

# A noção de ciclo em geomorfologia

Claude Klein

Tradução feita por Wílian Zanete Bertolini do original em francês "La notion de cycle en geomorphologie". Publicado em "Revue Géologie dynamique et de géographie physique.v.26, fasc 2, p. 95-107. Paris.

**ABSTRACT** *The notion of cycle in geomorphology: After giving an analysis of Davis' fixist point of view, and of Penck's mobilist one, the author adopts the balanced appraisal expressed by J. Leighly, some fifty years ago: "I think that a thorough examination of the two systems will lead to the discovery of useful ideas in both, and in both ideas that should be rejected... The ideal, complete theory of the future will include part of Penck and part of Davis, but not all of either". Examples taken from Western and Central Europe show that erosion surfaces belonging to sedimentary basins and the periphery of surrounding old lands are indeed acyclic planation surfaces. They also show that, genetically speaking, such planation surfaces are much more closely linked with the Penck's Primärrumpfe (= primary peneplains) than with Davis' peneplains (Endrumpfe = end-peneplains). Inversely, from the American to the Bohemian massif, the piedmont benchlands (= marginal benches) observed on the slopes or at the foot of many variscan massifs are evidence, in all likelihood, of pulsational uplifts (as Davis saw it), rather than of continuous crustal movements, gradually accelerated, according to Penck's views (waxing development). Far from being mutually exclusive, polycyclism and acyclism are two geomorphic evolutionary models which are not only compatible, but also complementary.*

**KEY-WORDS:** *Geomorphic cycle, Polycyclism, Polygenetic, Acyclism, Piedmont benchland, Inselberg landscape.*

**RESUMO** *É pelo viés da noção de ciclo que W.M. Davis introduziu o fator tempo em geomorfologia. Em regime estável e rocha homogênea, o comportamento das formas do relevo se modifica, de maneira sistemática, do estágio de juventude, que inaugura o ciclo, ao estágio de velhice que o encerra, passando pelo estágio de maturidade. A análise desses estágios repousa sobre o conceito de equilíbrio, o qual constitui o verdadeiro pivô da teoria davisiana. Quando nenhum "acidente" de ordem eustática, tectônica ou climática perturba o curso linear de um ciclo de erosão, as forças e resistências na morfogênese se condicionam e se limitam mutuamente: o sistema evolui como um sistema fechado de variáveis interdependentes. O modelo cíclico tem o melhor de sua coerência nessa abordagem sempre qualitativa e mecanicista. A principal fraqueza do ponto de vista antagônico de Wálther Penck reside precisamente no fato de que o autor baseou sua teoria de evolução ascendente e evolução descendente sobre a análise de situações de desequilíbrio, nas quais os fatores endógenos da morfogênese impõem sua força aos fatores exógenos sem depender deles. Não há, entretanto, nenhuma razão para se fechar no falso dilema de ter que se escolher entre Davis e Penck. Exemplos emprestados da Europa hercíniana mostram que as superfícies de erosão associadas às bacias sedimentares e às partes altas dos maciços antigos periféricos são aplainamentos acíclicos, e que esses aplainamentos são, geneticamente falando, muito mais aparentados aos Primärrumpfe de Penck do que aos peneplanos davisianos. Inversamente, do maciço armoricano ao maciço da Boêmia, os níveis de erosão escalonados que se observam nos flancos ou no sopé de numerosos maciços antigos testemunham um ritmo tectônico descontínuo, de estilo davisiano muito mais provável que movimentos da superfície contínuos, gradualmente acelerados, como pensava Penck. Longe de se anularem, o policiclismo e o aciclismo são, portanto, dois modos de evolução geomorfológica, não somente perfeitamente compatíveis, mas, admiravelmente, complementares.*

**PALAVRAS-CHAVE:** *Ciclo geomorfológico, Policiclismo, Poligenia, Aciclismo, Patamares de piedmont, Superfície com inselbergs.*

