantes est également économique même en se servant des nappes souterraines. L'irrigation à tableau à partir des eaux superficielles est assez limitée chez nous, étant donné la disposition spatiale des fleuves, des canaux, des étangs et des réservoirs d'eau. Par conséquent, il y a plusieurs décennies déjà, qu'on avait recours à l'irrigation à partir des nappes souterraines où l'on n'avait pas d'autre source d'eau; notons qu'au début cette irrigation se faisait surtout en petite culture. Les cultivateurs de la contrée de Szentés, Hódmezővásárhely, Nagykőrös, Makó, Gyula et de Csánytelek utilisaient aux fins d'une irrigation à système bulgare non seulement les eaux des puits simples à nappe souterraine, mais on y a foré des puits artésiens négatifs à peu profondeur /les soidisant "puits à tube"/ et des puits artésiens positifs l'eau jaillissante dont les eaux alimentaient les système d'irrigation.

Les eaux souterraines et les nappes à peu profondeur servaient dans ces années-ci de plus en plus largement les buts d'irrigation. Notons qu'au cours des efforts dans ce domaine, on a tenté l'exploitation des eaux souterraines aux régions où les dispositions géologiques ne le permettent pas causant ainsi de nombreuses investigations inutiles. Voici la raison que nous jugeons utile d'élargir les investigations faites jusqu'ici surtout dans le domaine de l'hydrogéologie.

Les possibilités de l'irrigation à partir des nappes et surtout des eaux phréatiques furent relevé sur la bas scientifiques par Sümeghy. Les investigations de ce dernier furent reprises par Rónai dont le travail est d'une valeur fondamentale non seulement concernant les eaux de filtration, mais aussi relatif aux nappes d'eau. En effet, nous devons à Rónai d'importantes constatations quant à la corrélation entre les eaux souterrains et entre des différentes nappes. Leur activité est en contact étroit avec les recherches pratiques des années passées menées par les spécialistes de l'Institut d'Etat de Géologie et de l'Institut de Recherches Scientifiques de Régime des Eaux. Soulignons les résultats de recherche de valeur de MM. Láng, Major, Ozorai, Simon et Ubell.

Avant de traiter les possibilités hydrogéologiques de l'exploitation des eaux profondes aux fins d'irrigation, il convient de rapeller un fait bien important: l'exploitation des eaux souterraines, à peu profondeur ne concerne exclusivement les eaux phréatiques de la première nappe, mais elle touche aussi les nappes d'eaux accumulées entre les dépôts de sables gros ou des alluvions encore plus grosses se trouvant jusqu'à la profondeur de 50 mètres dont l'exploitation est bien économique. Cette note est nécessaire de deux raisons. Certains spécialistes entend sous la no-

tion: exploitation par puits à tube l'utilisation des eaux de la première nappe souterraine séparant ainsi nettement les différentes nappes phréatiques les unes des autres même dans le cas où les nappes d'eau mentionnées présentent une corrélation la plus étroite. D'autre part, une conséquence évidente découle de ce qui vient d'être mentionné et c'est que l'on ne peut, ou bien difficilement, distinguer et délimiter les différentes sortes d'eau citées dans les zones des cônes de déjection où l'exploitation des eaux à profondeur restreinte est surtout possible. Dans le dépôt à granulométrie grosse des cônes de déjection, on ne peut trouver de telles couches imperméables qui pourraient séparer en étendue importante les couches perméables mentionnées. Les dépôts fluviaux, étant donné leur caractère de sédimentation, ne sont pas nettement séparés l'une des autres, mais les différentes formations forment des transitions de l'une à l'autre. Les dépôts à granulométrie grosse des lits fluviaux anciens, les sédiments sableux des zones d'inondation et les dépôts fins lacustres présentent de différentes liaisons. Rappelons les dépôts à granulométrie grosse des cônes de déjection où la liaison des eaux à grande profondeur peut être bien compliquée et par conséquent, l'approvisionnement peut arriver de toute direction.

Suivant notre opinion, la séparation des eaux de la première nappe souterraine des autres nappes souterraines des cônes de déjection est pour ainsi dire impossible.

Une autre disposition des sédiments se présente les intérieurs des bassins, où grâce à une sédimentation plus calme, les roches d'eau voisines à la surface à granulométrie fine se séparent par l'intermédiaire des dépôts étendus imperméables des couches sableuses grosses plus profondes. Mais les dépôts sableux supérieurs accumulant les soidisant eaux de filtration reçoivent un approvisionnement d'eau réduits dont le débit ne permet pas l'irrigation à grande culture.

En ce qui concerne la possibilité d'une irrigation à partir des puits à tube de peu de profondeur, c'est la granulométrie et la structure de grains de la roche à eau et la possibilité d'approvisionnement en eau qui en sont les conditions indispensables. Ajoutons encore le problème de la qualité des eaux dont l'influence est décisive sur l'efficacité de l'irrigation vu qu'elle peut amener une modification de la composition du sol désastreuse. Quant à ce dernier problème, soit la composition et l'analyse des eaux, nous ne nous en occuperons. Nous nous limiterons à l'exposé des possibilités quantitatives de l'exploitation des eaux.

Les recherches hydrogéologiques menées jusqu'ici et les dispositions de technologie de forage des puits permettent une conclusion concrète comme suit. L'irrigation à grande culture /soit de plusieurs centaines d'arpents cadastriels/ est possible surtout aux bords de la Grande Plaine et dans le Bassin du Danube où les dépôts gros sableux et graveleux des cônes de déjection renferment des eaux en quantités abondantes même dans la profondeur inférieure à 50 m. Le débit spécifique des puits à tube forés dans ces couches est de 100-500 et de 1000 litres/min/m. Notons que quelques régions - comme par exemple les cônes de déjection de la Sajó et le bas-fond de Bereg-Szatmár - donnent un débit spécifique d'eau plus important encore. Donc, les régions énumérées s'offrent en premier lieu à la grande culture d'irrigation.

Dans les suivants, nous nous proposons l'examen des dispositions générales hydrogéologiques de ces mêmes régions.

Nous venons de souligner le fait, que les eaux nécessaires à l'irrigation des grandes cultures ne sont disponibles que dans les dépôts gros des cônes de déjection. Une carte dressée spécialement à ce but, représente la proportion des dépôts gros sableux et graveleux dans les intervalles de profondeur de 50 mètres pour les différentes localités. Et cela non seulement dans les masses de sédimentation jeunes, mais aussi dans l'épaisseur entière des sédiments du pléistocène. /Carte No 1/. Les contours du plus grand cône de déjection: de la fosse structurale danubienne se présentent bien avec les dépôts gros de différentes profondeurs dont les mieux étudiés sont les apports sableux et graveleux des terrasses II/b et II/a

suyvant les examens de Pécsi - ces derniers étant les couches à l'eau de l'irrigation à puits de tube de la Kiskunság et du bassin du Danube. Quant aux dépôts gros périphériques, ceux des cônes de déjection septentrionaux de Galga, Zagyva, Nagy-patak, Tarna, Eger, Kánya, Sajó et de Hernád; ceux du nord-est de Ondava, Tapoly, Laborc, Ung, Latorca, Borsava, Tisza et de Szamos; et finalement vers l'est ceux de Berettyó, Sebes-Körös et de Maros.

La proportion en pourcentage des sédiments plus âgés et enfoncés du pléistocène est importante au point de vue de l'implantation et de disposition des puits artésiens dont la synthèse géologique ne sera pas traitée cette fois-ci.

Au cours du quartenaire, de nombreux sédiments à granulométrie grosse se sont déposés et cela surtout dans le pléistocène inférieur. Des dépôts sableux et graveleux à granulométrie analogue, ou encore plus grosse sont connus au pléistocène supérieur également. Ces derniers, soit des dépôts würmiens se trouvant à des profondeurs réduites sont de bonnes couches à l'eau et leur nappes s'offrent surtout à l'irrigation. /Carte No 2/.

L'exploitation des eaux des dépôts de gravier würmiens est la plus générale dans les zones de la fosse structurale danubienne et dans la vallée du Danube. Pendant la glaciation rissienne le Paléo-Danube - comme pendant le quartenaire toujours - a déposé ses apports dans une ligne structurale préalablement formée soit la ligne de Budapest - Kecskemét - Kiskunfélegyháza.- Szeged. Il a construit son cône de déjection correspondant à la terrass No III vers le sud-est. Mais l'interglaciaire de riss-würmien a connu un changement considérable. Grâce aux enfoncements de bordure de Dunavecse et de Kalocsa, de nouvelles bases d'érosion se sont formées attirant successivement le Paléo-Danube.

A la première moitié du würmien et au temps de l'évolution de la terrasse II/b, le Danube déposait ses apports toujours dans la fosse structurale préalablement creusée. Mais le renouvellement de l'enfoncement des contrées de Kalocsa et de Tab amène le Foncement, puis le remblaiement de la vallée du Danube.

Après le décrochement de lèvres intervenu au plein milieu du würmien, le Danube avait quitté son lit précédent pour se diriger de Budapest vers la ville de Kalocsa formant sa vallée actuelle. Les fausses branches du sud-est, elles aussi ont transporté quelques apports, mais la majeure partie des apports graveleux fut déposée dans la vallée du Danube actuelle. C'est cette terrasse No II/a est le plus grand versant de la Grande Plaine, qui s'offre en premier lieu à l'irrigation par l'intermédiaire des puits à tube. Notons, que la terrasse de gravier II/b sédimentée dans les zones de la dorsale fournit également un approvisionnement en eau abondant. Ce sont ces régions qui se prêtent surtout aux installations de l'irrigation à l'agriculture et de maraîchier; la vallée du Danube s'en offre dans toute sa largeur. Mais, quant au terrain de la dorsale, il se prête à ce même but seulement là où les anciennes branches danubiennes s'avancent sur les terrains de la Kiskunság.

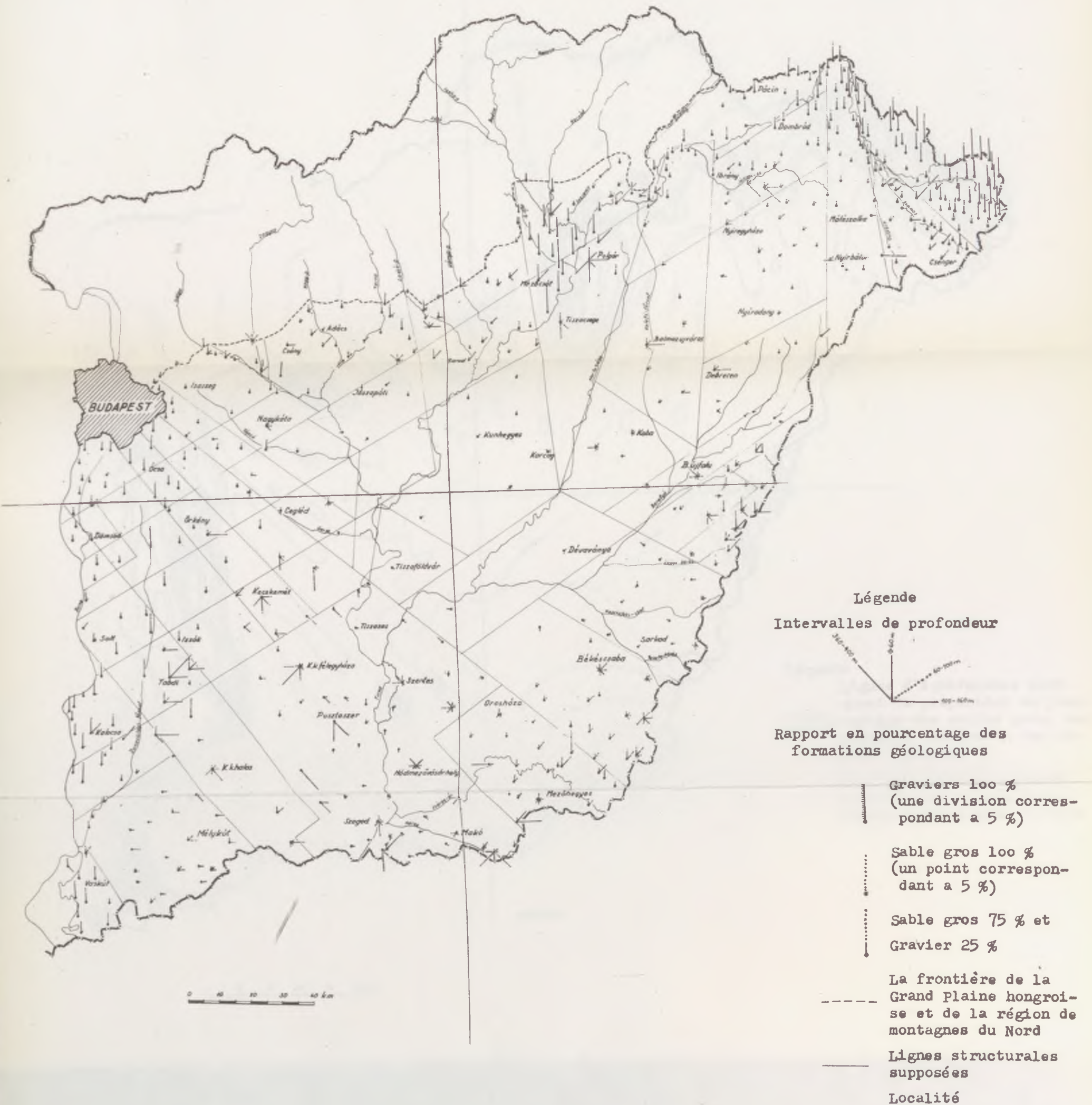
Au cours du quartenaire, des déplacements de l'écorce terrestre similaires se sont produits dans les avances du Massif Central du Nord également. L'enfoncement de la Jászság et de Heves a attiré les fleuves du Massif Central en réalisant des cônes de déjection séparés dont les plus importants sont ceux de la Sajó et de la Hernád. En effet, dans ces derniers la proportion des dépôts sableux et graveleux, les plus jeunes ayant une épaisseur de 50 m au-dessous de la surface, est de 40 à 70 %. Le débit des puits à tube y forés est égal à 800-1200 litres/min/m. Les cônes de déjection de la Galga, Zagyva, Nagy-patak, Tarna, Laskó, Eger et de la Kánya occupent une superficie moins grande et leur compositions présente une proportion des dépôts à granulométrie grosse de 10 à 30 % seulement. Quant au débit spécifique des puits, il y est de 100 à 300 litres/min/m.

Le Sud de la Bodrogeköz, la Rétköz et le bas-fond de Bereg-Szatmár se prêtent également à l'irrigation à partir des eaux des nappes peu profondes. Ces trois zones de subsidence furent remblayées par les fleuves des Carpathes du Nord-Est dont les apports graveleux délimitent du Nord et de l'Est la Nyírség. Le débit spécifique des puits de la Grande Plaine est le plus grand sur ce territoire, vu

Carte No 1

LA REPARTITION EN POURCENTAGE DES GRAVIERS ET DES SABLES A GRANULOMETRIE GROSSE DE LA GRANDE PLAINE HONGROISE JUSQU'A LA PROFONDEUR DE 400 m

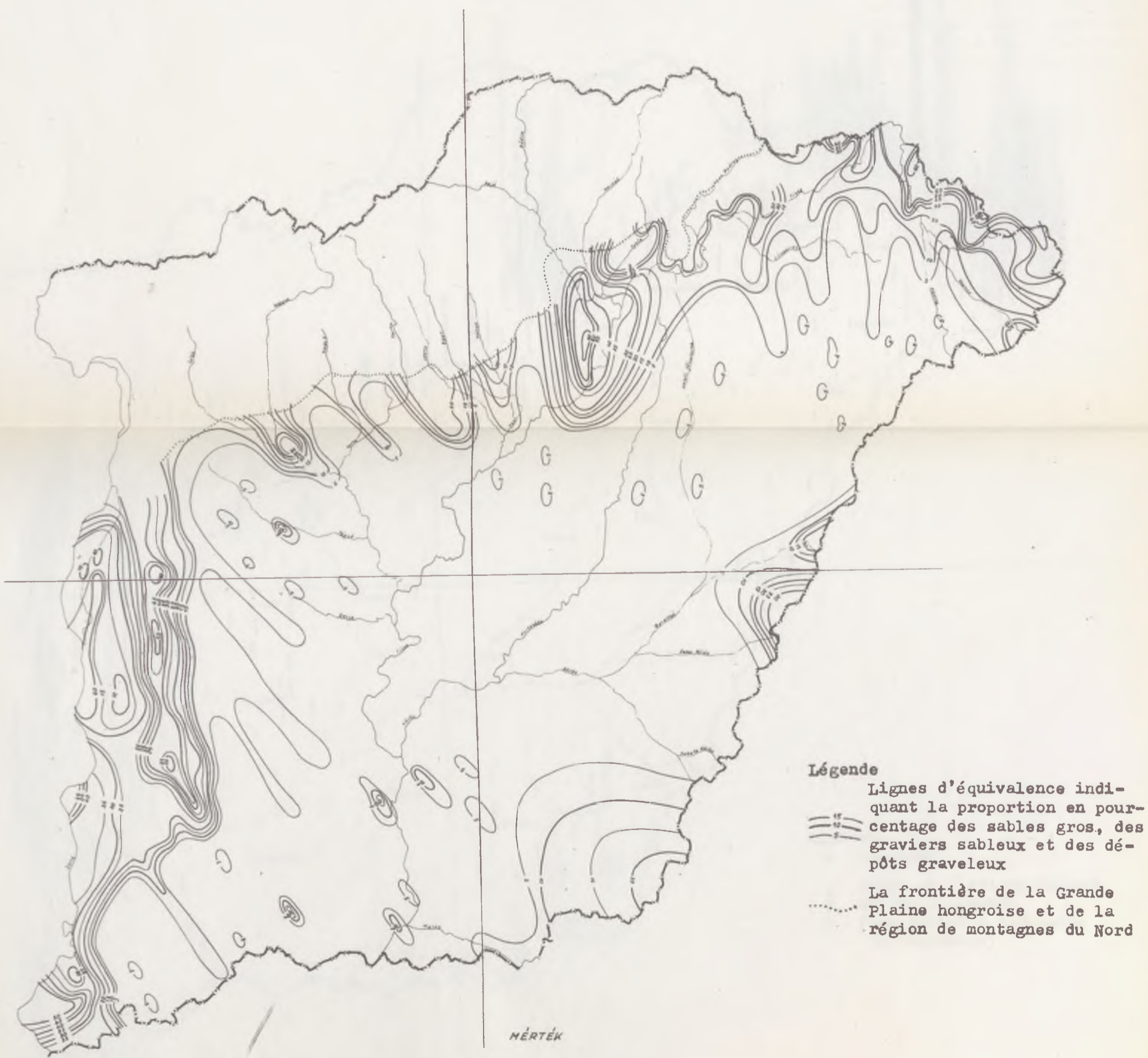
par J. Urbancsek



Carte No 2

LA PROPORTION EN POURCENTAGE DES SABLES GROS, DES GRAVIERS SABLEUX GROS ET DES DEPOTS GRAVELEUX DE LA GRANDE PLAINE HONGROISE JUSQU'A LA PROFONDEUR DE 0-50 METRES

par J. Urbancsek



Légende

- Lignes d'équivalence indiquant la proportion en pourcentage des sables gros, des graviers sableux et des dépôts graveleux
- La frontière de la Grande Plaine hongroise et de la région de montagnes du Nord

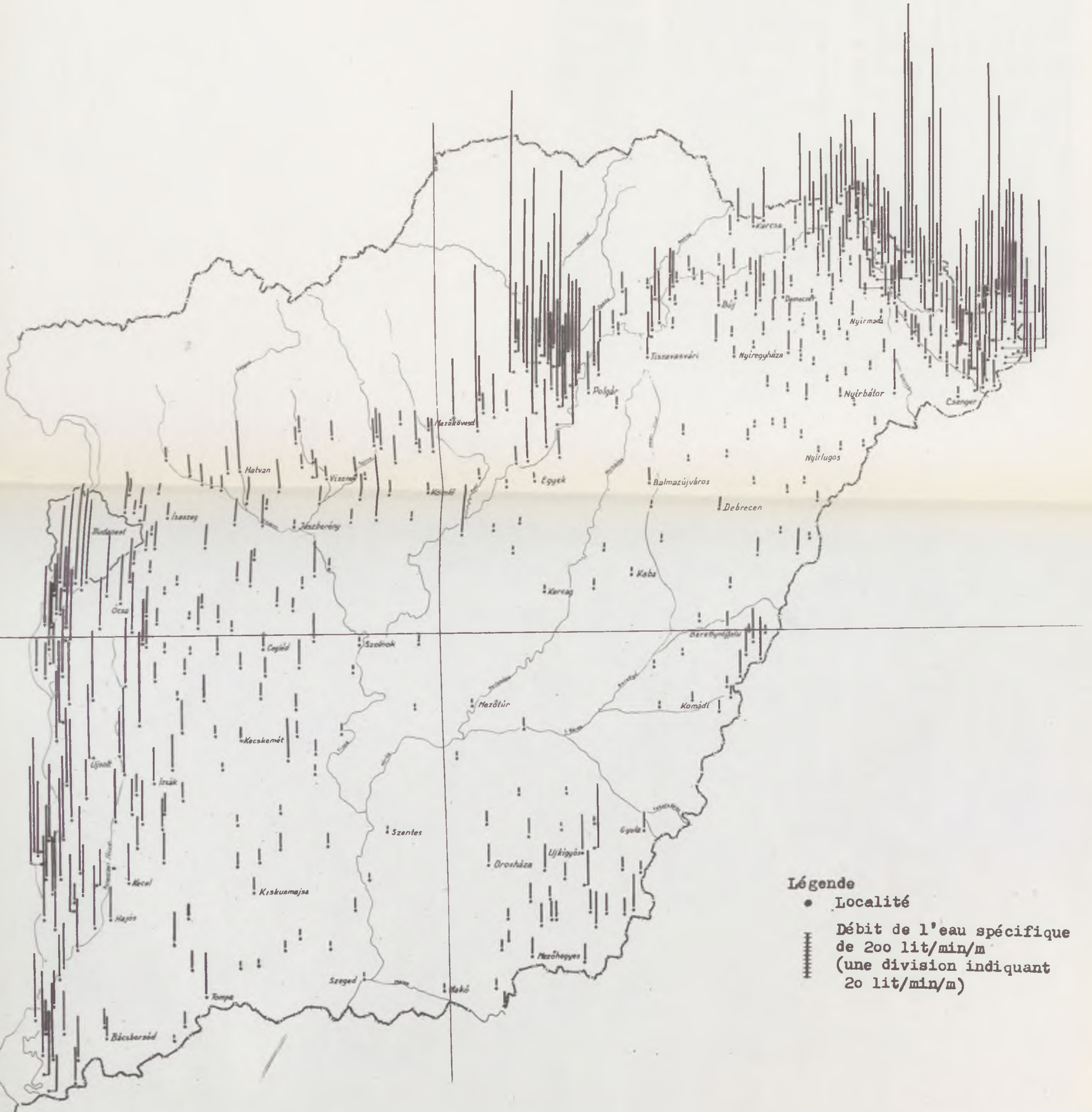
0 10 20 30 40 50 km

MÉRTÉK

Carte No 3

LE DEBIT DE L'EAU SPECIFIQUE DES PUIITS A TUBE A PROFON-
DEUR DE 10-50 METRES DE LA GRANDE PLAINE HONGROISE

par J. Urbancsek



Légende

- Localité
- ▤ Débit de l'eau spécifique de 200 lit/min/m (une division indiquant 20 lit/min/m)

0 10 20 30 40 50 km

qu'un mètre de descente du niveau d'eau permet d'atteindre la valeur de 1500 lit/min débit sur le terrain des lits des fleuves anciens.

La Nyírség a reçu les apports de ces mêmes fleuves, mais cette région a peine reçu au cours du würmien de dépôt gros. Seul, quelques fleuves présentent dans leur remblaiement de lit des sables gros en proportion de 5 %. Ici, l'irrigation par l'intermédiaire des puits à tube n'est pas utile en général.

Le cône de déjection de la Sebes-Körös et de la Maros est le plus insignifiant tant au point de vue de son étendue qu'à celui de la proportion de pourcentage des dépôts de sable et de gravier. Le cône de déjection de la Sebes-Körös présente une proportion de 10 à 30 % des dépôts gros, tandis que l'autre cône de déjection n'a que de 10 à 20 % respectivement toujours dans la stratification supérieure ayant une épaisseur de 50 m. Par conséquent, le débit spécifique des puits y est également moins grand.

Tous ce qui vient d'être exposé permet de retenir les suivants: quant à l'irrigation à grande culture par l'intermédiaire des puits à tube, tels terrains s'en offrent où la proportion des dépôts de gravier et de sable à granulométrie grosse est égale ou bien dépasse la valeur de 10 %. Dans le cas où cette même valeur n'est que de l'ordre de 5 %, l'exploitation des eaux n'est économique et rentable que dans les zones des anciens lits fluviaux d'où l'approvisionnement est assuré. En ce qui concerne les autres régions de la Grande Plaine, l'irrigation à grande culture à partir des nappes peu profondes n'est possible qu'exceptionnellement notamment là, où la demande en eau réduite peut être satisfaite à l'aide des paires de puits ou par des groupes de puits.

Une carte spéciale /Carte No 3/ représente le débit spécifique des puits à tube de la Grande Plaine forés jusqu'à la profondeur de 50 mètres. Il convient de souligner encore, que les valeurs portées sur cette dernière carte représentent - non pas le débit spécifique d'un puits - mais bien la moyenne de débit de plusieurs puits se trouvant à la même profondeur considérée.

Les problèmes d'eau de l'agriculture
des dorsales sableuses de la Plaine Hongroise

par

László SIMON

Chef de département
de l'Institut de Géographie
de l'Académie des Sciences de Hongrie

Le problème de l'eau du Bassin de la Loire étant donné son ordre de grandeur et la variété complexe des solutions y projetées, - ne pourra être comparé qu'avec les projets de solution du système de bassin hongrois entier. Nos plans à longs termes /jusqu'à 1980/ envisagent la réalisation d'eau moins un système de barrage-réservoir énergétique du Danube et un autre pour la Tisza complétant l'escalier d'eau existant de Tiszalök et le système de canaux exploitant l'équipement de Tiszalök. Ces mêmes plans à long terme comportent en outre les plans de plusieurs réservoirs d'eau des régions de montagnes et de collines et la construction envisagée de plusieurs milliers de kilomètres de canal destinés à la conduction des eaux d'irrigation. Ces derniers canaux permettront d'élever les 300 000 ha à 1 200 000 ha de nos superficie irriguées.

Dans les suivants, je me propose de traiter un problème de détail du vaste programme mentionné. Ce détail ne se figurait dans le plan, il y a quelques années, mais les résultats de quelques géographes ont permis de trouver une solution grâce aux études scientifiques, où j'ai pris part également.

Le problème posé est le suivant: l'approvisionnement en eaux de l'agriculture des zones surélevées du relief de la Plaine Hongroise /soit de 120 à 170 m au-dessus du niveau de la mer/. Les zones surélevées représentent essentiellement deux paysages caractéristiques : deux dorsales sableuses qui sont : la dorsale sableuse se situant entre le Danube et la Tisza ayant une superficie de 8 000 kilomètres carrés et les terrains de 4 500 kilomètres carrés de Nyírség. Ces deux régions appartiennent au point de vue géotectonique aux parties mobiles de la Plaine Hongroise, et quant à l'aspect géomorphologique, elles constituent un système de cônes de déjection cohérent. Dans le levantain et au cours du pléistocène, accidentées en blocs, ces mêmes régions se sont enfoncées d'une manière différente, mais toujours considérablement ce qui explique que la stratification pléistocène atteint quelques fois entre le Danube et la Tisza l'épaisseur de 500 à 600 m, et cette même valeur étant à Nyírség égale à 300 - 350 m. Dans le pléistocène, les terrains enfoncés furent traversés par les fleuves importants du bassin des Carpathes déposant leur apport graveleux, sableux et vaseux. Entre le Danube et la Tisza c'est le Danube et ses affluents qui descendaient en sens NOu-SE et la Nyírség a permis le passage du NE à SOu, puis en direction N-S des paléo-fleuves de la Bodrog actuelle. Toutes les deux régions se sont élevées à la fin du pléistocène et dans l'holocène, et le Nyírség surtout aux points où l'enfoncement du pléistocène était le plus accentué.

Le réseau de rivières a quitté ces terrains grâce à l'exhaussement. Or, le débit des fleuves, cet approvisionnement en eaux le plus abondant et le moins cher, ne peut être exploité que d'une manière bien limitée et surtout aux périphéries de ces régions. Notons, que les sols formés sur des roches sableuses présentent une demande en eaux plus importante, comme c'est connu. Et ajoutons en plus, que les sables sont utilisables surtout par des cultures ayant une demande en eau accentuée, soit les vignobles, les vergers, les légumes, les pommes de terre et le

tabac. La région de dorsales sableuses se situant entre le Danube et la Tisza est actuellement le pays le plus important de la culture vinicole et maraîchère de la Hongrie. Tandis que la Nyírség, est la région la plus importante du pays de la culture des pommes, des tabacs et des pommes de terre. Ces deux régions considérées sont surpeuplées, ayant un superflus en main d'oeuvre agricole. Or, les dispositions naturelles et démographiques, de même que l'intérêt de l'économie populaire générale demande la réalisation d'une grande culture agricole interne. Les résultats d'essai de la production des plantes fourragères /lucernes/ sur un sol sableux irrigué suggèrent de faire des efforts sérieux pour le développement d'un élevage moderne intensif également.

La clef de tout problème et de toute solution est l'eau. Étant donné les conditions climatiques du pays, les spécialistes sont d'avis unanime que le plan de plantation des cultures de jardins /fruits, raisins, légumes/ devra être soumis aux possibilités des eaux d'irrigation.

Le problème trouvera certainement sa solution. Un point très important est le fait que les dernières vallées des fleuves et de leurs affluents quittant la région après l'exhaussement cité, ont laissé sur le terrain leur traces superficielles. Les sables transportés par le vent ont remblayé graduellement les vallées et les lits fluviaux où des creux plus ou moins grands se sont formés. Ces creux encadrés n'ayant pas d'écoulement devenaient remplis par les eaux de précipitation formant des étangs. Les dépôts argileux-vaseux calcaires ont rendu imperméable le fond des étangs en question. Au XIX^e siècle, poussé par le but de conquérir de nouveaux terrains cultivables, on a commencé le drainage de ces étangs à l'aide d'un système de canaux dont la longueur atteint de quelques milliers de kilomètre. Les nouveaux terrains agricoles reçus sont en partie de terres arables fertiles, mais une autre partie est seulement couverte de prairies et de pâturage sans valeur quelconque. Actuellement le système de canaux évacue par an une quantité d'eau inutilisable équivalant à une précipitation de 40 mm. Des vannes simples permettent de fermer les canaux et les bassins d'étang se voient être remplis à partir des eaux de fonte. Les eaux ainsi accumulées permettent leur dosage en été aux fins d'agriculture par l'intermédiaire de la canalisation existante. C'est ce système qui permet la mise en réserve de l'année en année une quantité d'eau assurant l'irrigation de 30 000 ha. de superficie. Les premiers réservoirs d'essai sont déjà réalisés dans la Nyírség qui assurent pour l'instant l'irrigation efficace des terrains de horticulture ayant une superficie égale à 1500 ha.

