

Les irrigations dans la « région » aride des États-unis

Jean Brunhes

Citer ce document / Cite this document :

Brunhes Jean. Les irrigations dans la « région » aride des États-unis. In: Annales de Géographie, t. 4, n°14, 1894. pp. 12-29;

doi : 10.3406/geo.1894.7745

http://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1894_num_4_14_7745

Document généré le 23/03/2016

LES IRRIGATIONS DANS LA « RÉGION ARIDE » DES ÉTATS-UNIS

Toute la région montagneuse des États-Unis qui s'étend, à l'ouest, depuis la zone des prairies jusqu'à la bordure littorale du Pacifique, est comprise sous le nom de « région aride ». Qu'est exactement cette région aride ? Il importe d'en déterminer les limites ; il importe aussi de préciser le sens du mot *aride*.

A coup sûr, une aussi vaste région qui a plus de 1 800 kilomètres de l'est à l'ouest, et plus de 2 000 kilomètres du nord au sud, dont la superficie est sept fois plus grande que celle de la France, ne peut avoir ni une topographie uniforme ni un climat unique. Elle comprend des régions diverses auxquelles on reconnaît un caractère commun : l'aridité. D'autre part elle n'est pas limitée aux frontières des États-Unis ; elle se continue au sud, à travers le Mexique, jusqu'à la zone des pluies tropicales¹.

Cette région aride ne doit pas d'ailleurs être considérée comme un désert continu, d'un seul tenant. Au contraire, les déserts, au sens que nous donnons ordinairement à ce mot, y occupent une étendue très restreinte. De grandes forêts y couvrent un espace évalué à 258 070 milles carrés², soit environ 668 112 kilomètres carrés. Les régions boisées, connues sous le nom de *Parcs*, s'y rencontrent même jusqu'à de grandes altitudes (3 500 et 4 000^m).

Cette expression *aride* signifie avant tout, pour les Américains, que dans cette région les conditions naturelles sont défavorables à la production des plantes alimentaires : gâtés par la merveilleuse fertilité de leur grande plaine du haut Mississippi et du Missouri, ils ont longtemps attendu avant de songer à tirer parti de leurs montagnes de l'Ouest ; sans doute l'agriculture y est difficile, mais elle n'est point partout impossible.

Depuis quelques années, les Américains des États-Unis ont précisément projeté et entrepris de créer dans l'immense région aride des oasis et des centres de production. Ils réussissent dans leur grande œuvre, parce que cette région, jusqu'ici presque complètement dépourvue de culture, n'est pas complètement dépourvue d'eau.

1. Cf. Newell, *The arid regions of the U. S.* (The National Geographic Magazine, 34 janv. 1894, V, p. 167).

2. U. S. Geological Survey : *Eleventh annual Report*, part. 2, p. 206.

I. — HISTORIQUE DE LA QUESTION

L'Ouest américain a été autrefois occupé par des populations dont on a retrouvé les vestiges et dont il nous reste de nombreux monuments, ruines de villes, débris de fortifications, vieilles citernes, etc. Ces peuples sédentaires, qui habitaient alors la région dite aride, faisaient nécessairement produire au sol ce qui leur était indispensable pour leur nourriture et leur subsistance. Tout nous fait supposer qu'ils avaient recours à l'irrigation : en tous cas, de très longue date les Indiens Pueblos et les Mexicains, qui marquent une population de transition entre les peuplades primitives et les populations modernes, l'ont connue et pratiquée. Dans la seule vallée du Salado, on a relevé 240 kilomètres d'anciens canaux ; en certains endroits l'eau de la rivière était transportée à plus de 20 kilomètres¹. Plus récemment, les Mormons, chassés en 1848 par l'armée fédérale, et contraints de se réfugier vers les montagnes de l'Ouest, ont suivi une pareille méthode et ont merveilleusement transformé par l'irrigation une partie notable du bassin du Great Salt Lake. — Comment expliquer que les Américains anglo-saxons n'aient pas plus tôt imité de tels exemples ?

Ils abandonnaient avec dédain cette région aux Indiens, aux Mormons et aux trappeurs ; ils la regardaient comme inhabitable ; le pays semblait pour toujours condamné à la sécheresse ; personne ne considérait la culture sur un pareil domaine comme une entreprise pratique. La contrée était, depuis le commencement de notre siècle, estimée pour ses richesses minières ; mais les richesses minières elles-mêmes avaient longtemps empêché les aventuriers de s'y fixer à demeure et d'y travailler la terre avec persévérance : les métaux précieux enrichissaient trop vite pour qu'on eût l'idée de faire fortune par l'agriculture, qui exige un si long labeur et tant de constance ; toutefois, lorsque les mines donnèrent lieu à de grandes exploitations, et qu'elles déterminèrent l'établissement de grandes agglomérations durables, on commença à recourir aux mêmes procédés que les Mexicains ou les Mormons. Puis, les vastes espaces vides qui séparaient le Mississipi de la région montagneuse s'étaient progressivement peuplés ; peu à peu les grands éleveurs, reculant devant la civilisation, s'avançaient de plus en plus loin dans les montagnes, à la poursuite des troupeaux de buffles ; et lorsque la place libre se fut ainsi restreinte, l'idée vint de tirer partie de l'immense région abandonnée et méprisée.

1. Daniel Bellet, *Les Irrigations aux États-Unis* (Nouvelles géographiques, avril 1894, p. 51, d'après un article récent de M. F.-W. Hodge dans le journal *The Anthropologist*.

2. Newell, *loc. cit.*, p. 169.

Aujourd'hui la culture n'est même plus liée, comme une simple fonction nécessaire, aux groupements miniers; elle se développe par elle-même et pour elle-même; elle est devenue dans ces régions, en peu d'années, une véritable industrie.

Et cette rapide extension de l'agriculture est due à l'intervention intelligente du pouvoir central, plus qu'à l'initiative des particuliers.

Par un vote du 13 février 1888, le Sénat décide de demander au ministre de l'Intérieur s'il juge bon de remettre au *Geological Survey* le soin de rechercher et discerner les régions où l'agriculture exige l'irrigation. C'était marquer d'avance le caractère scientifique que le gouvernement entendait donner à l'entreprise. M. Powell, l'éminent directeur du *Survey*, rédigea plusieurs rapports que le ministre de l'Intérieur communiqua au Sénat; à la suite de ces rapports, il fut décidé qu'un nouveau service serait créé au *Geological Survey* en vue des études nécessaires au développement des irrigations¹. Plusieurs rapports sur ces travaux ont en conséquence paru dans la collection des rapports du *Geological Survey*. Le premier rapport d'ensemble sur les irrigations a été publié comme volume supplémentaire au dixième rapport annuel du *Geological Survey* (1888-1889), et depuis cette date on consacre à ce sujet un volume par an. On a fait également de nombreuses enquêtes et de nombreuses études qui ont été publiées soit en volumes à part, soit dans les collections des divers ministères².