## Preâmbulo

Claude Klein (1924 – 2005) tornou-se professor Professor Titular da Universidade de Paris-Sorbonne (Paris IV) em 1979. Partidário convicto e não por isso menos crítico da teoria davisiana, sua obra se debruça sobre conceitos fundamentais da geomorfologia como, por exemplo, os de ritmo e ciclo, apresentando contribuições de peso tanto para a geomorfologia da Europa quanto para a teoria e epistemologia da geomorfologia. Entre suas obras mais importantes destacam-se: *A evolução geomorfológica da Europa hercínica ocidental e central* (1990); *Do dinamismo dos processos à dinâmica das formas em geomorfologia* (1993); *Do policiclismo ao aciclismo em geomorfologia* (1997). Seu espírito crítico traz uma interpretação impecável, em termos comparativos, sobre alguns dos aspectos essenciais das teorias de William Morris Davis e Walther Penck, unindo e defendendo como perfeitamente complementares os modos de evolução cíclico e acíclico na interpretação do relevo. Sua obra, ainda muito pouco lida no Brasil, é um convite a refletir sobre os diferentes modos e fatores interdependentes implicados na evolução e transformação do relevo das paisagens continentais.

William Zanete Bertolini

## Introdução

O eminente mérito de introduzir o fator tempo na análise geomorfológica deve ser dado a W.M. Davis (1884, p.432). Ele o fez pelo viés da noção de ciclo, inaugurando assim o período mais original e mais fecundo da história da disciplina. Graças a esse espírito lúcido e vigoroso, a geomorfologia tornou-se uma ciência, além de completa, bem distinta da geologia e claramente definida pelo seu objeto, seus princípios, seus métodos, sua terminologia (H. Baulig 1948, p.101, 107-108). Um século após esse primeiro ato de feliz iniciativa, pareceu-nos interessante apontar o que a ciência das formas do terreno deve, ainda hoje, ao mais prestigiado dos seus teóricos.

### A teoria davisiana do ciclo de erosão: aquisição e enriquecimento de uma noção fundamental em geomorfologia

A ideia diretriz de Davis, aquela que dá ao modelo cíclico sua coerência e suas virtudes explicativas, reside na convicção de que “as diferentes formas-elementos de uma dada massa estrutural são em cada fase da sua evolução fisiográfica sistematicamente relacionadas umas com as outras” (W.M.Davis 1922, p.595).

### O ponto de vista estabilista de W.M Davis

A relação das diferentes formas de uma mesma fase entre si é um privilégio restrito às formas previamente regularizadas. Enquanto um equilíbrio não se estabelecer entre as forças em ação na morfogênese e as resistências que elas têm de vencer, nenhum laço funcional poderia unir os diversos elementos das formas resultantes. O estado de juventude que corresponde precisamente a essa

situação inicial de desequilíbrio se caracteriza pelo fato de que uma parte da energia disponível é gasta sem proveito para o modelamento das formas (rápidos, saltos, quedas). O estado de maturidade começa com o aparecimento, inicialmente ao longo do curso d’água, em seguida ao longo das vertentes, de perfis regularizados, ou seja, de perfis que correspondem a uma utilização ótima da potência dos agentes erosivos, os quais deram às formas os perfis de menor resistência frente à ação desses agentes. Uma vez estabelecida sobre essas bases e na condição de não ser perturbada, essa situação de equilíbrio se reorganizará espontaneamente até que se alcance o estado de peneplano ou de velhice. Vê-se bem a noção de equilíbrio que, em última análise, constitui o pivô da teoria davisiana do ciclo de erosão.

Para Davis, o estado de equilíbrio (*graded condition*) surgia, ao longo de um rio, por exemplo, “quando uma certa igualdade se estabelecia entre a potência do curso fluvial e o trabalho que havia para ser feito” (W.M. Davis 1899 b, p.214; 1899c, p.298; 1909, p.357). Trata-se então, por sua própria natureza, de um equilíbrio dinâmico, constantemente ameaçado de ser rompido, constantemente suscetível de se refazer, uma vez que os múltiplos fatores envolvidos na sua definição podem variar, e variam efetivamente de um momento a outro em qualquer ponto do perfil considerado. Graças à sua flexibilidade, pelo efeito das infinitas adaptações, o estado de equilíbrio, alcançado no início, próximo ao nível de base, se estende paulatinamente, regressivamente, a todos os pontos de um perfil em curso de regularização, com o rio impondo a cada ponto do perfil a declividade ótima correspondente às condições locais e provisórias do equilíbrio. Evidentemente, o perfil assim regularizado desde o início do estado de maturidade não cessa, contudo, de evoluir: ele continua, ao invés de se reorganizar

em toda a sua extensão e até os estados mais avançados do ciclo, oscilando cada vez mais lentamente em torno do seu único ponto fixo, o nível de base. E como Davis estendia à evolução das vertentes os princípios relativos à evolução dos leitos fluviais, ele estava no direito de estimar que o estado de equilíbrio acaba por alcançar, com o tempo, toda uma região.