Une possibilité d'irrigation plus large est offerte par le caractère de cône de déjection de cette région. Les dépôts pléistocènes à épaisseur de 100 à 150 m des cônes de déjection constituent des réservoirs d'eau souterrains qui sont remarquables en Europe, qui renferment plusieurs milliards de m³ d'eau alimenté probablement à partir des bordures de bassin de la montagne. La nappe d'eau s'y trouvant est divisé en étages différents ayant de communication réciproque. Le niveau d'eau hydrostatique présente un intérêt sensible au point de vue de l'exploitation étant la fonction de l'interaction de la structure géologique et du relief superficiel. L'étude du problème a permis de découvrir quelques lois hydrogéologiques et d'enrichir et renouveler en partie les opinions scientifiques anciennes concernant l'hydrogéologie des deux régions en question.

L'exploitation efficace des eaux est essentiellement la fonction de la technologie appropriée de puits. Le débit économique de différents puits est défini toujours par le but cherché. Par exemple, l'irrigation des pommiers se fait efficacement à partir des puits ayant un débit d'eau de 200 litres/minute. Quant aux raisins et légumes, un débit de 300 à 400 litres par minute est nécessaire pour le succès. Mais la prairie ou le pâturage demande déjà un débit d'eau moins de 1 200 litres/min. pour l'irrigation efficace. Le mode d'irrigation ici est toujours l'irrigation par aspersion.

Bien entendu, les différentes dorsales se divisent suivant leur type hydrogéologique également. Les zones de bord où les dépôts gros se trouvent déjà en

peu profondeur /soit de 10 à 50 m/ sont les mieux favorisées. Ajoutons que les dépôts du pléistocène à granulométrie la plus grosse sont connus presque partout à cette région. Or, les quantités d'eau nécessaires aux cultures internes sont partout présentes. Sur la base des considérations de contrôle des eaux, on peut estimer que la nappe souterraine des deux dorsales sableuses considérées permet l'irrigation d'une superficie de 200 000 ha, soit la majeure partie des terrains envisagés à la culture maraîchère.

Le problème est voici sorti de la stade des études théoriques préliminaires et nous assistons à des essais pleins de promesses qui sont en train. Grâce aux résultats des expériences au cours, dans quelques années d'ici, on peut espérer que les systèmes d'irrigation ci-haut exposés seront généralement répondus dans les grandes entreprises agricoles des deux dorsales sableuse considérées.

Problèmes posés par la mise en place d'un réseau d'irrigation:
le cas du Bas Rhône-Languedoc

par

Jacques BETHÉMONT

Assistant à l'Université de Lyon

Il n'est pas d'investissement agricole plus rentable, dans les régions méditerranéennes de la France, que l'implantation de réseaux d'irrigation. Le passage de l'agriculture sèche à l'arrosage, permet d'élargir la gamme des spéculations agricoles et de tripler le revenu brut par hectare. Compte tenu de l'accroissement des charges, le profit net peut encore doubler. Pourtant, en dépit d'avantages économiques aussi évidents, en dépit de la sécurité liée à l'usage de l'eau dans un pays sec et malgré de grandes facilités naturelles, les superficies irriguées dans le Midi de la France sont restées longtemps relativement peu importantes et ne se sont accrues que très lentement: les eaux du Canal de Carpentras n'ont été entièrement utilisées que 90 ans après la mise en service de l'ouvrage. Quant au Canal de Pierrelatte, construit dans la première moitié du XIX^e siècle, il n'est encore utilisé qu'au dixième de sa capacité.

Une telle lenteur et une telle médiocrité de développement auraient dû décourager toute nouvelle création en la matière. Pourtant, il existe en France cinq grands périmètres en voie d'irrigation: la plaine d'Aléria en Corse, la Basse-Provence entre les plateaux du Verdon et l'Etang de Berre, les côtes de Gascogne, la plaine du Rhône à val de Lyon et la région du Bas Rhône-Languedoc correspondant à peu près à la zone d'extension du vignoble languedocien. L'ensemble représente plus d'un million d'hectares de terres et requiert des investissements considérables, dépassant le plus souvent une somme de 10.000 NF. par hectare équipé. Le financement est assuré pour l'essentiel par l'Etat, accessoirement par les collectivités locales. Travaillant dans l'intérêt collectif, ces promoteurs ne visent pas à une exploitation financière rentable mais restent tout de même soumis à certains impératifs de bonne gestion. En l'occurrence, ils souhaitent l'arrosage effectif de 60 à 80 % des surfaces dominées dans un délai n'excédant pas une quarantaine d'années après la mise en service des ouvrages.

Compte tenu des exemples cités plus haut, ces délais semblent d'autant plus brefs qu'ils impliquent la reconversion ou le remplacement des agriculteurs en place, moins d'une génération. C'est à une véritable mutation, bien plus qu'à une évolution que l'on incite ces sociétés paysannes, essentiellement stables par nature. En sont-elles capables? Quelles sont les méthodes les plus propres à faciliter leur reconversion? Les éléments permettant de répondre à cette double question sont encore difficiles à dégager en raison du faible avancement des travaux et projets sur la plupart des périmètres envisagés. C'est dans la région du Bas Rhône-Languedoc, partiellement arrosée depuis 1960, que nous avons tenté d'en faire une analyse. Cet essai est trop prématuré et trop superficiel pour que l'on puisse lui accorder la valeur d'un schéma de développement généralisable. Il apporte néanmoins quelques indications en ce sens.

Précisons qu'au stade définitif, l'irrigation du Bas Rhône-Languedoc concerne une surface dominée totale de 250.000 hectares située essentiellement dans la plaine littorale joignant le Rhône aux premiers contreforts des Pyrénées. Toute la partie orientale de cet ensemble est arrosée par les eaux du Rhône dérivées et élevées par pompage dans un canal principal dominant actuellement 100.000 hectares. Le système des canaux secondaires, alimentant un réseau de prises pour l'arrosage à l'

aspersion n'existe encore que sur quelques secteurs notamment sur la Costière de Nîmes où il intéresse 31.157 hectares dont 21.000 de terres arrosables, le reste comprenant 8058 hectares de vignobles et 3276 hectares de terrains non agricoles.

L'équipement de cette zone déjà importante, au niveau des exploitations a débuté en 1959. Depuis cette date, 19.000 hectares ont été desservis et l'ensemble de la Costière, objet de cette étude, sera totalement équipé dans un délai de quelques années. Il est intéressant de constater que sur cet ensemble, 6726 hectares ont été souscrits à l'irrigation en cinq années d'exercice. Si ce rythme se maintient, tout laisse à penser que la plus grande partie des terres arrosables sera irriguée dans un délai d'une trentaine d'années. Du seul point de vue technique, les chiffres déjà atteints constituent un incontestable succès. En fait, la grande majorité des agriculteurs disposant de terres libres de vigne a engagé quelques hectares à l'arrosage et compte accroître progressivement la proportion des terres irriguées: cet échelonnement permet aux nouveaux arrosants de compléter leur apprentissage des techniques de l'eau et de dégager progressivement les capitaux nécessaires à une mise en valeur plus intense.

Le développement ultérieur de l'entreprise semble donc assuré, ce qui est d'autant plus remarquable que les conditions d'action de la compagnie responsable de l'équipement étaient loin d'être toutes favorables.

I. Les données de base.- L'élément climatique est des plus favorables, les dates de maturation des fruits étant sensiblement identiques à celles que l'on observe en Camargue, soit une précocité de huit à quinze jours par rapport à la moyenne vallée du Rhône. Le déficit moyen annuel d'alimentation en eau des plantes, calculé au moyen de la formule de Thornthwaite est supérieur à 250 millimètres, et n'est guère inférieur à ceux que l'on observe en Camargue et dans le Rousillon.

Les altitudes moyennes varient de 60 à 90 mètres et les surfaces planes dominant, sans que la planitude générale soit telle que l'on puisse pratiquer l'arrosage à la raie sans nivellement. Cette uniformité apparente recouvre en fait des sols extrêmement variés, paléopodzols sur cailloutis ou sur sables, sols bruns de lehm parfois encroutés, sols bruns décarbonatés, sols hydromorphe; correspondant le plus souvent à des dépressions fermées. Ces sols réagissent différemment à l'arrosage et ont des vocations culturelles strictement définies. Cette variété est parfois sensible au niveau de la parcelle, constituant un gros obstacle à un usage simple et uniforme de l'eau.

Du point de vue économique, la Costière est un pays de vignoble, associé à l'olivier sur les sols les plus secs, au blé sur les plaques de lehm. A la veille de sa transformation, c'était surtout un pays en déclin, où les friches occupaient jusqu'à 75 % de certains territoires communaux. Quelques grands domaines de plus de 100 hectares écrasaient de leur masse une multitude de petites propriétés dépassant rarement 4 hectares, disséminés très largement sous forme de parcelles minuscules. Ce parcellaire anarchique constitue encore actuellement un sérieux handicap aux travaux d'aménagement.

Culture sèche par excellence, la vigne ne prédisposait nullement les agriculteurs de la Costière à l'usage de l'eau. Culture réglementée et assurée de ses débouchés commerciaux, elle était à l'origine d'un grand nombre de routines et figeait la vie et l'évolution économique de la région. Les choses ont quelque peu changé depuis la loi de 1963, autorisant l'arrosage des vignes en Costière. Les rendements moyens s'alignent maintenant sur les anciens rendements maxima et les vins sont moins acides dans les années sèches. Il y a là les éléments d'un certain renouvellement économique. Pourtant, l'inertie des intéressés est telle, que 492 hectares de vignobles seulement reçoivent de l'eau.

En définitive, le facteur économique et humain le plus favorable était d'ordre négatif. Les terres libres de vigne, mal cultivées ou en friches étaient en vente pour la plupart. L'imminence de leur mise en eau a provoqué une forte demande et un afflux d'immigrants, originaires d'Afrique du Nord ou venus du Comtat venaisin. Sans en exagérer l'importance, il convient de constater la carence au moins

relative de la paysannerie locale.

II. La Compagnie Nationale d'Aménagement et son action.- Un décret en date du 3 Février 1955 confie l'aménagement du périmètre irrigable à la Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc /C.N.A.B.R.L./. Cet organisme aurait pu limiter son intervention à l'équipement de sa concession et à la vente de l'eau. En fait, il a élargi considérablement les limites de sa compétence et entrepris une action de mise en valeur régionale à partir de l'irrigation. Pour parvenir à ses fins, la Compagnie coordonne l'action des divers services et organismes publics régionaux /Génie Rural, Services agricoles, Chambres de Commerce, etc/. Au besoin, elle se substitue à eux pour simplifier certaines procédures administratives ou exercer une action à la limite des compétences de plusieurs services distincts.

L'ensemble des démarches de la Compagnie procède d'une constatation simple: l'irrigation est nécessaire à la relance économique régionale. Pourtant, la création pure et simple d'un réseau d'arrosage n'entraînerait vraisemblablement pas la souscription d'un seul hectare à l'irrigation, faute d'un ensemble complexe de conditions favorables. Les structures agraires ne se prêtent pas souvent à l'irrigation, les futurs arrosants manquent d'expérience, la commercialisation de leurs produits exigera la mise en place de nouveaux circuits de vente, enfin et surtout toute transformation de l'agriculture requiert une masse considérable de capitaux. C'est à la solution de ces problèmes multiples que s'est attaquée la Compagnie.

L'action foncière de la Compagnie, entreprise dès 1959 avec la participation de la Société foncière Languedoc-Rousillon, facilitée par le droit de préemption de la Compagnie sur les terres en vente dans son périmètre d'action, vise à la création de domaines exploitables en irrigation par une unité de deux travailleurs permanents. Selon la vocation agricole des terres, ces domaines peuvent aller de six hectares en secteur maraîcher à trente hectare en secteur fourrager ou céréalier. La présence des vignes rend tout remembrement impossible /en fait, le village de Bouillargues a pu être remembré de façon à peu près satisfaisante/ et les unités d'exploitations ont été créées soit par regroupement de terres de complément autour d'exploitations existantes soit par créations de nouvelles exploitations opérées par démembrement de grands domaines ou regroupement de parcelles en rente. Ces créations ont amené la Compagnie à édifier sur les propriétés ainsi constituées des bâtiments d'habitation et d'exploitation agricole.

Pour pallier aux insuffisances techniques des nouveaux usagers de l'eau, la Compagnie a mis à leur disposition un centre d'expérimentation agricole. Un réseau relativement dense de conseillers techniques est à la disposition des exploitants. Le rôle de ces agents, dont chacun est responsable d'un secteur géographique défini, est considérable. Ils assurent la diffusion des connaissances techniques, mais font également office de démarcheurs auprès des paysans autochtones qu'ils convertissent progressivement à l'usage de l'eau. Leur travail est préparé par l'action d'un laboratoire d'analyse des sols, déterminant la nature des sols de chaque parcelle, leur vocation agricole et leur réaction à l'arrosage. Bien des erreurs d'orientation ont pu ainsi être évitées. Enfin, la Compagnie loue au prix d'amortissement tout le matériel d'arrosage dont des usagers peuvent avoir besoin, ce qui allège considérablement leurs charges d'équipement.

La commercialisation de la production agricole, actuelle ou à venir /on escompte une production fruitière et maraîchère de 400.000 à 500.000 tonnes en 1970/ est facilitée par la construction à Nîmes-Saint-Césaire d'un vaste marché-gare épaulé de centres de conditionnement, d'entrepôts frigorifiques et d'un abattoir. Simultanément, les agriculteurs-arrosants se regroupent en sociétés /SICA/ assurant sans intermédiaires la vente de leurs produits.

Enfin, la Société intervient auprès des Caisses de Crédit Agricole, pour faciliter les possibilités d'emprunts de ses adhérents. Dans les cas les plus favorables /expropriés à la suite de travaux d'intérêt collectif, repatriés d'Afrique du Nord/, ceux-ci peuvent emprunter à 3 % et pour trente ans, une somme cor-

respondant à 60 % de l'achat d'un domaine et des batiments d'exploitation attenants. Ils peuvent en outre emprunter les sommes correspondant à l'établissement de vergers ou nécessaires à l'achat du matériel d'exploitation.

Signalons enfin que la Compagnie cherche à assurer l'écoulement régulier d'une partie de la production agricole par l'implantation d'usines de conserves alimentaires. Qu'elle contribue à la relance de l'économie régionale en facilitant l'implantation d'usines d'engrais, de tuyauterie aux fins d'irrigation, de matériel d'arrosage. Elle contribue également à cette relance en associant les régions montagneuses voisines à son action /élevage, reboisement/, et en participant à l'aménagement touristique du littoral languedocien.

III. Resultats acquis et problèmes posés.- Dans le cadre de l'action ainsi définie, la Compagnie du Bas-Rhône-Languedoc a créé de toutes pièces 43 exploitations agricoles et en a remodelé 73. Ces exploitations, ainsi que nombre de propriétés autochtones /1718 souscripteurs d'eau au total/ ont déjà profondément modifié la physionomie de la Costière: L'eau sert à l'irrigation de 1783 hectares de vergers, 1600 hectares de cultures maraichères, 647 hectares de cultures fourragères, 171 hectares de pépinières. Contrairement aux prévisions initiales, elle n'est guère utilisée pour les cultures céréalières ou associées, soit 180 hectares en 1963 avec une diminution régulière d'année en année.

Cette prédominance des vergers et cultures maraichères souligne l'intensité de la mise en valeur, mais correspond également à de graves préoccupations de la part des exploitants. D'une part, seules ces cultures riches peuvent valoriser une eau qui est vendue assez cher en raison des faibles délais d'amortissement imposés à la Compagnie. Alors que les paysans vauclusiens acquittent des redevances de l'ordre de 40 à 100 francs par hectare /180 au maximum pour le Canal de Carpentras/, il en coûte ici 300 F. pour arroser un hectare de vergers, 330 pour un hectare de primeurs. Ces prix constituent un sérieux handicap dans l'établissement des prix de vente à la production. D'autre part, seules ces cultures permettent d'assumer le remboursement des emprunts contractés, emprunts qui se chiffrent souvent à 10,000 francs par hectare. Cette charge est extrêmement lourde et ne pourra être assumée dans les années à venir que si la commercialisation des produits se fait dans les conditions favorables escomptées. Le succès de l'entreprise n'est donc pas totalement confirmé.

Autre sujet d'inquiétude, les vigneron languedociens ne s'associent que très lentement aux destinées de l'entreprise. 60 % des domaines nouvellement créés sont passés aux mains d'immigrés, bien que d'importantes facilités aient été consenties aux jeunes agriculteurs de la région et bien que les agriculteurs locaux disposant de terres libres de vignes n'aient pas à s'endetter pour acheter des terres. Il serait hautement regrettable de constater que la mise en valeur de la région soit conditionnée par le renouvellement de la population agricole. Du moins peut-on espérer que les immigrants réagiront sur le milieu en jouant un rôle de ferment énergétique.

Compte tenu de cette double restriction, le bilan provisoire de la mise en valeur régionale est nettement positif. On peut déjà en tirer un enseignement essentiel. La révolution apportée par les techniques de l'irrigation est telle, qu'elle bouleverse les structures foncières, modifie radicalement le choix des spéculations agricoles, exige la mise en place de nouveaux réseaux de commercialisation. Toute action qui n'agirait pas sur ces divers points serait vouée à l'échec ou à la médiocrité. Mais il ne semble pas que sur l'ensemble des périmètres en cours de création dans le Midi de la France ce problème d'ensemble ait été nettement posé.

Öntözési hálózat létesítésével kapcsolatos problémák
a Bas Rhone-Languedoc területen

Jacques Bethemont

Az elmúlt századok folyamán a Franciaország déli részén létesített öntözési hálózat lassan és nem kielégítően fejlődött. Ezért a Francia Mezőgazdasági Bizottság egy nagyobb hálózat létesítését kezdeményezte. Annak eldöntésére, hogy ez a munka sikerrel jár-e elemezni kell a Compagnie Nationale du Bas Rhone-Languedoc Costiere de Nimes területen elért eredményeit.

Ezen a lappangó gazdasági válságban szenvedő szőlőtermő vidéken 8000 hektár öntözhető szőlőterület van és 21.000 hektár vehető öntözés alá. 1959 óta több, mint 6000 hektárt állítottak be öntözésre. Technikai szempontból az átállítás ritmusa kielégítő.

Az eredmények elérését nemcsak az öntözőberendezés létesítése, hanem az az átfogó kezdeményezés tette lehetővé, amely figyelembe vette a talaj szerkezetét, biztosította az új öntözési szakemberek technikai képzését és előre gondoskodott a termékek elhelyezéséről.

A vállalkozás végső sikere azonban még távolról sem biztosított; a víz ára nagyon magas és az öntözésre átállt földművesek nagy tömege eladósodott. Másrészt az öntözők többsége bevándorló és a terület földművesei csak igen lassan kapcsolódnak be az öntözéses gazdálkodásba. Mindamellett a vállalkozás mérlege pozitív. A Compagnie Nationale du Bas Rhone-Languedoc tevékenysége bizonyítja, hogy a víz hatalmas tényező a mezőgazdaság fejlesztésében és, hogy egy ilyen vállalkozás csak akkor lehet sikeres, ha a gazdasági élet minden szempontját figyelembe veszi.

Constitution des bases techniques
des ensembles d'irrigation importants de Hongrie

par

Károly PERÉNYI

Chef de section
à l'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques

Après la libération du pays et surtout au début des années 50 l'irrigation de la Hongrie a connu un essor puissant. Cependant l'accroissement quantitatif n'était pas toujours accompagné par le développement qualitatif. Donc, on avait des arrêts intermédiaires en raison des systèmes d'irrigation établis impropres à l'exploitation.

L'apparition répétée et l'essor considérable de l'irrigation par aspersion au milieu des années 50 signifiaient un pas important en avant unique même sur l'échelle mondiale. La cause de l'irrigation avait ses traditions ici, vu qu'en 1919 la méthode et les équipements de l'irrigation se sont présentés pour connaître sa période de prospérité dans les années de 20. Notre irrigation actuelle se fait en plus de 60 % par aspersion.

C'est ce mode d'irrigation par aspersion qui s'est répandu à cause des raisons qualitatives vis-à-vis de l'irrigation superficielle.

Par conséquent, notre activité de recherches dans l'Institut s'orientait vers deux domaines distincts qui sont:

1/ Le développement qualitatif de l'emploi des systèmes d'irrigation par aspersion; l'étude des bases de la réalisation des grands ensembles d'irrigation automatiques.

2/ L'étude et l'établissement modernes des systèmes d'irrigation superficielle arriérés au point de vue technique et économique.

Pour tous les deux domaines, nous avons pris en considération des expériences de valeur des pays évolués dans le domaine d'irrigation soit par des voyages d'étude, soit à l'aide de l'étude de la littérature respective. Voici que nous sommes au courant, il y a quatre ans, à partir des impressions de voyage, du réseau d'irrigation de Bas-Rhône-Languedoc que M. le Professeur J. Bethemont a exposé dans son excellente conférence détaillée. Mais nous connaissons également les premiers essais de remaniement /Tracastine, système de Hardt ancien, et nouveau/ dont les problèmes détaillés sont présentés par l'exposé cité.

1/- Quant au premier sujet, nous avons étudié la possibilité de la construction économique des équipements d'irrigation portables. Grâce à la collaboration des instituts de recherches fonctionnant sous l'autorité de différents Ministères, on est arrivé à la réalisation des installations types. Les quatre étages assurent l'irrigation des unités de terrain de 20 ha à 150 ha par un débit de 400, de 1200, de 2000 et de 3500 lit/min. Le respect international de nos résultats a permis d'assumer le rôle de mesure comparative des équipements d'irrigation portables pour les pays socialistes du Conseil d'Entr'aide Économique, tant en 1962 qu'en 1964.

Nous avons contrôlé le fonctionnement des têtes de lance et avons effectué les mesures hydrauliques de la tuyauterie portable, etc... C'est cette activité de notre Institut qui a permis l'édition l'année courante du "Manuel pour les études des installations d'irrigation par aspersion" qui est destiné à faciliter le travail des ingénieurs-constructeurs.

Le développement d'un territoire puissant est impossible à l'aide des équipements réduits portatifs. Donc, force nous était, la construction des systèmes d'irrigation par aspersion automatiques, utilisés récemment en France, en Italie et en d'autres pays évolués au point de vue de l'irrigation. Le premier pas était la construction des systèmes à tuyauterie enterrée, puis, nous avons réalisé - secondés en partie par les Italiens - les deux premiers systèmes d'irrigation vastes fonctionnant par aspersion et tout à fait automatiquement à Kalocsa /4000 ha/ et à Balatonaliga /2000 ha/. L'automatisme des installations citées est de système Bosco, connu lors de notre voyage d'étude en Italie. Actuellement nous sommes en train d'étudier les problèmes économiques et des questions techniques /pressions, fonctionnement de l'automatisme, contrôle de puissance/ des installations en question. En ce qui concerne les relations de pression, nos mesures précédentes ont démontré qu'il n'y avait pas des valeurs de pressions excessivement grandes et les accidents de rupture dus aux pressions élevées, peuvent être évités par un maniement aux soins pas trop poussé.

2/- Notre activité actuelle est consacrée au second sujet. La raison primordiale du retrait des systèmes d'irrigation superficielle est, suivant notre avis, le niveau technique bas des installations. C'est pourquoi, nous nous sommes efforcés d'introduire des éléments d'installation modernes comme le canal à la coque mince en béton armé, le régulateur du niveau d'eau, les dispositifs de dosage et de direction des eaux et l'irrigation à boyaux. Notre Institut propose de meilleures solutions adaptables et en même temps il seconde les essais à mi-service pour aider ainsi le passage à la réalisation pratique définitive. Ainsi, avons-nous - outre la recommandation - fabriqué les prototypes d'élément de canal en béton armé et encore, notre Institut a construit les prototypes des dispositifs de réglage du niveau d'eau, de direction des eaux et des doseurs dont le service d'essai est réalisé et dirigé aussi par nous. Rappelons ensuite que nos résultats de mesure et de service expérimental de l'irrigation par boyaux acquis dans le laboratoire sont disponibles à l'établissement des études et au service pratique. Actuellement nous poursuivons des expérimentations relatives à la matière de boyau /simili-cuire/. Notons que ce problème est encore ouvert même sur l'échelle internationale, comme les essais français le montrent /par exemple: études de la Société Ethylène Plastique concernant les boyaux en polyéthylène/.

Nous avons construits quatre types de canal à la coque mince en béton armé ayant la capacité de transport nominale des eaux de 130-260-400 et 900 litres/sec. Nous avons également élaboré la technologie de fabrication et les modes de construction et de transport. Les premières sections des coques minces en béton armé sont déjà réalisées suivant les solutions spéciales de la Fabrique de Matériaux en béton de Szentendre et de la Direction des Eaux Transdubienne. La solution élaborée de notre Institut est actuellement au cours de réalisation dans une longueur dépassant 3000 mètres. Ajoutons, que nous collaborons à la réalisation d'un système d'irrigation superficielle qui se prête à une application poussée des canaux à la coque mince également.

Quant à l'exposé du Professeur J. Bethemont, j'aurais encore deux questions à soulever. Premièrement, nous avons aussi constaté que l'application d'une solution technique excellente n'est point assez; les préparatifs des groupes d'utilisateur et des sociétés intéressées sont beaucoup plus importants. Je suis d'accord avec le conférencier quant au caractère du problème bien complexe. La deuxième question a un caractère surtout technique. On discute chez nous beaucoup sur le problème de l'emploi du château d'eau dans les systèmes d'irrigation par aspersion dont la nécessité est douteuse suivant quelques spécialistes. Dans le cas négatif, l'automatisation de la station de pompage semble suffire. Je rappelle ce problème ici, étant donné que les partisans du château d'eau se réfèrent à la solution française connue en Hongrie /par exemple le système de Pichgue/. Nous serions contents de pouvoir connaître les récentes conceptions françaises à ce sujet.

Je tiens à féliciter Monsieur le Professeur Bethemont de son excellente conférence et en même temps je remercie vivement l'attention des auditeurs.

Les problèmes d'irrigation de Hongrie
au point de vue de géographie physique

par

Sándor SOMOGYI

chercheur scientifique
de l'Institut de Géographie
de l'Académie des Sciences de Hongrie

La haute portée de l'irrigation en Hongrie dans l'économie populaire est motivée par nos dispositions de géographie physique. Notre climat assure en moyenne annuelle un régime d'eau bénéficiaire, étant donné que le volume de l'évapotranspiration réelle reste inférieure - même aux périmètres les plus secs - à la valeur des précipitations ce qui permet un certain superflu d'écoulement même. Notons de suite que nous devons cet état de choses à la réduction sensible de l'évapotranspiration dans la saison hivernale et c'est cet excédent de condensation atmosphérique produit ainsi, qui donne la majeure partie de l'écoulement annuel. Ce fait est bien visible dans l'équation du régime d'eau des régions de la Plaine hongroise.

$P = \text{Év} + \text{Éc}$ est égale dans le cas

considéré à $600 = 570 + 30$

d'où P - précipitation

Év - évapotranspiration

Éc - écoulement

Voici que la valeur de l'évapotranspiration est en moyenne annuelle de 570 mm, malgré l'évapotranspiration possible annuelle de 660 à 680 mm. On peut admettre que le volume de la précipitation de la saison d'été est égal à 320-350 mm, il en ressort que la précipitation n'approvisionne le besoin en évapotranspiration d'été que dans une mesure de 50 %. Une partie de la quantité manquante est complétée par les eaux souterraines ayant un niveau saisonnier haut. Dans les régions où ce dernier approvisionnement en eau n'est pas possible, les plantes de culture agricoles souffrent de sécheresse étant dépourvues de la précipitation. Pour palier ce danger, une solution s'impose: l'exploitation des eaux des fleuves traversant le pays. Mais l'intérêt de l'irrigation sûre demande d'être prudent et de ne compter que sur le débit minimum.

En effet, grâce aux dispositions de répartition défavorable des précipitations annuelles, la demande en eau la plus grande du pays coïncide avec les débits minimum de nos fleuves. Voici que nos problèmes d'irrigation sont plus graves qu'ils ne semblent être à la première vue. Rappelons, par exemple, la demande en eau des irrigations de la vallée de Tisza est déjà aujourd'hui supérieure au débit habituelle restreinte de la Tisza. C'est ce soin qui pèse sur la planification hydraulique et l'on en cherche le remède en réalisant des grands réservoirs qui permettront de retenir une partie des crues de printemps formant réserve pour les mois d'été. Malgré les efforts déployés dans ce domaine, en 1961, la demande en eau de 53 m³/sec des 235.000 arpents cadastrés n'était pas satisfaite entièrement dans les jours les plus défavorables vu que le débit disponible était à peine de l'ordre de 50 m³/sec. En effet, le débit minimum de la Tisza - le mieux chargée des irrigations - n'était à Tiszalök que de 50 m³/sec. Notons qu'on ne peut entièrement épuiser la quantité d'eau à cause de la conservation de la vie biologique des eaux et d'autres raisons. Les exigences en eau augmenteront dans l'avenir et le débit minimum sera encore plus insuffisant. Voici que le pays de la Tisza, même à l'étendue actuelle de notre irrigation, connaît déjà une grave pénurie en eau.

Il est vrai, que l'utilisation aux fins d'irrigation des nappes souterraines améliore d'ailleurs la situation un peu, mais justement les régions de la Tisza en possèdent en mesure limitée. Et encore, la composition chimique des nappes de ces régions ne convient pas partout l'emploi de leurs eaux. La recharge en eau est aussi un problème dont la solution n'est pas encore trouvée. Les conditions mentionnées expliquent le fait que l'irrigation employant des eaux souterraines et des nappes, en 1961, n'étend que sur 7 % de toutes les superficies irriguées. Il est incontestable, que ce dernier mode d'irrigation possède encore beaucoup de possibilités à son progrès futur, mais les exigences posées dépassent loin les possibilités. Par conséquent, l'approvisionnement en eau d'irrigation de la région de la Tisza pourra être résolu par deux solutions générales. La première d'elles serait une opération dans le territoire hongrois et c'est d'amener les eaux du Danube à la Tisza. Le canal de Danube-Tisza projeté entre Budapest et Tiszakécske est destiné à ce but. Mais ce canal projeté ne pourra desservir des eaux à quantité et qualité désirable que le sud de la région de Tisza. Or, la deuxième solution est à réaliser également, soit une collaboration internationale au cadre de laquelle les pays possesseurs des surfaces réceptrices du fleuve de Tisza devront coopérer sous forme d'entraide mutuelle pour diminuer la pénurie d'eau de chacun par la construction des séries de réservoirs d'eau des montagnes s'offrant en même temps aux sources énergétiques également. Bien entendu, ces projets demandent de lourdes charges financières qui sont indispensables à la réalisation des plans à long terme pour la satisfaction des demandes d'eau.

La signification morphologique des transports solides des cours d'eau dans la zone tempérée

par

René FRÉCAUT

Assistant à l'Université de Nancy

Dans cette brève mise au point, on voudrait seulement insister sur les liens étroits unissant la dynamique fluviale et l'évolution morphologique actuelle. Il est impossible de dissocier l'étude des transports solides des cours d'eau d'une conception plus générale de la géomorphologie, ceci pour deux raisons majeures. L'analyse des transports solides pose, d'abord, le problème de l'origine des matériaux transportés, elle suppose donc une parfaite connaissance des processus morphoclimatiques actuels intervenant dans le cadre des bassins fluviaux. D'autre part, ce sont les mêmes facteurs climatiques qui régissent à la fois les systèmes morphoclimatiques et les régimes fluviaux.