M. Powell a très bien compris quelle était l'œuvre scientifique qui devait précéder et faciliter l'entreprise d'irrigation; il a très bien compris aussi dans quelles conditions législatives et économiques cette entreprise devait être accomplie pour qu'on en tirât le meilleur profit.

Il a précisé par avance le programme scientifique à suivre, et ce programme comprend trois points essentiels :

1° La construction d'une carte topographique très exacte, à courbes de niveau ;

2° La détermination de la précipitation annuelle pour un bassin donné et de la distribution mensuelle de cette précipitation ;

1. *U. S. Geological Survey : Tenth annual Report, 1888-89*, part. 2, Irrigation, pp. 1 et sqq.

2. Nous citerons en particulier : *Report of the Special Committee of the U. S. Senate on the irrigation and reclamation of Arid Lands* (rapports de août et septembre 1889, publiés à Washington en 1890 : I. The Northwest; II. The Great Basin region and California; III. Rocky Mountain region and great plains; IV. Statements, by Director Powell, etc.).

A report on irrigation and the cultivation of the soil thereby with physical data, conditions and progress within the U. S. for 1891, by Richard J. Hinton, special agent in charge, office of Irrigation inquiry, department of Agriculture. Washington, 1892.

Artesian and underflow investigation. Final report of the engineer Edwin S. Nettleton, C. E. to the Secretary of Agriculture. Washington, 1892.

Final geological reports of the artesian and underflow investigation between the ninety-seventh meridian of longitude and the foothills of the Rocky Mountains, to the Secretary of Agriculture, by prof. Robert Hay, chief geologist, Office of irrigation inquiry, U. S. department of Agriculture. Washington, 1892.

3° L'étude méthodique du sol qui devra être choisi pour les terres irriguées¹.

M. Powell a tout fait pour qu'on arrivât le plus vite possible à la conception d'un plan général pour les irrigations; laisser pleine liberté aux initiatives individuelles, c'eût été compromettre l'économie générale de l'œuvre d'irrigation. L'eau nécessaire et la terre propice doivent être mises en relation l'une avec l'autre : or l'eau est abondante près des montagnes, là où, par suite de la déclivité du terrain ou de la nature des roches, la terre est rebelle à toute culture; et là au contraire où la terre est naturellement fertile, l'eau est absente. Si les régions montagneuses sont les surfaces de captation d'eau pour les plaines lointaines, le fermier de la plaine doit aussi bien s'occuper de la région montagneuse que de ses propres hectares de terre fertile. Il y a donc là deux séries d'intérêts très connexes, qu'il importe d'unir étroitement. Le particulier isolé, avec des moyens restreints d'information et des capitaux limités, ne peut ni imaginer ni appliquer une juste conception de l'œuvre d'ensemble².

De plus il importe d'éviter tout gaspillage de l'eau, qui est bien plus que la terre la vraie richesse dans tous les pays secs et arides : le volume d'eau disponible restant toujours proportionnellement très inférieur à la surface territoriale qu'on pourra fertiliser, il faut se garder de consacrer trop d'efforts à des terres par trop défavorables à la culture; il faut aussi se garder de choisir comme terres à irriguer des terres trop lointaines : transporter l'eau à distance, c'est toujours multiplier les causes d'évaporation et de filtration, et c'est par suite en diminuer le volume.

M. Powell a montré que, les populations montant progressivement de la plaine vers la montagne, les derniers arrivants étaient toujours plus près des sources d'eau que les premiers arrivés : si des arrangements ou des lois ne règlent pas les droits de chacun, les fondateurs des premiers établissements ne peuvent jamais être assurés de pouvoir subsister. Ils sont sans cesse ruinés par ceux qui s'interposent entre eux et les montagnes. De là de grands conflits entre particuliers, entre villes, entre districts, entre États, ou même entre les États-Unis et les grands États voisins, comme le Mexique.

Le problème était donc, en sauvegardant tous les droits, en protégeant les individus, et en encourageant les initiatives particulières, de réaliser dans la mesure du possible, par une méthode scientifique, cet idéal économique : perdre le moins d'eau possible et mettre en culture la plus grande surface possible.

1. *U. S. Geological Survey : Tenth annual Report*, part. 2, Irrigation, p. 9.

2. *Idem.*, pp. 29-30.

3. Voir en particulier ce qu'il est dit des établissements de la Sevier et de la Bear River. *U. S. Geological Survey : Eleventh annual Report*, part. 2, pp. 66 et 74.

Le personnel du *Geological Survey* était bien préparé pour une tâche aussi délicate et aussi précise : l'œuvre a été double, comme l'était le projet de M. Powell : de nombreuses observations sont déjà recueillies, qui nous renseignent sur la nature et le climat de la région aride, et d'importants résultats économiques ont été déjà obtenus.

II. — ESQUISSE DE LA CLIMATOLOGIE GÉNÉRALE DE LA RÉGION ARIDE

On a d'abord cherché à préciser les limites orientale et occidentale de la région à étudier. Ces limites sont encore pour l'instant quelque peu arbitraires ; car dans cette très vaste contrée les forces climatériques ont une telle puissance que l'action n'en est jamais constante et régulière ; d'une année à l'autre, les phénomènes météorologiques varient dans de grandes proportions : dans une localité donnée, au centre de la région aride, il se peut que durant plusieurs années de suite il n'y ait pas assez de pluie pour faire mûrir les récoltes de céréales, et que dans une des années suivantes, la pluie, arrivant en temps opportun, produise une très abondante récolte¹. On a donc pris, à l'est, comme limite le 100^e méridien W. de Greenwich (à peu près 102°20' W. de Paris). A l'ouest, la limite a été plus difficile à fixer et elle est plus irrégulière ; le contraste est beaucoup plus fort et le passage beaucoup plus brusque du climat de la côte du Pacifique au climat de la région aride ; la ligne de séparation est encore compliquée par la grande variété de la topographie. En tout cas, au nord, cette ligne exclut de la région aride les parties occidentales du Washington et de l'Oregon².

Reste une surface d'environ 3 430 000 kilomètres carrés³, dont l'altitude moyenne dépasse 1 500 mètres. Cette grande masse repose sur un socle de roches cristallines, lesquelles apparaissent principalement au nord et sur les deux flancs, occidental et oriental, dans les Montagnes Rocheuses et dans la Sierra-Nevada. Sur ce fondement se sont déposées d'immenses couches de terrains sédimentaires, d'âge secondaire et d'âge tertiaire ; les unes et les autres ont obéi soit à des forces latérales qui les ont plissées, soit à des mouvements de dislocation qui ont produit de grandioses dénivellations. Vers le sud, les couches sont restées sensiblement horizontales, montrant une succession à peu près régulière depuis le cambrien jusqu'au crétacé ; mais elles ont été divisées en *blocs* ou *paquets* énormes par des failles dont la longueur se mesure quelquefois par centaines de kilomètres. Au nord, dans la région centrale, comprise entre les Montagnes Rocheuses et la

1. Newell, *The arid regions of the U. S.* (The National Geographic Magazine, V, p. 168).

2. *U. S. Geol. Survey : Tenth annual Report*, part. 2, p. 9.