A partir do momento em que todos os pontos de todos os perfis estejam ajustados, “a sucessão que se produz no desenvolvimento das formas do terreno” é necessariamente “sistemática”, com cada estado desenvolvendo-se a partir do estado que o precede e contendo em si o estado futuro. É nesse encadeamento rigoroso e irreversível de estados que reside o princípio da evolução cíclica. Com a diferença das formas estruturais que não têm idade, por que sua geometria é controlada inevitavelmente pelas características da estrutura, as formas cíclicas têm a idade inscrita em seus perfis, os quais se modificam de um estado a outro do ciclo. Reagrupando essas formas em séries evolutivas coerentes, é possível reconstituir o caminho completo da evolução geomorfológica da qual elas se originaram, e explicar por esse viés o presente em função do passado. Essa era, precisamente, a ambição de W.M. Davis.

A primeira metade do século XX foi a idade de ouro da geomorfologia cíclica. Reorganizações de ideias foram entretanto assimiladas à visão pioneira de W. M. Davis, pois a teoria do ciclo repousa sobre certos postulados e singularmente sobre aquele de uma estabilidade tectônica praticamente completa da região durante toda a duração do ciclo, com a exceção do estado de juventude: “a apresentação elementar do ciclo ideal usualmente postula um rápido soerguimento de uma massa crustal, seguido por um prolongado estado de estabilidade” (W.M. Davis 1909, p.283). Sem dúvida Davis considerou outros cenários, mas sem outro interesse que o teórico. Em todo caso, lhe parecia completamente improvável que um movimento da superfície não colocasse em causa os equilíbrios geomorfológicos cada vez mais precisos e, portanto, cada vez mais vulneráveis que resultavam da evolução das formas em estágios. Com mais forte razão, o autor estimava que a introdução de um novo ciclo colocava fim, por isso mesmo, ao ciclo em curso, estando as formas herdadas desse último ciclo condenadas a uma degradação rápida. No entanto, um ponto de vista diferente iria prevalecer entre alguns dos seus discípulos, principalmente na França.

## Os relevos policíclicos

De fato, desde 1910, a análise do relevo do Limousin mostrou a A. Demangeon a coexistência, no oeste do maciço central francês, de três famílias de formas topograficamente distintas, a saber, e simplificada: as terras altas da montanha do Limousin, os planaltos que a circundavam, os vales que entalham esses planaltos.

O autor viu aí três gerações de formas, atribuídas, cada uma delas, a um ciclo erosivo. O ciclo dos altos topos ou ciclo I, o mais evoluído e antigo, teria evoluído até o estágio de penepiano. O ciclo dos planaltos ou ciclo II, elaborado às custas das formas pertencentes ao ciclo I, só teria atingido o estágio de maturidade. Quanto ao ciclo dos vales ou ciclo III, o mais recente, este não teria ultrapassado o estágio da juventude (A. Demangeon 1910, p.128, 140, 146-148). Admitia-se que três ciclos sucessivamente iniciados pudessem se desenvolver simultaneamente, as formas correspondentes continuando a evoluir como se permanecessem ligadas aos seus respectivos níveis de base. Mas A. Demangeon não se preocupou em justificar seu ponto de vista. Um ponto de vista contra o qual W.M. Davis, por sua vez, se precaveu (1932, p. 419-420). H. Baulig, ao contrário, se valeu completamente do princípio dessa afirmação, a qual “parece se desenrolar naturalmente, segundo ele, da concepção cíclica” (1939, p. 282-284 e 288-289).