L'étude des rapports de la dynamique fluviale et de la géomorphologie, limitée ici volontairement à la partie européenne de la zone tempérée, exige une double analyse. Avant d'essayer de caractériser des types morphoclimatiques de transports solides propres à cette zone, il est utile de replacer ces transports dans l'ensemble plus général de l'érosion actuelle.

Le terme d'érosion reste souvent vague et confus, il a une signification différente suivant les auteurs. Ainsi les morphologues soviétiques, polonais et allemands limitent-ils cette notion au creusement par les eaux courantes superficielles et spécialement les cours d'eau. Ils qualifient de "dénudation" la mobilisation des matériaux sur les versants et interfleuves et regroupent les deux phénomènes dans l'expression générale d'"ablation". Ce terme d'érosion peut être conservé, mais son acception doit être élargie. L'érosion intègre en fait la mobilisation des matériaux sur les versants, leur fourniture aux cours d'eau, leur transport par les courants fluviaux, le remblaiement et le creusement par les cours d'eau. Seuls les trois premiers éléments nous intéressent.

Dans la zone tempérée, la mobilisation des matériaux sur les versants s'effectue sous l'action de processus divers et un complexe de facteurs climatiques, topographiques, lithologiques et biogéographiques intervient. Il est donc possible de dégager des types climatiques de mobilisation.

Dans les régions de plaines, de plateaux et de moyennes montagnes, les processus de "dénudation" sont assez peu "agressifs". Dans le domaine océanique, les processus mécaniques d'entraînement des matériaux grossiers et fins: glissements "grain à grain", en masse, boueux et ruissellement sont limités par la végétation et les cultures, sauf en cas de précipitations exceptionnelles de saison froide. La dissolution des roches est, par contre, relativement active. Au total donc, peu de matériaux mobilisés actuellement sur les versants. Dans le domaine nival continental, les possibilités de "dénudation" sont un peu plus importantes, lors de la période annuelle de dégel du sol et de fusion du manteau neigeux, au début de la saison chaude; évolution morphologique et paroxysme hydrologique vont alors de pair.

Dans le domaine de la haute montagne, le gel, les fortes pentes, la faiblesse du couvert végétal, l'importance et l'intensité des précipitations expliquent que les matériaux grossiers et fins / "farine glaciaire" / fournis par les

versants soient plus abondants. Le rôle de la dissolution est réduit. Dans le domaine méditerranéen, spécialement dans les secteurs montagneux, la "dénudation" est également active. Les grandes averses torrentielles de début de saison froide déterminent un ruissellement généralisé et une mobilisation importante de matériaux grossiers et fins: mouvements de masse /frane des régions argileuses et schisteuses/, ravinements /badlands/. La dissolution des roches n'est pas toutefois négligeable.

Cette mobilisation des matériaux sur les versants connaît une discontinuité temporelle et spatiale, sauf en ce qui concerne les substances dissoutes. Celles-ci sont véhiculées de façon continue par les eaux à écoulement subsuperficiel et souterrain de l'amont des versants jusqu'aux cours d'eau. Le mouvement des matériaux grossiers et fins est discontinu dans le temps et dans l'espace, même en haute montagne, comme l'a fort bien montré J. TRICART. A l'échelle géomorphologique, la "dénudation" des versants est discontinue, mais aussi très inégale à l'intérieur d'un même bassin et d'un bassin à l'autre. M. PARDE a justement insisté sur le fait que certains versants, à fortes pentes, sans couvert végétal important et constitués de matériaux peu homogènes, peuvent subir une "dénudation" particulièrement accélérée.

Une seconde discontinuité spatiale et temporelle marque le passage des matériaux grossiers et fins des versants aux cours d'eau. Ceux-ci s'accumulent aux pieds des versants qui constituent, selon J. TRICART, une "zone de stockage", due à la diminution rapide de la pente. Ces matériaux y donnent des formes caractéristiques de colluvionnement actuelles et paléoclimatiques. Il ne peut donc y avoir fourniture immédiate de matériaux des versants aux cours d'eau, sauf lors de crues, en montagne.

Cette discontinuité pose le problème de l'origine des matériaux transportés par les courants fluviaux. Les matériaux grossiers de fond proviennent surtout du fond et des berges du lit apparent et du lit majeur, exceptionnellement des versants. Les matériaux fins, véhiculés en suspension, peuvent provenir des versants en cas de ruissellement superficiel intense, mais le plus souvent ils sont entraînés directement à partir du lit apparent ou majeur.

Une troisième discontinuité, enfin affecte le transport des matériaux par les cours d'eau. Ce transport s'effectue suivant des modes originaux en fonction des caractéristiques granulométriques des matériaux: roulement sur le fond pour la "phase caillouteuse" /blocs, galets, gravillons/, saltation pour la "phase sableuse" /sables grossiers/, suspension pour la "phase fine" /sables très fins, limons, argiles/. Les sables moyens et fins peuvent être entraînés soit en suspension, soit par saltation. Seules les substances dissoutes, les plus mobiles, connaissent un transport véritablement continu, puisqu'elles circulent à la même vitesse que les eaux fluviales.

Cette discontinuité de transport dans le temps et dans l'espace /d'amont en aval/ s'explique par les relations étroites existant entre forces tractrices des courants fluviaux et variations hydrologiques, bien mises en évidence par M. PARDE et J. TRICART. Les forces tractrices sont maximales lors des crues, c'est donc lors des périodes de paroxysme hydrologique que les transports de matériaux grossiers et fins sont eux-mêmes maximaux. Il en va tout autrement pour les transports en solution n'exigeant aucune force tractrice particulière. A l'inverse, les transports solides de fond et en suspension sont minimaux en étiages, les forces tractrices des courants étant plus faibles et la fourniture des matériaux plus réduite.

Les transports solides sont donc au total les plus considérables dans les domaines morphoclimatiques de la zone tempérée où crues et hautes eaux sont les plus puissantes et les plus fréquentes. De tels transports correspondent toujours à une "dénudation" importante des versants, puisque les crues sont déterminées avant tout par des averses ayant une action morphologique certaine. En ce seul cas, la triple discontinuité dans le temps et dans l'espace entre versants et cours d'eau se trouve provisoirement infirmée.

Les crues des cours d'eau océaniques de plaines, de plateaux et de moyennes montagnes sont fort irrégulières et leur puissance, définie par le coefficient A, est "modérée" ou "faible" au sens de M. PARDE. Les transports maximaux de fond et en suspension sont exceptionnels. Dans le domaine nival continental, les vé-

ritable crues sont elles aussi irrégulières, leur puissance est cependant plus "forte". Mais les forces tractrices et par la même les transports solides sont importants chaque année, lors des "crues" de début de saison chaude.

Les transports paroxysmaux, liés à des forces tractrices maximales, sont au contraire caractéristiques des crues des régions de haute montagne et des montagnes méditerranéennes. La puissance de ces crues est remarquable, les valeurs de A sont "fortes" pour les cours d'eau haut montagnards ou soumis à l'influence montagnarde, "formidables" pour de nombreux cours d'eau méditerranéens de montagne.

Teneurs et dégradations spécifiques sont encore fort mal connues. Faute de mesures suffisantes, spécialement en ce qui concerne les transports de fond, on ne dispose que d'ordres de grandeur. De plus, il s'agit le plus souvent de valeurs moyennes ne rendant absolument pas compte de la discontinuité des phénomènes d'érosion. On peut cependant dégager des valeurs-types de transports solides ayant une relative signification morphologique et correspondant aux divers domaines morphoclimatiques de la zone tempérée. Quelques exemples seulement seront cités.

Dans le domaine océanique de plaines, de plateaux et de moyennes montagnes, les transports de fond sont "minimes", suivant la terminologie de M. PARDÉ, ils sont de plus limités aux grandes crues. Les transports en suspension sont "faibles"; les turbidités n'excèdent pas 20 à 25 g/m³ pour la Seine à Paris, le Main à l'aval, la Weser et l'Elbe inférieures. Les valeurs de dégradations spécifiques sont également "faibles": 4,5 t/km²/an pour la Seine à Paris, 8 t/km²/an pour la Loire à l'aval, 13,4 t/km²/an pour le Main inférieur. Mais les turbidités sont plus élevées lors de crues exceptionnelles: 0,8 à 1,5 kg/m³ pour la Seine à Paris, la Saône à l'aval.

Les transports en solution sont prédominants et peuvent représenter jusqu'à 73 % des transports solides totaux pour la Seine à Paris et 91 % pour la Marne. La salinité des cours d'eau océaniques est "modérée" ou "assez forte": 134 g/m³ pour la Loire à Orléans, 237 g/m³ pour l'Elbe inférieure, 280 g/m³ pour la Seine à Paris /dont près de 200 g de Calcium/. Cette salinité est encore plus élevée pour de petits bassins à dominante calcaire: 300 g/m³ pour la Marne, 400 g/m³ pour l'Ourcq, 400 à 500 g/m³ pour le Neckar inférieur. /: Nos propres recherches actuelles dans le bassin de la Moselle confirment ces données. Pour la Moselle à Epinal, à la sortie du massif vosgien, les transports en suspension sont de l'ordre de 10 g/m³ et la salinité de 130 g/m³. Plus à l'aval à Toul, sur le Plateau Lorrain, ces valeurs sont respectivement de 15 g/m³ et de 180 g/m³. A l'aval du Madon, dont le bassin est essentiellement calcaire, la salinité atteint 300 g/m³ /soit 150 g de Calcium /:./

Dans les bassins continentaux extramontagnards, les transports de fond sont également "très faibles". Les transports en suspension sont "médiocres": 46 g/m³ pour le Dniepr moyen, 105 g/m³ pour la Volga moyenne. Les valeurs des turbidités sont plus élevées momentanément à la période des "crues annuelles". Mais le ruissellement, lié aux averses orageuses d'été est trop limité pour permettre une fourniture appréciable de matériaux fins en provenance des versants.

Les transports en solution sont ici encore les plus importants, à en croire les rares données dont on dispose. La salinité moyenne de la Dvina inférieure atteint ainsi 187 g/m³.

Dans le domaine de la haute montagne, les transports solides de fond sont "forts" ou "très forts" dans le cas de petits bassins: 88 t/km²/an pour le Drac au Sautet, 113 et 158 t/km²/an pour l'Ammer et le Tiroler Ache en Bavière, 500 t/km²/an pour l'Adda à l'amont du lac de Côme. Ces transports de fond peuvent quelques fois dépasser en importance les transports en suspension /cas de l'Adda/.

Ces derniers sont généralement "forts", par suite, semble-t-il, de la fourniture de "farine glaciaire" dont l'origine exacte reste discutée: 600 g/m³ pour l'Isère à Grenoble, 950 g/m³ pour l'Inn supérieur, 1Kg/m³ pour la Massa suisse.

Les transports en solution sont, par contre, "très faibles".

Dans le cas des grands cours d'eau, soumis partiellement à l'influence de la haute montagne, les transports de fond ne sont que "modérés" ou "assz faibles", mais nettement supérieurs à ceux des cours d'eau strictement de plaines et de plateaux: 9 à 10 t/km²/an pour le Danube à Vienne, 10 t/km²/an pour le Rhône au Teil. Les transports en suspension sont "modérés": 140 g/m³ pour le Danube à Budapest, 200 g/m³ pour la Garonne à Bordeaux, 300 g/m³ pour le Pô inférieur, 300 à 400 g/m³ pour le Rhône inférieur.

Les transports en solution s'apparentent à ceux des cours d'eau de plaines et de plateaux; ils sont "modérés": 150 g/m³ pour le Rhône à Lyon, 170 g/m³ pour le Danube à Vienne, 187 g/m³ pour le Danube à Budapest.

Les transports solides des cours d'eau de montagnes méditerranéennes ne sont bien étudiés qu'en Italie, spécialement dans le bassin du Pô. Ces cours d'eau sont remarquables surtout par les valeurs "très fortes" des transports en suspension. Les dégradations spécifiques peuvent s'élever jusqu'à 1500 et 2.000 t/km²/an pour les bassins de l'Enza, de la Secchia, du Panaro, tous affluents issus de l'Apennin. Elles sont encore de 470 t/km²/an pour le Tibre à Rome. La "fragilité" des sols et la violence des averses méditerranéennes expliquent de telles valeurs.

Il s'avère donc que les transports solides reflètent dans une certaine mesure l'importance respective des processus de "dénudation" des versants dans les divers domaines morphoclimatiques de la zone tempérée.

Il était certes tentant d'essayer de chiffrer à partir de ce transports solides / transports totaux pour J.CORBEIL, transports en suspension pour F.FOURNIER/ la vitesse de l'érosion actuelle. Mais J.TRICART a montré la relativité de ces évaluations, compte tenu de la triple discontinuité qui affecte le plus souvent, dans le temps et dans l'espace, le cheminement des matériaux grossiers et fins des versants vers les cours d'eau.

S'il faut renoncer, pour l'instant du moins, à une appréciation quantitative de l'érosion dans la zone tempérée, il est possible cependant d'estimer de façon qualitative l'importance de l'érosion dans les différents domaines de cette zone. L'érosion actuelle apparaît limitée dans les domaines océaniques et continental; elle est nettement plus importante, quoique discontinue, dans le domaine de la haute montagne et de la montagne méditerranéenne. L'étude des transports solides des cours d'eau de la zone tempérée, outre son intérêt propre en dynamique fluviale, a donc aussi une signification morphologique indéniable.

A szilárd hordalék mozgásának morfológiai jelentősége
a mérsékelt éghajlatu övezetekben

René FRECAUT

A vízfolyások dinamikus hatása és a geomorfológia kapcsolatára vonatkozó alábbi tanulmány két feltételből indul ki.

Mielőtt meghatároznánk a szilárd hordalékok morfo-klimatikus típusát, a hordalékképződés is az egységes eróziós keretbe kell beilleszteni. A teljes eróziós folyamathoz tartozik az anyag mozgása a lejtőkön, vagy a lepusztulás, majd a lejtők leöblítése, végül a hordalék elszállítása vízfolyásokban. E három egymást követő mozgásfázisban, a durva és a finom anyagok mozgásában olyan térbeli és időbeli diszkontinuitás ismerhető fel, ami igen kényessé teszi a lejtők pusztulása és a leöblítés közötti korrelációs összefüggések meghatározását.

Azokon a morfo-klimatikus területeken, ahol a hirtelen áradások és a zöldsátrak a gyakoriak és a nagyok, a szilárd hordalék az uralkodó jelentőségű. Az ilyen területeken az árvizeket is a záporok okozzák, ezért az ilyenfajta leöblítés mindig igen nagy lepusztulással jár és így igen fontos a morfológiai hatása is. Magas hegységekben és a mediterrán vidékeken tehát a görgetett és a lebegtetett hordalék az "abnormális" és a "jelentős". Az oldatban történő szállítás pedig "gyenge". Az óceáni és a kontinentális vidékeken, síkságokon, fennsíkokon és a középhegységekben a görgetett anyag az "igen gyenge". A lebegtetett hordalék pedig "gyenge". Különösen gyenge a mészkövekből felépített medencékben, ahol általában kisebb az oldatban történő szállításnál.

A fentiek miatt a mérsékelt égövekben nincsen lehetőség a szállított anyagok mozgási sebességének a vizsgálatával mennyiségileg kifejezni az érvényes eróziót. A vizsgálat azonban minden esetben lehetővé teszi a morfológiai fejlődés meghatározását, ami a hegyvidéki tájakon igen nagy jelentőségű.

L'influence du charriage fluvial sur le modelage du relief

par

Márton PÉCSI

Directeur de l'Institut de Géographie
de l'Académie des Sciences de Hongrie

Le rôle qualitatif et quantitatif des transports fluviaux dans la formation du relief est certainement l'un des plus importants problèmes de la géomorphologie. Il y a un siècle à peu près que ce problème attire l'intérêt de plusieurs chercheurs tant à l'étranger qu'en Hongrie. On a beaucoup de résultats détaillés, mais on en connaît de nombreuses synthèses également /Ortvay, Schafarzik, J.Cholnoky, A.Kéz, Bulla, Kádár, Pécsi, Somogyi/, cependant les recherches analysant au fond la question, relèvent de plus en plus nombreux problèmes neufs à expliquer.

Dans la zone tempérée, le facteur principal morphologique de la formation du relief est l'érosion et l'accumulation fluviale. Sous l'effet de ces facteurs on voit l'évolution d'un système de vallées serré, des cônes de déjection de pied de montagne et de plaine. Étant donné que les différents types génétiques des vallées fluviales et des systèmes de cônes de déjection de plaine sont liés étroitement aux changements qualitatifs et quantitatifs des transports solides charriés dans le lit du fleuve, l'étude des déplacements et des dépôts des transports solides est aussi indispensable pour le géomorphologue.

Je me propose de traiter ici deux problèmes choisis au hasard, tirés du domaine bien vaste, objet de mes recherches effectuées.

1/ - Lors de l'étude de la géomorphologie et de la génétique de la vallée du Danube, nous avons distingué trois types principaux de section de vallée du Danube qui sont:

- a/ - les vallées percées des monts ayant beaucoup de terrasses,
- b/ - la section de cônes de déjection des avant-pays de montagne à plusieurs terrasses - terrasses de cône de déjection,
- c/ - les plaines de cône de déjection étendues des bassins, sans terrasse, ou bien avec un à deux terrasses seulement.

Les contrées du Danube présentent ces sections, maintes fois répétées, quelques fois combinées l'une avec l'autre. Une corrélation nette peut être observée entre les valeurs extrêmes verticales moyennes des transports solides véhiculés dans le lit et dans la zone d'inondation des différentes sections mentionnées. Les sections de cône de déjection de plaine présentent des valeurs extrêmes de la profondeur de lit - les soidisant marmites de lit - plus importantes /à la Plaine du Sud elles sont de 10 à 12 mètres au-dessous du point 0/, que les sections des monts où cette même valeur n'est que de l'ordre de 5 à 6 m. En même temps, les plafonds des crues sont plus élevés relativement, mais quelques fois en valeur absolue également, étant cette même valeur dans la Plaine hongroise de 10 à 11 m et dans la zone des monts de 5 à 6 m au-dessus du point 0.

Nous avons examiné plusieurs centaines de profils des puits artésiens et des sondages de recherche, percés dans les zones d'inondation actuelle le long du Danube. Nous avons constaté que la stratification fluviale holocène - malgré la coupe large du fond plat de vallée - arrive régulièrement à une certaine épaisseur.

Le Danube charrie et dépose ses débris dans une section verticale de 20 à 22 m dans le Sud du plat de cône de déjection de la Plaine hongroise, soit son lit actuel, et dans la zone d'inondation notamment entre le niveau élevé des crues et les points les plus bas du lit. Cette même valeur de la section de massif central est en moyenne de 9 à 12 m, et de l'ordre de 11 à 14 m dans les cônes de déjection des piedmonts. Étant donné que les soidisants marmites de lit mentionnées se déplacent en aval le long des cours, et en même temps le lit même fait des mouvements horizontaux va et vient au niveau du lit holocène du Danube, le fond plat de vallée fut remanié conformément aux chiffres cités environ tout en y accumulant les alluvions.

Les profils de sondage, comme l'analyse des terrasses danubiennes plus élevées aussi, permettent d'en déduire la conclusion, que le fleuve véhiculait toujours dans son lit existant le long de la ligne de fil des cours le débris le plus gros, des matériaux sableux-graveleux des galets. Ces matériaux remblaient systématiquement les marmites du lit. Sur les dépôts en matériaux grossiers, en général sur les zones plus élevées du lit des sédiments plus fins se succédaient et finalement dans la zone d'inondation on trouve des transports fins accumulés composés des sables, des boues et des argiles.

Les dépôts des zones d'inondation du Danube comme les couches fluviales des terrasses plus âgées aussi, sont composés de deux sortes d'alluvions distinctes. Les séries de sédiment inférieures sont composées de sables, graviers ou des blocs, tandis que les couches supérieures présentent des sables, boue et argiles plus fins. Malgré que ce faisceau de sédiments à épaisseur de 10 à 20 m soit accidenté, il est dû à une phase de production de sédiment, et non pas le résultat d'une sédimentation à deux ou à plusieurs phases, comme l'a supposé un certain nombre de chercheurs.

Naturellement dans les zones de vallée des monts, les plaines d'inondation du Danube existants ont reçu sur leur surface des débris plus grossiers chargés par les affluents. Notons de suite que ces dépôts peuvent être distingués des transports solides du fleuve principal sur la base de leur composition litologique et de leur caractère roulant. Ceci concerne les dépôts de pente également.

La proportion du transport et du dépôt des apports des cours d'eau est sensiblement influencée par les conditions de régime d'eau dominant dans certaines zones de la vallée. Ce sont ces facteurs qui peuvent changer sous l'effet des événements de nature, par exemple l'oscillation du climat, et encore, une activité humaine /défrichement, drainage, régulation des cours, construction des digues de barrage/ peut les modifier.

La prédominance de l'accumulation des transports solides se maintient dans les bassins d'accumulation / dans les étangs / ou bien dans le cas où une section plus ou moins importante de la vallée fluviale s'affaisse pendant un certain durée de temps d'une façon continue ou bien par étape. Dans ce dernier cas, malgré la modification des conditions climatiques, le bassin enfonçant connaît des remblaiements, de formations de cône de déjection, mais la formation des terrasses y est exclue.

2/ - Nos régions de dorsales labourées, construites à partir des matériaux mobiles et de sorte de loess, sont fortement accidentées par des vallées. Les vallées sont dans la plupart du pléistocène supérieur et sont en partie nettement des vallées fluviales, mais en général des vallées de dérasion, /vallées en berceau/. Ces vallées présentent une forme bien spécifique du transport, respectivement de l'accumulation des dépôts.

On peut constater d'une manière incontestable, que ces petites vallées - recouvrant souvent de 60 à 70 % de la superficie totale - étaient au dernier interglaciaire du pléistocène /riss-würmien/ essentiellement plus profondes. L'évacuation des matériaux des vallées était due dans la plupart des cas à l'érosion. Par contre, au cours du dernier glaciaire, grâce à l'ablation générale de pente, ces mêmes vallées ont connu un remblaiement considérable. Les dépôts fragils

descendaient des pentes sur les fonds plat des vallées grâce à la gélisolifluction, au ruissellement nival en partie à cause du ruissellement pluvial. Le déplacement des matériaux de ces vallées vers les vallées principales était bien minime.

On pourrait, ainsi, supposer que dans l'holocène doté d'importantes précipitations, c'est l'érosion fluviatile qui dominait. Mais, dans la plupart des cas, la situation est autre, même aujourd'hui. Les régions de dorsales sont actuellement labourées, leur couverture boisée fut défrichée, il y a quelques siècles. Les eaux de fonte du printemps précoce - sur le sol sans végétation et souvent même sur pergélisol - arasent de manière aréolaire les matériaux de sorte de limon jusqu'aux pieds des vallées ce qui amène l'exhaussement du fond plat de la vallée. Les averses du début d'été font le même travail, notons que ces derniers creusent en plus des fosses dans les versants des pentes. Mais ces dernières sont éliminées par le nivellement de la cultivation.

Les eaux de fontes ou de précipitation descendant de façon aréolaire sur les pentes de vallée, sont capables d'entraîner avec elles leur apports fins. Mais perdant leur énergie de transport dans les zones des pentes douces et sur le fond plat de vallée s'élargissant, elles accumulent une mince couche vaseuse. Malgré leur pente quelque fois forte, ces petites vallées connaissent la prédominance de l'accumulation, du remblaiement de vallée, et non pas l'approfondissement, même dans les dispositions climatiques de nos jours. A la terminaison des vallées on observe la formation des cônes de déjection larges et plats. En même temps, la dénudation des dorsales /suivant notre terminologie :derasion/, dépasse souvent l'ablation de la section totale de sol. Mais une telle région de dorsale n'évacue que peu de transports solides vers les fleuves de la plaine par rapport au degré de l'ablation.

Étant donné les dispositions climatiques de notre pays, l'approvisionnement des eaux de fontes saisonnières effectuant le ruissellement de la pente, ou bien celui des précipitations s'arrêtent souvent, ou bien oscillent suivant la journée. Grâce à l'approvisionnement en eau diminuant, l'alluvionnement des transports solides commence à bonne heure et quelques fois elle se produit même sur la pente. Le remblaiement des pentes et les fonds plats de vallée amènent les angles de pente plus doux.

Les lois de l'accumulation et du transport des dépôts s'effectuant en couche d'eau de quelques millimètres, ou centimètres et de façon aréolaire, devront être étudiées à fond étant donné l'intérêt de la protection contre la dénudation du sol. Mais d'une série d'autres points de vue pratiques insiste de nous pencher sur le problème.

Nos observations faites démontrent que le procédé du transport et de l'accumulation des sédiments est bien différent - tant au point de vue qualitatif que celui quantitatif - au mécanisme des cours d'eau se déplaçant dans un lit donné. Par conséquent, les formes y produites sont également altérées.

Rapport annexe à l'exposé du Professeur R. Frécaut

par

József DOHNALIK

Chef de section
de l'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques

Sous l'effet des forces extérieures et intérieures le globe terrestre est continuellement en formation. Les forces intérieures provoquent les inégalités de la surface tandis que les forces extérieures tendent à niveler celles-ci en érodant les montagnes et remblayant les creux. Dans ce travail l'eau joue un rôle important en détruisant avec son activité érosive les matériaux de la surface et les transportant vers les dépressions. A la suite de la dénudation et de l'accumulation continue l'état d'équilibre isostatique du globe se modifie, ce qui entraîne de nouveaux enfoncements et élévations.

En rapport avec ce phénomène dynamique sans fin c'est en premier lieu la formation des vallées et bassins actuels, les variations des lits des rivières actuelles qui nous intéressent en tant qu'ingénieurs. Quoique pour leur examen détaillé et surtout en vue de déterminer les lois qui régissent les variations, nous pouvons recourir aux résultats des études historiques de l'évolution aussi, le facteur décisif est cependant le charriage dans les cours d'eau, dont la connaissance est indispensable à la solution des tâches de la pratique.

Me référant à la conférence du professeur Frécaut je voudrais exposer en quelques mots la situation actuelle dans le domaine des recherches au sujet du débit solide des cours d'eau et les études y relatives exécutées en Hongrie.

En parlant du débit solide des cours d'eau nous distinguons en général entre charriage et débit solide en suspension enfin matériaux transportés en solution. Avec ces derniers, bien que récemment ils se trouvent toujours davantage placés au premier plan de l'intérêt - en effet des éléments qui les constituent dépend la qualité des eaux et celle-ci est une question capitale à l'époque de l'utilisation de l'eau - nous ne nous occupons pas ici. Cette question est traitée de nos jours généralement ensemble avec la pollution des eaux.

Les recherches relatives au charriage et au débit solide en suspension s'effectuent, comme toute recherche relative à des phénomènes de la nature, en trois directions. La première a pour objet les recherches théoriques relatives à la dynamique du mouvement du débit solide, la seconde s'occupe de l'étude au laboratoire des phénomènes artificiellement produits, la troisième est consacrée aux recherches basées sur des mesures et observations exécutées dans la nature.

Les études purement théoriques sont difficiles du fait que le mouvement du débit solide est influencé par de nombreux facteurs d'un poids à peu près égal, dont on ne peut pas tenir compte dans le cadre d'un examen analytique. C'est cela qui explique, que pour déterminer le transport solide des cours d'eau nous ne disposons même à ce jour d'une relation mathématique théoriquement déduite exprimant fidèlement le phénomène de la nature. En ce qui concerne le débit solide en suspension nous connaissons bien diverses théories à leur sujet, mais dans la pratique celles-ci ne sont guère utilisables en général.

Les essais sur modèles, eux, ont déjà fourni un peu plus de résultats. Les relations déterminées sur la base d'essais permettent déjà de calculer de manière plus ou moins sûre le transport du débit solide en fonction des paramètres hydrauliques

Ce sont les mesures et observations effectuées dans la nature qui ont donné le plus de résultats. Les relations déduites sur la base des résultats de mesures ou déterminées par des méthodes statistiques sont les plus répandues et en même temps les plus dignes de confiance.

Les études relatives au transport solide des cours d'eau ont débuté en Hongrie à la fin du siècle dernier avec quelques mesures exécutées à titre d'information, puis la mesure systématique du débit solide a commencé au début des années 1940. La connaissance du transport solide des cours d'eau était déjà indispensable à cette époque pour résoudre les problèmes de l'aménagement des eaux. La tâche principale était de déterminer le débit solide transporté par nos principaux cours d'eau, respectivement la concentration de ce débit solide.

En même temps que les mesures du débit solide, respectivement l'élaboration et l'appréciation de leurs résultats, des études théoriques ont commencé également. De beaux résultats ont vu le jour entre autres en ce qui concerne la répartition du débit solide en suspension suivant la verticale ainsi qu'au sujet du problème du lit stable.

Cependant l'origine des recherches du débit solide conscientes du but poursuivi ne peut être située qu'à la décennie écoulée. A côté de l'examen quantitatif du débit solide les recherches relatives à sa formation, aux questions de l'érosion de la surface et du lit, aux conditions de l'écoulement du débit solide et aux lois qui le régissent, enfin des recherches visant l'importance morphologique du charriage ont commencé.

Parmi les récents examens théoriques on peut souligner ceux basés sur la méthode précise de la statistique mathématique ayant pour objet la précision et le degré d'authenticité des mesures et des calculs relatifs au transport solide des cours d'eau, ainsi que les études théoriques et pratiques de l'érosion du lit effectués sur des secteurs d'essais de rivières. /On peut s'attendre d'obtenir des résultats des études d'érosion commencées tout récemment; dans les bassins expérimentaux./

Grâce aux mesures exécutées depuis plusieurs décennies nous disposons déjà de ces relations relatives au transport solide qui permettent de calculer la concentration et le débit solide dans certains profils. A titre d'orientation nous donnons ci-dessous quelques chiffres au sujet de nos deux cours d'eau les plus importants, chiffres présentant par des moyennes de 10 ans la modification du transport des divers sortes de débit solide depuis leur secteur amont jusqu'au secteur aval /entre les frontières du pays/:

	concentration moyenne	50 g/m ³
Danube secteur amont	débit solide en suspension	80 kg/sec
	débit moyen de charriage	5 kg/sec
	concentration moyenne	130 g/m ³
Danube secteur aval	débit solide en suspension	580 kg/sec
	débit moyen de charriage	1,4 kg/sec
	concentration moyenne	120 g/m ³
Tisza secteur amont	débit solide en suspension	80 kg/s
	charriage	0,1 kg/s
	concentration moyenne	560 g/m ³
Tisza secteur aval	débit solide en suspension	700 kg/s
	charriage	0,6 kg/s

Bien que les valeurs moyennes ne soit guère caractéristiques pour le transport du débit solide, il appert néanmoins des données communiquées, que conformément à nos conditions géographiques c'est le débit solide en suspension qui est quantitativement décisif dans le transport solide de nos cours d'eau. Nous ne trouvons du débit charrié en quantités de quelque importance que sur les secteurs amont de nos rivières, mais même ici la quantité totale du débit solide en suspension transporté est de 1-2 ordres de grandeur plus élevée que celle du débit charrié.