3. *U. S. Geol. Survey : Thirteenth annual Report*, part. 3, p. 8.

Sierra-Nevada, s'étend à une altitude moyenne qui varie entre 1 200 et 1 800 mètres le Grand Bassin. D'après M. Suess, le Grand Bassin représente une ancienne chaîne effondrée, et de profondes cassures attestent en effet un pareil type de structure¹. Enfin tout ce domaine a été le théâtre de phénomènes éruptifs d'une prodigieuse puissance, dont témoignent d'immenses coulées de laves, et que rappellent encore de curieux phénomènes comme ceux des geysers.

Des actions atmosphériques d'une très grande intensité ont aussi contribué à bouleverser la région aride. Elle n'a pas été certes de tout temps une région sans eau; nous en avons une double série de preuves : les anciens grands lacs, et les gigantesques découpures, effets de l'érosion passée. — Toute la contrée du Grand Bassin, où les lacs sont encore nombreux, a été autrefois couverte de lacs beaucoup plus considérables; le principal était à l'est au pied des monts Wahsatch; le Grand Lac Salé occupe une petite part de son ancien emplacement : à cette ancienne étendue d'eau qui a disparu, M. Gilbert a donné le nom de lac Bonneville; on a calculé qu'il a dû avoir une superficie égale à celle du lac Huron (30 000 kilomètres carrés). Peu à peu cette masse d'eau s'est évaporée, déposant sur l'ancien lit des matières minérales, et se réduisant au simple Grand Lac Salé, dont l'eau est très saline (sa densité atteint 1,15). Plus à l'ouest était situé un autre lac également très étendu, le lac Lahontan². — Partout au nord comme au sud, nous trouvons d'autres preuves significatives d'un régime climatologique plus humide que celui d'aujourd'hui, dans ces régions démantelées et déchiquetées que l'on appelle *Bad Lands*, *Mauvaises Terres* : ce nom avait été primitivement donné par les chasseurs de fourrures à ces terres du Colorado, dont l'accès était si difficile et si périlleux, tellement elles étaient accidentées³. Il a été depuis lors appliqué à tous les terrains où l'érosion a découpé des saillies ruiniformes, qu'ils appartiennent au crétacé, comme dans le Dakota, le Colorado, le Fox Hills et le Laramie, ou qu'ils appartiennent aux étages tertiaires, à l'éocène, ou, comme au sud, sur de très vastes étendues, à l'oligocène⁴.

Ces érosions attestent donc un climat caractérisé par de grandes précipitations; mais elles prouvent aussi un climat soumis à de violents contrastes, car des phénomènes qui ont pris de telles proportions s'expliquent par l'alternance d'une très forte précipitation et d'une très forte dessiccation.

1. Suess, *Das Antlitz der Erde*, I, p. 742. Cf. aussi Marcelin Boule, *Une excursion géologique dans les Montagnes Rocheuses* [(Association française pour l'avancement des Sciences, Conférences; Paris, 1893)].

2. Boule, *loc. cit.*, p. 13.

3. J. D. Whitney, *The United States*, Boston, 1889, p. 95.

4. A. Gaudry, *Excursion dans les Montagnes Rocheuses* (Bulletin de la Société géologique, 1891, pp. 937 et 938).

Il est resté dans le climat actuel de la région aride une semblable violence dans les oppositions, dans les contrastes. Subitement arrosé par les pluies torrentielles de terribles cyclones, ce domaine est immédiatement après soumis à l'action de la plus rapide évaporation ¹. Les températures s'y exagèrent très aisément et l'amplitude annuelle fait de ce climat un type de climat continental. Même dans une seule journée les oscillations thermiques atteignent souvent 12°; dans l'année, le passage est brusque de la gelée à la chaleur, et voilà une première grande cause qui nous explique l'aridité générale de la région : les organismes végétaux ne peuvent compter sur des conditions normales de développement et de croissance ².

Toutefois, si l'aridité paraît être comme la conséquence logique du régime général de la zone aride, la topographie introduit trop de variété dans l'exposition et la disposition des diverses contrées pour que les végétaux n'y trouvent pas de nombreux sites d'élection, à la seule condition qu'ils reçoivent la quantité d'eau minima nécessaire à leur existence. Ainsi le problème du développement de la végétation et de la culture se rattache-t-il, et dans une certaine mesure se réduit-il, au problème de la distribution de la pluie et de la répartition de l'eau.

Et c'est effectivement aux études pluviométriques que le *Geological Survey* a donné surtout ses efforts. Dans cet ordre de travaux, il faut distinguer les études théoriques et les études géographiques. On a par exemple cherché à préciser ce que pouvait être le *run-off*, c'est-à-dire l'unité de rendement liquide pour une terre donnée, ou mieux, ce qu'une surface donnée dégorge de l'eau qu'elle a bue. On a établi des lois : le *run-off* croît proportionnellement à la chute de pluie ; mais le *run-off* n'est pas directement proportionnel à la chute annuelle des pluies ³. Ces études d'hydrologie et d'hydrographie, surtout intéressantes pour des ingénieurs, doivent ici passer après les études plus proprement climatologiques.

Au point de vue de la précipitation, on peut distinguer trois régions principales dans la zone aride : la région orientale qui s'étend et s'élève insensiblement depuis la Prairie proprement dite jusqu'aux Montagnes Rocheuses ; la région centrale et méridionale qui comprend le Grand Bassin et les grands plateaux de l'Utah et de l'Arizona ; enfin la région occidentale, plus rapprochée du Pacifique, la Californie, le Nevada, l'Oregon.

Si l'aridité est générale dans les trois régions, elle résulte dans chacune de conditions climatologiques un peu différentes. Le *Geological Survey* n'a pas encore fait assez d'observations pour qu'on puisse entreprendre une étude définitive ; il est intéressant néanmoins de connaître comment se pose le problème, sinon en chaque province

1. Greely, *Irrigation and Water Storage in the Arid Regions*, p. 11.

2. Grisebach, *La végétation du globe*, traduction Tchihatchef, II, p. 411.

3. *U. S. Geol. Survey : Eleventh annual Report*, part 2, pp. 23, 27 et sqq.

et pour chaque rivière, du moins dans chacune des grandes régions et pour deux ou trois rivières-types.

