

CENTRE DE RECHERCHES ET DOCUMENTATION  
CARTOGRAPHIQUES ET GÉOGRAPHIQUES

# MÉMOIRES ET DOCUMENTS

ANNÉE 1967 - NOUVELLE SÉRIE  
VOLUME 7



## LES PHÉNOMÈNES DE DISCONTINUITÉ EN GÉOGRAPHIE

*Roger BRUNET*

ÉDITIONS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



CENTRE DE RECHERCHES ET DOCUMENTATION  
CARTOGRAPHIQUES ET GÉOGRAPHIQUES

---

# MÉMOIRES ET DOCUMENTS

publiés sous la direction de Jean DRESCH

ANNÉE 1967 – NOUVELLE SÉRIE

VOLUME 7

LES PHÉNOMÈNES DE DISCONTINUITÉ  
EN GÉOGRAPHIE

par

*Roger BRUNET*

ÉDITIONS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

15, quai Anatole-France — Paris VIIe

1968



*Roger BRUNET*

---

LES PHÉNOMÈNES DE DISCONTINUITÉ  
EN GÉOGRAPHIE



« Le travail scientifique demande précisément que le chercheur se crée des difficultés. L'essentiel est de se créer des difficultés *réelles*, d'éliminer les fausses difficultés, les difficultés imaginaires ».

(G. BACHELARD, *Le matérialisme rationnel*, p. 214).

*Je tiens à remercier MM. les Professeurs : F. Taillefer, mon maître, qui a accepté l'inscription de ce sujet, en a encouragé l'étude et a contribué à son évolution; A. Meynier, qui en avait approuvé le projet et a bien voulu accepter d'en être le rapporteur; J. Tricart, pionnier en la matière, dont les substantielles remarques critiques nous ont permis d'améliorer le texte originel; J. Dresch, qui l'a généreusement accueilli dans les Mémoires et Documents du Centre de Recherches et Documentation cartographiques et géographiques.*



## INTRODUCTION

De toute évidence, les sciences géographiques sont entrées dans une période de mutation. Les techniques de la géomorphologie, et plusieurs de ses concepts de base, ont profondément évolué depuis une vingtaine d'années. L'orientation et les méthodes de la géographie humaine ont subi une transformation peut-être plus décisive encore.

Durant ces années fécondes, et en raison de ce mouvement, on s'est parfois interrogé sur l'avenir des sciences géographiques, et notamment sur l'évolution des rapports entre les recherches dans le domaine naturel et les recherches dans le domaine humain (1). Le nombre de ces travaux est cependant petit : peut-être le géographe, homme du concret, répugne-t-il instinctivement à l'abstraction que suppose la réflexion épistémologique. Encore les questions, si profondes soient-elles, n'ont-elles guère mis en cause que la place de la géographie parmi les sciences de l'homme et de la terre, ou, plus rarement, la légitimité de certaines techniques de recherche. Il est exceptionnel que l'on se soit préoccupé des modalités du raisonnement lui-même — de la *logique* de ces sciences.

Les acquisitions récentes de la connaissance ont été assez aisément absorbées et assimilées, car elles n'ont guère fait que changer la place relative des facteurs d'explication : on a beau jeu, par exemple, de soutenir que DAVIS avait vu le rôle des variations climatiques dans la morphogénèse, mais qu'il ne lui avait pas donné une importance suffisante; d'un coup de pouce on établit un autre équilibre entre les facteurs d'explication; la nouveauté réside en cette substitution de rôles; rien d'étranger aux pensées anciennes n'a véritablement été introduit. D'un autre point de vue, la connaissance s'affine grâce à l'emploi de techniques généralement empruntées aux autres sciences, qui les avaient déjà éprouvées : la critique de ces techniques et de leur degré d'approximation avait été faite par d'autres, et parfois les géographes, qui les appliquent, oublient d'ailleurs la prudence de leurs premiers usagers (2).

On mesure beaucoup, dans les sciences géographiques. Les résultats statistiques s'accumulent. On a même parfois l'impression que la mesure devient un but en soi, comme d'ailleurs la cartographie. Mais, si l'affinement et l'affermissement de la connaissance par la mesure et par la cartographie systématiques sont indispensables pour fonder la science géographique, ils ne sont qu'une préparation au raisonnement et doivent d'ailleurs être orientés par lui. *La technique n'est pas la science* : pourtant, certains chercheurs, surtout dans la jeune génération, semblent agir comme s'ils faisaient cette confusion. Peut-on s'estimer quitte lorsqu'on a employé toutes les techniques connues et triompher lorsqu'on a pu en ajouter une, même si les conclusions n'ont fait aucun progrès qualitatif et si les formes de raisonnement demeurent figées ?

Dans bien des sciences, la crise des techniques a provoqué une mutation de la pensée; mais, en géographie, le lien dialectique (3) entre technique et pensée logique ne s'est pas souvent manifesté. S'il y a crise des techniques, il n'y a pas véritablement crise de la pensée.

---

(1) Cf. A. MEYNIER [73] (les numéros entre crochets renvoient à la Bibliographie).

(2) Cf. les avertissements de M<sup>me</sup> Van CAMPO dans son riche exposé présenté aux Journées Géographiques de février 1963 (Paris), à propos des analyses polliniques.

(3) Nous emploierons souvent ce mot : on sait qu'il recouvre de nombreuses acceptions. Nous le prenons dans le sens qu'il a, habituellement, en sciences : on évoque ainsi un complexe dont les différents constituants réagissent constamment l'un sur l'autre, se conditionnent réciproquement, et dont le rôle ne se conçoit qu'au sein du complexe. Ainsi, dans la phrase ci-dessus, il y a un lien d'action réciproque entre l'évolution des techniques de recherche et l'évolution de la pensée scientifique, l'un et l'autre s'aidant mutuellement, mais de façons fort variées, avec des bonds, des retards, voire des régressions, etc.

PLAYFAIR, cependant, dès 1795, avait insisté sur l'étroitesse de ce lien, comme le rappelle H. BAULIG : « La théorie et l'observation doivent s'assister mutuellement » (4). Si la portée de sa leçon n'a pas été plus grande, cela tient sans doute à ce que certains excès de l'école davisienne, ou de l'anthropogéographie et du déterminisme écologique, ont entraîné une telle méfiance pour la théorie qu'on a souvent fini par oublier cette liaison nécessaire, et parfois par tomber dans le travers qu'avait prévu PLAYFAIR : « L'impartialité de l'observateur... peut être compromise par l'esprit de système, mais c'est là un malheur dont l'absence de théorie ne préserve pas toujours complètement » (5).