En ce qui concerne les relations entre le débit solide et l'un quelconque des paramètres hydrauliques du profil examiné il faut encore noter que du fait de la variation dans le temps de nombreux facteurs influençant le transport du débit solide il faut être très prudent en se servant d'une relation déduite de mesures effectuées dans une période donnée. La relation ne peut pas servir à une extrapolation concernant l'avenir ou à reconstruire les conditions de l'époque écoulée. Quelque précise que soit la méthode qui a servi à déterminer la relation elle ne peut pas remplacer la prise d'échantillons dans la nature. On pourra, il est vrai, tendre à déterminer les relations relatives au transport solide pour des périodes reflétant des conditions identiques au point de vue de la météorologie et de régime des eaux, mais les résultats obtenus ne sont pas encore sûrs. Si nous voulons déterminer des valeurs exactes, c'est le calcul du transport solide sur la base de prélèvements continuels d'échantillons qui est le plus adéquat.

Les recherches au sujet du transport solide ne suffisent pas toujours pour reconnaître les lois de la formation des lits. Pour nos cours d'eau de plaine à pente faible nous ne pouvons pas oublier le rôle d'un autre facteur important que sont les mouvements actuels de l'écorce terrestre. Les études effectuées par nous ces dernières années dans cette direction ont prouvé de façon éclatante que dans les déplacements de quelque importance d'un cours d'eau ou au cas de la transformation paraissant sans motif d'un lit on peut chaque fois démontrer qu'il s'agit de l'effet de mouvements de l'écorce.

Nous ne pouvons pas traiter en détail dans ce bref commentaire, ne fût-ce que pour un de nos cours d'eau, les résultats de nos recherches relatives au transport solide et à la morphologie du lit, ce qui ne pouvait d'ailleurs être notre but. Nous référant à la conférence du professeur Frécaut nous ne voulions qu'esquisser la direction dans laquelle se poursuivent nos recherches dans le domaine de la morphologie du lit des cours d'eau de Hongrie.

Essai de figuration cartographique des régimes fluviaux saisonniers dans l'ensemble du monde

par

André GUILCHER

Professeur à l'Université de Paris

Comme toute représentation cartographique étendue à l'ensemble du monde, celle des régimes fluviaux saisonniers se heurte au manque d'observations précises sur de très vastes étendues. Les connaissances sur les cours d'eau autres que ceux d'Europe et d'Amérique du Nord sont pourtant devenues beaucoup plus nombreuses en 1964 que vers 1940, et c'est pourquoi nous avons tenté cette représentation. Il est évident que des modifications devront être apportées par la suite à cet essai. Les hypothèses, ou généralisations, ont été faites en se guidant sur les régimes pluviométriques quand ils étaient connus. Nous avons distingué types caractérisés ci-après.

1. Le régime intertropical ou subtropical à deux maxima.- Ce régime existe certainement sur les cours d'eau africains proches de l'équateur où on l'a indiqué sur la carte /Cameroun côtier, bassin moyen et inférieur du Congo, Kenya, et un certain nombre de cours d'eau côtiers de la rive nord du Golfe de Guinée/. Il n'est que probable dans l'Amazonie occidentale et dans le Nord-Ouest de la Colombie, et, dans une partie de l'Insulinde, nous en conjecturons l'existence d'après les régimes pluviométriques. Mais il n'a pas qu'une extension équatoriale, car on trouve des régimes à deux maxima sur la côte orientale du Brésil, dans le Sud du même pays /fleuve Uruguay/, en Australie à la transition entre les régimes tropical et tempéré, et au Japon du Sud.

2. Le régime tropical à un maximum.- C'est le plus répandu de tous les régimes fluviaux. En Amérique, il s'étend très largement jusque sous l'équateur, puisque l'Amazone moyen et inférieur et ses affluents n'ont qu'un seul maximum; il couvre probablement toute l'Amérique centrale, quoique ce ne soit pas sûr, car on manque de données sur ces pays. La Floride y est incluse. Il occupe toute l'Asie des Moussons tropicale et subtropicale, de l'Indus au Yang Tsé Kiang, Madagascar, le Nord et le Nord-Est de l'Australie. En Afrique, il s'étend nettement au-delà du Tropique du Capricorne, couvrant la très grande majorité de l'Afrique Australe; vers le Nord, le Nil étend ce régime jusqu'à la Méditerranée, et, en Amérique du Sud, le Parana réalise la même opération jusqu'aux pays tempérés du Rio de la Plata. En Indonésie, aux Philippines et en Mélanésie, la répartition des régimes à un et deux maxima est très conjecturale. La date du maximum des eaux est extrêmement variable dans l'ensemble du monde tropical: en principe, elle est décalée de 6 mois d'un hémisphère à l'autre, mais cette règle est sujette à de nombreuses exceptions, et, en Insulinde en particulier, les bassins de versants orientés différemment doivent souvent se comporter à l'opposé les uns des autres. Des anomalies de date s'observent en Guyane /maximum de mai sur l'Oyapok/, dans l'est des péninsules indienne et indochinoise /maximum probablement retardé sur novembre ou même décembre/, etc.

3. Les régimes méditerranéens et subméditerranéens.- Ces régimes couvrent, au contraire du précédent, des superficies restreintes; leur plus grande extension est réalisée sur les bords de la Méditerranée eurafricaine, mais on les retrouve, parfois avec des caractères extrêmement schématiques, dans les autres pays

à climat méditerranéen: Californie, Australie occidentale, Afrique australe, où ils sont limités à de très petites aires. Il faut dire surtout que, si ces régimes ont des traits généraux assez nets, tels que la pénurie de fin d'été, la variabilité interannuelle, etc., ils comprennent cependant, du moins en Europe, Afrique septentrionale et Asie occidentale, une foule de sous-types, du fait des grandes différences de date du maximum des eaux, des pondérations par le karst ou par les roches volcaniques /Italie, Syrie, Maroc, etc./, et de la fréquente influence des neiges /Balkans, Turquie, Californie, Maroc, etc./. L'échelle de la carte n'a pas permis de faire ressortir ces contrastes et ces subtilités d'influences, que seule une carte particulière du pourtour de la Méditerranée permettrait d'indiquer en partie.

4. Le régime pluvial subtropical texan.- Nous avons attribué un signe particulier au régime réalisé au Texas, en Arkansas et en Oklahoma, qui est assez original et assez étendu pour être cartographié à part, et dans lequel les cours d'eau connaissent un maximum de mai, principal ou unique, d'origine pluviale. Un minimum se place en août-septembre: il est lié à la forte évaporation. L'hiver est plus ou moins alimenté selon les cas: s'il l'est mal, c'est faute de pluies en cette saison. C'est un régime qui présente des analogies avec un de ceux que l'on trouve en Espagne, où un maximum de mai ou même de juin est caractéristique de certains cours d'eau, même sans influence de la neige.

5. Le régime pluvial océanique, et les régimes assimilés.- Le régime pluvial océanique, dans lequel le maximum d'hiver et le minimum d'été sont commandés avant tout par les variations de l'évaporation, c'est à dire par la température, couvre les pays d'Europe occidentale, y compris l'ensemble de la République Fédérale Allemande /jusqu'à l'Elbe/, le Sud de la Suède, et le Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique. Il existe aussi dans le Sud-Est de l'Australie; et on peut y assimiler le régime réalisé dans le Sud-Est des Etats-Unis /Floride exceptée/, où il y a aussi de hautes eaux d'hiver, de basses eaux d'été, et pas d'influence nivale importante; les eaux estivales sont toutefois plutôt plus hautes qu'en Europe, du fait des précipitations abondantes en été. Le même régime est peut-être représenté en Argentine au Sud du Rio de la Plata, sur des cours d'eau ne venant pas de la Cordillère des Andes.

6. Les régimes pluvio-nival et nivo-pluvial de plaine.- Les types 6, 7 et 8 concernent les cours d'eau de plaine à hiver froid de l'Eurasie et de l'Amérique du Nord, sur lesquels la fonte de la neige au printemps exerce une influence plus ou moins grande selon les cas: cette influence s'accroît d'un type à l'autre. Dans le type n°6, elle reste encore assez modérée. Il s'agit de régimes à deux maxima bien marqués, celui de printemps étant surtout lié à la fonte de la neige /nivo-pluvial/ ou partiellement lié à elle /pluvio-nival/; et celui d'automne étant dû à la pluie. La carte montre leur extension: Russie occidentale et méridionale, Pologne, Suède centrale, et, en Amérique, Sud et Sud-Ouest des Grands Lacs et Provinces Maritimes du Canada.

7. Le régime nival de plaine mitigé.- Ici, l'influence de la fonte de la neige est plus forte: elle crée un maximum de printemps plus tardif que dans le type 6 /mai, au lieu d'avril ou de mars/, et surtout beaucoup plus proéminent. Le maximum d'automne, dû aux pluies, n'est pas totalement supprimé, mais il est très faible et atrophié. Il se place en octobre ou novembre, entre les grandes chaleurs de fin d'été et l'établissement du gel hivernal. C'est le régime que l'on trouve en Russie centrale et septentrionale, en Suède non montagneuse au Nord de 60° 30', au Canada oriental et central, dans la Prairie canadienne, dans le bassin supérieur du Mississipi près du Lac Supérieur. Comme exemples, on peut citer la Volga, la Petchora, la Dvina du Nord, et l'ensemble des tributaires de la rive nord de l'estuaire du Saint Laurent.

8. Le régime nival de plaine pur.- Ce régime est commandé impérativement par la fonte des neiges, qui situe les hautes eaux en juin. Il est typique sur

l'Ob, l'Iénisséi et la Léna en dehors des montagnes de leurs cours supérieurs, est réalisé sur les cours d'eau débouchant dans la Mer Polaire Arctique entre ces grands fleuves, et très probablement aussi sur les cours d'eau du Nord du Canada, pour lesquels on n'a, toutefois, guère de données. Le minimum survient en avril, donc peu de temps avant le maximum, qui apparaît de façon très brutale. Le rapport des extrêmes moyens mensuels est très élevé, et s'accroît d'Ouest en Est en Sibérie /11 sur l'Ob inférieur, 19 sur l'Iénisséi, 60 sur la Léna/. Les pluies d'été ralentissent la baisse des eaux en août et septembre ce qui n'empêche pas de parler de régime nival pur, car le régime des pluies ne détermine aucun maximum ni aucun minimum. Les hautes eaux moyennes de juin sur la Léna et l'Iénisséi inférieurs sont les plus fortes moyennes mensuelles du monde après celles de l'Amazone.

Tous les régimes de plaine à influences nivales du Canada sont plus pondérés dans leurs moyennes mensuelles que ceux de l'URSS, à l'exception des cours d'eau de la région de Leningrad. Il faut voir là un effet des lacs d'origine glaciaire.

9. Le régime pluvio-nival à gel intense.- Localisé dans la Sibérie du Nord-Est, région à hiver extrêmement rigoureux et long, ce régime est caractérisé par le gel total ou quasi-total des rivières, jusqu'au fond du lit, pendant une partie de l'hiver, de sorte que les débits sont alors nuls /tandis que l'Iénisséi et la Léna ont toujours un petit débit, même en mars-avril/. L'arrêt de l'écoulement est dû aussi à ce que les sources cessent de fonctionner par gel du sol et du sous-sol. D'autre part, le maximum des eaux se place en juillet ou en août, et non en juin comme dans le régime n° 8, parce qu'il est dû aux pluies d'été beaucoup plus qu'à la fonte des neiges. En effet, le couvert neigeux hivernal est extrêmement mince en Sibérie du Nord-Est, où les précipitations, très faibles d'ailleurs, sont presque toutes concentrées sur la saison chaude. C'est le régime de l'Indigirka, de la Iana, et, avec quelques différences, de la Kolyma et de l'Anadyr.

10. Le régime pluvio-nival de mousson.- On peut aussi appeler ce régime: amourien, car il est observé sur l'Amour, et représenté vraisemblablement sur les cours d'eau secondaires se jetant dans la Mer d'Okhotsk. Il résulte d'une accentuation des tendances saisonnières du régime n° 9. Le rapport d'importance des neiges et des pluies d'été est encore plus défavorable ici à la neige, et les pluies d'été prennent plus franchement le caractère de mousson. Au lieu que les deux pulsations se succèdent sans baisse intermédiaire, il y a, sur l'Amour inférieur à Komsomolsk, un premier maximum, secondaire, en juin /fonte des neiges/, une petite baisse en juillet, et un second maximum, principal, en septembre /pluies de mousson/. Les hautes eaux de l'Amour sont donc beaucoup plus étalées dans le temps que celles des cours d'eau nivaux purs du type n° 8 /Léna/.

11. Le régime de mousson steppique.- C'est le régime du Hoang-Ho. La répartition saisonnière des eaux est commandée par la mousson: il y a donc un maximum d'été, essentiellement pluvial; mais les différences avec le Yang Tsé plus au Sud résident dans un gel saisonnier important, et une faible abondance des précipitations hivernales, qui donnent une grosse pénurie de saison froide. Nous y avons rattaché le régime appelé kansien dans les Grandes Plaines des Etats-Unis, parce que, là aussi, le maximum est en été et essentiellement pluvial /il y est cependant plus précoce, survenant en juin, par exemple sur la rivière Kansas/; les caractères de l'hiver sont sensiblement les mêmes. Dans les deux aires, mais surtout en Asie, les cours d'eau ont une très forte turbidité.

12. Les régimes à influences glaciaires ou nivales de montagne.- Il s'agit ici d'une catégorie très compréhensive, dans laquelle nous faisons entrer de nombreux régimes influencés par les glaciers et les neiges de montagne en des proportions très variables. A une échelle plus grande que celle de notre carte, on pourrait cartographier des distinctions dans les Alpes et les Carpates, et dans les plaines d'Europe Centrale influencées par elles, mais on ne le pourrait guère, faute de données, dans la plus grande partie de l'Asie Centrale. C'est cependant en Asie

Centrale que ce signe est le plus étendu, du fait de l'énorme masse montagneuse. Dans le Sud de l'Amérique du Sud et le Nord-Ouest de l'Amérique du Nord, il est probable que l'influence des Andes et des Montagnes Rocheuses est généralisée comme on l'a indiqué, sauf en des bassins ou parties de bassins non distinguables à cette échelle. Les influences montagnardes ne sont pas indiquées dans les pays tropicaux lorsqu'elles n'introduisent pas de modifications dans les régimes saisonniers, ce qui est presque toujours le cas. Il y a cependant des influences sur les marges des tropiques, dans la région de Mendoza /Argentine/ et sur la Djumna, affluent himalayen du Gange.

13. Régions sans écoulement régulier.- Il n'y a rien à dire de cette catégorie à caractère négatif, sinon qu'elle s'étend non seulement aux déserts /lorsqu'ils ne sont pas traversés par un fleuve allogène/, mais aussi à l'Antarctide et au Groenland.

Remerciements.- Cet essai se fonde sur l'utilisation des annuaires et publications hydrologiques d'un grand nombre de pays, et aussi sur des données numériques complémentaires relatives à de nombreux cours d'eau du monde: ces données nous ont été communiquées par le Professeur PARDÉ, qui a bien voulu lire notre manuscrit, examiner notre carte, et nous faire part de ses observations. Nous lui exprimons notre reconnaissance.

Légende de la figure
Répartition des régimes fluviaux saisonniers

- 1: régime intertropical ou subtropical à deux maxima
- 2: régime tropical à un maximum
- 3: régimes méditerranéens et subméditerranéens
/en partie influencés par la neige/
- 4: régime pluvial subtropical texan
- 5: régime pluvial océanique, et régimes assimilés
- 6: régimes pluvio-nival et nivo-pluvial de plaine
- 7: régime nival de plaine mitigé
- 8: régime nival de plaine pur
- 9: régime pluvio-nival à gel intense
- 10: régime pluvio-nival de mousson
- 11: régime de mousson steppique
- 12: régimes à influences glaciaires ou nivales de montagne
- 13: régions sans écoulement régulier



Kísérlet a világ folyói évszakonkénti vízhozamának
kartográfiai ábrázolására

André GUILCHER

Hosszu ideig lehetetlen volt a világ folyóinak évszakonkénti vízhozamát feltérképezni, mert a vízfolyások hatalmas területére vonatkozóan nem álltak pontos adatok rendelkezésre. Különösen vonatkozik ez a trópusi vízfolyásokra. 1945 óta a helyzet fokozatosan javult, de még távolról sem tökéletes. Ma már lehetőség nyílik egy ilyen jellegű térkép elkészítésére, ennek azonban alkalmazkodnia kell a vízfolyásokra vonatkozó ismereteink bővüléséhez.

Az itt bemutatott térképezési kísérlet az éghajlati adatokra támaszkodik és a következő 12 évszaktípust különbözteti meg: trópusi, vagy szubtrópusi területek két maximummal; trópusi területek egy maximummal; mediterrán és szubmediterrán területek /ezeket részben a hó befolyásolja/; szubtrópusi pluviális terület /Texas/; óceáni pluviális területek; pluvio-nivális és nivo-pluviális síkságok; részben nivális síkságok; teljesen nivális síkságok; intenzíven fagyott pluvio-nivális területek; pluvio-nivális monszun területek; szteppés monszun területek; a hegységek glaciális vagy nivális hatása alatt álló területek. Tizenharmadik típusként megkülönböztethetők a szabálytalan vízvezetésű területek.

Représentation des eaux fluviales selon leur type et débit
de l'eau sur les cartes à petite et à moyenne échelle

par

Prof. Sándor RADÓ	Benő RÁTÓTI
Office National	Chef de groupe
de Géodésie et de Cartographie	de l'Interprise de Cartographie

L'obtention et l'utilisation de l'eau cause sur le monde entier de plus en plus de soucis. Sans eau il n'y a pas de vie. Cette seule phrase explique l'importance de l'eau et en même temps aussi la raison, pourquoi la prospection de l'eau et l'enregistrement des résultats vient d'être mise au premier plan. La population et l'industrialisation s'accroît sans cesse, le débit de l'eau est stable, mais la pollution s'aggrave. C'est pourquoi la proportion de l'eau pure se diminue. En raison des régimes d'eau, des minima et des maxima l'écoulement des eaux inutilisées et aussi important. La science a lancé un travail de recherche de grande envergure à l'effet d'établir les fondements de l'intensification de l'utilisation. Ici, quoique seulement comme modeste participante, la géographie telle que science synthétisante et la cartographie telle que science enregistrante prennent part aussi.

Le résultat de l'essai du Prof. Guilcher représente aussi une telle expérience importante et efficace. Saisissant l'occasion nous voudrions esquisser nos propres idées et résultats de recherche à ce sujet.

Comme nous le savons, une partie des condensations atmosphériques tombantes sur la surface de la terre, s'évapore, une autre partie en fonction des roches superficielles, des conditions de la pente du terrain, du tapis végétal etc. s'infiltré dans le sol, une autre partie importante s'accumulant sur la surface forme des cours d'eau et s'écoule dans une nappe d'eau formante la base d'érosion ou dans la mer.

Des influences extrêmement confuses, compliquées par beaucoup de facteurs s'entraînant ou retardants l'un l'autre forment le régime des systèmes fluviaux.

La fluctuation du débit de l'eau des fleuves dépend en premier chef du caractère du climat. Du quantité des condensations atmosphériques relève le débit de l'eau, et de la répartition dans le temps de ceux-ci dépend le régime d'eau. Bien entendu la température, la pression atmosphérique et les vents jouent aussi une rôle importante et forment de pair avec la situation de la surface et avec l'élévation au-dessus du niveau de la mer les soi-disant régions morphologiques climatiques. Dans ces régions les cours d'eau se comportent différemment après l'arrivée au sol des condensations atmosphériques.

Le développement du facteur d'écoulement, c'est-à-dire le temps d'écoulement en p.c. des précipitations est très important. De celui-ci dépend le type du système d'eau de surface. En base des valeurs en p.c. du facteur d'écoulement - lequel est influencé par les facteurs susmentionnés - les types des surfaces réceptrices peuvent être établis.

1. Surface réceptrice de crue glaciaire de haute montagne. Le trait caractéristique de celle-ci est, que le débit dépend du dégel des neiges et des glaces /glaciers/. Caractéristiques sont les crues d'été et les minima d'hiver.

2. Surface réceptrice avec couverture de neige prolongée et avec une répartition uniforme de précipitation. Le période de la fonte des neiges est le

printemps; dans ce période le niveau d'eau est haut, le minimum arrive en été ou en automne.

3. Surface avec couverture de neige prolongée avec périodes caractéristiques d'été et d'automne. Le maximum est en été, le haute niveau d'eau d'automne est un peu plus faible. En hiver et en été se présentent des minima.

4. Surface le plus souvent sans neige, répartition uniforme des précipitations, avec un régime d'eau uniforme.

5. Surface réceptrice sans neige. Le débit et le régime dépendent en premier chef de la répartition des précipitations. Des maxima peuvent être observés en premier chef au printemps, des minima en été.

6. Surface avec peu ou sans précipitations: écoulements d'eau occasionnels /steppe, demi-désert, désert/.

De notre part nous estimons, que la distinction de ces 6 types principales des surfaces réceptrices est suffisante. En effet l'aspect morphologique cause des différences climatiques même à l'intérieur de petites régions; d'autre part celles-ci à cause de leur petite étendue n'exercent à peu près aucune influence sur le cours d'eau et c'est ainsi qu'en premier lieu les particularités caractéristiques des six types principales dominant. Bien entendu, en allant vers la représentation par des plus grandes échelles, les sub-types, exigeantes des analyses plus détaillées, doivent être aussi considérés. En cas d'une figuration des eaux de cette caractère, on peut déjà remarquer sur les cartes détaillées une similitude en fonction de la latitude géographique et de l'élévation au dessus du niveau de la mer. Cela résulte du caractère des régions morphologiques climatiques.

Les cours d'eau peuvent être représentés à deux points de vue:

1. Comme réseau hydrographique d'une simple carte géographique.
2. Comme éléments d'une carte spéciale fixante les données du quantité et du qualité, de la nature du cours d'eau.

Au fait les cartes géographiques peuvent être appelées aussi des cartes de base, étant donné que le réseau des cours d'eau ensemble avec le cadre et avec le réseau de la graduation donnent la squelette des cartes. C'est pourquoi, qu'elles sont employées dans beaucoup de domaines spéciales, beaucoup d'attention doit être consacrée à la représentation des cours d'eau d'une manière univoque.

C'est une chose connue, que la grande majorité des cours d'eau peut être représentée sur les cartes à moyenne- et petite échelle seulement avec une déformation. Nous dessinons p.ex. les fleuves à leur origine par une ligne de 0,1 mm et 0,1 mm représente sur une carte au 1/2 500 000^e 250 m. Or un fleuve d'une largeur de 250 mm à son origine n'existe guère sur le monde. Cette régularité se fait valoir, bien que dans une forme diminuante, jusqu'au bouches du fleuve. Évidemment nous pouvons représenter un fleuve géant conformément à l'échelle sans distortion.

Comme dans une article précédente /Geodézia és Kartográfia, 2/1962/ était déjà souligné, à la représentation de la hydrographie des cartes au moyenne et petite échelle c'est la valeur en m³/sec. du débit moyen annuel des fleuves qui peut être utilisé de préférence comme base de classification et généralisation. Les catégories et les épaisseurs de lignes pour la représentation dans les échelles différentes peuvent être étudiées sur les figures 1. et 2.

De ces figures on peut relever, que dans une échelle donnée quels fleuves doivent être représentés déjà par deux lignes.

C'est que nous voulions dire de la représentation des cours d'eau sur la carte géographique.

En observant ces catégories, nos cartes géographiques de base seront univoques et comparables.

C'est un devoir plus difficile et plus compliqué de représenter les propriétés quantitatives, qualitatives etc. des cours d'eau analysées en premier chef d'un aspect géographique. En représentant ces traits sur la carte, nous donnons déjà essentiellement beaucoup plus, on pourrait dire, une carte spéciale

hydrographique.

Les cartes de cette caractère on pouvait très bien utiliser aussi dans la vie pratique et aussi dans l'enseignement.

Il reste naturellement un problème: quoi et combien devons nous représenter sur la carte, comment devons nous donner des fleuves de la Terre une telle image caractéristique, laquelle on pourrait utiliser dans les domaines spéciales ayants trait à l'eau.

Aux fins d'expérience nous avons établi en 1963 le fragment d'une carte hydrographique et aux cours de 1964 nous avons commencé le mise en oeuvre des cartes des continents au 1/1 000 000^e.

Cette oeuvre de taille a été précédé en 1962 par la systématisation des données de cette caractère reçues de presque cent pays. Néanmoins - comme le Prof. Guilcher a soulignée - il sera à quelques endroits nécessaire de faire des interpolations et extrapolations.

Comme la carte ci-joint montre, le contenu des cartes thématiques se base sur la carte de base géographique sus-indiquée. Elle contient entre autres les limites de la surface récéptrice, son étendue, l'élévation au dessus du niveau de la mer de l'origine des fleuves majeurs, le lit mineur, les crues, tout en indiquant leur saison. Avec la coloration des surfaces récéptrices nous avons essayé de représenter le type climatique, lequel est caractéristique pour la surface en question.

Mais la carte parle plutôt pour soi même, considérant la légende détaillée.

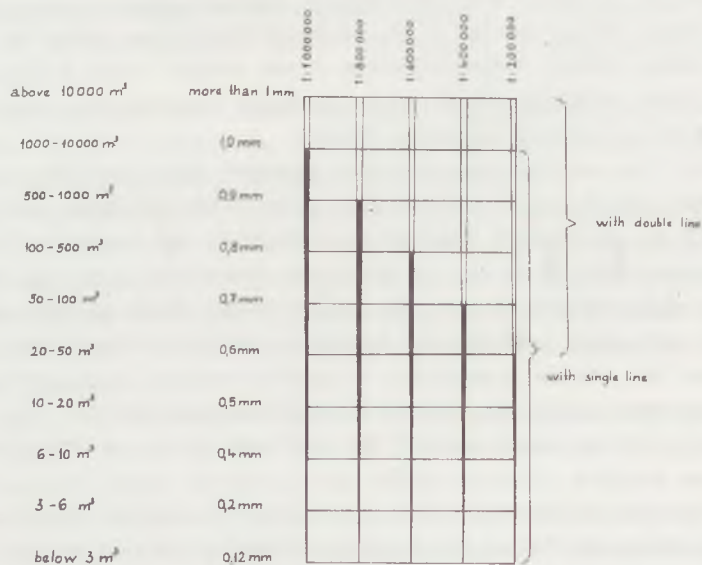


Fig. 1.

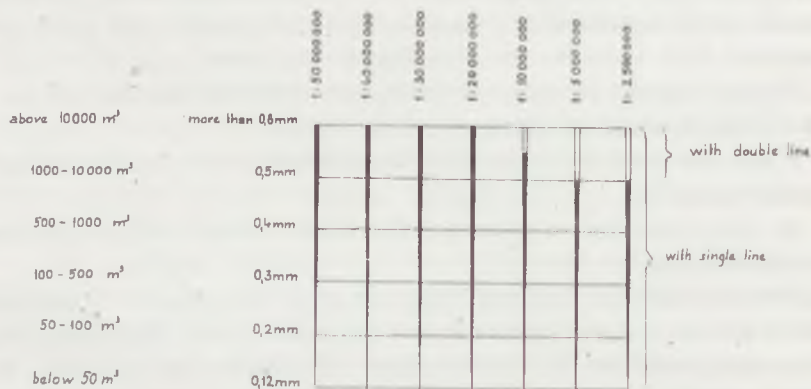


Fig. 2.

La cartographie des eaux souterraines

par

András RÓNAI

Chef de section

Institut National de Géologie

Il y a peu de pays développés du monde où le réseau fluvial est assez dense et les débits assez abondants pour satisfaire au besoin intégral de l'eau. Dans la plupart des pays il faut utiliser les eaux souterraines aussi. En Hongrie c'est de l'eau souterraine qu'on reçoit un tiers de la quantité nécessaire de l'eau et il y a des vastes étendues où c'est la source unique de l'approvisionnement. La plupart des puits chez nous délivre l'eau de la première aquifère souterraine, de la nappe phréatique, dont l'importance est bien grande au point de vue des constructions aussi. Voilà l'explication pourquoi on a fait tant d'essais pour cartographier la première nappe de l'eau souterraine, la nappe superficielle.

Ce qui est à cartographier c'est:

- 1./ la profondeur de la nappe de l'eau;
- 2./ la puissance de la première aquifère souterraine;
- 3./ le débit de l'aquifère; la réserve de l'eau
- 4./ la qualité de l'eau, le caractère chimique.

Ad.1. On peut faire figurer la profondeur de la nappe phréatique relativement au niveau de la mer et à la superficie du terrain /la situation absolue, respectivement relative de la nappe/. La vie pratique exige premièrement la carte de la profondeur relative. C'est ce qui nous donne la profondeur nécessaire des puits et aux ingénieurs la profondeur où on doit calculer avec la présence de l'eau.

La difficulté la plus grande en rédigeant ces cartes surgit du phénomène que la nappe de l'eau souterraine a des variations journalières, saisonnières et périodiques durant plusieurs années. On ne peut rédiger des cartes que des endroits où on a un réseau satisfaisant des puits d'observation et des résultats de l'observation régulière au moins de deux ou trois dizaines d'années.

En Hongrie nous avons 2200 puits observés régulièrement par chaque trois jours. Quatre cents de ces puits sont observés depuis une trentaine d'années.

Fig.1. Réseau des puits d'observation.

Combien imposante soit le nombre de ces puits d'observation, il est loin d'être suffisant ce réseau pour rédiger des cartes détaillées seulement à l'aide de ces données. C'est pourquoi nous avons fait un recensement intégral de tous les puits sur les territoires plaines. Le cadastre englobe les données de 1,2 millions de puits, en moyenne de 16 puits par chaque kilomètre carré. Nous avons marqué le lieu des puits sur les cartes détaillées /de 1:2,880 à 1:25.000/ et enregistré la profondeur des puits, le niveau et la température de l'eau, quelques renseignements sur oscillation de la nappe d'eau et de la qualité de l'eau. Le recensement durait 5 années. Pour rédiger une carte homogène on a transposé les différents niveaux mesurés par région à un niveau moyen à l'aide des données des puits d'observation. Ainsi nous avons construit une carte à 200.000-ème de la profondeur moyenne de la nappe phréatique au dessous de la surface.

Fig.2. Carte de la profondeur de la nappe phréatique 1:200.000.

Une telle carte peut être établie seulement des territoires où le réseau des puits est assez dense et bien distribué.

Fig.3. Réseau de puits sur la Grande Plaine.

La carte ne peut être construite que des régions plaines où la nappe de l'eau phréatique forme un horizon continu audessous de la surface du terrain. Le succès de notre carte montre qu'il y a une possibilité de rédiger des cartes de la profondeur relative de la nappe de l'eau audessous de la surface malgré que la surface même n'est pas un niveau régulier et la nappe de l'eau non plus.

Je ne veux pas maintenant parler des résultats scientifiques de cette carte et des enseignements géologiques qu'elle nous a donné.