Tão interessante seja, e nós a ela retornaremos a propósito dos *Piedmonttreppen*, os aplainamentos cíclicos escalonados representam, contudo, apenas um caso particular do relevo policíclico. No geral, são muito mais comuns os vales policíclicos, nos quais “as formas pertencentes aos sucessivos ciclos não são somente escalonadas, mas também encaixadas umas nas outras” (H. Baulig 1928, p.46 e fig. 1). E. de Martonne soube tirar partido desse dispositivo para explicar diversos traços dos vales alpinos e da escultura glacial (1911a, p.4-6; 1911b). Por outras razões, os problemas relativos aos vales policíclicos frequentemente demandaram a atenção de H. Baulig (1928, p. 45-49; 1949, p. 71-84; 1956, parágrafos 11, 155, 156, 162, 163). De fato, seu estudo é rico em ensinamentos, e é lamentável que o descrédito do qual sofre a geomorfologia cíclica desde a metade do século tenha desencorajado tantos pesquisadores a se interessarem por este conjunto de formas. Mas os fatos são recorrentes e será preciso, um dia, voltar à razão...

Dito isso, continua-se a interrogar sobre as circunstâncias de gênese dos relevos policíclicos,

principalmente quando os níveis se ordenam em séries concordantes (H. Baulig 1928, p. 48; 1949, p.82). É preciso dar a devida atenção às retomadas erosivas responsáveis por soerguimentos uniformes da crosta, de natureza epirogenética? ou aos rebaiamentos do nível marinho, de natureza eustática?

### As superfícies poligenéticas

As superfícies de aplainamento de extensão regional ou até mesmo continental são dados brutos de observação tão incontestáveis quanto os patamares “cíclicos” nos flancos de inúmeras vertentes. Mas H. Baulig mostrou que entre as extensas superfícies de erosão, algumas são manifestamente compostas, uma vez que são formadas de duas ou mais superfícies que “desenvolvidas sucessivamente e deformadas, se sobrepõem” (1956, parágrafo 164). Este é o caso, por exemplo, da plataforma ardeniana onde o autor reconheceu elementos pertencentes à superfície pós-erciniana, à superfície infracretácica, à superfície pré-eocênica, a uma superfície oligocênica, constituindo o conjunto que ele chamou de uma superfície em facetes [*surface à facettes*] (H. Baulig 1926, p.224-5 e fig. 1 D).

Alguns anos mais tarde e a propósito da ilha Crémieu (Jura meridional), A. Cholley propôs, para esse tipo de superfície composta, a expressão superfície poligenética (1931, p.506). Esse autor, tendo indicado por um lado que essas superfícies seriam qualificadas de policíclicas e por outro que “a maior parte dos peneplanos terciários poderiam ser somente superfícies poligenéticas”, assegurou o sucesso do emprego do termo (A. Cholley 1932, p. 562 e 581, nota 3). Na mesma medida que, sempre pela iniciativa de A. Cholley, uma acepção bem diferente iria prevalecer: ao invés de aplicar o termo a uma superfície resultante da justaposição de elementos de idades diferentes como foi conveniente no início, o autor recomendava “reservar o termo de superfície poligenética para o caso em que a elaboração da peneplanície resulta da ação de vários sistemas de erosão sucessivos, em relação com as modificações climáticas” (1956, p.15, nota 6 e p. 34; 1957, p.13). A confusão parecia grande e um ponto final era necessário (Cl. Klein 1959 a).

Entendidas na sua concepção primária, as superfícies poligenéticas *stricto sensu* não são menos interessantes, singularmente nas regiões de contato entre maciços antigos e bacias sedimentares (Cl. Klein 1959 b, p. 307-310, fig. 2A, 3A, 4A). H. Baulig tem, por sua vez, indicado claramente

o benefício que os partidários de Davis tiravam da análise dessas formas: “até certo ponto, escrevia ele, ela coloca a dificuldade inerente à teoria de uma vasta peneplanação, uma vez que, nesse caso, a estabilidade ao menos aproximada da terra e do mar só é requerida durante o tempo necessário para o desenvolvimento de cada um dos elementos da superfície” (H. Baulig 1952 b, p.171). Mas não era preciso considerar a questão com essa dificuldade?