Cela tient, sans doute aussi, à l'objet même des recherches du géographe : il lui est déjà donné, sensible, car il est à son échelle. Probablement, la pensée géographique ne connaîtra pas la crise qu'ont traversée les sciences de l'infiniment petit et de l'infiniment grand : car le progrès des techniques d'observation a permis à celles-ci de découvrir des phénomènes insoupçonnables à l'œil nu, inaccessibles au « bon sens ». Dans les sciences géographiques, par contre, on peut prétendre que l'essentiel est immédiatement accessible, et que seuls les enchaînements, les liens de causalité ou d'interdépendance restent à connaître.

Mais alors, précisément, *c'est du côté du raisonnement logique que doivent porter les principaux efforts*. On devrait voir s'y épanouir cette oscillation dialectique constante entre le rationnel et le réel dont G. BACHELARD montre qu'elle est le caractère du « nouvel esprit scientifique ». Les progrès du raisonnement doivent accompagner ceux de la mesure du réel : être nourris par eux, et les guider.

Or il est frappant, à ce sujet, de constater combien le raisonnement des géographes est resté fidèle aux enseignements de la logique communément définie comme aristotélicienne et cartésienne. Les acquisitions de la réflexion dialectique, bien connues des philosophes et qui ont permis à certaines sciences de résoudre leurs contradictions et d'accomplir des progrès décisifs, n'ont que peu influencé les géographes dont beaucoup, semble-t-il, recherchent encore des tendances linéaires, considèrent, implicitement ou explicitement, que les évolutions sont graduelles et continues, décortiquent les complexes pour imaginer quel peut être le rôle de chacun de leurs éléments pris isolément, tiennent insuffisamment compte de l'échelle des phénomènes et ne conçoivent pas qu'un mouvement donné puisse brusquement changer de sens, voire se transformer en son contraire, sans perturbation externe.

Il apparaît, à cet égard, que l'un des sujets les plus critiques, de ceux dont l'étude devrait être parmi les plus fécondes, est le problème de la continuité dans l'évolution spatiale et temporelle des phénomènes.

L'attitude la plus répandue consiste à nier les discontinuités, ou du moins leur possibilité théorique : « D'une manière générale, on a déclaré ne pas comprendre comment une évolution continue pouvait engendrer des formes discontinues » (H. BAULIG) (6).

C'est ce qu'expriment ces pétitions de principe aussi catégoriques qu'aventureuses :

« On ne voit pas ... comment des processus variant d'une manière continue pourraient engendrer un profil d'équilibre brisé » (H. BAULIG) (7).

« De pareilles solutions de continuité ne se conçoivent pas, en structure homogène et au cours d'un cycle normal, sans de graves perturbations d'origine externe » (H. BAULIG) (8).

« Leurs transformations dans le temps (il s'agit des formes banales engendrées dans une structure homogène par un cycle d'érosion) se font ... progressivement et sans créer de discontinuité » (P. BIROT) (9).

« (Es) ist zunächst einzuwenden, dass bei kontinuierlich zunehmender oder abnehmender Hebungs- und Erosions-intensität niemals Gefällsbrüche, also morphologische Diskontinuitäten, sondern nur kontinuierlich konvex oder konkav gekrümmte Hangprofile entstehen können » (MACHATSCHEK) (10).

*Natura non facit saltus...*

(4) H. BAULIG, [10], p. 10.

(5) *Ibid.*

(6) H. BAULIG, [8], p. 286.

(7) H. BAULIG, [10], p. 132.

(8) H. BAULIG, [10], p. 145.

(9) P. BIROT, [15], p. 8.

(10) F. MACHATSCHEK, *Geomorphologie*. Leipzig, Teubner, 1952.

Les articles et surtout les traités de géomorphologie sont tissés de postulats de cet ordre. Observe-t-on d'indéniables discontinuités, on tente de les expliquer par l'intervention de facteurs extérieurs : le knick, par exemple, est pour certains géomorphologues le résultat du sapement de la base du versant par un flot latéral; imaginer qu'une telle rupture — même s'il s'agit d'une courte concavité et non d'un angle — puisse être réalisée par des processus d'érosion jouant dans le sens vertical, perpendiculairement à la ligne de knick, leur apparaît choquant. Observe-t-on qu'un alluvionnement suit une incision, on recherche la cause externe de cette succession : oscillation du niveau de base, soulèvement tectonique, à la rigueur changement net du climat; et l'on n'imagine pas qu'au cours d'une évolution *de même sens* alluvionnement et creusement puissent se succéder, comme ils se succèdent constamment dans le lit.

L'expression « on passe progressivement à » est l'une de celles qu'emploient couramment les géographes. Bien entendu, l'observation est souvent exacte. Mais, dans certains cas, l'esprit n'émousse-t-il pas instinctivement les ruptures, à l'instar des étudiants qui émoussent les ruptures de pente sur les profils du terrain, et qui les considèrent comme des imperfections provisoires alors qu'elles révèlent, au contraire, des discontinuités majeures ? L'étude de ces ruptures irritantes sur les courbes peut être des plus fécondes, leur estompage peut être une lourde erreur. L'expression « à partir d'un certain point » témoigne justement de la conscience qu'on en peut avoir; il est heureusement significatif qu'elle se répande dans la littérature géographique — si du moins l'on ne s'illusionne pas.

Nous voudrions donc montrer que les discontinuités sont dans la nature des choses, et des processus d'évolution — et non seulement dans l'esprit du chercheur —; puis voir quel parti l'on peut tirer de ces observations sur le plan du raisonnement.

Il s'agit ainsi d'une *recherche méthodologique* et, au sens littéral, de la position d'une thèse. La géographie ne peut se nourrir uniquement de monographies : elle exige, parallèlement, un effort de réflexion théorique, d'interrogation sur les méthodes et les perspectives.

L'idée de cette enquête est d'ailleurs ancienne, puisque nos premiers travaux de recherche, en 1951 et en 1952, nous avaient permis de découvrir des discontinuités et d'apprécier l'étendue de leur rôle : c'est à cela que concluait notre première publication (11). Depuis, nous avons rassemblé quelques faits; mais le dossier est encore mince. On n'a donc pour ambition que de classer certaines notions, de définir des lignes de recherche, sans attendre que le fichier ait atteint l'obésité. Si nous parvenions à montrer que ce sujet mérite d'être étudié de près, d'être élargi, au prix d'efforts soutenus de spécialistes divers, le but serait atteint. Loin de prétendre épuiser la question, nous envisageons, en rassemblant des matériaux épars, d'esquisser une ébauche destinée à être immédiatement dépassée.