A. *De la Prairie aux Montagnes Rocheuses.* — Dans son étude sur les *Types de précipitation aux États-Unis*¹, M. Greely distingue très nettement le régime de la grande et fertile plaine agricole du Missouri, et il résume ainsi les caractères du *type Missouri* : en hiver, très légère précipitation; vers la fin du printemps et tout l'été, chute principale. Dans le Nebraska, qui est un État central, et qui peut être pris comme exemple pour la distribution mensuelle de la précipitation, il tombe de décembre à février environ 6/100 de la précipitation annuelle, en avril 11/100, en mai 17/100, en juin 16/100 et en juillet 16/100, soit, dans ces 5 mois, 60/100; 3/5 de la chute totale tombent donc très opportunément, au moment de la croissance des récoltes, et cela suffit à expliquer la merveilleuse fertilité de cette contrée².

En classant ainsi les régions pluviométriques d'après la répartition de la pluie à travers l'année, et non plus d'après la hauteur totale de chute annuelle, M. Greely nous permet de saisir les vraies différences entre les diverses zones de la région aride. Car, en partant de ses principes et de ses données, nous pouvons présenter ces zones arides dans leur connexion réelle avec les diverses zones pluviométriques des régions environnantes.

Plus on avance vers l'ouest, plus les pluies deviennent rares et plus le *type Missouri* s'atténue; mais la transition est progressive : c'est ainsi qu'avant d'entrer dans la région proprement aride, on traverse une large bande qui s'étend parallèlement aux Montagnes Rocheuses du nord au sud, et que l'on a appelée *Subhumid*, c'est-à-dire presque humide³. Dans cette région, l'irrigation est pratiquée en quelques endroits; mais en général elle est inutile. Enfin l'on gravit les pentes montagneuses, l'on atteint le pays dont l'altitude dépasse 1500 mètres, et l'influence des vents qui apportent les pluies dans la prairie est de plus en plus réduite; quant aux vents d'ouest, ils se sont débarrassés sur les Montagnes Rocheuses de tout ce qui leur restait d'humidité; encore y arrivent-ils souvent très appauvris, et ce n'est pas la traversée de la région en partie désertique des bassins fermés qui a pu leur rendre leur richesse initiale. Dans la plus grande partie de l'État de Colorado, la précipitation annuelle varie de 10 à 15 inches c'est-à-dire de 25 à 38 centimètres⁴. Mais la distribution mensuelle

1. Greely, *Rainfall Types of the United States* The National Geographic Magazine, 29 avril 1893, V, pp. 45-58). Cf. aussi Geographical Journal, oct. 1893, pp. 369-370.

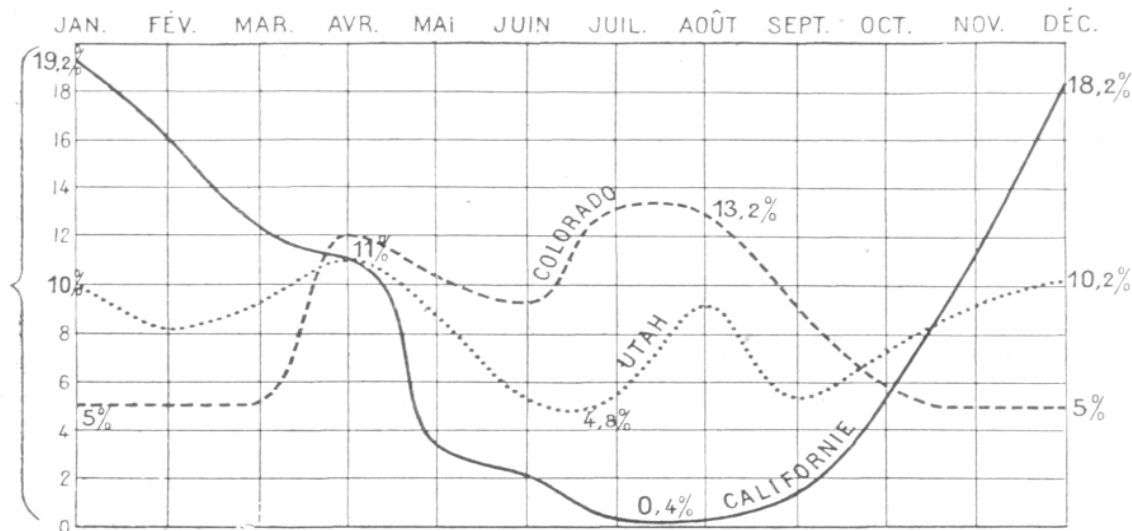
2. The National Geographic Mag., *loc. cit.*, pp. 52-53.

3. Voir en particulier, *Extra Census Bulletin*, n° 23, Washington, 9 sept. 1892 : *Irrigation in Western United States*, by F. H. Newell, p. 4.

4. *Report on the Climatology of the arid regions of the U. S. With reference to irrigation*, by A. W. Greely, Chief Signal Officer, House of Representatives, ex doc., n° 287. Washington, 1891, pl. 24.

correspond encore au type Missouri. (Voir ci-dessous la courbe de la précipitation annuelle dans l'État du Colorado : carton schématique d'après M. Greeley.)

Dans l'État de Colorado, la pluie tombe donc en temps utile ; mais elle ne tombe pas en assez grande quantité. Elle tombe surtout à intervalles espacés et par masses ; le Colorado est un des États où les



COURBES SCHÉMATIQUES DES PRÉCIPITATIONS ANNUELLES
d'après M. Greeley¹.

Pour rendre plus comparables les trois courbes schématiques, on a représenté non pas l'évaluation absolue de la précipitation moyenne de chaque mois, mais le pour cent proportionnel qui revient à chaque mois dans la précipitation annuelle.

précipitations brusques sont le plus fréquentes ; M. Greeley a compté les cas de ces pluies exceptionnellement violentes et destructives ; dans un espace de douze ans (1878-1890), il en a trouvé 17, et tous en été, de mai à août². C'est dire que, si l'on déduit au point de vue des intérêts agricoles ces masses d'eau de la somme totale, la pluie régulière et naturellement utilisable pour la culture n'est guère abondante.

Si l'on pénètre plus avant dans les montagnes, si l'on gagne la vallée supérieure d'une des rivières de cette zone, de l'Arkansas par exemple, on doit forcément, à cause de la topographie, renoncer à toute culture. L'Arkansas dans la première partie de son cours est bordé par un triangle de très hautes montagnes ; à l'ouest, les cimes s'élèvent jusqu'à 4 200 mètres, et rarement on trouve un col au-dessous de 3 000 mètres ; à Cañon-City, on est encore à 1 320 mètres. Les versants sont rapides et les lits profondément découpés ; les vallées sont

1. A. W. Greeley, *Report on the Climatology of the Arid Regions of the U. S. With reference to irrigation*. Appendice n° 1. Washington, 1891.