### Uma contra-teoria do ciclo de erosão: o ponto de vista mobilista de Walther Penck

Considerando determinadas formas de instabilidade tectônica intermitentes e moderadas como compatíveis com o desenvolvimento do trabalho de peneplanação e admitindo a existência de formas policíclicas e poligenéticas, os geomorfólogos franceses da primeira metade do século renderam-se à preocupação de salvaguardar o essencial da teoria davisiana do ciclo de erosão. As críticas provenientes de W. Penck têm outra inspiração. A extensão das divergências doutrinárias manifestas ilustra o abismo que praticamente nunca deixou de separar as duas famílias de pesquisadores, as quais, se poderia pensar, acabariam por se unir. Assim como o estudo das formas do relevo se encontra no âmago das preocupações dos geomorfólogos e constitui um fim em si, Walther Penck, um geólogo, declarava ver nesse exercício apenas um meio de reconstituir os ritmos paleoclimáticos: “a análise morfológica, escreveu ele desde a quinta página do seu manifesto antidavisiano, se propõe, a partir dos processos exógenos e das formas, a deduzir o estado e o desenvolvimento dos movimentos da crosta” (W. Penck 1924, p. 5; H. Czech e K.C. Boswell 1953, p.6). Mas, afirmando que a função principal da análise geomorfológica e seu objetivo verdadeiro são de ordem geológica, o autor recolocava brutalmente em questão a autonomia da qual a geomorfologia se imbuía. Compreende-se, nessas condições, que sua obra póstuma, *die morphologische Analyse*, tenha sido bem acolhida pelos geomorfólogos.

### Fatores endógenos e fatores exógenos da morfogênese: a concomitância dos seus efeitos antagonísticos

Admitindo-se a alternância entre períodos tectonicamente ativos e períodos tectonicamente estáveis e conferindo aos segundos uma duração mais longa que aos primeiros, W. M. Davis não fez mais que

concordar com a maioria dos geólogos da sua época. De fato, este ritmo tectônico descontínuo era mais conveniente que qualquer outro disponível ao autor, colocado desde o início do ciclo em relação a um dado volume estrutural em que a tectônica se encarregaria do seu desmantelamento sob os efeitos da retomada erosiva consecutiva. Pois, somente na medida em que nenhuma causa extrínseca venha perturbar o progresso da erosão é que os equilíbrios alcançados no estado da maturidade irão se reorganizar espontaneamente, até o estado mais avançado, de peneplanação. O caráter de necessidade que rege a organização em estágios das formas do relevo no quadro de um ciclo ideal repousa precisamente no fato de que se trata de um sistema de variáveis interdependentes, ou seja, de variáveis que se condicionam e se limitam mutuamente; em resumo, de um sistema fechado (H. Baulig 1950 a, p. 36-38; Cl. Klein 1957, p. 747 e 749). Qualquer manifestação tectônica capaz de romper essa situação de equilíbrio seria um mero acidente e tornaria imprevisível o desenvolvimento das formas.

Por outro lado, sublinha W. Penck, a história geológica comporta poucos exemplos de superfícies tectonicamente estáveis tão extensas como aquelas da peneplanação davisiana, a qual só poderia corresponder então a um caso particular e, por assim dizer, muito excepcional da evolução geomorfológica. O caso mais comum é aquele em que as manifestações das dinâmicas interna e externa são simultâneas. O resultado dessa interação exprime-se tanto no plano morfológico pela esculturação das formas do relevo quanto no plano geológico pelos depósitos de séries correlativas provenientes dos produtos da erosão sintectônica. Aí repousa a precaução de Penck em considerar os problemas da morfogênese sob o ângulo de uma relação de intensidade entre fatores endógenos e exógenos (W. Penck 1924, p.3 e 9-11; H. Czech e K.C. Boswell 1953, p. 3, 10-13, 356-357). Mas, assim como W.M. Davis que não ignorou a componente exógena, W. Penck, sem ignorar a componente exógena, irá privilegiar exageradamente a componente endógena, a ponto de levantar um ceticismo geral em relação às suas proposições (W. M. Davis 1932; Cong. Internat. Geogr., 1938, Comptes rendus, t. II, p.99-204; H. Baulig 1939; Ann. Assoc. Amer. Geogr., XXX, 1940, p. 219 – 280).