Ad 2-3. Je veux parler de nos autres efforts de faire représenter la puissance des couches aquifères et le débit de l'eau qu'on peut attendre de ces couches. Sur notre grande plaine les premières couches aquifères sont en général minces et leur débit est très bas. Cependant il est extrêmement difficile de donner des mesures exactes de la puissance de ces couches et de leur débit étant donné, qu'il s'agit ici des couches fluviatiles dont la puissance change rapsodiquement, ainsi que la composition granulométrique des matériaux aussi. Ce qui est plus important encore, c'est qu'il n'y a pas de couches imperméables continues parmi des couches aquifères fluviatiles. Ainsi à travers de nos couches quaternaires qui remplissent notre grand bassin dans une épaisseur de 100-200-500 m, il existe - ou peut exister - une communication entre les couches aquifères de différentes profondeurs. Il est en vain de parler de l'épaisseur ou du débit d'une certaine couche aquifère, dans cette série quaternaire, il faut parler de l'épaisseur et du débit des couches fluviatiles ensemble.

Nous avons élaboré un schéma pour représenter les conditions hydrogéologiques des couches quaternaires dans le grand bassin hongrois. C'est une série de profils basés sur les données des forages de l'eau.

Fig.4. Profile complexe hydrogéologique.

Les différentes données des forages sont distribuées en cinq bandes. Une audessous de l'autre. L'ensemble de ces bandes donnent une image intégrale des conditions hydrogéologiques qui règnent en différentes profondeurs par régions.

La première bande /I./ donne une esquisse géologique représentative à grands traits la série des couches perméables et imperméables. La deuxième /II./ bande indique le lieu de forages, leurs profondeurs et par des flèches le niveau jusqu'à l'eau remonte dans les tubes des puits ou bien audessus des puits.

La troisième bande /III./ indique les mêmes données en nombres.

Sur une échelle de profondeur il sont marqués les nombres, de combien mètres reste le niveau piézométrique de l'eau provenant de différentes profondeurs audessous de la surface / - / où bien remonte en haut audessus de la surface / + /. Une ligne vaste traverse cette bande qui par région représente la profondeur d'où on peut obtenir de l'eau jaillissante audessus de la surface. Cette ligne n'est pas du tout régulière dans notre grand bassin. Il y a des lieux où la pression augmente graduellement correspondent aux conditions hydrogéologiques dans les couches situées de plus en plus profondément - quelquefois l'augmentation est irrégulièrement plus grande que celle explicable par des facteurs hydrostatiques - et il y a d'autres où cette augmentation est irrégulièrement petite. Dans la formation de ces circonstances le contenu de gaz des eaux joue aussi un certain rôle. Les eaux gazeuses caractérisent certains endroits et sont liées aux traits tectoniques. Elles sont marquées sur la bande /III./ par hachure oblique.

Sur la quatrième bande est marquée la température des eaux des puits de différentes profondeurs. Comme la température était mesurée à l'exit de l'eau des puits, elle ne correspond pas précisément à la température qui règne au fond du puit. Tout de même les nombres montrent qu'il y a des différences pregnantes entre les régions en ce qui concerne le gradient géothermique.

Enfin la cinquième bande donne une image du débit des puits. Quoique les débits sont influencés par l'achèvement des puits et par leur état, les différences qui se montrent par région dans le débit de plusieurs puits sont caractéristiques au point de vue des conditions hydrogéologiques.

La rédaction a calculé avec une sixième bande encore. S'il y a assez analyses chimiques, cette dernière bande donne une idée de la qualité des eaux.

Ad.4. La représentation des analyses chimiques sur les cartes ou dans les profils est un devoir qui'on a résolu après longs essais. Les cartes qui ne donnent qu'un seul élément des sels dissous dans les eaux sont fréquemment employées /cartes du content de natrium, carte du content de sulphat, carte de la dureté de l'eau, etc. /Mais sur les cartes et profils concises il faut représenter le caractère de l'eau tout ensemble. A ce sujet servent les "diagrammes d'étoiles".

On exprime la quantité des ions les plus importantes c'est à dire leurs équivalents en pourcents par les côtés de l'étoile. Au début c'était la longueur des côtés, qu'on a tirait proportionnellement à la quantité des ions. Les figures étaient comme ça très étendues. Après, on a construit des tétragones sur les côtés, mais le calcul de territoire de ces figures était difficile.

Fig.5. Carte des analyses chimiques.

Nous avons introduit le cercle comme base des figures et les triangles, au lieu des tétragones. Le cercle est proportional au content total de sel des eaux en mg/l. Les triangles indiquent le pourcent des équivalents des ions les plus importantes. Il est très facil à rassembler par un coup d'oeil les triangles des cations et anions, on reconnaît tout de suit le caractère de l'eau par la forme de la figure et il est très facil à calculer le grandeur des cercles et des triangles. A ce sujet nous avons préparé des nomogrammes.

Ces étoiles géométrisées sont bien applicables sur les cartes et sur les profils. Leur avantage n'est pas limité au domain des eaux souterraines, elles sont applicables à tout autre endroit où on emploie des analyses chimiques.

Ces méthodes de représentation nous avons employés à la redaction des cartes géologiques, hydrogéologiques, et aux cartes pour les travaux publiques et constructions à 200.000-ème publiées par l'Institut Géologique de Hongrie tout récemment.

Rapport annexe à l'exposé du Professeur André GUILCHER

par

György LOVÁSZ

Chercheur scientifique
de l'Institut Scientifique de l'Académie des Sciences de Transdanubie

Le travail accompli par le professeur André Guilcher est immense et admirable. Dans les différentes parties du monde on s'est déjà occupé du régime des fleuves. Les types de régime établis par le professeur Guilcher présentent le régime des fleuves de notre globe avec une grande abondance de détails. Cependant de vastes régions de cette carte géographique sont incontestablement hypothétiques, puisque les mesurages ne s'appuient pas sur des périodes plus longues ou plus brèves. En rapportant le régime à une région fluviale peu étendue, c'est-à-dire en dessinant la carte géographique sur des régions fluviales peu étendues, on obtient un aspect plus coloré et plus varié. Moi aussi, je faisais récemment des analyses relatives aux types de régime dans le bassin carpathique. Ces récepteurs sont évidemment de dimension plus restreinte que les régions fluviales analysées par le professeur Guilcher, mais puisque l'ambiance géographique naturelle est très variée, des types de régime très variés s'y profilèrent. En étudiant les conditions de régime dans le bassin carpathique, on peut constater que les régimes des écoulements d'eau se modifient dans une très forte proportion par suite du changement considérable des conditions de relief et des conditions géologiques bien que les régions climatiques soient à peu près identiques. Cela se rapporte surtout à la quantité du transport d'eau spécifique. L'exemple que voici le confirme suffisamment. Les fleuves Nyitra et Garam puisent leurs eaux dans la région méridionale des Carpathes nord-ouest. Leurs régions fluviales sont à peu près identiques, mais l'énergie de relief de la région fluviale du Nyitra est sensiblement moindre que celle du récepteur du fleuve Garam. C'est pourquoi la période pendant laquelle les eaux s'amassent est plus longue et la perte de vaporisation est plus grande. La grande symétrie territoriale des terres cultivées augmente aussi la perte de vaporisation. Dans le récepteur du fleuve Nyitra ce n'est pas seulement la perte de vaporisation qui est plus grande que celle de la région du Garam. Des volumes considérables s'infiltrèrent dans les profondeurs et alimentent l'écoulement sous la superficie. C'est la grande extension territoriale de la mouvante couche sablo-caillouteuse pannonienne qui facilite l'infiltration, c'est-à-dire, l'écoulement sous la superficie. C'est ainsi que l'écoulement spécifique du fleuve Nyitra est de 50% inférieur à celui du Garam bien que les régions fluviales des deux fleuves soient avoisinantes et bien que l'allure annuelle du régime soit à peu près identique.

Ce seul exemple démontre quels changements considérables se produisent par suite de la modification des conditions géographiques. C'est pourquoi la géographie hydrographique doit s'assigner la tâche de soumettre à l'examen la corrélation entre le régime des régions fluviales de dimension restreinte et leur ambiance géographique naturelle. C'est à l'aide de ces analyses poursuivies en série sur les régions cultivées de la Terre qu'on pourra apporter un perfectionnement à la carte géographique dressée par le professeur Guilcher.

Les résultats obtenus par l'analyse du transport d'eau annuel des fleuves débordent en beaucoup de cas les cadres de la géographie hydrographique au sens strict du mot. L'eau et la plante réagissent - entre autres - le plus sensib-

lement au climat. En étudiant le changement moyen de l'écoulement annuel et celui de plusieurs années, on peut établir des différenciations climatiques complémentaires. Qu'il me soit permis de citer à titre d'exemple mes propres recherches faites dans la région fluviale de la Drave. Les régions fluviales situées au sud de la ligne centrale des Alpes appartiennent grosso modo à la même région climatique. Pourtant de grandes différences se manifestent dans le caractère du régime des fleuves. Ces différences démontrent de façon convaincante l'extension territoriale de l'effet provoqué par les masses d'air méditerranéennes. Il apparaît de mes recherches relatives aux régimes des fleuves que ces masses d'air provenant d'une direction du Sud font sentir à peine leur effet sur la région fluviale de l'Isel, tandis qu'elles produisent un effet considérable sur la région fluviale du Gail avoisiné. A la base d'une analyse détaillée on peut constater de même que l'effet de provenance méditerranéenne est sensiblement plus grand sur le territoire des Alpes Juliennes et des Karawanken que sur celui des Alpes Carniques avoisinées, respectivement sur la région fluviale du Gail. En même temps on n'observe aucun effet de provenance méditerranéenne sur le régime du fleuve Mur situé à 150 kilomètres au nord et sur celui de ses affluents.

En étudiant les phénomènes de la géographie hydrographique, on peut voir une série d'effets complexes. Les recherches pratiquées dans la région de la Drave rendent possible d'observer en quelle mesure l'effet méditerranéen et atlantique se manifestent, ainsi que le rôle des montagnes dans la modification du courant des masses d'air et leur rôle dans le dessèchement des masses d'air.

En examinant le régime des grands fleuves et de leurs affluents, ainsi que le changement de leur débit, nous apprenons à connaître mieux leurs caractéristiques spéciales. Grâce à ces connaissances, on réussira à se protéger plus efficacement contre les inondations et on utilisera mieux l'eau des fleuves.

En étudiant les affluents, on peut établir quel écoulement d'eau fournit la plus grande quantité d'eau dans telle période de l'année. En outre on peut voir l'effet des affluents sur le débit du principal fleuve récepteur, respectivement sur son régime. Ces questions sont très importantes si l'on veut connaître à fond les phénomènes vitaux hydrographiques d'un grand fleuve.

Caractéristiques du Régime des eaux souterraines
des zones fluviales

par

Károly UBELL

Chef de section

à l'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques

On a l'expérience générale que le régime des eaux souterraines le plus complexe se trouve dans les zones côtoyant les fleuves.

Le régime des eaux souterraines le plus simple se produit dans les régions où les fluctuations de la nappe souterraine ne sont influencées que par la précipitation et l'évaporation. En ce qui concerne les zones fluviales, outre l'effet des condensations atmosphériques et de l'évaporation, c'est l'échange des eaux souterraines riveraines et l'infiltration à caractère permanent dépendant des conditions de pente qui exercent leur effet également.

Dans le cas où l'on désire classer les cours d'eau, on distingue deux groupes principaux, soit:

- les cours d'eau pérennes, et
- les cours d'eau temporaires

Les caractéristiques des deux groupes principaux cités sont déterminés en générale par les conditions de précipitation, notamment la quantité des condensations atmosphériques et de la répartition de cette dernière. Au point de vue du régime total des eaux, les deux groupes principaux cités se distinguent aussi suivant les corrélations s'établissant entre les eaux fluviales et celles souterraines.

Les cours d'eau pérennes sont reliés aux bassins - réservoirs d'eau souterraine et dans les saisons exemptes de précipitation, - soit à caractère pérenne ou temporaire - c'est la nappe d'eau qui alimente le fleuve. L'alimentation en eau souterraine peut présenter des mesures variables suivant les dimensions de l'emmagasinement souterrain, suivant le volume de la provision d'eau et finalement dépendant des conditions de la pente et de l'infiltration. Notons, que le cours d'eau du fleuve est sensiblement influencé, outre les dispositions climatiques par le régime des eaux souterraines des zones cotières. Aux dispositions climatiques analogues, les cours d'eau des régimes ayant une liaison avec des bassins d'emmagasinement d'eau souterraine importants, sont plus uniformes et plus équilibrés.

Les cours d'eau temporaires se présentent surtout dans les régions arides et semi-arides, dont le miroir d'eau de la nappe souterraine se trouve plus bas que le fond du cours d'eau. Le volume d'eau souterraine n'alimente pas le fleuve, mais bien contrairement; on constate des fuites d'eau du fleuve alimentant la nappe souterraine.

En ce qui concerne les cours d'eau pérennes, un regroupement plus détaillé est utile suivant le caractère des différentes sections de fleuve. Dans le premier cas, en fonction de la situation relative du niveau de fleuve et des eaux souterraines, c'est la nappe d'eau qui alimente le fleuve /cours d'eau effluents/; quant' au deuxième cas, une quantité d'eau considérable fuit du fleuve en s'infiltrant à la nappe souterraine des zones cotières./ cours d'eau influents/. Suivant le niveau d'eau du fleuve et des modifications de niveau, tous les deux cas peuvent se produire à la même section. Pendant la période de niveau d'eau bas et des eaux basses durables, c'est la nappe souterraine qui alimente le fleuve.

Lors des crues, une infiltration est possible à partir du fleuve s'ajoutant aux eaux souterraines. Le caractère des différentes sections fluviales peut être déterminé sur la base du niveau d'eau moyen et suivant l'addition de la circulation des eaux souterraines variables qui dépendent du niveau d'eau.

Dans le cas où le niveau d'eau moyen du fleuve est disposé au-dessus de la nappe souterraine moyenne des environs, il s'agit d'une section de fleuve à caractère de cours d'eau effluent. Telles sont les sections de fleuve à lit empâté où, les eaux souterraines infiltrées rendent le régime plus équilibré.

Si le niveau d'eau moyen du fleuve /et quelques fois aussi le niveau minime/ se trouve au-dessus de la nappe souterraine générale des environs, on considère une section de fleuve de caractère de cours d'eau influent. Ce sont les sections où les eaux passent dans un lit suspendu - notons, que suivant cette considération les cours d'eau temporaires des régions arides sont également des fleuves à lit suspendu - et dans la présence d'une couche épaisse "à bonne perméabilité à l'eau" une perte d'eau permanente se produit dans le fleuve.

En Hongrie, le Danube par exemple, a pour la plupart un lit empâté, mais à la section du Haut-Danube, de 1850 km jusqu'à 1810 km, on observe un lit suspendu alimentant d'une manière considérable la nappe souterraine des couches graveleuses épaisses se trouvant sur le cône de déjection immense de la Petite Plaine hongroise.

Voici mes idées avec lesquelles je me suis proposé de compléter le classement des types de fleuve exposé dans l'excellente conférence de M. A. Guilcher. D'après mon avis, lors du classement plus détaillé et de l'étude du caractère des différentes sections fluviales, il serait utile de prendre en considération le régime des eaux souterraines de la région côtière également.

En général, on peut distinguer deux zones de terrain côtoyant les fleuves:

les eaux souterraines se trouvant sous l'effet direct du fleuve suivent fidèlement les changements de niveau d'eau du fleuve. C'est cet effet, qui se limite en général seulement à une zone de quelques cents mètres de largeur.

Quant à l'effet indirect du fleuve, on ne peut observer chaque effet d'oscillation du niveau d'eau, mais plusieurs vagues de crue amènent une élévation accumulée niveau des eaux souterraines, tandis que le niveau d'eau fluvial bas cause la réduction de la nappe souterraine. Tant les eaux fuyant du fleuve, que les eaux souterraines s'infiltrant dans le fleuve /toujours aux conditions de limite qui sont caractéristiques à la section transversale/ dépendent de la situation relative du niveau d'eau du fleuve et de la nappe souterraine /I/ et de l'intensité des changements du niveau fluvial / $\frac{\partial h}{\partial t}$ /. L'infiltration spécifique sera:

$$q = q_0 + q_1$$

d'où

$q_0 = f / I /$ est l'infiltration permanente déterminée par le gradient hydraulique donné et le deuxième membre de l'équation exprime l'infiltration non-permanente ce qui est la fonction de l'intensité du changement du niveau d'eau:

$$q_1 = f / \frac{\partial h}{\partial t} /$$

L'eau et le développement économique
des régions méditerranéennes et de la zone tropicale

par

Hildebert ISNARD

Professeur à l'Université d'Aix-en-Provence

On oublie souvent que la condition préalable au développement économique dans les pays de la zone tempérée a été la Révolution agricole qui a multiplié les produits et libéré la main d'oeuvre à mettre à la disposition des industries. Il n'en va pas autrement dans les pays des régions méditerranéennes et des régions tropicales qui appartiennent aux vieilles civilisations agraires : ils ne sortiront de leur sous-développement qu'après avoir trouvé les solutions aux problèmes que pose l'essor de leur agriculture. Un de ces problèmes majeurs concerne la maîtrise de l'eau.

I - La géographie de l'eau dans ces régions.- Les régions en question s'étendent en zones de part et d'autre des tropiques. Leurs régimes pluviométriques présentent plusieurs caractéristiques décisives pour l'agriculture : l'existence d'une saison sèche, estivale dans la zone méditerranéenne, hivernale dans la zone tropicale interrompt la vie végétative pendant plusieurs mois ; le total des précipitations annuelles diminue rapidement vers les tropiques au point de rendre la vie végétale de plus en plus précaire ; enfin les pluies tombent sous forme d'averses violentes : elles provoquent de brusques montées des fleuves qui débordent périodiquement. Le drainage à la mer n'étant pas toujours assuré, les eaux stagnent en marécages dans les deltas et les basses plaines alluviales : ces régions marécageuses envahies par la végétation aquatique sont des milieux naturellement répulsifs pour l'homme en raison non seulement des difficultés opposées à leur mise en valeur mais aussi de l'insalubrité endémique causée surtout par le paludisme.

Dès lors, on conçoit facilement que le peuplement et l'exploitation de tels milieux géographiques exigent l'intervention de techniques et de travaux d'aménagement que seules des sociétés organisées peuvent exécuter : le but à atteindre consiste dans le contrôle des eaux.

Quels résultats positifs est-on en droit d'en attendre ?

II - L'eau et le développement.- Sur l'infrastructure du contrôle des eaux peut s'édifier toute une économie diversifiée.

A - L'agriculture sera la première bénéficiaire.- Son domaine augmentera des nouvelles terres récupérées, la plupart d'une grande fertilité. L'assèchement des marécages complété par la construction de digues en vue de protéger les parties basses contre les inondations mettent des surfaces cultivables à la disposition des hommes : on se contentera de rappeler quelques exemples typiques de "bonification" : Marais Pontins en Italie, Mitidja en Algérie, Betsimitatatra à Madagascar.

Les techniques d'arido-culture ou dry-farming, vieilles comme le monde méditerranéen ont permis à l'agriculture de conquérir des terres sur les steppes qui semblaient condamnées par la nature, à l'élevage extensif : il suffira de citer l'extension des olivettes sur la Basse Steppe tunisienne et la mise en culture des terres d'achâba du Sersou en Algérie.

Mais la révolution la plus décisive, c'est l'irrigation qui la déclenche. L'irrigation par simple dérivation des eaux de sources ou de rivières permet de corriger l'irrégularité des pluies méditerranéennes ou de mousson et de mettre en culture des terres trop parcimonieusement arrosées par ces pluies : il n'y a pas lieu d'insister, les exemples abondent tant dans le domaine méditerranéen que dans le domaine tropical. Nous voudrions plutôt attirer l'attention sur les effets multipli-

cateurs de l'irrigation par barrages-réservoirs.

Elle rend possible le développement d'une agriculture permanente non seulement dans les régions à longue saison sèche, mais aussi dans les régions désertiques. Avec la suppression de la jachère climatique, la production agricole devient continue autour de 2 maxima correspondant aux récoltes de saison humide et aux récoltes de saison sèche. L'introduction de ces dernières dans le système traditionnel de cultures peut être l'origine du démarrage économique : la construction de barrages-réservoirs donne la possibilité d'ajouter des cultures industrielles aux cultures de subsistance, notamment dans les pays méditerranéens qui ont pu emprunter aux pays tropicaux, les cultures de coton, de canne à sucre, d'arachide, de riz : celles-ci ont été, par exemple, le point de départ de l'industrialisation de l'Égypte.

Ainsi, le contrôle des eaux détermine l'extension des surfaces cultivées, la diversification des récoltes, l'augmentation des rendements. Il en découle d'heureuses conséquences pour la démographie : amélioration de la santé publique avec la disparition des foyers de paludisme ; alimentation plus abondante et de meilleure qualité. Mais surtout le transfert de population vers les terres nouvelles ou exploitées intensivement permet de décongestionner les régions surpeuplées ou soumises à des pratiques destructrices : l'aménagement des régions marécageuses de la côte orientale de Madagascar vise surtout à déplacer les Tanala dont les cultures sur brûlis sont responsables de la dégradation des forêts et des sols sur les versants montagneux.

B - L'eau et l'industrie.- Nous avons déjà indiqué que grâce à l'irrigation, les systèmes de cultures, pouvaient désormais intégrer aux récoltes vivrières, des récoltes destinées à la transformation par l'industrie : les premières opérations industrielles sont nées dans beaucoup d'États africains de la nécessité d'égrener le coton et de le mettre en balles sur place pour l'exporter vers les filatures : toute sisaleraie dans le sud de Madagascar s'accompagne d'une usine de défibrage.

Mais les barrages-réservoirs offrent d'autres possibilités industrielles : équipés de centrales hydro-électriques, ils sont une source d'énergie. Les pays méditerranéens et la zone tropicale manquent généralement de houille. La production électrique peut suppléer ce carance : le potentiel d'énergie hydraulique de l'Afrique tropicale représente 40 % du total mondial. Cette énergie est largement suffisante pour assurer l'industrialisation du continent qui possède les matières premières fournies par son agriculture et son sous-sol. En particulier, l'Afrique pourrait aisément produire les cotonnades nécessaires à la satisfaction des besoins intérieurs ; elle pourrait posséder les grands complexes métallurgiques traitant le fer, le cuivre, la bauxite, le manganèse extraits de ses mines. Un barrage-réservoir peut ainsi devenir un pôle de développement pour les activités agricoles et industrielles de toute une région : il oblige les mentalités, les structures périmées à évoluer pour s'adapter aux exigences nouvelles. On sait l'action révolutionnaire exercée par le barrage construit à Bin el Ouidane sur l'Oued el Abid, au Maroc : outre une énergie électrique correspondant à une puissance installée de 45.800 kilowatts, il fournit l'eau nécessaire à l'irrigation de terres dont les anciens occupants, misérables semi-nomades, ont été transformés en agriculteur sédentaires vivant d'arboriculture fruitière et de cultures alternées de céréales, de légumineuses, de luzerne et de plantes sarclées.

C - Le Commerce.- Il est bien évident que les richesses nouvelles créées par l'exécution d'un programme d'aménagements hydrauliques doivent améliorer les conditions du commerce extérieur. Elles permettent de réduire les importations de produits alimentaires et de produits fabriqués et d'accroître les exportations de matières premières d'origine agricole et peut être même d'articles industriels. Il doit en résulter un allègement du déficit qui caractérise la balance commerciale de la plupart des pays sous-développés.

Ainsi l'eau peut jouer dans le démarrage de l'économie des régions mé-

diterranéennes et des régions tropicales le rôle de la houille pour certains Etats aujourd'hui fortement industrialisés : c'est pourquoi la mise en place d'une infrastructure hydraulique devrait y venir en priorité dans les plans d'équipement. La colonisation avait bien compris son importance, mais les aménagements qu'elle a réalisés ont trop souvent été orientés pour servir ses intérêts propres.

III - Analyse de quelques exemples.- Tel est bien le cas en Guinée et au Cameroun où la construction de barrages par la France a été entreprise afin de fournir du courant électrique à bon marché aux trusts de l'aluminium : le complexe industriel de la Compagnie Camerounaise Pechiney-Ugine, né autour du barrage d'Edéa sur la Sanaga est un puissant organisme, artificiellement enkysté dans le pays et incapable de propager le développement autour de lui.

D'autres réalisations françaises sont restées sans grand effet : tel le barrage de Sansanding qui devait permettre l'irrigation de vastes superficies à consacrer au coton dans le Macina malien ; tels encore les 12 barrages dont l'Algérie a été dotée : il n'y a, à mettre à leur actif, que l'irrigation de 42.000 hectares et la production d'électricité à prix de revient trop élevé pour l'industrie.

Le Gouvernement fédéral de l'Afrique Centrale s'est lancé quelques années avant sa dissolution dans l'exécution d'un vaste plan d'équipement des fleuves, en vue de la production de l'énergie électrique nécessaire au développement de l'industrie métallurgique : le projet le plus grandiose concerne la construction du barrage de Kariba sur le Zambèze dont les centrales doivent atteindre un potentiel de 600.000 Kilowatts.

L'administration coloniale anglaise fut mieux inspirée dans son projet du Gesira Scheme au Soudan de Khartoum : la Gesira est une vaste plaine semi-désertique comprise entre le Nil bleu et le Nil blanc et traditionnellement parcourue par des éleveurs de chèvres. Il s'agissait d'y amener l'eau à partir du barrage construit à Sennar. Le gouvernement soudanais a pris la suite, ajoutant au système un second barrage, celui de Roseires. Les 850.000 acres de terres irriguées portent aujourd'hui plus d'un demi-million d'habitants qui sont passés du nomadisme pastoral à l'agriculture intensive. Les récoltes de coton alimentent une industrie locale de transformation et l'exportation de graines et de fibres.

Quoi qu'il en soit une politique d'aménagements hydrauliques ne peut déclencher les diverses réactions en chaîne qui propagent le développement que si elle s'intègre dans une planification de l'ensemble de l'économie, strictement conçue pour servir l'intérêt général : autrement dit, elle ne déploie son efficacité que dans une situation de pleine indépendance nationale.

Les jeunes Etats africains l'ont compris : une fois maîtres de leur destinées, ils se sont empressés de mettre au point des projets d'équipement de leurs fleuves.

Le Ghana fonde son développement économique sur le contrôle des eaux de la Volta : un puissant barrage est en construction à Akosombo dans les gorges des Monts Akwapim : complété par d'autres barrages secondaires, il sera équipé de centrales hydro-électriques d'une puissance totale dépassant le million de Kw. Le courant alimentera une industrie de l'aluminium qui utilisera d'abord de l'alumine importée puis de la bauxite locale, pour atteindre une production de 135.000 tonnes d'aluminium en 1974. En amont du plan d'eau, la Volta constituera une voie navigable de pénétration dans le Nord. Vivifiée par les eaux, la plaine côtière sèche parcourue aujourd'hui par des troupeaux, sera irriguée sur 200 ou 300.000 acres qui porteront des cultures vivrières destinées aux villes voisines d'Accra ; de Tema. Enfin, le lac artificiel ensemencé en poissons, des tilapia notamment, sera un lieu de pêche pour plusieurs centaines de familles spécialisées.

La République Sud-africaine a lancé en 1962 son ambitieux projet d'équipement de l'Orange : 3 barrages sont en construction sur le fleuve près de Douglas, Petrusville et Bethulie. Leurs eaux seront dérivées dans les vallées de la Fish, du Sundays, de la Sak et de l'Orange dont elles irrigueront au total 700.000 acres de terres. Des centrales hydroélectriques fourniront du courant à

usage industriel et urbain. Enfin, les artificiels deviendront des centres de tourisme.

Madagascar possède sur ses côtes occidentales de vastes étendues alluviales constituées par des deltas. Ce sont, aujourd'hui encore, des marécages, les baïboas, périodiquement recouverts par les crues. Leur drainage, leur protection par des digues, leur irrigation à partir de barrages mettraient des terres fertiles à la disposition de l'agriculture qui en manque. Déjà la période coloniale avait montré la voie en équipant successivement le delta de la Mahavavy du sud et celui de la Mahavavy du nord où se sont développés de grands complexes sucriers. Il s'agit aujourd'hui d'aménager le delta du Mangoky : de grands travaux sont en cours d'exécution ; ils doivent aboutir à l'irrigation de 100.000 hectares grâce au barrage de Bevoay. Le système de cultures comprend des rizières et des plantations de coton dont les récoltes fourniront leur matière première aux usines textiles d'Antsirabé. Cette colonisation intérieure s'effectuera au profit d'immigrants malgaches qui seront établis sur de petites exploitations équipées et contrôlées par les pouvoirs publics. Les enseignements tirés de l'équipement du Bas Mangoky serviront à l'aménagement ultérieur des vallées et des deltas de l'Ouest, soit approximativement 500.000 hectares de terres alluviales.

Au terme de cette communication, une conclusion, semble-t-il, s'impose : dans les régions méditerranéennes et dans les régions tropicales ; c'est la maîtrise des eaux qui joue le rôle initial dans le développement intégré de l'agriculture et de l'industrie. L'aide en techniciens et en capitaux à leur apporter devrait donc essentiellement leur permettre de réaliser les projets qui leur assureront cette maîtrise.

A víz jelentősége a mediterrán és trópusi övezet
gazdaságilag fejletlen országában

Hildebert ISNARD

Míg a mérsékeltövi országokban az iparosítás, a mediterrán és trópusi övezet mezőgazdaságilag jellegű országában a vízszabályozás a gazdasági fellendülés mozgató ereje.

1/ A vízszabályozás elengedhetetlen feltétele a megfelelő egészségügyi viszonyok megteremtésének, amely nélkül a népesség számának növekedése nem lehetséges.

2/ A mocsaras vidékek csatornázása és a belvizvédelem lehetővé teszi a művelhető terület növelését, amely újabb agrártelepítésekhez vezet, s ezáltal megoldódik egyes vidékeken a túlnépesedés problémája.

A megművelhető területek növelése azért jelentős a gazdaságilag fejletlen országokban, mivel ez könnyebb számukra, mint a terméshozamok emelése.

3/ A vízszabályozás lehetővé teszi az öntözéses mezőgazdaságra való áttérést, amelynek előnyei a következők:

a/ a szárazsággal küzdő területeket művelhetővé teszi többletvíz felhasználása nélkül. Ezeknek a területeknek az öntözése lehetővé teszi a nomád pásztorkodásról a mezőgazdaságra való áttérést;

b/ megakadályozza, hogy az aszály a termést tönkretegye /monszun országok/;

c/ lehetővé teszi a száraz évszakban a második aratást /a természetes ugar megszüntetése itt éppen olyan jelentős, mint a mérsékeltövi országokban a mesterséges ugar megszüntetése/. Példaként említhető a rizs második aratása a trópusi országokban, nyári aratás a mediterrán vagy sivatagi vidékeken, amelyek a rizs-, cukornád- és gyapottermelés bevezetése által trópusi jellegűvé váltak /Észak-Afrika, Egyiptom/.

A hidraulikai berendezések létesítése az iparosítási politika előfeltétele, amely lehetővé teszi az ipari növények termelését és biztosítja a kőszénben szegény mediterrán és trópusi vidékek energiaellátását. Ez a fogyasztási iparágak, elsősorban a textilipar fejlesztésének alapja.

Rapport annexe
à l'exposé du Professeur H. Isnard

par

Pál SALAMIN
Professeur
à l'Université des Sciences Techniques de Budapest

Le Professeur H. Isnard vient d'énoncer dans son exposé les suivants: Les pays des régions méditerranéennes et des régions tropicales ne sortiront de leur sous-développement qu'après avoir trouvé les solutions aux problèmes que pose l'essor de leur agriculture; un de ces problèmes majeurs concerne la maîtrise de l'eau. On ne peut que de lui rendre justice à ce point. Le Professeur H. Isnard a encore raison en disant que l'évolution du commerce extérieur et de l'industrialisation est également la fonction du contrôle convenable des eaux.