2. *Id.*, pp. 17 et 18.

trop étroites et les altitudes trop élevées pour qu'aucune culture y puisse réussir¹. Et pourtant, par suite de l'altitude, la région n'est pas complètement dépourvue d'eau; les neiges s'accumulent d'octobre à avril sur les montagnes, et ces neiges, en fondant, peuvent d'autant mieux être utilisées qu'elles séjournent assez longtemps dans des gorges étroites qui les protègent contre une fonte trop rapide. Ce sont donc ces eaux provenant des neiges fondues qu'il importe de capter et d'emmagasiner; ce sont ces eaux qui serviront aux irrigations pour tout le printemps et le commencement de l'été. On profitera ainsi en faveur des régions plus basses, plus accessibles à la culture, mais en même temps plus sèches, du surcroît d'eau que donnent les neiges aux hautes altitudes².

B. Grand Bassin et plateaux du centre. — Cette région ne rentre dans aucun des types déterminés par M. Greely, mais elle se trouve aux confins des trois types : type Missouri, type Mexicain et type Pacifique. Il résulte de ce mélange des influences que la courbe de la précipitation présente de nombreuses oscillations et non pas un seul maximum. Bien entendu, selon les régions, on se rapproche plus ou moins d'un des trois types : vers le Sud, par exemple, on observe dans la variation de la précipitation des rapports avec le type Mexicain, que M. Greely caractérise ainsi : Très abondante précipitation après le solstice d'été, et très sèche période après l'équinoxe du printemps. C'est ce qui se passe dans le Nouveau-Mexique et dans le bassin du Rio-Grande : à El Paso, il tombe de juillet à septembre 58/100 de la précipitation totale annuelle³. Mais un tel régime n'est pas favorable à l'agriculture, car c'est au moment où croissent les récoltes et non pas au moment où elles mûrissent (de juillet à novembre) que l'eau est un agent indispensable. De plus, entre le mois de novembre et l'époque de la germination des plantes, l'intervalle de temps est assez grand pour que le sol se dessèche et perde toute sa fertilité. Même au Sud d'ailleurs, certaines rivières restent caractérisées par une grande irrégularité dans le débit, correspondant à une grande irrégularité dans la précipitation. Au lieu de flots annuels et périodiques, elles sont soumises à une série de petits flots successifs, brusques et violents, et même à de vrais déluges spasmodiques qui causent de terribles désastres⁴. La vitesse de l'eau est extrêmement rapide même alors que le volume n'est pas grand; elle devient effrayante lorsque le volume subitement s'accroît dans de surprenantes proportions. Lors d'une crue ordinaire, le débit de la rivière Salée, le principal tributaire du Gila, s'est élevée en trois heures de 14 mètres cubes par seconde à

1. *U. S. Geol. Survey : Eleventh annual Report*, part. 2, p. 299.

2. *Id.*, p. 45.

3. Greely, *National Geog. Mag.*, *loc. cit.*, p. 51.

4. *U. S. Geol. Survey : Eleventh annual Report*, part. 2, p. 45.

840 mètres cubes par seconde, et presque aussitôt après il est retombé à la moyenne habituelle.

Dans une telle région l'irrigation ne sera possible que lorsqu'on aura ramassé et renfermé cette eau subitement apportée dans d'immenses et résistants réservoirs; encore est-il difficile de dominer et dompter de tels courants qui roulent pêle-mêle arbres et rochers, qui minent et démolissent les rives, qui coupent et déplacent les bancs de sable.

Au reste, c'est dans cette zone centrale que la température a l'action la plus directe sur l'hydrologie; les variations du jour à la nuit et d'un jour à un autre sont si considérables que le débit des rivières suit exactement ces variations². C'est là une nouvelle raison de multiplier les réservoirs, qui, à l'exemple des lacs naturels, feront l'office de modérateurs et de régulateurs. Encore ne peut-on pas les soustraire à l'action de l'évaporation, qui atteint en ces régions une puissance que nos climats ne nous font pas soupçonner. Dans le bassin de la rivière Gila on a calculé que le total de l'évaporation annuelle représentait une couche liquide de 2^m,27. Là, plus que partout ailleurs, on doit chercher à se défendre contre l'avidité de l'atmosphère chaude et sèche.

C. Bordure occidentale de la région aride. — Cette bordure occidentale se rattache au type Pacifique, que M. Greely regarde comme le mieux déterminé, et qu'il définit ainsi : Assez forte précipitation à la mi-hiver, et absence presque totale de pluie durant l'été³. C'est un climat très doux, qui ressemble au climat méditerranéen par sa sérénité et sa siccité. En moyenne, on compte sept jours de pluie seulement par mois et 62 centimètres de chute annuelle⁴. Dans les régions voisines de l'océan, et qui ne sont point séparées de la côte même par de hautes chaînes, la fertilité est grande; mais, en général, de nombreuses chaînes parallèles au rivage arrêtent l'influence bienfaisante de l'océan voisin, et au delà de la haute Sierra-Nevada, s'étend une région de bassins fermés, condamnée à l'aridité. Toutefois, plus que partout ailleurs, la précipitation varie avec la topographie: les dépressions intérieures comme celle du San Joaquin et beaucoup de celles qui sont dirigées parallèlement à la côte reçoivent moins d'eau que les versants de la Sierra Nevada ou même que d'autres chaînes plus éloignées de la mer, vers l'Est.

L'été est donc très sec; il ne tombe pour ainsi dire pas de pluie dans la Californie du 1^{er} mai au 31 octobre; dans le Nevada, il ne tombe pas une goutte d'eau durant juillet et août. C'est un climat beaucoup plus favorable aux cultures d'arbres fruitiers qu'aux cultures de

1. *Id.*, p. 58.