### **Evolução ascendente e evolução descendente: do *Primärrumpf* ao *Endrumpf***

W. Penck acreditou ter encontrado correspondências sistemáticas entre a forma das vertentes e a intensidade da erosão. E como o autor estimava que

esta última é estreitamente subordinada ao dinamismo dos processos endógenos (1924, p. 10; 1925, p. 89), ele chegou à conclusão tripla de que, em rocha homogênea, uma vertente retilínea é sinal de um escavamento uniforme, uma vertente convexa assinala um escavamento acelerado e uma vertente côncava aponta para um escavamento vagaroso ou ausente (W. Penck 1924, p. 121, 148; 1925, p. 89; H. Czech e K.C. Boswell 1953, p. 148, 179).

Penck qualificou de ascendente a evolução geomorfológica que acompanha um soerguimento gradualmente acelerado da crosta (*aufsteigende Entwicklung*; *waxing development*) e de descendente aquela associada à diminuição gradual do soerguimento (*absteigende Entwicklung*, *waning development*) (W. Penck 1924, p. 124-127; H. Czech e K.C. Boswell 1953, p. 152-156). O ponto de partida de uma evolução ascendente seria uma topografia plana ou suavemente abaciada que Penck qualificou de *Primärrumpf* (*primary peneplain*) (1924, p. 177; 1925, p. 91). Mas, a partir do momento quando os movimentos do solo ganham amplitude, essa topografia é dissecada, e as formas que um partidária da teoria de Davis classificaria como “maturas” apareceriam logo substituídas por formas cada vez mais “jovens” e cada vez mais íngremes, as vertentes convexas. É só ao longo de uma fase posterior da evolução descendente que essas formas “jovens” se tornarão “maturas” e, posteriormente, “velhas”, como no ciclo davisiano. À paisagem de peneplano que então se reconstitui, Penck deu o nome de *Endrumpf* (1924, p. 176).

Vê-se que há uma distância entre as concepções mobilistas de W. Penck e as concepções estabilistas de W.M. Davis, sendo conveniente se interrogar sobre a credibilidade de ambas. Diferentemente de Davis que construiu sua teoria do ciclo de erosão sobre a noção de equilíbrio e que discutiu sobre situações de equilíbrio indefinidamente rearranjadas no regime de estabilidade tectônica, Penck escolheu fundar suas análises sobre as situações de desequilíbrio conferindo à componente endógena da morfogênese uma importância tal que o progresso da erosão se encontra sob permanente controle por parte dessa componente. W. Penck substituiu o sistema fechado de variáveis interdependentes proposto por Davis por um sistema aberto no qual uma das variáveis, a tectônica, cresce ou decresce gradualmente em sua eficácia, de forma independente, impondo sua influência sobre todos os outros fatores da morfogênese, sem depender de nenhum deles. Tanto as conclusões de Davis são satisfatórias ao espírito quanto as proposições de W. Penck ensejam resistências. E essas não são as considerações do autor sobre a questão do *Piedmonttreppe* que voltam à tona.

## A questão dos patamares de piedmont (*Piedmonttreppen*, *Piedmontflächen*, *Piedmont benchlands*, *Piedmont flats*)

Para W. Penck, a evolução ascendente e a evolução descendente são indissociáveis: “die absteigende Entwicklung setzt die aufsteigende bereits voraus” (1924, p. 149). O autor não só se apoiou sobre essa pretensa ligação para analisar não somente as formas simples, caracterizadas pela associação de seções convexas e côncavas (W. Penck 1925, p. 89), mas também se apoiou ainda em topografias cada vez mais complexas como as paisagens de cuevas (*Schichtstufenland*), as paisagens de inselbergues (*Inselberglandschaften*), as escadas ou patamares de piedmont (*Piedmonttreppen*) ou as cadeias de dobramento (W. Penck 1924, cap. VII).

É, sem contestação, a questão dos patamares de piedmont que suscitou as maiores discussões, pois se tratava de conciliar a existência de formas descontínuas (os níveis de erosão escalonados no flanco ou no sopé de inúmeros maciços antigos) com a hipótese de movimentos contínuos da superfície. Não é no *die morphologische Analyse*, mas em um artigo póstumo sobre a Floresta Negra (Forêt Noire) que W. Penck foi o mais explícito sobre sua concepção de gênese dos *Piedmonttreppen* (1925, p. 88-93).