Le moment paraît propice à une telle démarche. Non seulement, en effet, on ne part pas du néant dans cette entreprise, mais encore on peut estimer que la notion est « dans l'air », comme le prouve l'éclosion récente de plusieurs travaux touchant plus ou moins directement à ce sujet. Toute une série de remarques de H. BAULIG lui-même, ou de P. BIROT, permettent d'exercer avec fruit la réflexion. Bien des appréciations critiques de A. MEYNIER portent loin et guident longtemps. Les considérations de A. CHOLLEY sur la notion de complexe sont au cœur du sujet. Un observateur aussi averti que A. ALLIX avait souligné l'intérêt de la notion de mutation (12). P. GEORGE s'appuie dans ses travaux sur la notion de seuil (13). L'apport de J. TRICART, du moins en géomorphologie et en langue française, est sans doute le plus riche et le plus systématique : divers articles entre 1956 et 1962 surtout, puis ses *Principes et méthodes de la Géomorphologie*, parus au moment où les grandes lignes de ce travail étaient tracées et où son texte était en partie rédigé : nous saluons ici la convergence et nous devons dire que la fécondité des idées exposées par J. TRICART dans ses précédentes publications nous a directement inspirés.

---

(11) R. BRUNET, [21].

(12) A. ALLIX, [1], p. 245.

(13) Notamment dans *Questions de géographie de la population* [40].

On peut pourtant se demander si une réflexion d'ensemble sur ce sujet n'est pas une gageure, dans la mesure où l'on admet que la géographie n'a pas de lois qui lui soient propres; la plupart, sinon la totalité, des « lois » ou plus exactement des corrélations dont font état les traités de géomorphologie ou de géographie humaine viennent de sciences connexes : hydraulique, mécanique des sols, économie politique, sociologie, etc. Cependant, ces relations peuvent s'appliquer au champ des études géographiques, et le géographe en a quotidiennement besoin; d'autre part, les phénomènes de localisation et d'organisation régionale de l'espace, qu'on peut estimer être le domaine propre du géographe, si cette expression a un sens, démontrent eux-mêmes l'intérêt d'une étude des discontinuités.

Il peut également paraître paradoxal de vouloir soulever ces questions pour l'ensemble des sciences géographiques : l'objet et les méthodes de la géographie « physique » — science naturelle — et de la géographie « humaine » — science sociale — n'ont que peu de points communs. Et même, apparemment, certains spécialistes de sciences humaines et de sciences naturelles ont du mal à imaginer que les processus dialectiques puissent être observés dans celle des branches de la connaissance qu'ils ne pratiquent pas — tandis que d'autres sont au contraire prêts à concéder que la pensée dialectique peut être fructueuse dans certaines sciences, sauf dans la leur. Ainsi voit-on G. GURVITCH (14) soutenir avec virulence, mais sans le moindre commencement d'argumentation, que les faits naturels n'ont pas, ne sauraient avoir eux-mêmes un comportement dialectique : dans les sciences de la nature, la dialectique, et encore une dialectique rudimentaire, ne serait qu'un mode de pensée partiellement utile, alors que dans les sciences de l'homme elle serait à la fois un mode de pensée fécond et, de toute évidence, l'expression d'un « mouvement réel » des faits sociologiques. Bien des microphysiciens ne seraient sans doute pas loin de penser le contraire.

Or le géographe, le seul spécialiste qui soit au carrefour des sciences naturelles et des sciences sociales — d'où l'inconfort bien connu de sa position — est à même de constater que les évolutions de la nature comme les évolutions de la société subissent des mouvements dialectiques, et que la recherche des relations dialectiques est aussi fructueuse dans l'un des compartiments de sa science que dans l'autre. On n'a pas à discuter ici de l'unité de la géographie, ni de la possibilité pour la géomorphologie de former une science autonome : observons seulement que, pour le moment, à la suite des circonstances de sa formation, le géographe peut apporter sa contribution à la découverte de processus dialectiques dans une partie des sciences humaines et dans une partie des sciences naturelles et montrer, par là même, *la réalité objective du mouvement dialectique des faits naturels comme des faits sociaux*. Il serait dommage qu'il ne profitât pas de cette possibilité, qu'il n'aura peut-être plus dans quelques lustres (15).

---

(14) Cf. *Dialectique et sociologie* [50], *passim*.

(15) Cet ouvrage est le texte remanié de la thèse complémentaire de Doctorat ès-lettres soutenue à la Faculté des Lettres et Sciences humaines de Toulouse, le 13 décembre 1965.

## Première partie

### LA NOTION DE DISCONTINUITÉ

*Si formel que soit parfois l'exercice, il faut commencer par classer pour mieux définir. Les discontinuités observables dans la nature ou dans la société sont de toutes sortes, et ne correspondent pas toutes au même type de processus, au même ordre d'idées. On doit donc s'efforcer de les trier, et de dégager en quelque sorte les fondements théoriques de la notion — en prenant suffisamment d'exemples pour ne pas perdre l'indispensable contact avec le concret. Nous ne prétendons évidemment pas décrire ici des catégories figées, mais proposer une mise en ordre, susceptible d'être rectifiée et suffisamment compréhensive pour couvrir tout le champ des discontinuités.*

#### I. — LES TYPES DE SEUILS

Les discontinuités au sein d'une évolution se marquent généralement par la présence de *seuils*.

L'existence de points — dans l'espace ou dans le temps — à partir desquels une évolution saute brusquement, en changeant de rythme, voire de sens ou de nature, a été mise en évidence dans de nombreuses sciences.

L'observation courante en fournissait déjà bien des exemples : le plus connu est sans doute le point de congélation de l'eau. De toutes parts, on enregistre des « valeurs critiques » ou l'on s'efforce de les déceler. Cela va de la vitesse critique nécessaire pour vaincre l'attraction terrestre (11,18 km/s) à la masse critique, ou masse minimale de combustible nucléaire nécessaire pour amorcer la réaction en chaîne (1). Les crochets exo- et endothermiques révélés par l'analyse thermique différentielle des argiles, les phénomènes de capillarité, mettent en évidence des seuils : une aiguille de fer flotte sur l'eau — en deçà d'une certaine dimension. Les sciences sociales ont fourni bien des exemples de transformations brusques, à partir de moments critiques. Une révolution peut être considérée comme un de ces bonds, longuement préparés, par quoi une organisation sociale prend soudain d'autres formes. La notion de seuil tend à devenir banale en économie politique : nous aurons à en montrer quelques applications. La théorie des mutations biologiques élaborée par DE VRIES, et dont l'essentiel paraît demeurer malgré les discussions ultérieures, est sans doute, avec la théorie des quanta en microphysique, l'exemple le plus éclatant de la valeur d'une telle notion.

Il n'y a pas lieu de collectionner ici les manifestations de la discontinuité dans les sciences : on a seulement voulu souligner la généralité du phénomène. Il serait inconcevable que les sciences géographiques lui échappent. De fait, elles en offrent des témoignages nombreux et non équivoques : il suffit de les y rechercher.