2. Voir en particulier ce qui est dit de la rivière Weiser. *Id.*, p. 90.

3. Greely. *National Geog. Mag.*, loc. cit., p. 49.

4. Fred. Vermeren. *Quelques notes sur la Californie* : Bull. de l'Agriculture du royaume de Belgique, pp. 478-483.

céréales. Pour la culture des grains, les terres sont trop sèches et le plus souvent aussi les versants des collines sont trop accidentés : l'olivier, le figuier, le pommier, le poirier, le pêcher, l'abricotier, le noyer, l'amandier y réussissent à merveille ; encore sur les terrains sablonneux du Sud ont-ils besoin de l'irrigation, surtout dans leur période de croissance¹. Plus à l'est, les montagnes s'élèvent ; aux plaines succèdent les hauts plateaux, et aux arbres fruitiers succèdent les arbres des hauteurs, les sapins dans les régions les plus élevées, et les pins sur les pentes plus basses. Au delà de la Sierra Nevada les forêts sont très nombreuses² ; car sur les hautes croupes de cette région tombe toujours en hiver une quantité de pluie faible, mais suffisante pour les arbres forestiers ; les parties les plus désolées, les plus nues et les plus arides, ce sont les vallées, cañons aux bords abrupts, ou lits de rivières aux rives rocheuses ; les rivières elles-mêmes ne sont pas permanentes, et la végétation fait absolument défaut ; en certaines contrées, comme autour du lac Tahoe, on a coupé tous les arbres, et il ne reste plus que de rares taillis. Certaines vallées, comme les vallées Carson, Washoe et Truckee, sont absolument dépourvues de végétation ; la vallée Carson est bordée à l'ouest de montagnes qui s'élèvent jusqu'à 2850 mètres, et dont les parois ou les protubérances granitiques du haut en bas ne présentent que des pentes âpres et chauves. En hiver, les petites rivières qui drainent ce massif sont nombreuses, mais elles n'ont pas de lit profond : elles ruissellent à la surface, et leur volume décroît après la fonte des neiges jusqu'à devenir nul³.

Sur cette bordure occidentale de la région aride, on doit encore plus parcimonieusement qu'ailleurs économiser l'eau ; là où l'eau peut être conservée pour le printemps, le sol est fertile et productif, mais il y a beaucoup moins d'eau à utiliser que de terre à fertiliser.

Que la pluie tombe au moment propice, mais en trop petite quantité, qu'elle tombe trop irrégulièrement, en masses le plus souvent destructives et jamais bienfaisantes, ou qu'elle tombe à contre-temps, la conséquence est toujours la même, l'aridité. — Que les rivières roulent des eaux relativement abondantes au fond d'abrupts défilés et de gorges encaissées, ou qu'elles coulent à fleur de terre mais avec un débit presque nul, la conséquence est toujours la même : l'eau n'est pas naturellement à la disposition de l'homme. — C'est pourquoi l'étude de ces trois types de zones arides a conduit les Américains à lutter par des moyens appropriés tout à la fois contre l'insuffisance de l'eau

1. *Id.*, *id.*

2. Sur la feuille du pic Pyramide, au moins les trois quarts de la surface sont couverts de forêts. *U. S. Geol. Survey : Eleventh annual Report*, part. 2, p. 296.

3. *U. S. Geol. Survey : Eleventh annual Report*, part. 2, pp. 295 et 296.

en quantité, contre la mauvaise distribution de la précipitation dans le cours de l'année, et contre les conditions défavorables de la topographie.

III. — RÉSULTATS ET CONSÉQUENCES

Dès ses premiers rapports, M. Powell, comprenant le problème, avait dit : « Il importe non pas tant de bien utiliser un petit cours d'eau et de tirer un bon parti d'un petit coin de terre, que de grouper les efforts, d'amasser toute l'eau sans en laisser perdre une parcelle et de faire une œuvre d'ensemble. Il ne s'agit pas de continuer à user empiriquement, comme on l'a fait jusqu'ici, des rivières secondaires : il faut concevoir une grande entreprise méthodique. » Et, après avoir tracé le programme scientifique, il avait tracé le programme pratique. Voici, à son avis, quels ordres de travaux exigeait dès le principe le développement futur de l'irrigation en grand :

1° Utiliser les grandes rivières, qu'on avait négligées jusque-là faute de capitaux, faute d'intérêts industriels groupés et associés ;

2° Construire des bassins d'emmagasinage pour conserver toute l'eau qui tombe dans l'année, et non pas, comme on l'a fait longtemps, l'eau seule qui tombe dans l'unique saison où l'on en a besoin, au moment de la croissance des plantes ;

3° Construire des réservoirs pour conserver les eaux d'orages ;

4° Capter les eaux de crue des moindres rivières¹.

C'est en suivant ce plan, et c'est en choisissant les meilleurs sites comme points de concentration des eaux, en perfectionnant la construction des réservoirs, en améliorant la canalisation, qu'on a déjà obtenu de très importants résultats.

De nombreuses compagnies particulières ont exécuté ou sont en train d'exécuter des travaux dont quelques-uns ont de fort grandes dimensions : dans le comté de Merced on creuse un canal principal qui aura en longueur 80 kilomètres et donnera un débit de 113 mètres cubes par seconde². La rivière Gila est endiguée, et l'on construit un canal de 200 kilomètres dans l'Arizona. Près d'Arizona City ou Yuma, on se propose de profiter d'une gorge de la même rivière Gila pour y construire un immense réservoir de 48 kilomètres de long et de 13 kilomètres de large. La digue de retenue aurait une longueur de 1 350 mètres et une hauteur de 33 mètres : le barrage de la Gileppe près de Verviers (Belgique), qui est plus grandiose que celui du Furens près de Saint-Étienne (France), a bien 47 mètres de hauteur, mais seulement 82 mètres de longueur à la base et 235 mètres à la partie supérieure.

A côté de ces travaux grandioses de captation ou de canalisation

1. *U. S. Geol. Survey : Tenth annual Report*, part. 2, pp. 4-5.

2. Cf. Ch. Howard Schrim (*Popular Science Monthly*, Juin 1893).

des eaux, on n'a pas négligé certains travaux plus simples, comme les puits artésiens, qui peuvent également fournir de l'eau utile pour l'irrigation ; mais les puits artésiens n'ont pas donné de résultats importants : à peine $\frac{1.5}{100}$ de la surface irriguée aux États-Unis est irriguée par des eaux artésiennes. C'est là effectivement un procédé très imparfait : d'abord les terrains ne sont pas toujours disposés dans les conditions favorables. En second lieu, l'eau ainsi captée est en petite quantité. De plus, aux États-Unis, la part de cette eau dont peut profiter l'agriculture est très restreinte : les eaux qu'on a tirées de couches cambriennes (bassin de la Red River) ou de couches carbonifères (Kansas, Nebraska et Texas) ou de couches triasiques (Kansas) ont été reconnues salines, et par conséquent impropres à l'agriculture ; les couches crétacées qui couvrent une partie considérable des grandes plaines ont seules permis de puiser de bonnes eaux artésiennes, en quantité exceptionnellement abondante (Dakota nord, Dakota sud, Nebraska, Kansas et Texas)¹. Les puits artésiens, qui sont utiles en certains pays, le sont très peu aux États-Unis ; en Algérie on emploie leurs eaux avec succès pour la culture des arbres fruitiers ; dans certaines parties des États-Unis et dans l'Utah particulièrement on les emploie aussi pour les cultures de jardins ; mais en règle générale ils peuvent être utilisés pour répondre à des besoins domestiques beaucoup plutôt qu'à des besoins industriels.