Lors de l'analyse du problème de la maîtrise de l'eau - on peut bien penser - il faut résoudre deux tâches par rapport aux régions méditerranéennes et à la zone tropique soit:

- a/ barrage, accumulation et emmagasinement des eaux en plus grande quantité possible, destinées à l'utilisation, et
- b/ l'utilisation aussi économique et efficace que possible des eaux.

Qu'il nous soit permis de présenter notre remarque en cet ordre d'idées, n'en faisant pas une question centrale des devoirs qui sont en général négligeables dans les régions considérées dans le cas où les tâches fondamentales sont bien résolues. Signalons par exemple le cas de la défense contre les crues, qui présente un intérêt moins important, si la réalisation de l'emmagasinement de l'eau par barrages-réservoirs permet de retenir les crues d'une région à précipitations abondantes sur un terrain relativement réduit. Ou bien notons encore le drainage des régions marécageuses des deltas qui représente une intervention technique restreinte dans le cas où l'on réussit de retenir les eaux au but de l'utilisation dans les zones de sources ou vers l'aval, mais toujours au-dessus de la gorge marécageuse. Nous ne nous occupons non plus des branches d'utilisation des eaux suivantes: l'utilisation de l'énergie hydraulique, la construction des voies navigables, l'alimentation en eau, la canalisation, la purification des eaux résiduaires, etc... à cause du manque de temps nécessaire d'une part et de l'autre des raisons mentionnées.

Quant à nos remarques faites nous y prenons en considération des expériences sur lieu et les résultats de recherche des enseignants de la Faculté de l'aménagement des eaux. L'un des assistants enseigne à Karthoum le sujet de la construction hydraulique et plusieurs personnes du corps d'enseignement et nombreux chercheurs de la Faculté s'occupent de la solution des deux devoirs fondamentaux posés.

Le moyen le plus juste du barrage, de l'accumulation et de l'emmagasinement "des eaux en quantité aussi grande que possible" est - comme le Professeur H. Isnard l'a déjà indiqué - l'emmagasinement de l'eau par barrages-réservoirs. Malheureusement, c'est cette méthode qui a ses limites également. Par exemple M. Szalay démontre que la précipitation tombée en Soudan soit de 1200 milliards de m³ par an ne peut être exploitée qu'en quantité minime. Le module de 1300 milliards m³ dont 100 milliards m³ arrivent par les frontières d'Éthiopie et d'Uganda se voit perdu presque dans la totalité, dû à l'évaporation. L'emmagasinement permet l'accumulation d'un volume d'eau considérable ou l'on peut compter sur une accu-

mulation superficielle correspondant à une condensation atmosphérique annuelle sensible /800 mm/. Cela ne se produit dans le cas de Soudan qu'à la région méridionale et partiellement à la partie orientale. Nous sommes d'avis que la précipitation du Soudan ne peut être accumulée et emmagasinée qu'en une proportion de 4 à 6 %, même dans l'avenir de quelques décennies.

La question s'impose si un emmagasinement d'un autre caractère est-il réalisable. Est-il possible de sauver de tel module qui jusqu'ici s'est perdu et dont l'accumulation ne se ferait même à l'aide des barrages-réservoirs.

Suivant notre opinion même l'Afrique nous réserve encore de tels moyens, mais qui ne sont plus simplement des solutions techniques, mais représentent des interventions techniques-agricoles complexes, ou bien une intervention purement agricole. Quant aux régions à précipitation médiocre /soit d'environ de 800 à 400 mm/an ce qui représente plus que la moitié de la superficie totale du Soudan/ l'amélioration progressive du sol et le bilan d'eau du sol peuvent s'avérer un facteur important de l'emmagasinement. Notons que cette intervention devra s'ajouter à la formation convenable de la nappe végétale à l'assurance de l'ombre du sol. Voici un chemin pénible, mais nous pensons qu'il permettrait de sauver un volume d'eau de l'ordre de 100 à 200 milliards m³, ou même plus pour la consommation des plantes par transpiration. C'est justement le conférencier qui a indiqué quelques solutions africaines en traitant le problème des techniques d'arido-culture, ou dry-farming. Ces méthodes devront être développées encore.

L'exploitation "la plus économique des eaux", elle aussi renferme la possibilité du progrès, mais quelles sont les meilleures possibilités à choisir?

Nous pensons par exemple à la solution d'irrigation suivante:

1/ La réduction de pertes d'eau lors de la prise des eaux. L'élimination presque totale des pertes d'eau infiltration et par évaporation à l'aide de canalisation souterraine /tuyauterie/, éventuellement l'élimination totale par infiltration et la réduction des pertes d'évaporation par l'intermédiaire du transport en canaux à la coque mince. Les hydrotechniciens français et italiens en ont élaboré toute une série de solutions qui sont employées assez fréquemment en Afrique.

2/ La réduction des pertes produites lors de la distribution des eaux. En Afrique on utilise même aujourd'hui dans la plupart des systèmes d'irrigation démodés /par exemple l'irrigation par submersion, etc.../. Or, il faudrait se pencher sur le problème de l'implantation des systèmes modernes de l'irrigation /par exemple: l'irrigation par conduites souterraines et celle par aspersion. Citons l'exemple de l'irrigation par aspersion nocturne ou bien l'emploi des lances à puissance, qui peuvent nous orienter vers le chemin valable.

3/ L'augmentation de la culture des plantes qui utilisent au maximum de l'eau, respectivement des recherches au but de la choix de ces mêmes plantes. Notons notre cas, où le riz utilise trois-quatre fois plus d'eau que les autres plantes cultivées, ce qui n'est pas proportionnel à la différence de récolte.

4/ La réalisation rationnelle de la distribution des eaux. La réalisation de la mesure des modules, la suppression de l'exploitation irrégulière /vole d'eau/ à l'aide de la vanne à niveau constant du système Neypric français et par les doseurs de module ou d'autres systèmes de comptage.

5/ L'irrigation devra se faire, si possible, en grande culture. La grande culture permet une réalisation impeccable des solutions ci-haut mentionnées tout en offrant une série d'autres avantages encore.

Bien entendu, l'utilisation économique des eaux peut fournir de sensibles résultats dans d'autres domaines également, par exemple où le développement de l'industrie est en train, le régime d'eau intérieur d'une usine industrielle devant être résolu; signalons encore la réduction des pertes de n'importe quel système d'approvisionnement et l'emploi total des eaux des égouts, etc... Mais ces derniers problèmes-ci, n'ont pas leur place dans notre rapport.

Pour terminer, nous nous permettons de récapituler les suivants:

Nous sommes d'avis que par rapport à l'Afrique, le problème essentiel-

le du domaine de la maîtrise de l'eau est bien l'emmagasinement de l'eau et son emploi efficace sans aucune perte. Pour y arriver, les installations techniques impeccables seules ne sont pas assez - comme le Professeur Isnard l'indique également - mais il faut y ajouter les interventions réduites d'aménagement de l'eau affectant un territoire étendu.

Corrélation entre le succès de la production agricole et le niveau
de l'aménagement des eaux dans l'agriculture de la Hongrie
dans les dernières cent années

par

István OROSZLÁNY

Professeur à l'Université de Gödöllő

Monsieur le Professeur H. Isnard a bien voulu attirer notre attention sur quelques corrélations curieuses qui existent entre le développement économique et l'aménagement des eaux de certains pays. Les mêmes interdépendances s'imposent relativement à la Hongrie considérant le développement des dernières cent années. L'exemple de la Hongrie soutient sensiblement les appréciations de M. le Professeur Isnard aussi. En Hongrie nous avons soumis à une étude détaillée surtout la connexion existant entre le succès de la production agricole et l'aménagement des eaux dans le domaine de l'agriculture. La corrélation citée est bien ressortie sur le tableau en annexe. /projection sous forme de dia/

Les dates indiquées sur le tableau ont été choisies de façon à caractériser les périodes aussi où la productivité de l'agriculture a pris un tournant marquant. Les données de production - se figurant sur le tableau - ne sont pas des valeurs annuelles, mais des moyennes, caractérisant une période donnée. C'est ainsi que nous voulions éliminer l'effet de la variabilité annuelle du climat.

D'après le tableau il est facile de constater que les récoltes - exprimées en unité de blé des terrains cultivés - caractérisant le succès de la production agricole, - montent en flèche dans certaines périodes. Ce sont les mêmes périodes qui présentent le progrès brusque de certains indices caractérisant le développement de l'aménagement des eaux. Dans la deuxième moitié du siècle passé, la protection contre l'inondation avait une évolution sensible, puis au tournant du siècle l'assainissement, et dans ces jours-ci, c'est l'irrigation qui s'évoque rapidement. Par suite de ce processus, l'agriculture devient de plus en plus exigeante en ce qui concerne l'aménagement des eaux et cela amène la complexité de l'activité hydraulique. Quant à l'agrandissement des récoltes entre les deux guerres mondiales, il reste stagnant et parallèlement à ce fait, l'aménagement des eaux ne présente pas non plus un progrès rapide.

L'exemple de notre pays prouve également que le niveau de l'aménagement des eaux dans l'agriculture est déterminé par le niveau de la production agricole - ou avec plus de détail - d'après M. Tóth, par l'intensité et le niveau technique de la production.

Évidemment, le meilleur aménagement des eaux réagit aussi sur la productivité agricole. Cependant ce dernier effet - la productivité étant en fonction des autres facteurs également - n'a qu'une connexion faible dans nos conditions propres. A ce propos, il est utile de savoir - comme A. Kiss l'a démontré - que le facteur fondamental de l'augmentation rapide de nos récoltes était différent, suivant les époques, soit au milieu du siècle passé: l'industrialisation et l'éclaircissement des bases théoriques de la culture; soit au tournant du siècle: l'apparition des plantes sarclées /maïs, betterave/, l'élevage par stabulation, conjointement l'emploi du fumier et l'utilisation des machines; et finalement dans nos jours: la mécanisation poussée, la technique chimique et la grande culture. Ces conditions-ci ont nécessité l'augmentation progressive des exigences formées

à l'aménagement des eaux. Et vu nos dispositions naturelles, les eaux devenaient de plus en plus importantes et facteur déterminant de nos récoltes.

Pour formuler la corrélation ci-haut mentionnée, nous avons tout d'abord besoin d'un indice caractérisant le niveau de l'aménagement des eaux. Au premier abord, nous l'avons caractérisé par la différence des quantités d'eau périodiquement nécessaires à la production agricole et de l'approvisionnement naturel en eau. La figure annexée représente ce fait avec ses changements dynamiques. /Projection sous forme de dia/.

Les différences en question grâce à l'effet des travaux techniques peuvent être réduites successivement qui permet que leur moyenne pondérée exprime, en tant qu'un indice, le niveau de l'aménagement des eaux. Naturellement en cas des dispositions naturelles favorables, le niveau de l'aménagement des eaux, respectivement son indice caractéristique, peut être avantageux même sans aucune intervention. Dans le cas contraire, ce niveau peut être insuffisant, malgré les interventions faites; notons que dans ce cas même, il doit pouvoir assurer un résultat suffisant, s'il veut atteindre son but.

Or, les corrélations basées sur l'indice cité et exprimé en chiffres, seront analysées par nous en faveur de l'amélioration des desseins techniques. En effet, nos expériences ont prouvé, qu'on a réalisé des installations hydrauliques d'un niveau technique élevé dont l'utilisation étaient encore limitée vu les cadres restreints de l'exploitation agricole donnée. Par contre, quelques exploitations présentant une production efficace, les équipements hydrauliques modestes existants déjà n'ont pas répondu au niveau exigé de l'aménagement des eaux.

Les expériences citées nous ont conduits à se pencher sur les demandes de la corrélation entre le succès de la production agricole et le niveau de l'aménagement des eaux. Nous nous sommes proposés en outre de nous occuper de l'établissement des équipements nécessaires correspondant au niveau exigé de l'aménagement des eaux. Ce travail se poursuit actuellement à l'Université des Sciences Agricoles de Gödöllő.

Si l'on parle du développement de l'aménagement des eaux des pays qui prennent leur essor, il est également nécessaire - suivant mon opinion - de connaître les conditions qui déterminent le niveau projeté de l'aménagement des eaux, aussi les équipements techniques à employer. De cette façon, on peut éviter la réalisation des installations hydrauliques qui ne conviennent pas à l'intensité de la production agricole et au niveau technique de l'exploitation agricole. Ce fait n'est point négligeable à cause de la mise en valeur des installations à réaliser.

Précédemment, la base du choix des installations techniques était le plus souvent l'analyse économique. Étant donné l'évolution considérable de la technique et les prix variables, ce fond devenait de plus en plus instable dans la rédaction de projet concernant l'appréciation des solutions. Il n'a donné à la fin qu'une possibilité de comparaison relative faite au moment des desseins. L'extrapolation des données actuelles employées au moment des desseins devient de plus en plus dangereuse. Et cela concerne surtout les équipements techniques qui demande une durée de vie plus longue. Dans ce domaine-ci, le rôle presque exclusif des analyses économiques devra céder sa place graduellement aux méthodes élaborées suivant un aspect scientifique. Nos expériences en sont les preuves.

Dans le cas où l'on désire développer le niveau de l'aménagement des eaux en faveur de l'évolution de l'agriculture des pays prenant leur essor, je crois que les corrélations concernant l'analyse de notre pays, pourraient être prises en considération. Dans ce domaine la collaboration internationale pourrait accélérer la solution du problème.

Développement de l'aquiculture en Hongrie
/d'après les données de A.Kiss, Z.Babos et L.Mayer/

	1850	1870	1895	1915	1935	1960
Production par 1 ha en unité de blé q	8,5	10,0	14,5	14,9	14,0	19,8
Longueur des digues de pro - tection contre l'inondation / 100 km /	6,7	17,2	26,5	33,0	43,7	43,5
Longueur des canaux du drai - nage / 100 km /	6,2	11,7	45,3	113,6	173,1	268,6
Terrains irrigués / 1000 ha /	1,6	1,9	7,7	9,0	11,0	100,0

Informations récentes sur les débits monstrueux de l'Amazone

par

Maurice PARDÉ

Professeur à l'Université de Grenoble

Nous nous proposons de faire ci-dessous des révélations absolument sensationnelles sur l'abondance de l'Amazone.

Chacun sait que ce fleuve est l'un des plus longs et en tout cas de beaucoup le plus puissant du monde par son débit. Sur sa longueur comme sur celle de tous les fleuves, les chiffres diffèrent, car pour diverses raisons qu'il n'est point question d'exposer ici, les mesures de ce genre pratiquées par différents chercheurs ne peuvent être homogènes. La seule chose certaine à cet égard en ce qui concerne l'Amazon est que son cours s'étend sur environ 6000 km, un peu plus ou un peu moins. La longueur doit être un peu supérieure pour l'ensemble constitués par le Mississippi et le Missouri. Et le fleuve le plus long du monde est certainement le Nil, avec un peu plus ou un peu moins de 6500 km. Mais c'est aux débits de l'Amazone que nous voulons nous attacher et d'abord à ses modules ou débits moyens annuels.

Sur les chiffres réels en question, et de même sur les débits à envisager pour les étiages et pour les crues, tous les auteurs étaient fort perplexes, car on n'avait jamais effectué dans l'immense fleuve de jaugeages par mesures directes de la vitesse et des sections mouillées. La rareté ou l'absence de l'habitat sur les bords de l'Amazone et surtout la largeur et la profondeur des sections mouillées, rendaient extrêmement difficile la mesure des vitesses.

On était donc réduit, sur les débits à quelques évaluations sommaires. Les unes avaient pour base des vitesses plus ou moins bien observées au moyen de quelques flotteurs isolés. Et plus généralement on essayait d'évaluer le débit moyen annuel d'après les précipitations. Mais celles-ci étaient et demeurent très insuffisamment connues, car les pluviomètres manquent sur des centaines de milliers de km² sur un seul tenant.

Et en même temps, tout en admettant une précipitation possible de 2100 mm sur le bassin, nous n'aurions point osé retenir pour lui avec certitude plus de 2000 mm. Nous avons ainsi pêché par une timidité extrême, d'ailleurs consciente, et nous savions sans le moindre doute que dans tout le centre occidental de l'Amazonie, les précipitations moyennes annuelles dépassaient sur des larges étendues 2,50 m et même 3 m. par an. Précipitations d'une abondance paradoxale et qui suffiraient à faire de l'Amazonie une des merveilles géographiques de ce monde. Car ces chutes d'eau énormes arrosent des plaines situées à plus de 2000 ou de 3000 km de l'Océan Atlantique. Et, sauf à proximité de celui-ci, donc dans l'espace intermédiaire à l'est de la zone anormalement arrosée, les précipitations sont sensiblement moins fortes que sur cette dernière /1700 à 2000 mm/. Et d'autre part à l'ouest du bassin se dresse la formidable chaîne des Andes qui arrête certainement presque tous les afflux humides venus de l'Océan Pacifique.

Nous ne voulons point rechercher ici à quelle causes on doit attribuer l'abondance relativement fantastique des pluies dans l'ouest de la plaine amazonienne.

Revenons à nos évaluations antérieures. Elles nous avaient donc amené à retenir 2 m. pour l'ensemble du bassin et un peu plus à l'amont d'Obidos.

L'apport des géographes dans l'évaluation des ressources en eau d'une région

par

André JOURNAUX

Professeur à l'Université de Caen

L'évaluation des ressources en eau.- Le bilan des nappes d'un bassin hydrogéologique s'établit en fonction de la pluviométrie, du ruissellement, de l'évaporation et de l'infiltration.

Si la pluviométrie et le ruissellement peuvent être mesurés, l'évaporation est déduite d'observations faites à l'aide de lysimètres et de formules tenant compte de la température moyenne de l'air, de la radiation globale et de la vitesse du vent.

L'évapotranspiration, généralement englobée dans l'évaporation totale, peut être précisée par une analyse de la couverture végétale: arbres à feuilles caduques ou persistantes, buissons, plantes herbacées, plantes cultivées. Les Géographes dressent, dans ce but, une carte de l'utilisation du sol suivant les saisons.

Quant à l'infiltration, elle se déduit des autres données. Or, l'eau s'infiltré dans le sol très irrégulièrement, du moins dans la zone d'évaporation, où elle est susceptible de remonter par capillarité et de s'évaporer, ou d'être reprise par les racines des plantes. L'eau ne connaît de descente régulière qu'à partir d'une certaine profondeur, en atteignant la zone de rétention, gagnant ensuite plus ou moins lentement des nappes profondes de la zone de saturation.

L'apport des cartes des formations superficielles.- La cartographie précise de la zone superficielle d'évaporation est donc indispensable pour apprécier les conditions d'infiltration de l'eau. Ce sont les géographes qui sont les mieux préparés à cette cartographie.

Les pores du sol règlent la perméabilité; or cette porosité varie verticalement. Dans un sol, l'horizon A éluvial est généralement plus perméable que l'horizon B illuvial; quant à la roche-mère, la partie supérieure est plus perméable, parcequ'altérés en surface, que la partie inférieure restée saine. Seuls des sondages systématiques et rapprochés permettent de connaître la variété des horizons, et leur aptitude à favoriser ou non l'infiltration.

La porosité est diminuée par le tassement des particules du sol, rapprochées les unes des autres par gravité, par le glaçage de la surface après une pluie, ou par la formation d'une croûte.

Par contre, la porosité est accrue par l'action des racines des plantes et des animaux, par les façons culturales, ou certains effets du climat /dessiccation des argiles/.

La carte des formations superficielles et des sols fournit tous les renseignements indispensables à l'établissement du coefficient de perméabilité, qui est fondé sur la granulométrie, mais augmente avec les trous de vers, d'insectes ou de rongeurs, avec les trous des racines et les labours, et diminue avec le tassement naturel du sol ou la constitution d'une croûte ou le glaçage du sol. Enfin, la carte des formations superficielles portée sur un fond topographique donne également la pente des terrains.

On constate que l'évaporation se fait sentir jusqu'à 0,35 m dans un sable grossier, et à près d'un mètre dans un limon argileux. Sur les sols recouverts de végétation, cette limite est portée à 1 m - 1,20 m en dessous du niveau des racines. Mais compte-tenu de la température et de la pluviométrie en pays tempéré, on considère que l'évaporation cesse à partir de 1,20 m de profondeur. La connaissance des formations superficielles sur 1,25 m de profondeur paraît donc très satisfaisant dans la majorité des cas.

Les principes du levé des cartes des formations superficielles.- Depuis six ans, le Centre de Géographie Appliquée de l'Université de Caen, sur la demande du Ministère de l'Agriculture, lève des cartes de formations superficielles à des échelles variées.

Les équipes travaillent à la sonde de 1,25 m, mue à la main ou au moteur, et cartographient au fur et à mesure les variations de profile. La densité des forages est en général de un sondage tous les 100 mètres pour une carte à l'échelle du 1:5.000e; mais dans les zones critiques et pour cerner des limites, ils peuvent être plus rapprochés. Pour des cartes au 1:25.000e, les sondages sont par contre plus espacés. Quelques forages, atteignant 10 ou 20 mètres de profondeur, sont exécutés pour mieux connaître l'épaisseur de certains remblaiements, et leurs rapports avec le substratum rocheux. Plusieurs fosses sont enfin creusées pour effectuer des prélèvements précis aux fins d'analyses en laboratoire.

En vue de préciser la porosité du sol, les observations portent tout particulièrement sur la texture du sol et sur le degré d'humidité rencontré tout au long des sondages. Leurs moindres variations indiquent si l'infiltration est favorisée ou contrariée. Les cartes en plan suffisent généralement à exprimer la nature des sols et des formations superficielles apparues sur 1,25 m de profondeur. Mais dans certaines régions où des inondations sont fréquentes, on a été amené à représenter en coupe les différents sondages. On fait apparaître ainsi l'existence de sables grossiers où les eaux s'infiltrent et des lentilles d'argile contre lesquelles les nappes d'eau s'accumulent, sans pouvoir s'infiltrer, ni ruisseler. Ces "murs" sont le résultat d'une stratification entrecroisée de dépôts fluviatiles étalés en nappes. Il paraît de la première importance d'en évaluer les effets.

Ailleurs, le levé des formations révèle l'importance des roches altérées: certaines sont responsables de l'existence de niveaux imperméables et de nappes d'eau perchés.

Toutes ces cartes serviront à calculer la surface sur laquelle les eaux fluviales ont les plus grandes chances de percoler et d'atteindre la zone de rétention, puis de saturation. Avec la carte de l'utilisation du sol suivant les saisons, et les mesures de pluviométrie et de ruissellement, l'évaluation de l'alimentation des nappes profondes se fera plus précise.

Geográfusok közreműködése valamely terület
vizforrásainak értékelésében

André JOURNEAUX

Valamely medence vízréteg-mérlegét a pluviometria, a víz lefolyása, párolgása és beszivárgása határozza meg. A beszivárgás másik három adatból vezethető le. Míg a víz lefolyása és a pluviometria eléggé pontosan mérhető, az elpárolgásnál bizonyos ismeretlenekkel kell számolni, amelyek csökkentése igen fontos. Ebben a munkában a geográfusok a következő két térkép elkészítésével vehetnek részt: évszakonkénti földhasznosítási térkép, amely által a kérdéses vidék párolgási vesztesége a legpontosabban határozható meg, valamint a talaj és felszíni formák térképe, amely pontos képet ad a párolgási zóna "permeabilitási együtthatójáról". Ez a térkép topográfiai alapon készül, figyelembevéve a talaj lejtését, szemcsenagyságát és porozitását. A porozitás növekszik a repedések sűrűsödése, az állatok ásta üregek, a talajművelés és az éghajlati hatások által. Csökken a porozitás a természetes talajsüllyedés, kéregképződés vagy az eső utáni talajfagy által.

A térkép elkészítéséhez 1,25 méter mély rendszeres próbafurások szükségesek, s ezt követően kerül sor a főbb rétegek fizikai és kémiai elemzésére.

A Centre de Géographie Appliquée de l'Université de Caen az ilyen típusu kartográfiai munkára specializálódott a Területrendezési Bizottságok és a Földművelésügyi Minisztérium, ujabban pedig a fogyasztásra és ipari felhasználásra alkalmas vízkészletek felmérésével foglalkozó területi szervek megbízásából.

Quelques problèmes de l'étude du régime d'eau naturelle

par

Károly SZESZTAY

Chef de section
à l'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques

La répartition des ressources d'eau de la Terre, de 2 milliards de km³ au total, est au point de vue d'exploitation, assez défavorable. 60 % du volume susmentionné sont concentrés dans les océans et 39 % sont pris chimiquement dans les roches de l'écorce terrestre. Malgré les recherches poursuivies dans le monde entier concernant le dessalement de l'eau de mer, et malgré quelques solutions théoriques relatives au dégagement de l'eau de constitution des roches, ce n'est que 1 % des ressources totales, c'est-à-dire la quantité d'eau douce se trouvant sur la surface des continents qui se prête à l'utilisation.

Dans le fait la situation n'est pas sidésastreuse. Les eaux des océans et de l'écorce terrestre représentent au point de vue pratique, une réserve statistique tandis que le 1% des continents est bien dynamique se renouvelant assez vite /dans les lits des cours d'eau en quelques jours ou semaines en général/. Les réserves d'eau des continents et des océans constituent, en effet, grâce aux précipitations d'une hauteur uniformément répartie de 930 mm/an, à l'évaporation et aux mouvements des masses d'air, une unité organique.

Le bilan hydrologique des régions continentales s'exprime par l'équilibre de la précipitation /P/, de l'évaporation /E_v/ et de l'écoulement /E_c/. Pour la Hongrie, par exemple, l'équation du bilan hydrologique s'écrit comme suit:

$$P = E_v + E_c$$

$$620 = 550 + 70 \text{ mm/an}$$

L'établissement des bilans relatifs aux ressources et besoins en eau d'une certaine région ou d'un bassin fluvial, de même que la pratique de suivre leur évolution, permettent de concentrer notre attention sur les débits d'étiage des cours d'eau et les ressources naturelles des nappes souterraines pouvant être exploitées d'une manière continue /c'est-à-dire le débit fourni par l'alimentation annuelle/. L'étude du cycle naturel de l'eau n'est pas cependant, sans intérêt, étant donné que

1/ - la plupart des travaux hydrauliques affecte plus ou moins le régime d'eau des régions environnantes dont l'évaluation préalable est absolument nécessaires;

2/ - Les travaux appropriés exécutés dans les bassins versants /protection du sol, moyens agricoles et forestiers, recharge artificiel des nappes, etc.../ permettant d'augmenter le débit d'étiage des cours d'eau et de faciliter l'alimentation des nappes souterraines;

3/ - Le progrès de l'industrie chimique et l'emploi de l'énergie nucléaire offrent des perspectives à possibilités incroyables pour régulariser le régime naturel des eaux /réduction de l'évaporation et l'évapotranspiration improductives à l'aide des agents chimiques, pluie artificielle, modification des courants marins, etc.../.

En ce qui concerne la réduction de l'évapotranspiration, rappelons les recherches engagées dans l'Etat Illinois que j'ai étudié l'année passée lors d'un voyage d'étude dans les Etats-Unis. Suivant les résultats de plusieurs dou-

zaines de mesures effectuées sur la culture de maïs les plantes poussant dans un sol traité par hexadecanole consomment de 40 % de moins de l'eau que les plantes de référence pour produire le même poids de matière sèche. Il serait tôt d'entrer dans les détails de l'application étendue de la réduction artificielle d'évaporation et de son rôle hydrologique. En tout cas, il est certain que dans les régions développées des zones arides l'emploi des agents chimiques destinés à la réduction de l'évaporation seront dans quelques années des moyens de production aussi importants et habituels que les engrais chimiques d'aujourd'hui.

En ce qui concerne le bilan hydrologique des bassins versants des cours d'eau de la Hongrie, l'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques s'occupe depuis 1955 du problème en poursuivant des études méthodiques. Jusqu'ici, on a établi les bilans annuels et mensuels d'eau de 26 bassins versants pour une période de 20 à 30 années. L'évaluation analytique de ces bilans aura lieu, comme c'est prévu, lors de la première année de la Décennie Hydrologique Internationale.

Les études faites par Monsieur le Professeur A. Journaux et les deux cartes mentionnées dans son excellent exposé posent des jalons précieux pour les hydrologues s'occupant du bilan d'eau du terrain naturel. En effet, il est très important, surtout s'il s'agit des études concernant de petits bassins ou de parcelles d'expérience, de consacrer une attention spéciale à la couverture végétale et aux conditions pédologiques et d'établir une évaluation comparative de leur rôle ce qui est une des étapes les plus intéressantes de l'appréciation synthétique des résultats de mesures.

Activité hydrogéographique et mission actuelle
des géographes hongrois

par

Sándor SOMOGYI

chercheur scientifique
de l'Institut de Géographie
de l'Académie des Sciences de Hongrie

L'évolution économique-sociale spécifique de la Hongrie présente un contraste intéressant, c'est que la pratique de la hydrogéographie est arriérée par rapport à l'hydrologie technique ayant une renommée internationale. La raison en est d'une part nos conditions physico-géographiques et de l'autre l'histoire bien courte des recherches géographiques du pays dont l'effectif humain et matériel est insuffisant. Étant donné la faible altitude de la superficie du pays, sa situation de bassin et les variations du régime de nos cours d'eau, le quart de la superficie de la Hongrie était exposé aux destructions des crues. Voici que les luttes contre les crues ont nécessairement développé la science de l'hydrologie même avant la naissance d'une géographie au sens de nos jours. Nos excellents hydrauliciens - comme au milieu du XVIII^e siècle Sámuel Mikovinyi et au début du XIX^e siècle Mátyás Huszár, József Beszédes et Pál Vásárhelyi et autres - ont également posé les fondements de la théorie d'une hydrogéographie manquante à cette époque et ajoutons que d'une manière parfaite. La preuve de leur activité fructueuse est le nouveau lit de 400 km de longueur facilitant l'écoulement des crues - dont 136 km de la Tisza - les digues protectrices de 4000 km de longueur environ assurant la défense contre l'inondation d'une superficie d'agriculture de 4 millions d'arpents cadastraux et le système de canaux destiné à l'évacuation des eaux stagnantes saisonnières mesurant une longueur totale de 27.000 km. En face de ces réalisations hydrologiques la première chaire de géographie ne fut créée qu'en 1870 à Budapest où un seul professeur assumait l'enseignement de toutes les branches de la discipline jusqu'à 1940. Et malgré nos professeurs à haut talent et s'occupant volontiers de l'hydrogéographie comme Lajos Lóczy et Jenő Cholnoky - notamment ingénieurs tous les deux - l'hydrogéographie n'était jamais un domaine important des recherches menées à l'université. L'hydrologie restait toujours l'enfant chéri de quelques hydrauliciens dotés de l'aspect géographique aussi excellents que Jenő Kvassay, Ödön Bogdánffy et Woldemar Lászlóffy qui nous ont fait connaître non seulement les méthodes de recherches et les résultats de l'hydrologie, mais aussi ceux de l'hydrogéographie de l'étranger.