Ces faits, on doit le dire, correspondent à des manifestations objectives de la réalité. Les reconnaître n'implique par conséquent aucune prise de position philosophique. On en trouve mention aussi bien chez un DE BROGLIE, voire un HEISENBERG, que chez les tenants du « matérialisme dialectique ». Les

---

(1) Cf. P. CHAMBADAL, *Les centrales nucléaires*. Paris, Colin, 1957, p. 10.

expressions les plus virulentes que nous ayons lues à ce sujet se trouvent même chez le père de la cybernétique, N. WIENER, qui définit les « personnes scientifiquement illettrées » d'après « leur incapacité de comprendre ou même d'envisager des processus non linéaires » (2). Il donne l'exemple d'une bille d'acier rebondissant sur un morceau de verre : plus l'impulsion sera forte plus le rebond sera haut — jusqu'à ce que le verre se fêle, à partir de quoi la bille « ne sera plus réfléchie de manière quasi-élastique ». Et de conclure : « La différence entre les causes dans le verre intact et le verre fêlé ne sera toujours *qu'une différence de degré* (souligné par nous); mais la différence des effets sera celle qui existe entre une simple réflexion et un carreau cassé ». WIENER avait déjà aimablement noté que « la différence entre une dose thérapeutique de strychnine et une dose mortelle n'est, elle aussi, qu'une variation de degré » (3). Des géomorphologues d'horizons et de formations sensiblement différents ont sur ces sujets des attitudes convergentes : « Ces notions (de seuil et de fréquence) sont apparues simultanément dans les travaux de l'Américain A. N. STRAHLER et dans nos propres recherches » écrit J. TRICART (4), qui a pu de son côté utiliser des observations de chercheurs soviétiques; et H. BAULIG, qui appartient sans doute à une autre famille d'esprit, apercevait lui-même l'intérêt de la notion de seuil en géomorphologie, comme on le voit dans une conférence de 1949, reprise dans ses *Essais de géomorphologie* (p. 33).

Il nous a semblé fructueux d'envisager l'étude des seuils sous trois aspects successifs : (a) la façon dont se manifeste un seuil, sa manière d'être à l'égard du mouvement; (b) le mécanisme auquel correspond le franchissement d'un seuil; (c) les conséquences que le franchissement entraîne. A chacun de ces aspects correspondent des types, auxquels l'on s'est efforcé de trouver des qualificatifs simples.

## 1. Nature des seuils

### A. Seuils de manifestation et seuils d'extinction

a. On constate souvent qu'un phénomène ne peut se manifester que lorsque les facteurs du mouvement ont dépassé une valeur minimale, qui n'est pas nulle, ni infinitésimale. C'est ce que l'on admet implicitement lorsqu'on écrit : « à partir d'un certain point... ».

Tel est exactement le cas de la théorie des quanta en microphysique; on a pu mesurer la quantité minimale d'énergie au-dessous de laquelle le mouvement des corpuscules n'est pas discernable — ou, mieux, ne se produit pas : c'est  $h$ , ou constante de Planck, égale à  $6,55 \cdot 10^{-27}$  CGS; « le rayonnement s'effectue par quanta d'énergie, quantités finies, et non par quantités infiniment petites comme l'exige la théorie classique qui exclut toute discontinuité » (5). On sait également que la sensation n'apparaît qu'au-delà d'une certaine quantité d'excitant : l'expérience de la patte de grenouille, qui ne bouge que lorsque le courant électrique atteint une certaine intensité, est sans doute l'une des premières manifestations sensibles de la notion de seuil qu'un écolier puisse vérifier. On sait aussi qu'un message ne peut être transmis dans un câble que si l'intensité des impulsions électriques dépasse le « bruit de fond » provoqué par le mouvement même des électrons (6).

Ce type de seuil s'observe très fréquemment dans les sciences géographiques. Par exemple, il faut une quantité minimale d'eau dans le sol pour qu'apparaisse l'altération chimique (7) — et, par conséquent, comme le fait remarquer P. BIROT (8), une épaisseur minimale de sol préalablement altéré par la désagrégation mécanique : l'altération chimique ne commence pas à la première goutte d'eau. On a constaté qu'au-dessous d'un certain calibre de matériaux, qui semble se situer vers 0,01 mm (9), les

(2) N. WIENER, [105], p. 50-51.

(3) *Ibid.*

(4) J. TRICART, [95], p. 109.

(5) J.-L. DESTOUCHES, *La mécanique ondulatoire*. Paris, P.U.F., 5<sup>e</sup> éd. 1964, p. 27.

(6) Cf. N. WIENER, [105]; cette notion a été utilisée par A. CAILLEUX et J. TRICART dans leur éditorial de la *Revue de Géomorphologie dynamique*, [32].

(7) LEOPOLD, WOLMAN et MILLER, [67], p. 114.

(8) P. BIROT, [15], p. 13.

(9) LEOPOLD, WOLMAN et MILLER, [67], p. 114.

alternances gel-dégel deviennent inefficaces — peut-être en raison de phénomènes de capillarité. Les méandres ou les chenaux anastomosés n'apparaissent, le long d'une vallée, qu'à partir d'un certain point, variable selon la vélocité, la nature des berges, etc., et pouvant donc se mouvoir aussi bien dans l'espace que dans le temps, selon les variations du débit et de la charge (10).

En fait, tous les phénomènes d'érosion correspondent à des seuils de manifestation : pour qu'un glissement se produise, il faut, toutes choses égales d'ailleurs, ou une quantité minimale de précipitations, ou une pente minimale, etc. Pour qu'un ravineau apparaisse sur un versant, il faut aussi une certaine quantité de précipitations, et même, par conséquent, une certaine surface de versant au-dessus du ravineau : l'incision ne se produit donc d'abord qu'à une certaine distance du sommet du versant même si, par la suite, les rigoles se développent vers l'amont par érosion régressive; on peut ainsi déterminer un seuil dans le temps (par rapport au début de l'orage) et un seuil dans l'espace (par rapport au sommet du versant), de même qu'il y a une pente-seuil et une quantité de précipitations-seuil pour l'écoulement en nappe, qui suppose aussi une surface-seuil pour pouvoir se manifester, puisqu'il faut un débit liquide minimal.

Ces seuils peuvent être représentés sur des coordonnées cartésiennes par l'origine des courbes de la famille  $ax^n + b$ .

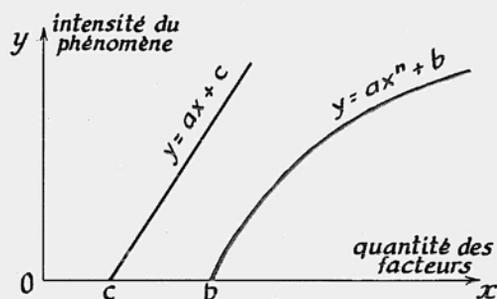


FIGURE 1  
Seuils de manifestation.