Quel que soit l'intérêt de tous ces efforts particuliers, il importe surtout de savoir à quoi ils ont abouti et de se rendre un compte exact de la valeur relative en même temps que de l'importance réelle des résultats économiques.

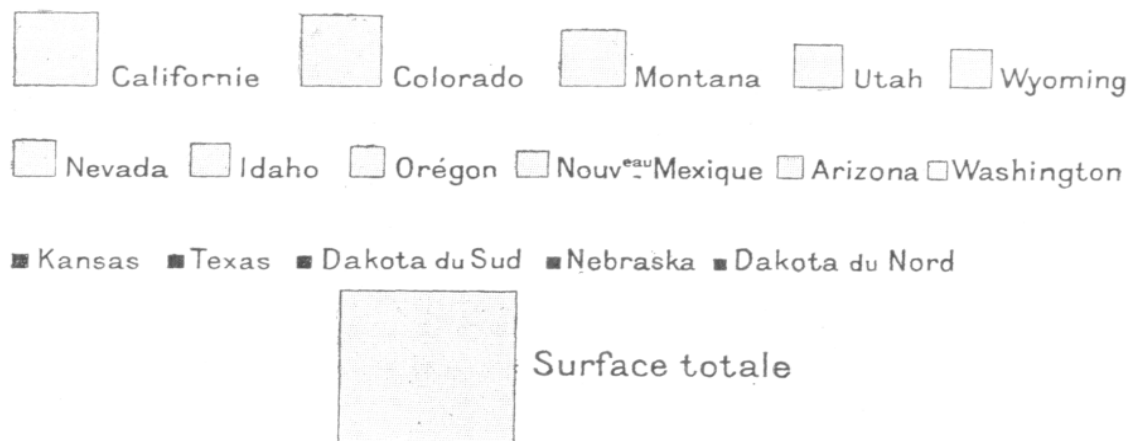
Nous connaissons avec précision l'état de la région aride à la fin de l'année du census 1889-1890 (du 1^{er} juin 1889 au 31 mai 1890)². A ce moment, il n'y avait encore que 3 631 381 acres irriguées et cultivées à l'ouest du 100^e méridien, c'est-à-dire $\frac{1}{25.0}$ environ de la surface totale. Toutefois cette surface équivaut déjà à environ 14 200 kilomètres carrés. Cette très petite portion de la région aride qui est consacrée à l'irrigation n'est pas répartie également dans les différents États ; le tableau ci-dessous montre clairement cette inégalité de répartition.

Ainsi qu'il résulte de la grande carte, les principales régions d'irrigation sont situées : dans le Colorado et le sud-est du Wyoming, sur le versant oriental des Montagnes Rocheuses ; — dans l'Utah, le long de la chaîne Wahsatch et tout autour du Great Salt Lake ; — enfin dans la grande vallée de la Californie, sur la bordure orientale de la Sierra Nevada.

1. *U. S. Geol. Survey : Eleventh annual Report*, part. 2, pp. 260 et 266. Voir surtout Robert Hay, *Final geological Reports of the artesian and underflow investigation*, etc., V. *supra*.

2. Newell, *Irrigation in Western U. S. : Eleventh Census of the U. S.*, 1890.

A l'Est, sur cette longue bande qui va du North Dakota au Texas, qui appartient au type Missouri, et que l'on appelle souvent la région *subhumid*, les irrigations sont naturellement beaucoup moins considérables, parce qu'elles sont beaucoup moins nécessaires; dans les *fermes* ¹ où l'irrigation est pratiquée, la surface irriguée n'est qu'une petite partie de la surface totale, en moyenne $\frac{34.77}{100}$ dans le North Dakota, et même $\frac{2.43}{100}$ dans le Texas : des sources fournissent l'eau suffisante pour les jardins, les vergers, etc. Dans toute cette région on



Surfaces comparées et surface totale des terres irriguées dans les différents États de la « région aride » ².

peut dire que l'irrigation est un peu une exception et qu'elle n'est pratiquée que dans des localités isolées et séparées; il n'y a pas encore là d'organisation générale et collective de l'irrigation ³.

Dans la région aride des États-Unis, l'irrigation est employée soit pour des cultures de céréales, soit pour des cultures fourragères, pour des cultures d'arbres fruitiers, etc.; on ne récolte des céréales que sur un peu plus d'un tiers des surfaces irriguées, et les céréales le plus cultivées sont, d'après leur ordre d'importance : le froment, l'avoine, le maïs et l'orge ⁴.

Les produits qu'on a récoltés en l'année 1889 sur les surfaces irriguées des onze États : Washington, Montana, Orégon, Idaho, Wyoming, Californie, Nevada, Utah, Colorado, Arizona et New Mexico ont représenté une valeur totale de 53 millions de dollars, ou 275 millions de francs ⁵. C'est un revenu dérisoire : de tels chiffres doivent nous mettre en garde contre des prévisions trop optimistes.

1. Voir le sens exact du mot *ferme* : *Extra-Census Bulletin* (Washington, 9 septembre 1892, p. 3).

2. Ces surfaces ont été calculées à la même échelle que la carte générale.

3. *Extra-Census Bul.*, p. 7.

4. *Id.*, p. 7.

5. *Extra-Census Bulletin*, p. 7.

Tous ces travaux ne peuvent être exécutés qu'à l'aide de gros capitaux, et le succès financier n'en est pas immédiat ; dans les pays dont les habitants sont depuis longtemps habitués à l'exploitation, et, pour ainsi parler, au maniement de l'eau pour les usages agricoles, et dont le territoire est d'une merveilleuse fertilité, comme dans l'Inde par exemple, les capitaux consacrés aux grands travaux d'irrigation ne rapportent pas avant dix ans. Le canal du Gange supérieur, quatorze ans seulement après sa construction, a rapporté 4 p. 100 du capital de premier établissement, non compris les intérêts qui avaient couru durant la période de construction ¹.

A plus forte raison, dans la région aride, les capitaux restent-ils et resteront-ils longtemps improductifs ; sans parler des échecs et des faillites, en règle générale les profits apparents et prochains étant toujours faibles, ceux qui disposent de capitaux seront aisément effrayés.

Au reste la culture ne pourra jamais prendre dans la région aride une extension illimitée. Que la grandeur vraie du travail accompli ne nous trompe pas sur ses réelles proportions ! D'abord le climat et la topographie ne permettront d'employer pour l'irrigation qu'un petit nombre de rivières², et même, à supposer qu'on arrive à utiliser toute cette eau disponible, on a calculé qu'au maximum on pourrait irriguer environ 160 000 kilomètres carrés. 400 000 kilomètres carrés pourront encore être utilisés pour des pâtures fertiles. Outre les déserts proprement dits et les régions forestières, plus de 2 500 000 kilomètres carrés resteront improductifs³. Voilà donc quelles sont les limites qu'on fixe d'avance au développement de l'œuvre d'irrigation aux États-Unis.