Des 1952, date de la création du Groupe de Recherches Géographiques de l'Académie des Sciences de Hongrie, les investigateurs de géographie du pays ont leur foyer méthodique propre. Naturellement les premières recherches touchaient surtout les domaines de spécialité étant jusqu'ici tout à fait négligés étant donné le manque des géographes. Notons, qu'à part de ce même fait le projet des recherches exercées déjà au cadre d'autres organismes à renommée /comme par exemple l'Institut VITUKI/ n'aurait pas eu une raison pratique.

Voici la situation; il y a dix ans dans le domaine des recherches hydrogéographiques - et ajoutons que la situation a peu changé depuis. Mais tous cela ne veut pas dire que les géographes ont cédé le terrain des problèmes des eaux aux hydrologues. Or, nous connaissons de nombreuses recherches détaillées dans ces années-ci. Bien entendu, nos initiations hydrogéographiques se sont ajoutées aux activités d'

investigations des prédécesseurs. Donc, la morphologie de lit, les modifications spatiales et temporelles du caractère de section de nos cours d'eau, et en général leur histoire génétique restaient le domaine de recherches préféré, comme c'était le cas au temps de nos prédécesseurs. Notons, que la pratique a posé des exigences plus importantes à la science de Géographie qui, se voyaient satisfaites par les hydrologues, étant donné notre absence. L'aménagement des eaux systématique, l'essor considérable des irrigations de même que les soins d'approvisionnement en eau des villes et des usines industrielles ont posé de nombreux problèmes à résoudre. Par conséquent on a porté, dans ces années-ci, sur nos projets de recherche aussi des problèmes hydrogéographiques. Parmi ceux notons, en premier, la rédaction de la carte géomorphologique générale de notre pays à l'échelle de 1/200.000. Malgré l'accent porté à la figuration aussi précise que possible de relief; pourtant les conditions hydrogéographiques y jouent un rôle prépondérant également. Notons en quelques unes: la qualité matérielle du relief, les types de dépôts fluviaux, les différences de niveau des pentes, l'ordre de grandeur de l'énergie de relief entre les cadres de 1 kilomètre carré, les formes de l'érosion fluviale et celles de la dénudation karstique et les éléments de modelage de l'hydrographie. Bien entendu, la carte d'une telle échelle n'offre qu'une information générale. Par conséquent visant la meilleure satisfaction des exigences pratiques, nous avons commencé le relèvement des cartes morphologiques ayant une échelle de 1/25.000 et de 1/10.000 cette dernière étant destinée à la figuration de nos régions de montagnes à reliefs variés. Les cartes sous rédaction offriront un aspect hydrographique plus riche et plus détaillé ce qui pourra assurer déjà certaines possibilités pour la planification économique tout en donnant une information nécessaire relative au domaine de la maîtrise des eaux. Mais, indépendamment du projet cité, nous envisageons aussi la rédaction d'une carte hydrogéographique à échelle analogue dont la matière sera établie suivant les cartes hydrogéographiques et hydrogéologiques et encore et surtout sur la base des recommandations de la Fédération Internationale de l'Hydrologie de même que suivant la méthode cartographique des cartes françaises et polonaises, rédigées à ce même but. Voici que l'entreprise de ce travail permettra que les géographes hongrois réalisent le travail que le professeur Journaux a recommandé aux spécialistes français dans son récent exposé. En outre, nous avons prévu de faire un pas suivant: nos cartes d'érosion du sol projetées permettront de présenter d'une manière multilatérale les corrélations multiples d'aménagement d'eau de différentes régions de notre pays.

Il convient de noter ici encore deux autres de nos initiatives. Sur la base du travail de recueil des résultats de nos sondages en cours il y a longtemps, notre collègue: Dr. László Simon a découvert de nouvelles possibilités pour l'approvisionnement en eau d'irrigation de telles régions où les calculs faits à l'aide d'autres méthodes n'ont pas donné des résultats rassurants. Un autre géographe: Dr. György Lovász a tenté une analyse détaillée des facteurs géographiques influençant les conditions d'écoulement sur le terrain du bassin des Karpathes.

Malgré les travaux de recherches en cours et effectuées, les géographes n'ont point remboursé leur ancienne dette dans le domaine de l'hydrogéographie. Mais, espérons que, les essais mentionnés seront redoublés dans l'avenir. Et nous pourrions nous flatter encore de nombreux hydrogéographes pratiquants.

Informations récentes sur les débits monstrueux de l'Amazone

par

Maurice PARDE

Professeur à l'Université de Grenoble

Nous nous proposons de faire ci-dessous des révélations absolument sensationnelles sur l'abondance de l'Amazone.

Chacun sait que ce fleuve est l'un des plus longs et en tout cas de beaucoup le plus puissant du monde par son débit. Sur sa longueur comme sur celle de tous les fleuves, les chiffres diffèrent, car pour diverses raisons qu'il n'est point question d'exposer ici, les mesures de ce genre pratiquées par différents chercheurs ne peuvent être homogènes. La seule chose certaine à cet égard en ce qui concerne l'Amazon est que son cours s'étend sur environ 6000 km, un peu plus ou un peu moins. La longueur doit être un peu supérieure pour l'ensemble constitué par le Mississippi et le Missouri. Et le fleuve le plus long du monde est certainement le Nil, avec un peu plus ou un peu moins de 6500 km. Mais c'est aux débits de l'Amazone que nous voulons nous attacher et d'abord à ses modules ou débits moyens annuels.

Sur les chiffres réels en question, et de même sur les débits à envisager pour les étiages et pour les crues, tous les auteurs étaient fort perplexes, car on n'avait jamais effectué dans l'immense fleuve de jaugeages par mesures directes de la vitesse et des sections mouillées. La rareté ou l'absence de l'habitat sur les bords de l'Amazone et surtout la largeur et la profondeur des sections mouillées, rendaient extrêmement difficile la mesure des vélocités.

On était donc réduit, sur les débits à quelques évaluations sommaires. Les unes avaient pour base des vitesses plus ou moins bien observées au moyen de quelques flotteurs isolés. Et plus généralement on essayait d'évaluer le débit moyen annuel d'après les précipitations. Mais celles-ci étaient et demeurent très insuffisamment connues, car les pluviomètres manquent sur des centaines de milliers de km² sur un seul tenant.

Et en même temps, tout en admettant une précipitation possible de 2100 mm sur le bassin, nous n'aurions point osé retenir pour lui avec certitude plus de 2000 mm. Nous avons ainsi pêché par une timidité extrême, d'ailleurs consciente, et nous savions sans le moindre doute que dans tout le centre occidental de l'Amazonie, les précipitations moyennes annuelles dépassaient sur des larges étendues 2,50 m et même 3 m. par an. Précipitations d'une abondance paradoxale et qui suffiraient à faire de l'Amazonie une des merveilles géographiques de ce monde. Car ces chutes d'eau énormes arrosent des plaines situées à plus de 2000 ou de 3000 km de l'Océan Atlantique. Et, sauf à proximité de celui-ci, donc dans l'espace intermédiaire à l'est de la zone anormalement arrosée, les précipitations sont sensiblement moins fortes que sur cette dernière /1700 à 2000 mm/. Et d'autre part à l'ouest du bassin se dresse la formidable chaîne des Andes qui arrête certainement presque tous les afflux humides venus de l'Océan Pacifique.

Nous ne voulons point rechercher ici à quelle causes on doit attribuer l'abondance relativement fantastique des pluies dans l'ouest de la plaine amazonienne.

Revenons à nos évaluations antérieures. Elles nous avaient donc amené à retenir 2 m. pour l'ensemble du bassin et un peu plus à l'amont d'Obidos.

Restait à adopter un déficit raisonnablement en accord avec les précipitations ainsi estimées, et les températures moyennes annuelles.

Nous savions, grâce à de bons jaugeages récents que le Congo vers la fin de son cours débite environ 340 mm de pluie, alors que son bassin en reçoit 1500 mm; d'où un déficit de l'ordre de 1160mm.

Or, les meilleurs auteurs et nous-même avons jusqu'à présent posé en principe que le déficit d'écoulement dans les pays inter-tropicaux, devait encore croître pour des précipitations supérieures à 1500 mm, et, pensions-nous, il ne pouvait atteindre son maximum global insurpassable, sous 25 ou 26 ° de température moyenne annuelle, que pour plus de 2000 mm. Les abaques du célèbre professeur allemand W. WUNDT, impliquaient d'ailleurs une conclusion semblable, en admettant une perte de 1250 mm pour 2000 mm et plus avec une température moyenne de 25°. En outre les magnifiques études du Service Français de l'O.R.S.T.O.M., trouvaient pour la plupart des bassins inter-tropicaux, autrefois français, en général, pour 1500 à 2000 mm, des déficits point supérieurs à 1150 ou peut-être 1200 mm. En somme nous devons avouer que d'après ces indications nous aurions dû retenir pour l'Amazone une perte d'environ 1250 mm. Mais pour être sûr de ce point exagérer le module, nous avons commis sur ce point de notre étude une nouvelle erreur par excès de prudence, en admettant un déficit non pas certain mais possible de 1350 ou même de 1400 mm. Nous trouvons d'ailleurs une certaine excuse dans le fait que des hydrologues réputés entre tous, comme l'illustre savant français A. COUTAGNE, et l'excellent spécialiste américain W.B. LANGBEIN, semblaient admettre sous les climats équatoriaux des déficits possibles de 1350 ou même de 1400 mm.

D'après ces hypothèses nous avons envisagé un module ou débit moyen annuel de 90 000 à 110 000 m³ pour l'Amazone juste avant le confluent avec le Xingu. Ici, nous envisagions, assez exactement semble-t-il, une surface réceptrice de 5.500.000 km², et pour Obidos après le confluent avec la Madeire, mais avant la rencontre du Tapajos, 80 000 à 100 000 m³ au plus, pour 4,5 millions de km². Ce dernier chiffre était sous-estimé d'à peu près 1/10.

Nous savions d'autre part que les étiages étaient remarquablement puissants à cause du caractère très compensé du régime, et du dégorgeement très lent des surfaces inondées, lesquelles comprennent de larges étendues liquides assez équivalentes à des lacs. Nous pensions donc que le minimum minimorum à Obidos pouvait ne point être inférieur à 40 000 ou 45 000 m³ contre 20 000 pour le Congo: Ce dernier chiffre était déjà magnifique aussi bien pour le débit brut que pour l'écoulement spécifique à savoir pour 3.800.000 km², 5,3 lit. sec. par km². Et pour l'Amazone notre hypothèse signifiait en gros 9 à 10 lit.sec. par km² pour un étiage extraordinaire, ce qui était déjà stupéfiant.

Enfin d'après diverses considérations que nous jugions raisonnables, nous avons admis des records de 180 000 à 200 000 m³ à la fin du cours, puis de 160 000 à 180 000 à Obidos. Et dans l'avant dernière édition de notre petit livre "Fleuves et Rivières" nous avons ramené notre estimation pour la fin du cours à 160 000 ou 180 000 m³. Nous devons d'ailleurs dire, pour notre décharge partielle, que les auteurs les plus compétents jugeaient nos chiffres plutôt optimistes, donc exagérés, que trop faibles.

Or, l'événement, c'est-à-dire l'exécution de jaugeages mémorables vient de prouver que nous avons péché sur tous les débits caractéristiques de l'Amazone par une pusillanimité presque ridicule. Nous n'en sommes point spécialement fier; ni particulièrement honteux, car l'erreur est chose humaine, surtout en des matières aussi difficiles. Que celui qui n'a point fauté de la sorte, nous jette la première pierre. Mais persévérer dans nos inexactitudes et laisser nos lecteurs ou auditeurs s'y enfoncer, eût été diabolique, et tout le contraire de génial.

Nous allons donc ci-dessous faire notre autocritique. Nous le ferons humblement, mais aussi triomphalement, car c'est pour notre esprit un triomphe que

d'apprendre la réalité sur terre des débits formidable que nous allons dire. C'est un grand honneur non seulement pour l'Amazone, mais pour toute notre planète. Donc le mystère qui planait sur le débit de l'Amazone vient d'être résolu, non point certes dans tous ses détails, mais pour l'essentiel.

En effet, sur la requête du professeur brésilien HILGARD O'REILLY STERNBERG bien connu de tous les géographes, et grâce au secours de la Marine nationale brésilienne, puis à l'esprit hautement scientifique et au zèle des excellents hydrologues du Geological Survey des Etats-Unis; Messieurs L.B. LEOPOLD chef du Service hydrologique et Monsieur W.B. LANGBEIN, l'un de ses plus éminents adjoints, 4 ingénieurs particulièrement experts de cet office ont mesuré les débits du fleuve près de deux localités: à Obidos, puis à Manaus. En ce dernier point on a effectué les jaugeages sur quatre branches, tout d'abord sur le Rio Negro, très puissant affluent venu du Nord, puis sur le Solimoes, c'est-à-dire sur le chenal principal de l'Amazone supérieur, puis sur le Parana do Careiro. On appelle ainsi un bras qui se détache du Solimoes avant le confluent avec le Rio Negro et qui rejoint l'Amazone à 40 km en aval. Il semble même que ce bras tende à s'élargir et à s'approfondir de plus en plus, de sorte qu'il peut finir par attirer à lui une partie croissante du débit roulé par le Solimoes.

Enfin on a jaugé le fleuve après le confluent du Rio Negro et du Solimoes. Mais en cette section le débit est affaibli encore assez peu d'ailleurs, par la fuite des eaux qui se sont engagées dans le Parana. On a opéré les jaugeages avec des instruments installés le plus souvent sur la Corvette de l'Etat brésilien, le Mearim et parfois sur une petite embarcation. Les relevés étaient extrêmement difficiles, car la largeur atteignait 2300 m à Obidos puis 2100 m sur l'Amazone en aval de Manaus; et à l'amont 2350 m sur le Rio Negro, et 1800 sur le Solimoes. Chose plus gênante les profondeurs, sont très grandes, à savoir selon les stations, pour le plus gros débit, 45 à 60 m au maximum. Notons d'ailleurs que certaines de ces largeurs sont faibles pour les fleuves en question. Et par exemple en aval de Manaus le fleuve avec un bras unique ou divisé en deux ou trois chenaux, a généralement pour l'espace occupé par ses eaux des largeurs de plusieurs kilomètres. Donc les profils en travers dans lesquels on a pratiqué les mesures, sont des étroits relatifs, notamment à Obidos. Et nous devons encore remarquer qu'en ce lieu comme à Manaus les plus forts débits jaugés ne débordaient point. Ce sont donc en quelque sorte grâce à la hauteur des berges, des sortes de défilés au moins locaux au milieu d'une immense plaine.

Pour les mesures on a employé un moulinet à axe vertical Price et un lest de 300 livres c'est-à-dire de 136 kg. Bien entendu le cable, malgré la faiblesse de son diamètre /3 cm/ était fortement dévié par le courant. Mais l'on avait prévu tout le matériel nécessaire pour pouvoir pratiquer des corrections d'angle, afin de bien apprécier les profondeurs vraies. En outre, grâce à des telluromètres on arrivait à maintenir exactement à la place voulue pendant le temps nécessaire, la corvette ou l'embarcation sur chaque verticale, tout en connaissant exactement son emplacement par rapport aux berges.

Tout d'abord on a fait en chaque profil des mesures sur 20 à 24 verticales selon les stations. On a procédé presque sur toutes par la méthode des deux points. C'est-à-dire que l'on prenait comme vitesse moyenne sur chaque verticale la moyenne des vitesses mesurées directement aux 2/10 et aux 8/10 de la profondeur locale.

Le Geological Survey a pu vérifier grâce à de nombreuses comparaisons avec des jaugeages opérés pour de nombreux points en chaque verticale, qu'en utilisant cette méthode, on ne risquait que de faibles erreurs. Ce pendant sur quelques verticales, vers les milieux des sections mouillées de l'Amazone et du Rio Negro on a pris les vitesses en 11 points échelonnés sur presque toute la profondeur. Ainsi on a pu se rendre compte de la répartition de ces vitesses entre la surface et le fond. D'une façon générale, grâce aux grandes profondeurs et à la faible rugosité les vitesses restaient en gros sensiblement identiques sur les 30 à 40 pre-

miers mètres dans le sens vertical.

Mais dans le détail elles changent de façon irrégulière de haut en bas, donc sans décroissance ou croissance continue dans le sens vertical.

Le fait a certainement pour cause des pulsations irrégulières liées à des phénomènes de turbulence. On aurait, ce nous semble, neutralisé ces perturbations si on avait laissé l'appareil en chaque point plus longtemps. Mais on s'est contenté de mesures durant en chaque lieu seulement 40 sec. ou un peu plus. De la sorte les irrégularités locales dans le temps de la vitesse, ne pouvaient être éliminées. C'est tout au moins l'interprétation adoptée par nous-même. On a fait à chaque station deux jaugeages: l'un en juillet alors que les eaux après le maximum habituel de juin étaient déjà en baisse; et l'autre en novembre lors d'un étiage qui à Manaos a été sans doute le plus grave connu depuis plusieurs dizaines d'années.

Les courants ainsi trouvés se sont révélés plus rapides qu'on ne l'aurait attendu en songeant à la faiblesse de la pente superficielle; environ 2 cm par km. Lors du jaugeage du plus gros débit, en juillet, la vitesse moyenne des eaux atteignait 1,96 m. à la seconde à Obidos, 1,75 sur l'Amazone à l'aval du confluent entre le Solimoes et le Rio Negro; puis 1,21 m. et 0,81 m. respectivement, sur ces deux rivières à l'amont de Manaos, vitesses plus faibles parce qu'il y avait en ces points moins de profondeur et presque certainement moins de pente. Les vitesses maxima locales ont été de l'ordre de 2,30 m. à Obidos puis sur le Rio Negro et le Solimoes.

Disons tout de suite que pour la crue record de juin 1953, la vitesse devait atteindre plus de 2,40 m. à Obidos, c'est-à-dire grâce aux grandes profondeurs, à peu près autant que dans le Rhône vers Vienne, lors d'une crue déjà forte ou que pour le Danube en son cours supérieur hongrois pour de gros débits. L'extrême faiblesse de la rugosité contribue naturellement beaucoup à de pareils résultats.

Voyons maintenant les indications que l'on peut tirer de ces jaugeages pour la connaissance de l'hydrologie amazonienne. Ces indications sont décisives.

Tout d'abord à Obidos on a construit une courbe des débits en fonction des hauteurs à l'échelle, en utilisant seulement 2 points: à savoir 72 500 m³ mesurés en novembre 1953 lors d'un étiage à peu près extraordinaire, et 216 000 m³ mesurés en juillet précédent alors que les eaux se trouvaient en baisse, à 50 cm au-dessous du maximum précédent de juin. Des mesures supplémentaires conduiront peut-être à modifier quelque peu le tracé de la courbe de tarage. Mais il semble que ces retouches doivent être modiques.

Or, d'après cette courbe, et celle des hauteurs d'eau moyennes mensuelles du fleuve à Obidos de 1928 à 1946, le module ou débit moyen annuel atteint 168 000 m³. Les moyennes maximales viennent en mai et juin avec 230 000 m³; le minimum se trouve en novembre avec 100 000 m³, soit pour le rapport de ces deux moyennes mensuelles extrêmes, seulement 2,3. Cela montre un régime très compensé, grâce à l'immensité du bassin et aux décalages des maxima d'amont en aval ou sur les diverses branches du réseau. Le module de 168 000 m³ implique pour 5 millions de km², 33,6 lit.sec; par km², soit 1060 mm écoulés. Or, les pluies en amont d'Obidos d'après de nouvelles évaluations faites par Monsieur LÉOPOLD, atteignent peut-être 2340 mm; chiffre phénoménal pour une telle surface réceptrice.

Le déficit d'écoulement serait donc de 1280 mm; et de 1240 si les précipitations ne dépassent point 2300 mm. Ces déficits nous semblent tout à fait logiques, bien qu'extrapolés par rapport aux valeurs que nous avons pu estimer pour le Congo. /voir plus haut/. Bien entendu, dans certains petits bassins inter-tropicaux pour quelques milliers ou quelques centaines de km², les déficits annuels d'écoulement doivent pouvoir être beaucoup plus forts. Et nous ne nous étonnerions pas qu'ils atteignent 1350 à 1400 mm en des parties restreintes par suite de facteurs spéciaux: En d'autres secteurs des influences contraires doivent abaisser la

perte annuelle à 1000 ou même 900 mm ; tout au moins c'est le cas pour les rivières qui drainent les plateaux Batékés, gréseux et prodigieusement perméables sur de grandes épaisseurs, dans le bassin du Congo vers Brazzaville. Les chiffres-types à retenir sont surtout ceux qui s'appliquent à de très grandes surfaces réceptrices.

Pour l'ensemble du bassin amazonien, nous admettons un écoulement spécifique moindre qu'à Obidos, car l'arrosage est nettement plus faible, tout en avoisinant encore 2000 mm entre Obidos et la fin du cours, juste après le confluent avec le Xingu.

Nous inclinons à admettre pour 1.150.000 km² au-delà d'Obidos 22 000 m³, soit un peu plus de 19 lit.sec. par km². Pour la totalité du bassin 190 000 m³ émanant de 6.650.000 km² font 30,9 lit.sec. par km², soit environ 973 mm. Si la précipitation moyenne est 2250 mm, le déficit serait de 1277 mm. Retenons qu'il doit être voisin de 1250. Puis admirons la majesté formidable du module amazonien. Il égale presque 5 fois celui du Congo, probablement un peu supérieur à 40 000 m³. Puis l'Amazonie débite à elle seule plus que les 10 fleuves mondiaux les plus puissants après elle, à savoir, outre l'apport du Congo, 30.000 m³ pour le Yang-Tsé-Kiang, 18 000 pour le Mississipi, 17500 pour l'Iénisséi, 15 500 pour la Léna et des chiffres de même ordre pour le Gange et le Brahmapoutre, le Mékong, le Parana, un peu moins pour l'Irrawady la rivière des Perles en Chine du sud, etc.. Puis pour la station de Manaos on n'a point calculé comme à Obidos, les débits moyens mensuels et annuels. Mais d'après les jaugeages de juillet et de novembre 1953, et par comparaison avec les chiffres d'Obidos, nous admettons pour le fleuve principal, lorsqu'il a reçu le Rio Negro, 125 000 à 130 000 m³ pour 3.400.000 km², soit 36,6 à 38 lit. sec. par km².

C'est qu'en amont de Manaos la précipitation moyenne est encore plus forte qu'à l'amont d'Obidos. Elle est surtout énorme pour le Rio Negro auquel nous n'hésitons guère à attribuer au moins 40 000 m³, soit pour 1 million de km², 40 lit. sec. par km².

Le Rio Negro serait donc la deuxième rivière du monde, en égalité avec le Congo, et peut-être même son module excède celui de ce fleuve. Puis nous devons insister sur l'énormité relative du débit minimum jaugeé à Obidos, à savoir 72 500 m³ pour 5 millions de km². Et nous répétons que cela paraît presque un record de faiblesse pour le fleuve. Ce minimum égale presque deux fois le module du Congo. Et avec 14,5 lit. sec. par km² il équivaut à plus de deux fois le module spécifique de la Seine à Paris, et l'étiage relevé à Manaos avant jonction avec le Rio Negro, soit 48 000 m³ pour 2 400 000 km², est encore bien plus prodigieux.

Nous rappelons que le minimum du Congo, déjà prodigieux et de 20 000 m³ vers Léopoldville, soit pour 3.700.000 km², 5,4 lit. sec. par km². C'est presque autant que le débit annuel spécifique du Mississipi à Vicksburg.

Et venons-en aux crues possibles du fleuve. D'après une extrapolation peu risquée, le niveau maximum maximum retenu pour l'Amazonie à Obidos en juin 1953 représenterait 280 000 m³ soit à peu près 100 000 m³ de plus que nous ne l'avions supposé. Le coefficient A qui est le quotient du débit record par la racine carrée de la puissance réceptrice, vaut 125. Ce chiffre permet dans une mesure assez large de comparer les puissances relatives des crues émanant de surfaces réceptrices très différentes.

Pour donner une idée de ce que représente le chiffre de 125, rappelons que pour les crues les plus grandioses du Yang Tsé-Kiang vers Wou-han le coefficient A atteint tout au plus 75. Et le chiffre de 125 convient de façon très significative à des maxima déjà désastreux des rivières cévenoles comme l'Ardèche ou le Gardon.

Si on recherche les débits des crues à Manaos on obtient encore des chiffres très imposants. Nous admettons que les débits records sur le Solimoes comme sur le Rio Negro, sont comme sur l'Amazonie à Obidos 1,3 fois plus forts que

le plus gros débit jaugé en juillet 1963. Le choix de ce coefficient unique est évidemment critiquable. Mais-il a des chances de ne point nous conduire à des erreurs trop fortes.

Donc si nous l'employons 169 000 m³ jaugés à l'aval du confluent, mais y compris le débit du Parana, nous donnent pour la crue de 1953, 220 000 m³. Sur le Rio Negro on aurait 85 000 à 90 000 contre 67 000 jaugés en 1963 et sur le Solimoes avant la diffluence du Parana 130 000 contre 84 000 mesurés en 1963. Peut-être faudrait-il admettre seulement 80 000 à 85 000 pour le Rio Negro, car juillet est pour lui le mois du maximum, tandis que pour le Solimoes la baisse, vers le 23 Juillet, jour du jaugeage, était peut-être plus forte après le maximum de l'année qu'à Obidos même.

Nous terminerons ce bref examen des crues en montrant qu'en réalité les chiffres atteints sur l'Amazone et si supérieurs à nos évaluations précédentes, n'auraient point dû nous surprendre. Nous avons pêché réellement naguère par une timidité tout à fait excessive. Et une heure de calcul rapide aurait suffi à nous laisser croire que l'Amazone devait débiter en crue des eaux beaucoup plus abondantes que ce que nous pensions et annoncions.

En effet, ayant appris qu'elle avait peut-être roulé 280 000 m³ à Obidos, nous avons fait en une heure un calcul suggestif. Nous avons imaginé des débits moyens mensuels variant dans l'ensemble selon le régime amazonien, tel que nous le connaissons d'après les hauteurs aux échelles. Et nous avons gradué ces débits en hausse comme en baisse de manière qu'ils comportent le maximum monstrueux plus haut signalé à Obidos. Il semble qu'avec un quotient d'écoulement de l'ordre de 45 à 50 % pour le supplément de débits obtenus lors de la crue, il suffirait de précipitations dépassant la normale de 35 à 40 % pendant 4 mois pour produire le débit considéré. Or, de tels excédents pluviaux sont certainement possibles.

Au fait, nous avons déjà vu que d'après les calculs américains, les débits moyens de 19 ans à Obidos, indiquaient 230 000 m³ en mai et en juin. Il suffit de 50 000 m³ supplémentaires pour donner le maximum colossal attribué à l'année 1953.

Enfin nous voulons donner quelques précisions sur les transports solides effectués par le fleuve. Nous avons longtemps cru et nous avons écrit qu'ils étaient relativement gigantesques. Nous l'affirmions sur la foi de précisions fournies par un excellent géographe français LE COINTE, dans un livre qu'il avait écrit sur l'Amazonie. Cet auteur indiquait vers Obidos 500 à 1500 gr. de boues en suspension par m³ selon les débits. Et nous avons jugé raisonnable d'admettre au moins 700 à 800.

Puis au cours des années, de tels chiffres nous ont paru stupéfiants par comparaison avec ce que nous apprenions sur les transports solides effectués par d'autres fleuves.

Le fait que le bassin de l'Amazone est en majeure partie situé dans la forêt équatoriale, rendait invraisemblables les teneurs en matériaux fins indiquées par LE COINTE. Ce fut aussi l'avis de notre excellent élève allemand F.V. LOCKERMANN qui a élaboré sur les grands fleuves inter-tropicaux un livre de haute valeur, malheureusement point encore imprimé.

Peu à peu notre conviction hostile aux chiffres de Le Cointe est devenue entière et nous avons écrit à Lockermann il y a quelques années que l'auteur en question avait dû se tromper d'un zéro ou mal placé les virgules.

Et en effet le très distingué et savant professeur H. SIOLI de Plön /Holstein/ nous a communiqué des données relevées par lui ou par ses élèves au cours de très belles explorations en Amazonie. Il ressortait de ses dires qu'il fallait remplacer par des dizaines, les centaines de grammes indiqués par Le Cointe.

Tout récemment, le professeur SIOLI a confirmé notre nouvelle opinion en nous envoyant les photocopies de deux mémoires composés et publiés il y a près de 70 ans, sur les eaux de l'Amazone par un auteur vraiment génial, le

Dr. Friedrich KATZER. C'était un Autrichien de Bohême. Et il a exécuté dans les eaux de l'Amazone à Obidos et en plusieurs points vers l'embouchure, puis dans le Xingu et le Tapajoz, des mesures absolument remarquables des transports en suspension et en dissolution.

Pour les premiers, il a d'ailleurs pris soin de carboniser les échantillons après leur dessèchement. De la sorte il a éliminé les matières organiques emportées en grandes quantités par l'Amazone et par ses tributaires. Il a donc trouvé pour les matériaux non organiques 63 et 135 gr par m³ à Obidos. Puis 32 gr. sur le Xingu et 28 sur le Tapajoz. Mais les substances organiques représentaient 37 puis 61 gr. par m³ à Obidos et 56 puis 63 gr. par m³ sur les deux affluents. Cela signifie que dans les eaux de ces derniers, les substances organiques étaient presque le double des transports en suspension sur le Xingu, et plus du double sur le Tapajoz.

On voit quelles erreurs on peut commettre dans des fleuves aussi chargés en substances organiques lorsque l'on n'élimine point ces dernières par combustion. Or, en 1953 les ingénieurs américains ont repris ces mesures et ils n'ont point encore terminé leurs calculs relatifs à elles. Cependant l'un d'eux nous écrit que les transports en suspension de l'Amazone et du Solimoes paraissent voisins de 100 gr. par m³ à Obidos, et de 150 par m³ au-dessus du confluent avec le Rio Negro à Manaus. Mais l'auteur de cette information ne nous dit point si ces chiffres s'entendent après combustion de matières organiques.

De toutes façons notre opinion sur l'exagération des chiffres fournis par Monsieur LE COINTE est amplement confirmée. Puis dans le bassin du Solimoes à l'amont de Manaus les argiles donc les particules arrachées notamment aux berges concaves des méandres, et qui donnent des eaux d'un jaune brun clair existent en abondance. Dans le bassin du Rio Negro, règnent les roches dures et la forêt.

En conséquence les transports en suspension pour cette rivière sont déclarés négligeables.

Quant aux transports en dissolution, ils sont aussi très médiocres, et de même pour l'Amazone et les autres affluents ils paraissent ne point excéder à Obidos quelques dizaines de grammes contre plus de 150 à 200 et plus pour beaucoup de fleuves européens et d'abord pour la Seine. Puis bien entendu aucune substance chimique ne souille l'Amazone. Et finalement les eaux de ce fleuve comptent parmi les plus pures de toute la terre. Elles sont même d'après les ingénieurs américains au moins aussi potables que les eaux distillées et elles paraissent plus pures que celles que fournissent la plupart des services des eaux dans les villes des Etats-Unis.

Quant à la couleur foncée que présente le Rio Negro et d'autres rivières aussi "noires" elle a pour origine la décomposition de certains matériaux organiques.