Il suffit de réfléchir quelques instants pour trouver en géographie humaine une foule d'exemples de cet ordre. Une ligne d'autobus ne demeure en activité que si elle est assurée d'un nombre minimal de clients; une tournée de ramassage laitier ne fonctionne qu'au-delà d'un certain volume quotidien d'apports par kilomètre parcouru; tels commerces ou services ne peuvent s'installer dans une agglomération qu'à partir d'une population minimale, variable selon la nature du commerce ou du service; et, par conséquent, une vie sociale organisée ne peut apparaître qu'au-delà d'une certaine densité critique ou d'une certaine masse critique de population : Y. LACOSTE (11) fixe à 1 000 logements le seuil à partir duquel un grand ensemble ne saurait se concevoir sans toute une série d'équipements collectifs. Mais, selon le sens du mouvement, on remarquera que certaines valeurs critiques peuvent être aussi des seuils d'extinction.

b. Les seuils d'extinction, en effet, correspondent au moment où une quantité devient si faible — relativement — que le phénomène envisagé cesse brusquement de fonctionner. Mais la quantité en question peut être fort loin de 0.

Tel est le cas, précisément, du seuil critique de densité de population, auquel les démographes font souvent allusion, encore que sa mesure soit des plus aléatoires : la plupart des observateurs semblent

(10) LEOPOLD, WOLMAN et MILLER, [67], p. 295. F. TAILLEFER avait déjà souligné que les méandres n'apparaissent que pour certaines valeurs de la vitesse et de la résistance des roches, ou du moins entre certaines limites ([92], cf. p. 209 sq.).

(11) Y. LACOSTE, [62], p. 40.

s'accorder pour admettre que, au-dessous d'une certaine densité, variable évidemment selon les types de production et d'organisation sociale, l'impression d'isolement et l'impossibilité d'assurer des services collectifs sont telles que les derniers habitants préfèrent désertier à leur tour. Certaines régions de montagne françaises semblent avoir atteint cette densité critique, qui est bien un seuil d'extinction.

De même y a-t-il des seuils dans les distances, au-delà desquels, par exemple, on n'observe plus de migrations alternantes vers la ville, ou au-delà desquels l'influence d'une métropole ne se fait plus sentir, ou encore au-delà desquels une usine doit renoncer à s'approvisionner, en raison des coûts de transport.

La biogéographie connaît de nombreux exemples de seuils d'extinction. Telles sont les limites d'aires végétales. C'est aussi le cas du point de flétrissement : lorsque la teneur d'un sol en eau s'abaisse au-dessous d'une valeur critique, la plante se flétrit et meurt. Une faible oscillation verticale de la nappe phréatique peut aboutir à ce résultat. Sur les cordons littoraux, une période de sécheresse et de forte évaporation peut faire remonter la nappe salée jusqu'à la hauteur des racines, provoquant ainsi la destruction de certains végétaux : il y a pour eux une profondeur critique de la nappe salée. Teneurs et profondeurs sont évidemment variables selon le végétal et selon la texture du sol.

c. L'arrêt du mouvement des matériaux sur un versant peut être rangé dans cette catégorie de seuils. Par exemple, une particule entraînée par le ruissellement ou par le glissement s'arrête lorsque la pente devient suffisamment faible : il y a pour elle une valeur-seuil de la pente, en deçà de laquelle elle n'est plus en mouvement. Par définition, ce seuil d'arrêt a une valeur différente du seuil de mise en mouvement : l'expérience classique du solide glissant sur un plan incliné rend familière aux écoliers l'idée selon laquelle le solide continue à se mouvoir sur une pente beaucoup plus faible que celle qu'il a fallu obtenir pour le mettre en mouvement, puisque l'accélération due à la gravité vient s'ajouter à l'énergie initiale. La pente du versant n'étant qu'un des facteurs du mouvement des particules, on trouve dans le même cas une valeur-seuil de la teneur en eau : non seulement les glissements sur les versants ne se déclenchent qu'au-delà d'une certaine quantité de précipitations, mais encore ils cessent de se manifester lorsque la teneur du sol en eau s'est abaissée, après l'orage par exemple, au-dessous d'une valeur normalement inférieure à celle qui fut nécessaire pour la mise en mouvement.

La dissymétrie entre les valeurs du seuil de manifestation et du seuil d'extinction d'un mouvement peut être extrêmement nette dans certains cas : HJULSTRÖM a montré qu'une énergie relativement très forte est nécessaire pour que les colloïdes en repos au sein d'un lit d'alluvions en soient détachés par la rivière, tandis que, une fois pris en charge, ils continueront à être transportés pour une vitesse extrêmement faible du courant (12). Le fonctionnement du « bouchon vaseux » dans les estuaires s'explique en partie aussi par cette dissymétrie d'action.

## B. *Seuils de divergence*

Il arrive qu'à partir d'un certain point, un mouvement change brusquement de vitesse, qu'il subisse une accélération ou une décélération, bien qu'il ne change pas de sens.

a. Par exemple, on a constaté que la quantité de matières solides transportées par un cours d'eau augmente d'abord lentement avec le débit, puis soudain nettement plus vite, jusqu'à une valeur limite. La courbe de la densité de la neige fraîche suit un rythme croissant quand la température s'élève, jusqu'à un seuil vers  $-12^{\circ}\text{C}$ , à partir duquel le rythme continue bien à croître, mais en suivant une autre fonction (13) (fig. 2).

Dans un tout autre domaine, BORCHERT (14) trouve qu'il existe une corrélation entre la densité des logements d'une ville et celle des carrefours, qui donne une image de la densité des rues, mais sa

(12) F. HJULSTRÖM, [53].

(13) L. LIBOUTRY, [68], p. 213.

(14) J. R. BORCHERT, *The twin cities urbanized area*. Geographical Review, 1961, p. 47-70.

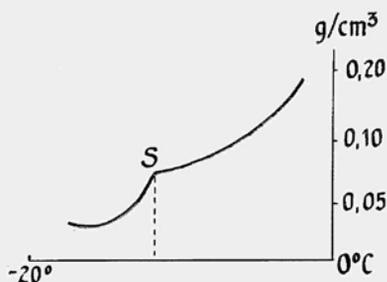


FIGURE 2  
Type de seuil de divergence  
(densité de la neige en fonction de la température).

courbe est du type de la fig. 6 : elle montre un seuil de divergence vers 90 carrefours par mille carré, la densité des logements croissant nettement plus vite au-delà qu'en deçà, sans doute en raison du rôle joué par les immeubles à multiples étages du centre de la ville.