Encore a-t-il fallu recourir à une sage législation pour protéger les droits des individus ou des compagnies, sans décourager les initiatives naissantes. A l'heure présente, presque tous les pays labourables par l'utilisation de l'eau sont possédés ou revendiqués par certaines personnes ou certains groupes ; il appartient au gouvernement central et aux différents États de légiférer pour aboutir à l'extension la plus complète qu'il se peut de l'irrigation.

Il est intéressant de connaître quels principes généraux dominent ces législations sur les eaux, car elles nous révèlent la conception qu'on s'est faite aux États-Unis de cette force économique, agent de richesse par excellence, l'eau.

L'eau qui n'a pas été encore utilisée par un particulier, est déclai-

1. Barois, *L'irrigation dans les Indes* (Annales des Ponts et Chaussées, 1891, II, pp. 305 et 310).

2. Cf. *Water Supply for Irrigat.*, by F. H. Newell, in *Thirteenth annual Report of the U. S. Geol. Survey*.

3. Newell, *National Geog. Mag.*, loc. cit.

rée propriété publique¹. La propriété de l'eau est donc subordonnée à l'usage qu'on fait de cette propriété; un particulier n'a pas le droit de vendre à autrui l'eau dont il ne se sert pas²; elle appartient à l'État, qui de son côté ne peut la refuser à quiconque la demande en vue d'un usage agricole³; toute propriété sur les eaux étant subordonnée à l'intérêt général, il n'y a pas de propriété sans travail utile, et d'autre part toute utilisation de l'eau crée un droit de propriété transmissible et inaliénable⁴. Quant aux eaux sur lesquelles plusieurs particuliers ont des droits, elles appartiennent d'abord, par droit de priorité, à celui qui a les droits les plus anciens⁵; mais si les eaux sont trop peu abondantes, l'État se réserve le droit de déterminer par une loi la répartition des eaux, afin que le premier ayant droit n'en fasse pas un usage abusif⁶. S'il y a conflit entre des particuliers ayant les mêmes droits ou des droits équivalents, on établit une sorte de hiérarchie entre les besoins auxquels subvient l'irrigation : les besoins domestiques passent avant les besoins agricoles, et les besoins agricoles avant les besoins industriels⁷.

Il faut admirer tout à la fois la hardiesse d'un pareil projet de transformation et la sagesse qui a été apportée au remaniement pratique des parties déjà habitées de la grande région aride; il a fallu faire un départ scrupuleux et impartial entre certains intérêts à sauvegarder et certains autres à sacrifier. Des terres irriguées, et qui étaient situées à une trop faible altitude, il en a fallu abandonner quelques-unes, pour conserver à une altitude supérieure l'eau fertilisante; pour une raison identique, certaines pâtures ont été compromises; en vue de l'intérêt général on a barré ou dispersé certains cours d'eau qui précédemment servaient au transport durant quelques mois de l'année⁸. En revanche, les conséquences utiles de ces immenses travaux ne se bornent pas à l'agriculture. L'exploitation minière en tirera un grand profit. Faute de population suffisante, et faute de moyens de transport rapides et peu coûteux, elle s'est souvent heurtée à des difficultés insurmontables⁹. Le peuplement de la région aride, qui en accompagne la transformation, accélérera le développement de l'exploitation minière et en accroîtra l'activité.

1. Cf. *U. S. Geol. Survey : Eleventh annual Report*, part. 2. Extrait des constitutions relatives aux eaux et aux irrigations : Constitut. du Colorado, sect. 5; projet de const. pour le Wyoming, art. VIII, §§ 1 et 3, pp. 240 et 241.

2. Cf. *Idem*. Projet de constitution pour Idaho, § 2, p. 241.

3. Constitution du Colorado, section 6, p. 240.

4. Projet de constitution pour Idaho, § 4, p. 241.

5. *Idem*, §§ 3 et 5, p. 241.

6. *Idem*, § 6, p. 241.

7. *Idem*. Constitution du Colorado, section 6, p. 240, et projet pour Idaho, § 4, p. 241.

8. *U. S. Geol. Survey : Tenth annual Report*, part. 2, pp. 5-6.

9. *Id.*, p. 7.

Les effets heureux de l'œuvre d'irrigation ne se borneront pas non plus à la « région aride » proprement dite.

En régularisant le cours supérieur du Missouri et de ses principaux affluents, on diminuera ou même l'on supprimera les crues terribles qui se produisent ordinairement durant la période des récoltes et qui dévastent toute la riche plaine du Bas-Mississippi; le cours même du Mississippi est embarrassé par d'énormes charriages, et son lit est instable. Les agents principaux de l'érosion sont encore le Missouri et ses affluents : en restreignant la puissance de ces cours d'eau, on restreindra la masse encombrante des sédiments fluviaux ¹.

Ces résultats généraux sont quelque peu hypothétiques, car l'entreprise en est encore à ses débuts. Si l'on peut faire aujourd'hui une étude précise sur l'irrigation dans la vallée du Nil, dans la vallée du Pô ou dans l'Inde, on ne peut qu'entrevoir et qu'indiquer ce que seront les irrigations aux États-Unis.

Aussi bien, cette exploitation de l'eau n'a pas absolument le même caractère dans ces régions de vieille civilisation que dans ces régions neuves du continent américain. L'irrigation a été là un moyen de perfectionnement progressif; elle est ici comme une création *ex nihilo*.

Il serait d'ailleurs inexact de regarder cette progressive conquête de la région aride par l'homme au moyen de l'eau comme un fait isolé : un peu partout, à l'heure présente, l'œuvre d'irrigation est la condition nécessaire de l'œuvre de colonisation et de peuplement. L'accroissement de la population totale du globe pousse les hommes non seulement à faire produire davantage aux surfaces fertiles, mais à rendre plus de surfaces fertiles et productives. Et l'irrigation est méthodiquement introduite par les peuples qui colonisent dans toutes les régions subtropicales longtemps délaissées, dans les zones de steppes à peu près stériles : au nord et au sud de l'Afrique, en Algérie et au Cap; dans l'Asie centrale, dans l'Australie méridionale et dans l'Amérique du Sud.

Tel est le sens et telle est la portée des grands travaux en voie d'exécution dans la « région aride » des États-Unis. L'intérêt économique d'une pareille question mériterait à lui seul l'attention des géographes; mais, on l'a vu, par les études géologiques, par les observations météorologiques et par les recherches hydrologiques que le projet américain a provoquées, il s'est ajouté à l'intérêt économique un intérêt plus proprement scientifique.

JEAN BRUNHES,

Agrégé de géographie et d'histoire.

1. *U. S. Geol. Survey : Tenth annual Reptor*, part. 2, p. 7.