Uj adatok az Amazonas vízhozamára

- Maurice Pardé -

Hosszu idő óta tudja mindenki, akit némileg is érdekel a tudomány, hogy az Amazonas a világ leghatalmasabb folyója. De egészen a legujabb időkig sohasem mérték meg a folyam vízhozamát. Tehát csupán a vízgyűjtő terület kiterjedésére és az évi átlagos csapadék adataira támaszkodó becslésre voltunk utalva. Azonban ezt a két elemet is igen tökéletesen ismerjük és bizony mindkettőt illetően elég komoly a bizonytalanság.

E tanulmány az Amazonas évi közép vízhozamát a Xingu befolyása előtt 100.000 vagy 120.000 m³/s -ra és Obidos-nál 90.000 vagy 100.000 m³/s-ra becsülte.

A kérdésben érdekelt szakértők általában túlzottnak tartották ezeket a számadatokat. Becslésük azonban tévesnek bizonyult.

Most döntő bizonyítékot szolgáltatott az Egyesült Államok Földtani Szolgálat /Geological Survey/ kiváló mérnökei, akik O'Reilly Sternberg brazil professzor megbízásából a nehézségek ellenére is kiváló méréseket végeztek Manaosnál és a Rio Negron, majd pedig Obidos-nál a Madeira beömlése után.

Az utóbbi helyen korszerű módszerekkel 216.000 és 72.500 m³/s-ot mértek, a folyam eddig észlelt egyik legkisebb vízállása idején. A mérés eredménye rendkívüli volt.

A 216.000 m³/s-os adat alapján az 1953. évi júniusi árvízhozamot, elég nagy valószínűséggel 280.000 m³-re becsülték. Obidos-nál a vízhozam sokévi átlaga 165.000-175.000 m³/s-ra becsülhető 5 millió négyzetkilométerenként. A Xingual való összefolyása alatt 190.000 m³/s-ra becsülhető a vízhozam 6,150.000 km²-ként. Ez km²-ként 30,9 liter/s fajlagos lefolyásnak vagy 974 mm lefolyási magasságnak felel meg. A lefolyási veszteség mintegy 1250 mm.

Manaos-nál a Rio Negro beömlése alatt az átlagos vízhozam feltehetően 125.000-130.000 m³. A Rio Negro vízhozama 1 millió km² vízgyűjtő területről legalább 40.000 m³ kell, hogy legyen, amely megfelel a Kongo 3,800.000 km²-kénti átlagos vízhozamának.

Rapport annexe à l'exposé du Professeur M. Pardé

par

Woldemár LÁSZLÓFFY

Chef de section
à l'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques

Seule l'absence de l'homme de la région des Amazones peut expliquer le fait curieux que jusqu'à nos jours on n'avait que de vagues estimations concernant le débit du plus puissant fleuve du monde.

Les dimensions énormes du fleuve n'en donnent point un motif valable. En effet déjà en 1857 Humphreys et Abbot ont effectuée de mesures de débit bien soigneuses en se servant de doubles flotteurs au Bas-Mississippi, notamment près de Carrolton. Et en 1871 le Hongrois Gyula Révy a réalisé des jaugeages précis, sur le Parana et dans l'estuaire du rio de la Plata, à l'aide d'un moulinet hydrométrique. Les jaugeages des ingénieurs de l'U.S. Geological Survey exécutés sur les Amazonas ont exigé certes, un bon équipement et une grande expérience, mais ne représentent, au point de vue rien d'extraordinaire. Les résultats de leurs jaugeages sont donc incontestablement justes. Les récentes données - malgré leur caractère surprenant - doivent être considérées valables et proches de la vérité.

Or, je n'ai pas l'intention de m'occuper des données numériques, plutôt je me propose de traiter la nature des données hydrologiques.

Voici une première conclusion et enseignement: l'extrapolation est toujours dangeureuse. Les auteurs qui cherchaient à établir sur la base du bilan hydrologique le rapport existant entre la précipitation et l'écoulement /ou bien le déficit d'écoulement/ d'un bassin versant, étaient sans doute d'excellents spécialistes. Les corrélations de Wundt, de Coutagne et de Langbein - cité par M. le Professeur Pardé - grâce auxquelles l'écoulement /E/ peut être calculé à partir de la précipitation moyenne annuelle /H/ et de la température moyenne annuelle /T/ de la région considérée, caractérisent fidèlement les conditions moyennes mais elles ne sont point valables pour les cas extrêmes. Elles ne sont valables, par exemple, pour la Grande Plaine hongroise non plus, étant donné que le micro-relief de la surface presque horizontale de la Plaine hongroise retient la majeure partie de la précipitation, en outre, le sol est imperméable, donc la perte d'évaporation est bien importante et l'écoulement est infiniment réduit. D'une façon générale, la température moyenne annuelle - à l'aide de laquelle Coutagne et Wundt désirent de prendre en considération l'effet du climat local - ne caractérise pas d'une manière fidèle les conditions, vu que la moyenne annuelle des températures oscillant entre de larges limites peut être égale à la température moyenne annuelle d'un lieu ayant une température constante. C'est pourquoi Langbein a introduit comme variable la température moyenne annuelle corrigée:

$$T' = \frac{\sum_{1}^{12} h_i t_i}{\sum_{1}^{12} h_i}$$

où h_i et t_i indiquent respectivement les précipitations et les températures moyennes mensuelles. Langbein prend donc en considération non seulement la température des différents mois, mais aussi les précipitations atmosphériques alimentant l'évaporation. A toute évidence, il a extrapolé les courbes $E = f/H, T'$ jusqu'aux limites où il n'avait point de données, ou bien il en avait peu et incertaines. Par conséquent l'extrapolation n'était guère justifiée.

Les sciences avancent trop souvent en se servant d'hypothèses de travail, ces dernières rendant bon service jusqu'au moment où le progrès les dépasse. La physique et la chimie en donnent de nombreux exemples, mais personne ne pense à mettre en doute les mérites des grands précurseurs des sciences, même si leur théories se trouvent dépassées.

Nous avons appris dans la climatologie que le module pluviométrique moyen annuel augmente avec l'altitude. Mais, les données de mesure ont sans doute prouvé que cette loi n'est valable que jusqu'à une certaine altitude des versants "au vent" des montagnes, puis la précipitation diminue de nouveau. On a oublié que l'humidité des masses d'air n'est pas illimitée. Et voici maintenant l'exemple des Amazones qui nous enseigne quelques chose d'analogue: le déficit d'écoulement n'augmente pas non plus sans limite parallèlement à la température moyenne et à la précipitation annuelles, vu que le pouvoir évaporant de l'atmosphère - impossible à estimer - met des bornes à cette même perte. Or, les données de jaugeages exposées par M. Pardé posent un point d'interrogation à notre discipline. Espérons que la Décennie Hydrologique Internationale qui s'ouvrira en 1965, en donnera la réponse.

Quant au débit moyen des Amazones, le Professeur Lvovitch, l'excellent hydrologue soviétique le premier, qui a dressé la carte des modules d'écoulement annuels moyens de la Terre - est arrivé au même résultat que M. Pardé. Et c'est tout a fait évident puisque tous les deux, suivant de l'état de la science de ce temps là, ont effectué une extrapolation concernant une région dont on n'avait aucune donnée de mesure.

Bien entendu, en possession des deux données de jaugeage nous ne pouvons pas nous flatter d'avoir une idée nette sur le débit des Amazones. Un étiage inférieur au niveau le plus bas observé jusqu'ici peut toujours arriver et la coïncidence des conditions défavorables peut amener un record quant au débit de crue. Voici la raison que l'hydrologue ne parle plus d'un débit maximum, mais d'une crue de probabilité 1/10, 1/100, 1/1000 etc... % ou, en autres termes d'une crue décennale, centenaire ou millénaire. C'est une autre question qu'un débit de crue centenaire, calculé à l'aide des méthodes statistiques, peut être considéré comme réel ou non. Il est bien possible qu'il ne sera pas atteint pendant 300 à 400 ans, pour survenir ensuite plusieurs fois dans un délai relativement court.

Et encore une question s'impose: combien les conditions climatiques, supposées constantes lors du calcul sont-elles stables.

L'évaluation du module de débit n'est pas non plus rassurant. On arrive aux résultats plus ou moins différents, suivant l'exactitude de la courbe de débit /courbe permettant de passer des niveaux d'eau observés aux débits/, la longueur de la période d'observation, et de la répartition des années sèches et humides dans la période considérée. En ce qui concerne le cas des Amazones - on l'a vu - la courbe de débit a été dressée sur la base de deux points de jaugeage, dont d'une manière nécessairement arbitraire. Même si la courbe en question était précise, on ne peut pas perler du module des Amazones, parce qu'il s'agit précisément du débit moyen d'une période de 16 ans allant de 1928 à 1946.

Qu'il me soit permis d'éclaircir l'inexactitude des données hydrologiques à l'aide de quelques chiffres relatifs à notre Danube tout en soulignant que les données de jaugeages de débit relatives à ce fleuve remontent à un passé de presque cent ans et que l'on dispose - non seulement de deux - mais au moins de 200 points de mesure pour certains profils.

Malgré ceci les données communiquées dans les différentes sources récentes, même officielles, sont fort différentes. Quant, par exemple, au module de débit à Bezdan, station d'échelle à la frontière hungaro-yougoslave, on y trouve de valeurs égales respectivement à 2028, 2200, 2400 et 2616 m³/sec. L'écart des valeurs extrêmes est de l'ordre de 588 m³/sec. soit de 29 % ! Les chiffres ne sont tout de même pas erronés, mais il s'agit des moyennes relatives aux périodes d'observation différentes.

Peut-on s'étonner, après tout cela que suivant l'estimation ancienne

du Professeur Pardé le module à Obidos soit de 90000 - 100000 m³/sec, tandis que les calculs basés sur les deux jaugeages récemment exécutés ont abouti à 165000 - 175000 m³/sec, soit à une valeur de 79 % plus grande?

Ceux qui ne connaissent pas les difficultés du travail de l'hydrologue, éprouvent de grand embarras en découvrant de données fréquemment contradictoires. Le géographe devra s'accoutumer de définir ses données d'une façon précise et de les juger suivant leur origine. Du reste, il devra considérer toute donnée relative au débit d'un cours d'eau une valeur approximative, qui peut plus ou moins différer du "chiffre exacte" de dernier étant peut être lui même indéterminable. Il n'est guère admis de baser des interprétations théoriques sur des écarts de 10 à 20 %. S'il s'agit d'une estimation quelconque, une erreur de 100 % n'est point impossible, une de 50 % est bien possible. Une donnée à ± 20 % juste peut être considérée bonne, et l'écart inférieur à 10 % est rare, même si l'on dispose de résultats de jaugeages, vu que les débits sont influencés par de nombreux facteurs dont la plupart varie en fonction du temps.

Pour terminer, permettez-moi, Messieurs, de citer une comparaison. Si, dans une ville étrangère on me dit que je peux arriver à la gare en 10 minutes, je ne calcule la distance même dans le cas, si je connais ma vitesse de marche. Les 10 minutes en question peuvent être 6 à 7 pour l'un et 12 à 13 minutes pour l'autre. D'ailleurs, est ce que l'informateur n'a jamais chronométré le chemin? Pourtant, l'information est bien précieuse: si l'on compte un quart d'heure pour le chemin, on arrivera à temps à la gare. Bien entendu, en cas d'un niveau élevé, la distance cherchée est à lire sur une carte d'une exactitude impeccable.

L'hydrologie est souvent méprisée, on ne le prend pas pour une science exacte. La faute n'en est point dans l'hydrologie même: ce sont des lois physiques, chimiques, respectivement biologiques bien connues, qui régissent les événements hydrologiques. Seulement un spécialiste connaissant tous les facteurs pouvant intervenir est nécessaire qui apprécie dûment leur influence dans le cas donné et ne contribue jamais à aucune donnée une valeur supérieure à son propre qualité.

Rapport annexe à l'exposé du professeur M. Pardé

par

Sándor LÁNG

Professeur de l'Université Eötvös Lóránd de Budapest

La récente donnée de l'exposé concernant le débit de l'Amazone - contraire aux évaluations précédentes - pour moi ne semble pas surprenante. Suivant mon avis, l'ordre de grandeur de 110.000 m³/sec de débit de l'Amazone ne semblait point correspondre au bassin de réception équatorial du fleuve. Or, les données météorologiques à caractère in extenso ont permis de constater dans la majorité du bassin de l'Amazone une teneur en humidité d'air considérable ce qui peut amener une évaporation et évapotranspiration réduites. Les causes en peuvent être - toujours sur la base de mes propres recherches - que la probabilité des jours pluvieux par an est de l'ordre de 70 à 80 % /cette même valeur des jours orageux est de 50 % environ. La probabilité des nuages des heures de midi /dépassant même l'indice de 80 % est aussi supérieure à 80 %. Cela veut dire, que juste aux points les plus hauts la trajectoire journalière du Soleil au-dessus de l'horizon - où l'évaporation et évapotranspiration seraient les plus importantes - l'insuffisance de la saturation est réduite, vu que le ciel est bien couvert et l'arrivée de la pluie est fort probable. Conformément aux particularités du climat équatorial, à 13 - 14 heures environ, le bassin de l'Amazone présente une humidité d'air relative de 80 % environ, donc l'évaporation ne peut avoir une valeur aussi élevée que supposée auparavant. Ici par exemple, entre 13 et 14 heures l'humidité relative de l'air ne peut s'abaisser au-dessous de 60 % et la valeur se trouvant entre 60 et 65 % à 14 heures n'a qu'une probabilité de 0,5 %. Cependant, le temps clair est plus probable dans les heures nocturnes, le matin, dans la matinée et après midi tard, ou l'effet de l'ensoleillement est faible, en conséquence l'évaporation étant modérée. En considérant ce qui vient d'être dit, on peut admettre concernant le bassin de réception entier de l'Amazone un facteur d'écoulement de 45 % et un écoulement spécifique supérieur à 30 lit/sec. km² communiqués par M. Pardé.

Tous ces facteurs climatiques assurant l'écoulement plus élevé sont encore influencés par les dispositions de sol du lit de l'Amazone dans une certaine mesure. En effet, la plus grande partie du bassin présente une pente très réduite qui ne permet qu'un écoulement trop lent. Notons que le sol originellement peu cohérent se maintient mouillé constamment et l'air se trouvant au-dessus de ce sol, présente le même caractère. Il est bien connu, que le sol mouillé permet une infiltration restreinte. En ce qui concerne la pente du lit de cet immense fleuve, elle n'est que de l'ordre de 4 cm/km pendant 4000 km en aval d'Iquitos, et cette même valeur se réduit à 2 cm/km en aval de Manaus pour les derniers 1000 kilomètres. Les conditions spécifiques géomorphologiques cependant - la pente minimale O-U-E du terrain des environs du fleuve principal - seraient susceptibles d'amener la réduction de la vitesse des cours d'eau et par conséquent la diminution des débits, mais cette situation défavorable est sujette à une transformation heureuse grâce au fait que les affluents arrivant des Andes et de plateau de Guyane et ayant de pentes plus inclinées transportent des crues considérables au fleuve principal et assurent de très importants débits.

Et ajoutons finalement, qu'une valeur d'écoulement du bassin de l'Amazone supérieur à nos connaissances actuelles peut se produire étant donné l'analogie du bassin Parahyba du Brésil du Sud-Est, situé près du tropique du Capricorne, se trouvant entre des conditions hydrologiques et hydrogéographiques et

des dispositions pluviométriques quasi similaires. La valeur correspondante de ce bassin est de 21 lit/sec km², donc supérieure au chiffre précédemment établi pour le bassin de l'Amazone, malgré que le bassin de réception de la Parahyba se trouve déjà dans les zones des pluies monophasés où la saison sèche sensiblement longue se présente également.

Aspects des problèmes de l'eau dans une métropole et sa région:
la région parisienne

par

Marcel-M. CHARTIER

Membre de la Commission de l'Eau pour le Vème Plan
Expert près de l'Unesco pour la Décennie Hydrologique Internationale

Les besoins en eau posent des problèmes à toutes les régions habitées de notre planète: par la variété et la multiplicité des usages que l'homme fait de l'eau /1/, les ressources hydriques révèlent leur insuffisance dans un avenir prochain, même dans les pays tempérés qui étaient réputés pour leurs disponibilités naguère considérées comme inépuisables.

I

Données générales. - Par suite de la conjonction des besoins d'une population en développement rapide, de diverses industries en expansion et de l'agriculture par l'équipement aux fins d'irrigation par aspersion, une métropole /2/ et sa région exigent d'avoir à leur disposition un volume considérable d'eau. Cette nécessité soulève de graves difficultés du point de vue quantitatif; ces difficultés sont d'autant plus sensibles que l'eau restituée par les effluents urbains et par les effluents industriels est toujours affectée par une dégradation de ses qualités naturelles physico-chimiques et que tous les utilisateurs désirent prélever une eau peu chargée, faiblement minéralisée et d'une température pas trop élevée. Il arrive ainsi que les modifications de qualité subies par l'eau la rendent impropre à un usage ultérieur immédiat, donc restreignent les ressources directement utilisables. Tels sont les éléments majeurs du problème général de l'équilibre entre les ressources et les besoins en eau; ils apparaîtront constamment dans l'étude de l'alimentation en eau de la région parisienne.

La région de Paris.- Aucun critère naturel ne peut aider à définir la masse urbaine en extension /conurbation parisienne/ ni sa zone régionale d'influence. J'ai donc porté mon attention sur le territoire administratif constitué par trois départements: Seine, Seine-et-Oise, Seine-et-Marne qui couvrent une superficie de 12 070 km², soit environ 2,2% de la surface de la France /3/. Cette " région de Paris " est étroitement intégrée dans le domaine de la capitale, ce qui lui procure un trait caractéristique.

Dans cette " région de Paris ", je distinguerai d'une part, l'agglomération urbaine centrale: d'autre part, le territoire qui l'entoure. L'agglomération urbaine centrale forme l'agglomération parisienne; elle est composée de la ville de Paris et de sa banlieue, département de la Seine et couronne urbaine qui, dans les départements de Seine-et-Oise et de Seine-et-Marne, lui est contiguë. La partie qui est autour de cette agglomération comprend les centres urbains ou en voie d'urbanisation qui, à quelque distance de l'agglomération, subissent l'attraction de Paris, les villes secondaires de ces deux derniers départements et aussi le pays rural. L'ensemble groupe une population de l'ordre de 8 500 000 habitants, soit 17% de la population de la France. Mais, en s'appuyant sur les prévisions statistiques de l'évolution démographique, on trouve que cette " région de Paris " compterait, en 1985, environ 12 200 000 habitants, dont seulement 420 000 ruraux contre 450 000 actuellement.

C'est dans ce cadre territorial et avec ces données démographiques que sera établi l'inventaire des besoins globaux; quant au bilan des ressources,

il sera dressé en fonction du bassin de la Seine en amont de Paris et du bassin de l'Oise.

II

Les besoins.- Les besoins en eau d'une métropole et de sa région dépendent directement du développement de l'activité économique et de l'évolution sociale. L'accroissement des besoins domestiques et collectifs /alimentation, hygiène individuelle et publique, confort, agrément des populations/ se fait parallèlement à l'accroissement des besoins dans les secteurs de production; mais c'est le développement industriel qui mobilise les volumes d'eau les plus grands et sans cesse en augmentation, puisque à l'eau utilisée par les industries elles-mêmes s'ajoute l'eau nécessaire à la production croissante de l'énergie /eau énergétique, eau de refroidissement, eau de transport/. Cette eau, d'ailleurs, n'est pas " consommée ", n'est pas " détruite "; dans la plupart des cas, les quantités rejetées équivalent aux quantités prélevées; les débits pompés se retrouvent quasi instantanément dans la rivière; mais l'eau des rejets ne présente plus les mêmes qualités que l'eau des prélèvements.

Simultanément, la population augmente et l'agriculture fait appel aux disponibilités hydriques grâce à la mise à sa disposition de nouvelles sources d'énergie et de matériels appropriés: elle se montre désireuse d'intensifier sa production par des rendements plus réguliers et plus élevés, désireuse de ne pas laisser le revenu agricole inférieur au revenu industriel, désireuse enfin de s'adapter en permanence aux données du marché et de s'insérer dans le complexe économique européen; elle requiert et requerra des volumes d'eau croissants pour apporter aux végétaux l'eau qui leur manquait, même dans notre région qui peut être qualifiée d'humide par les précipitations moyennes qu'elle reçoit: une meilleure connaissance des régimes d'approvisionnement en eau des plantes justifie les avantages de l'irrigation de complément.

Le nombre d'habitants urbains à desservir est déjà impressionnant en potentiel; or, non seulement la desserte s'adresse à une population urbaine plus importante, mais les besoins seront majorés. Des investissements seront exigés par l'aménagement et la mise en valeur du patrimoine hydrographique: mise en réserve de l'eau en vue de l'élévation du débit moyen dans les rivières lors des étiages /qui coïncident avec les périodes de besoins agricoles de pointe/, amélioration de la navigabilité, création de plans d'eau /dans le cadre de l'aménagement touristique du territoire et de l'organisation des loisirs/.

Évaluation des besoins.- Qu'il s'agisse d'eau potable ou d'eau brute, d'eau domestique ou d'eau industrielle, les prélèvements se font soit directement à partir de la Seine ou de ses affluents /eau de surface/, soit directement à partir d'une nappe souterraine /nappe alluviale ou nappe sous-jacente/.

En m'appuyant sur les résultats obtenus par une enquête effectuée en 1954, j'applique les valeurs ci-après comme besoins unitaires maximaux par habitant desservi en eau propre et par an: 50 m³ en milieu rural et agglomération de moins de 5 000 habitants et 100 m³ en milieu urbain. Pour Paris, ces besoins unitaires s'élèvent à 170 m³ par habitant et par an. Besoins qui englobent les besoins domestiques, les besoins collectifs et municipaux, les besoins industriels /satisfaits par une distribution publique/. Les volumes ainsi nécessaires sont donc de 980 millions de m³ par an actuellement et seront de 1 320 millions de m³ en 1985, ce qui correspond à des besoins respectifs de l'ordre de 31 m³/s et de 42 m³/s. Mais, au potamologue comme à l'hydrologue urbaniste, il importe d'apprécier les besoins de pointe d'utilisation dans chacun des domaines /eau domestique, eau brute, eau d'irrigation/; par extrapolation des variations démographiques et des besoins spécifiques, le calcul donne pour l'ensemble urbain et rural des débits de point:

a/ actuellement, de 43 m³/s d'eau propre auxquels il faut ajouter environ 5 m³/s d'eau brute et 1.5 m³/s d'eau d'irrigation, soit un volume de l'ordre de

50 m³/s.

b/ en 1985, de 64 à 65 m³/s d'eau propre auxquels il faut ajouter environ 5 à 6 m³/s d'eau brute et environ 9 m³/s d'eau d'irrigation, soit un volume de l'ordre de 80 m³/s.

Ces besoins calculés sont des ordres de grandeur qui, globalement, peuvent être pris en considération, mais dont la répartition entre les bassins hydrographiques est très difficile à déterminer.

III

Les ressources.- Ces divers éléments d'appréciation quantitative des besoins en eau stipulent qu'il est essentiel de se procurer en quantité suffisante des ressources stables, capables de satisfaire largement ces besoins de pointe. Dans les conditions scientifiques, techniques et économiques actuelles, il n'est pas question de capter et d'utiliser collectivement les eaux météoriques au moment de leur arrivée près du sol ni les eaux de ruissellement direct superficiel /ruissellement des villes, des routes, des aéroports .../. Les eaux auxquelles on aura recours seront les eaux souterraines /sources et gisements aquifères/ et les eaux de surface /cours d'eau, lacs de barrages-réservoirs/.

Ressources en eaux souterraines.- Dans la région de Paris, leur part est en diminution relative en comparaison des volumes prélevés dans les eaux de surface. Néanmoins, ces eaux souterraines conservent un intérêt certain: quantitativement, elles satisfont encore près du tiers des besoins d'eau pour l'alimentation de la dite région; qualitativement, elles présentent le plus souvent une composition stable et une " pureté " naturelle d'autant plus grande qu'elles proviennent de gisements bien protégés contre l'introduction plus ou moins directe d'eaux de surface. Elles sont donc susceptibles d'assurer les besoins totaux présents de la distribution publique de certaines agglomérations /Provins, par exemple, bénéficie d'une eau naturelle excellente/ ou, dans d'autres cas, d'améliorer la qualité d'eau de surface qui ont été filtrées et stérilisées, mais dont la température est trop élevée pendant la saison chaude. C'est par les eaux souterraines que pourra se faire l'approvisionnement des établissements industriels isolés, construits loin des rivières /les installations nouvelles se feront de plus en plus à l'écart des vallées/, et des exploitations agricoles; notamment, il est probable qu'une partie de l'eau nécessaire aux irrigations de complément /irrigation par aspersion/ sera prélevée dans les eaux souterraines: les spécialistes de l'Aménagement agricole des Eaux admettent qu'elles y contribueront pour 20% des besoins.

Dans le bassin de la Seine, plusieurs niveaux aquifères existent parmi lesquels les plus productifs sont les nappes d'alluvions quaternaires sur substratum crayeux fissuré, les nappes des calcaires tertiaires de Champigny /Ludien supérieur/ et les nappes de la craie secondaire fissurée /Turonien et Sénonien du Crétacé/. D'autres niveaux aquifères sont situés à la base du Crétacé et dans le Jurassique; malheureusement, en raison de leur profondeur, l'exploitation de ces réserves naturelles d'accumulation serait onéreuse; de plus, les eaux accuseraient une température élevée et une minéralisation accentuée.

Le volume actuel moyen d'eau souterraine puisée annuellement pour l'agglomération parisienne et sa région correspond à un débit de l'ordre de 15 à 16 m³/s. Une progression est prévue qui pourrait conduire l'exploitation à un débit de 24 m³/s en 1985; mais il faut attendre les conclusions des études en cours: elles fourniront les bases d'une véritable gestion des eaux souterraines.

Ressources en eaux de surface.- Bien que notre région offre des caractères hydrogéologiques favorables que traduit la présence de sources et de nappes souterraines, il est fait amplement appel aux eaux superficielles; leurs volumes comme leur proportion augmentent d'année en année. Les recherches sur leurs possibilités et leurs conditions d'utilisation portent d'abord sur l'évaluation des débits flu -

viaux au cours des diverses saisons, pendant une période d'au moins dix ans /autant que possible/: les disponibilités en eau courante de surface sont appréciées d'après le bilan hydrologique du bassin versant fluvial et ses situations saisonnières. Toutefois, les recherches ne doivent pas négliger l'inventaire des agglomérations et des usines placées en amont sur les bords de la rivière, les caractéristiques physico-chimiques de l'eau courante, son degré éventuel de pollution, la propagation des pollutions causées par des déversements à l'amont.

Il est aisé de calculer le volume annuel moyen des eaux qui coulent dans le lit mineur de la Seine entre le confluent de la Marne et le confluent de l'Oise, dans Paris; l' " Annuaire Hydrologique de la France " /1959/ nous donne le module de la Seine en cet endroit depuis 1927 : 275 m³/s, soit 8 700 millions de m³ par an. Ce volume est de beaucoup supérieur à la quantité qui exprime les besoins de pointe pour 1985, 80 m³/s et 2 524 millions de m³. Dans la réalité, la comparaison de ces résultats n'a aucun sens, puisque les débits ne sont pas régulés. Le souci du potamologue est de rapprocher les débits de pointe d'utilisation en saison chaude des débits d'étiages naturels que viennent renforcer les lâchures des barrages-réservoirs de stockage: les travaux de BELGRAND et des études plus récentes permettent d'admettre une valeur de 35 m³/s pour le débit d'étiage naturel de la Seine à l'aval du confluent de la Marne /avant prélèvements et rejets/; le débit théorique moyen actuel des lâchures est de 13 m³/s; par suite, le débit minimal disponible actuellement est de 48 m³/s. Mais des prélèvements sont faits dans l'Oise: il faut donc ajouter le débit minimal d'étiage de l'Oise, au confluent avec la Seine: soit 22 m³/s. Ce débit de 70 m³/s doit être accru de 55 m³/s théoriques par la mise en service de deux réservoirs nouveaux avant 1975.

Quantitativement, l'approvisionnement en eau sera donc théoriquement résolu /eaux de surface et eaux souterraines/.

Je dois toutefois indiquer que des lacunes multiples existent dans notre documentation actuelle et s'opposent à une connaissance exacte de la situation présente. Plus encore, de larges incertitudes marquent le bilan des besoins comme des ressources en 1985: pour les besoins, il est difficile de considérer l'effectif démographique précis et plus encore de prévoir l'expansion industrielle; pour les ressources, il n'est pas possible de prévoir la durée et la fréquence des étiages; mais nous souhaitons que soient mieux connues la richesse vraie en eaux souterraines du bassin de Paris et la quantité d'eau utilisée en amont de notre région. Malgré ces réserves /qui devaient être formulées/, cette étude donne une image valable de ce que sera la situation si certaines ressources quantitatives ne sont pas annihilées par les pollutions.

Notes.

- 1/ - M. PARDÉ, Fleuves et rivières, Paris, A. COLIN, 1964. / " En un temps où l'on utilise de plus en plus les ressources hydriques pour des fins variées ".../.
- 2/ - G. CHABOT, les villes, Paris, A. Colin, 1948. / " La métropole sera définie par l'exercice simultané d'un grand nombre de fonctions urbaines " /
- 3/ - Seine: 480 km² ; Seine-et-Oise: 5 659 ; Seine-et-Marne : 5 931.
Se reporter à Atlas général Vidal-Lablache, planche France septentrionale, 1938, p. 70 - 71.

A Párizsi Körzet vízellátása

Marcel-M. CHARTIER

A nagyvárosok lakosságának növekedése és az emberek mind magasabb élet-színvonalra való törekvése egyre inkább növeli a vízfogyasztást, amelynek többféle rendeltetése van: kollektív higiénia, egyéni higiénia, mezőgazdasági termelés, ipari és kereskedelmi felhasználás. A tanulmány a várható szükségletek és a rendelkezésre álló források minőségi és mennyiségi összehasonlításával foglalkozik a Párizsi Körzetre vonatkozóan. A Párizsi Körzet három megyei területből tevődik össze: Párizs belterülete és külterületei, vagyis a párizsi település, de ide tartoznak az elővárosok és ezek falusi területei is. 1962-ben a Párizsi Körzetnek 8,400.000 lakosa volt; 1985-re 12,200.000 személlyel lehet számolni.

Ilyen körülmények között a Párizsi Körzet háztartási, közös, ipari, öntözési és hajózási vízszükségletének éves átlaga $50 \text{ m}^3/\text{s}$ volt 1962-ben. Ugyanez a szükséglet 1985-re eléri a $80 \text{ m}^3/\text{s}$ /csucsfogyasztás/ értéket. A szükségletek kielégítésére főleg a Szajna medence vize ad lehetőséget /a Szajna Párizsnál, a Marne és az Oise folyók/, továbbá a talajvíz is felhasználható. Miután a felszíni vízkivételek mértéke növekszik, alaposan tanulmányozni kell az alacsony vízállás vízhozamát, amelyet zárógátas tárolómedencék vizének felhasználásával lehet növelni. Az említett folyók alacsony vízállása ugyanis a meleg évszakokra esik, amikor a vízszükséglet a legmagasabb, ami a víz minőségének romlásához vezet.

Felelős kiadó: Pécsi Márton igazgató

Készült a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet sokszorosító üzemében
Budapest, VIII., Rákóczi út 41. – Felelős vezető: Névai József