On trouve de nombreuses divergences de cet ordre dans les courbes que dressent les économistes et les démographes. Par exemple, le taux de mortalité semble décroître quand le progrès économique et sanitaire se développe, mais avec des phases d'accélération : l'une qui correspond à la disparition des maladies infectieuses, l'autre, plus tardive, se dessinant au moment où l'équipement sanitaire et social a atteint une densité suffisante (15) (fig. 3). Il peut arriver, comme dans certains pays socialistes récemment, que ces seuils de divergence soient très rapprochés.

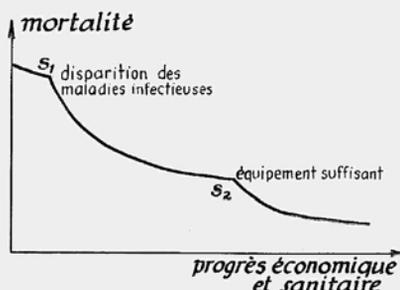


FIGURE 3  
Type de seuil de divergence.  
La baisse du taux de mortalité.

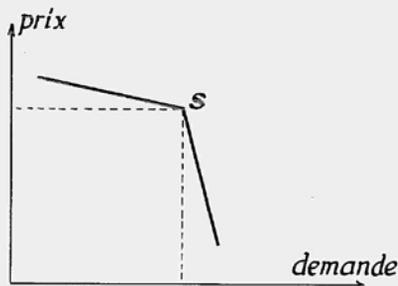


FIGURE 4  
Type de seuil de divergence.  
Prix et demande dans un marché oligopolistique  
(d'après R. BARRE, p. 546-547)

En général, la demande d'un produit est d'autant plus forte qu'il est offert à un prix moins élevé — si du moins la consommation de ce produit est suffisamment « élastique ». Mais, sur un marché « oligopolistique », c'est-à-dire organisé par un petit nombre de firmes, il existe, pour chaque fabricant, un prix-seuil : au-delà, les ventes s'effondreraient en raison de la concurrence; en deçà, les ventes ne progresseraient que peu parce que, rapidement, les firmes concurrentes parviendraient à abaisser aussi leurs prix pour résister à cette attaque. La courbe de la demande croît bien en raison inverse du prix, mais à des rythmes nettement différents de part et d'autre du seuil (fig. 4).

La courbe du coût total de la production dans une usine subit également une divergence. On part d'une valeur-seuil minimale pour la première unité produite, qui correspond au coût fixe total, représentant l'ensemble des frais incompressibles, indépendants du volume de la production; puis le coût

(15) P. GEORGE, [40], p. 65.

augmente, mais de moins en moins vite, puisque chaque unité supplémentaire exige d'abord un coût marginal de moins en moins élevé; jusqu'au moment où joue la loi des rendements décroissants, à partir de quoi chaque unité supplémentaire coûte de plus en plus cher à produire; la courbe connaît donc alors une accélération constante (16) (fig. 5).

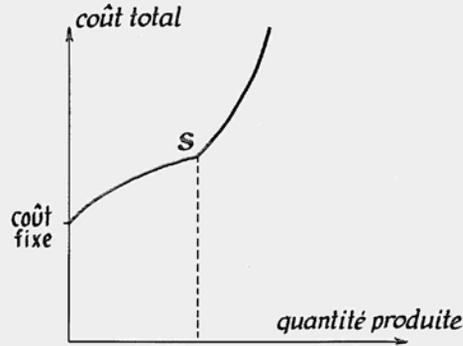


FIGURE 5  
Type de seuil de divergence  
Le coût total de production dans une usine.

D'une façon plus générale, il est fréquent qu'une évolution soit saccadée. On a souvent parlé du « décollage » de certaines économies — le « take-off » du jargon spécialisé — et cherché à préciser sa date, les conditions de son apparition. Il correspond au seuil qui sépare une évolution d'abord lente d'une évolution soudain plus rapide. Bien des historiens envisagent volontiers des changements de ce genre : la mise en culture de nos régions au Néolithique, la révolution industrielle du XIX<sup>e</sup> siècle, semblent s'être traduites dans la courbe d'accroissement de la population européenne par des seuils de divergence (fig. 6).

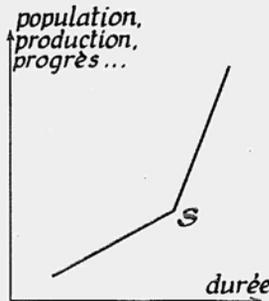


FIGURE 6  
Type de seuil de divergence.  
Décollage d'une économie ou mutation historique.

b. Certaines divergences viennent de l'interférence de plusieurs courbes : on pourrait nommer leur origine *seuil de croisement*. Par exemple, à partir d'un seuil de superficie, la culture mécanique est moins coûteuse que la culture manuelle. C'est le « seuil de rentabilité » de la machine. D'un certain point de vue, pour la mécanisation, il est donc un seuil de manifestation. Mais d'un autre point de vue, si l'on observe la résultante, qui est la courbe des coûts de la culture en fonction de la surface exploitée,

(16) R. BARRE, [6], t. I, p. 487.

on voit qu'à cet endroit elle change de trajectoire (fig. 7). De même, la courbe du coût du tracteur en fonction du nombre d'heures d'utilisation marque-t-elle une divergence, qui correspond au moment à partir duquel il est plus rentable d'employer un tracteur diesel qu'un tracteur à essence (fig. 8).

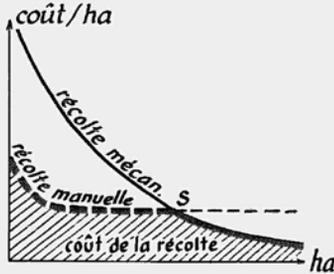


FIGURE 7  
Type de seuil de divergence  
par croisement. Le coût de la culture.

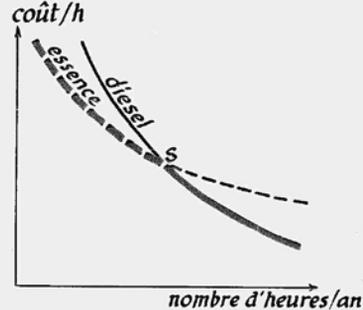


FIGURE 8  
Type de seuil de divergence  
par croisement. Le coût du tracteur.

### C. Seuils de renversement et seuils d'opposition

Certaines valeurs critiques sont, au contraire, comme des points de symétrie. La divergence est si accusée que le sens du mouvement change. De part et d'autre du seuil, ou bien l'évolution se fait en sens contraire — c'est ce que l'on appellera seuil de renversement —, ou bien les phénomènes s'opposent simplement — on parlera de seuil d'opposition.

Le premier cas est celui qu'illustrent un grand nombre de courbes en U ou en V sur les graphiques d'évolution (fig. 9). Soit une variable croissant dans un sens donné, représentée sur l'axe des abscisses; la grandeur qui lui est liée, figurée sur l'axe des ordonnées, croît d'abord pour décroître ensuite plus ou moins brusquement — ou inversement. Il ne s'agit pas nécessairement de courbes à inflexion continue comme on les figure souvent (fig. 9 A) : certaines peuvent avoir une pointe accusée; il peut même arriver que, de part et d'autre du seuil, les taux de croissance ou de décroissance varient de façon opposée (fig. 9 D).

LEOPOLD, WOLMAN et MILLER montrent, par exemple, que si, au-dessous d'une vitesse critique du courant (env. 75 cm/s), les transports de sables (en tonnes par jour et par cm de profondeur du courant) diminuent avec la profondeur, ils augmentent au-delà (17). L'intensité du ruissellement croît souvent avec la pluie jusqu'à une certaine valeur des précipitations au-delà duquel il décroît, les glissements l'emportant, etc.

Ces courbes, et donc ces seuils, se constatent souvent en économie politique. La « loi des rendements décroissants », connue depuis TURGOR au moins, en est un bon exemple : plus on met d'engrais dans un sol, toutes choses égales d'ailleurs, plus le rendement financier de la culture devient intéressant, jusqu'à une dose critique à partir de laquelle il décroît, parce que l'augmentation éventuelle du rendement biologique n'est plus aussi rapide que l'accroissement de la dépense. Partout où la « loi des rendements décroissants » s'applique, on a des seuils de renversement.

Un tel type de seuil peut donc correspondre à un optimum : de part et d'autre, les conditions deviennent de moins en moins intéressantes au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'optimum. Il en est ainsi de la vitalité des plantes en fonction de la température, des précipitations ou d'un indice d'aridité. Le coût des concentrations de population présente une évolution du même ordre : une très faible densité aussi bien qu'une très forte exigent des dépenses en services, par habitant, plus élevées que ne le demande une densité optimale, variable selon les types d'organisation économique et sociale :

(17) LEOPOLD, WOLMAN et MILLER, [67], p. 183.

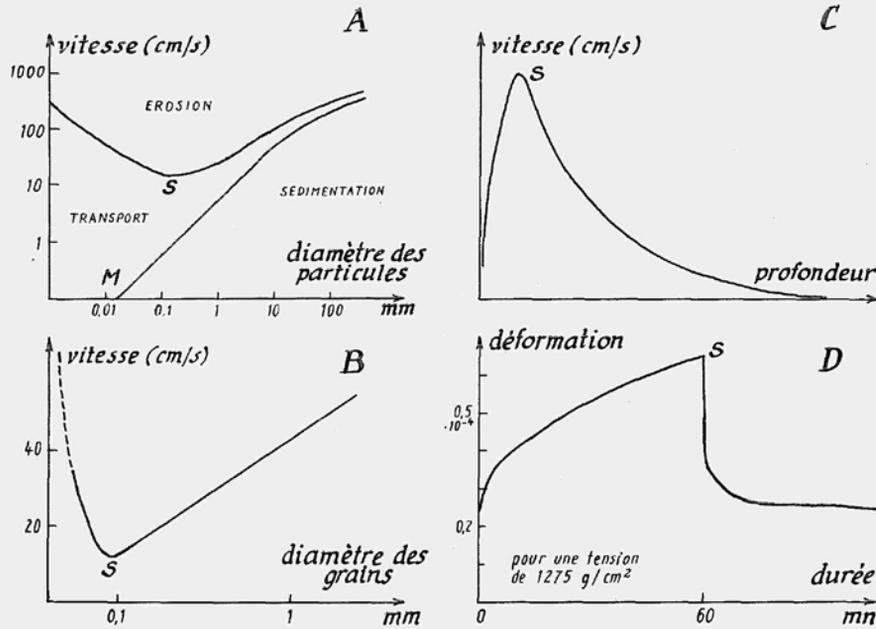


FIGURE 9

Types de seuils de renversement.

s : seuils de renversement; M : seuil de manifestation. — A. *Seuil d'inflexion* : courbe de Hjulström sur la charge solide des cours d'eau. — B et C. *Seuils angulaires* : courbe de Bagnold sur l'entraînement des grains de sable par le vent (B) et vitesse du creep en fonction de la profondeur du sol. — D. *Seuil angulaire accusé* : courbe de Jellinek-Brill sur la déformation de la glace (Exemples tirés de SCHEDEGGER [86], pp. 45, 80, 135 et 290).

nous aurons à étudier de plus près ce principe. Pour une famille paysanne dans un système de culture donné, il y a également une dimension optimale de l'exploitation agricole : plus on s'en éloigne vers le bas, plus les conditions de vie deviennent difficiles; plus on s'en éloigne vers le haut, plus les conditions de travail deviennent difficiles; bien entendu, au-delà d'un autre seuil, à partir duquel l'embauche de main-d'œuvre salariée est rémunératrice, l'intérêt économique de l'exploitation croît à nouveau : il vaut mieux être un gros exploitant qu'un petit; l'optimum n'a de valeur que relative, à l'intérieur d'un ordre de grandeur plus ou moins restreint.

Dans d'autres cas, bien que la frontière avec les précédents ne soit pas toujours parfaitement sensible, il n'y a pas vraiment progression et régression de part et d'autre d'un seuil, mais seulement production de phénomènes opposés.

C'est ainsi que, dans une rivière, une faible diminution de la vitesse du courant provoque un dépôt homométrique, les particules d'une certaine taille se déposant seules, tandis qu'une diminution plus forte entraîne un dépôt hétérométrique, des particules de dimensions variées se déposant soudain.

Il semble aussi y avoir une quantité de précipitation en fonction du temps, pour une surface donnée, au-delà de laquelle l'érosion aréolaire l'emporte, alors qu'en deçà le ruissellement peut seulement inciser, et par conséquent l'érosion verticale l'emporte.

Les économistes savent que le pessimisme à l'égard des valeurs boursières peut succéder brusquement à l'optimisme, à partir d'un certain volume de transactions et d'informations.

#### D. Les seuils de saturation

A bien des égards, certaines limites peuvent être considérées comme des seuils.

Par exemple, il semble qu'au-delà d'une épaisseur critique du manteau de sol, la désagrégation mécanique ne joue plus : elle correspond précisément au contact du sol et de la roche saine; celui-ci

n'est pas brutal tant qu'on n'a pas atteint l'épaisseur critique, mais dans certains cas le passage est très rapide (18). Cette épaisseur est évidemment variable selon les roches et selon le climat.

Parallèlement, il paraît assuré que, pour un sol donné, existe une capacité limite d'infiltration des eaux; P. BIROR la juge égale au volume des « trous », des espaces entre les particules du sol; mais il est probable que les phénomènes de capillarité introduisent une nouvelle discontinuité et infirment ce postulat. Au-delà de cette limite, se déclenche le ruissellement, même pour des précipitations fines mais continues: ce seuil de saturation pour le sol est un seuil de manifestation pour le ruissellement. Certes, celui-ci peut, sous certaines conditions, apparaître bien avant que le sol soit saturé: mais c'est que la vitesse d'infiltration des eaux oppose une autre limite; le ruissellement se produit si le débit des précipitations excède celui de l'infiltration.

Une étude attentive de ces phénomènes doit donc tenir compte à la fois de la capacité totale d'absorption du sol, de la vitesse d'infiltration, de la quantité de précipitations par unité de surface et, non moins, par unité de temps: tous éléments d'un complexe dont le comportement est réglé à la fois par le jeu des seuils de saturation et par celui des fréquences (de précipitations) comme J. TRICART l'a souvent souligné.

On a pu déceler (19) une limite dans la charge dissoute dans un cours d'eau: celle-ci devient indépendante de la tranche pluviométrique écoulée lorsque la limite — environ 50 à 60 t/km<sup>2</sup> an — est dépassée, alors que jusque-là la charge dissoute augmente avec la tranche pluviométrique. A Hawaï, la teneur d'un sol en illite et en montmorillonite augmente avec la pluviosité annuelle, jusqu'à un maximum situé vers 2 000 mm, à partir de quoi elle devient indépendante des précipitations (20). De même, par exemple, la courbe type du déficit d'écoulement n'augmente plus à partir d'un certain moment avec la quantité de pluie, lorsque la capacité limite d'absorption de vapeur d'eau par l'atmosphère a été atteinte.

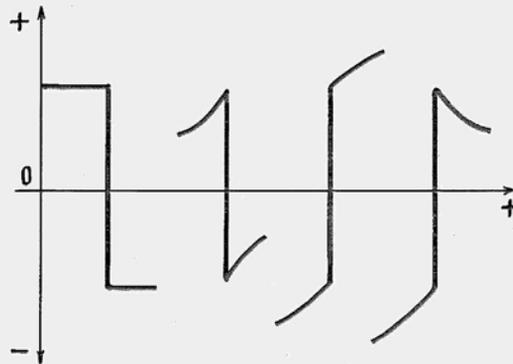


FIGURE 10  
Types de seuils d'opposition.

Il serait aisé de trouver des exemples de limites en géographie humaine. Sans même faire état d'évidences telles que la saturation d'un moyen de transport en voyageurs, d'une ligne de chemins de fer en trains ou d'une ligne téléphonique en appels, on peut évoquer par exemple la limite au-delà de laquelle le taux de natalité régional ne peut s'élever — probablement 50 ‰ — ou la limite en deçà de laquelle le taux de mortalité ne peut être réduit — sans doute 5 ‰ (21). Le rendement d'un champ connaît aussi une limite absolue: nul engrais ne pourra l'élever. L'étendue qu'une famille d'agriculteurs peut mettre en valeur est limitée, d'une façon qui varie évidemment selon le degré de mécanisation:

(18) Cf. R. SOUCHEZ, [86].

(19) LEOPOLD, WOLMAN et MILLER, [67], p. 74.

(20) *Ibid.*, p. 123.

(21) Cf. P. GEORGE, [40], p. 34, 52.

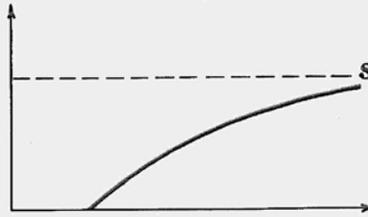


FIGURE 11  
Seuil de saturation.

à partir d'une certaine superficie, il y a saturation des possibilités de travail. Ou l'on se contente de cette dimension, ou l'on embauche un salarié : de quelque manière, c'est bien un seuil. A l'échelle collective, à supposer évidemment que les possibilités d'extension soient suffisamment vastes, comme en certaines régions tropicales, la dimension d'un finage atteint aussi une limite de saturation fixée par les moyens de travail et de déplacement, ou par les besoins alimentaires.

On voit donc que la saturation peut se traduire par deux conséquences différentes. Ou bien, une fois la valeur-limite atteinte, le phénomène n'évolue plus, conservant la forme qu'il a acquise à ce stade : davantage de pluies n'accroît pas la charge dissoute, ou la teneur en illite, etc.; davantage d'engrais n'augmente pas le rendement biologique; davantage de revenus ne fait pas absorber plus de pain, etc. Ou bien se produit, comme en chimie, une précipitation, c'est-à-dire une mutation qualitative : l'eau d'infiltration saturée en minéraux les abandonne brusquement au niveau de l'horizon B; le groupe social saturé d'insatisfactions explose. Nous proposerons de nommer les uns *seuils de plafonnement*, les autres *seuils de précipitation*.

\*  
\*\*

Dans tout ce qui précède, et notamment sur les graphiques, on remarque que certains seuils correspondent à des ruptures nettes, tandis que d'autres admettent une zone plus ou moins étroite d'indécision. Bien que la règle ne soit pas absolue, il est évident que les seconds s'observent surtout dans les phénomènes sociaux, les premiers dans les phénomènes naturels. Nous pouvons les distinguer en baptisant ceux-ci *seuils angulaires*, ceux-là *seuils d'inflexion*, d'après l'image qu'ils offrent sur les courbes.

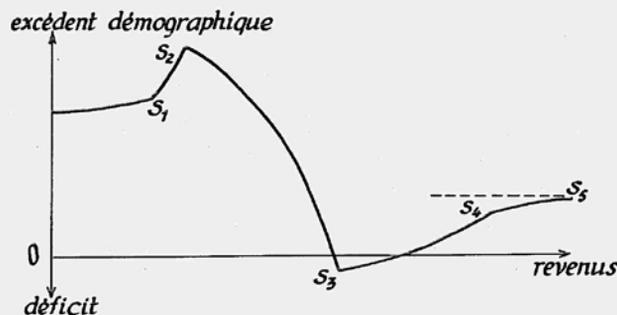


FIGURE 12  
Type de succession de seuils :  
l'évolution de l'excédent démographique naturel  
en fonction d'un accroissement des revenus et de l'état sanitaire.

Bien entendu, au cours d'une évolution, on peut voir se succéder plusieurs seuils de types différents. D'après les observations historiques aussi bien que géographiques, on peut estimer que la courbe de l'excédent démographique naturel en fonction de l'accroissement des revenus individuels et sociaux