A figura 1 permite seguir o seu raciocínio. Seja uma topografia original  $S_0$  encurvada na forma de domo por movimentos lentos da superfície no início, e de amplitude modesta  $h_0$  (fig. 1A). Então os cumes do domo registram uma sobrelevação máxima  $h_1$ , as partes distais  $b$  são discretamente afetadas pela deformação: é, portanto aí, no contorno e abaixo das partes centrais soerguidas, que uma superfície de erosão,  $S_1$ , nomeada por essa razão de *Piedmontflache* por Penck, poderá se desenvolver (fig. 1B). Com o prosseguimento progressivamente acelerado (fig. 1C) do movimento duplo de sobrelevação vertical ( $h_2 > h_1 > h_0$ ) e expansão lateral ( $O_c > O_b > O_a$ ), um segundo *Piedmontflache*,  $S_2$ , vai se desenvolver nos setores periféricos, enquanto a superfície  $S_1$ , soerguida, estará fora do controle do nível de base geral e elevada acima de  $S_2$ : assim se desenvolve um patamar de piedmont (*Piedmonttreppe*). O desenvolvimento desses patamares só irá parar quando do fim dessa evolução ascendente (*aufsteigende Entwicklung*) (fig. 1D, 1E).

Mas assim como o raciocínio seria inatacável se se tratasse de um soerguimento intermitente, como na ótica davisiana em que se via no escalonamento das superfícies de erosão tais como  $S_0$ ,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  ... ao mesmo tempo o efeito e a prova de uma evolução policíclica (H. Baulig 1939, p. 283-284), também o

fenômeno permanece enigmático na perspectiva de um soerguimento contínuo, fosse ele constantemente acelerado.

W. Penck tentou mostrar que o surgimento de discontinuidades morfológicas é perfeitamente compatível com esse tipo de soerguimento (1924, p. 131). Assim seriam, por exemplo, as rupturas de declive que aparecem no perfil longitudinal dos rios radiais nascidos sobre o domo ( $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$  na figura 1 E). Para afirmar isso, o autor considera o aumento da vazão desses rios de montante para jusante bem como o conseqüente aumento de seu poder erosivo. Ele observa, por outro lado, que uma deformação em domo, notadamente quando é acompanhada por sua expansão lateral, tem o efeito de acentuar mais, ainda que relativamente, a declividade dos talwegues na periferia do domo do que nas partes centrais. Segue-se que a intensidade da erosão fluvial será mais forte e o encaixamento dos vales mais rápido ao longo dos baixos cursos fluviais do que ao longo dos cursos superiores (W. Penck 1925, p.89). A partir desse fato, a seção à montante se encontra separada da seção à jusante por uma ruptura de declive convexa e é o topo dessa ruptura de declive que fará a partir de então o papel de nível de base para toda a seção mais elevada do curso fluvial. Assim como um patamar de piemont é considerado como nível de base para o patamar imediatamente à montante (W. Penck 1924, p. 169; H. Czech e K.C. Boswell 1953, p. 206).

Mas o alcance da objeção feita a W. Penck permaneceria inteira: como poderia um aumento gradual da vazão fluvial e um aumento gradual de sua declividade conduzirem ao surgimento de um, dois, três, de  $n$  rupturas ao longo do perfil fluvial? De um, dois, três,  $n$  patamares em torno do domo? Dessa maneira, o autor foi grandemente desprezado em relação ao conteúdo de duas noções chaves na análise geomorfológica: a noção de nível de base de um lado (H. Baulig 1939, p. 287-291) e a noção de perfil de equilíbrio de outro (id., p. 292-296).

É em razão desta última objeção que W. Penck admitiu que as vertentes são portadoras de informações paleotectônicas. Seu erro foi o de ter acreditado que os diversos elementos de um perfil de equilíbrio, uma vez elaborados, conservam indefinidamente a declividade que lhes é conferida e que eles recuam paralelamente a si próprios guardando essa declividade até o fim da sua evolução. Sabemos que isso não acontece e que um perfil de equilíbrio não para de se reorganizar, em toda sua extensão até o estado último de peneplanação. Uma forma em equilíbrio é então uma forma sem memória, já que

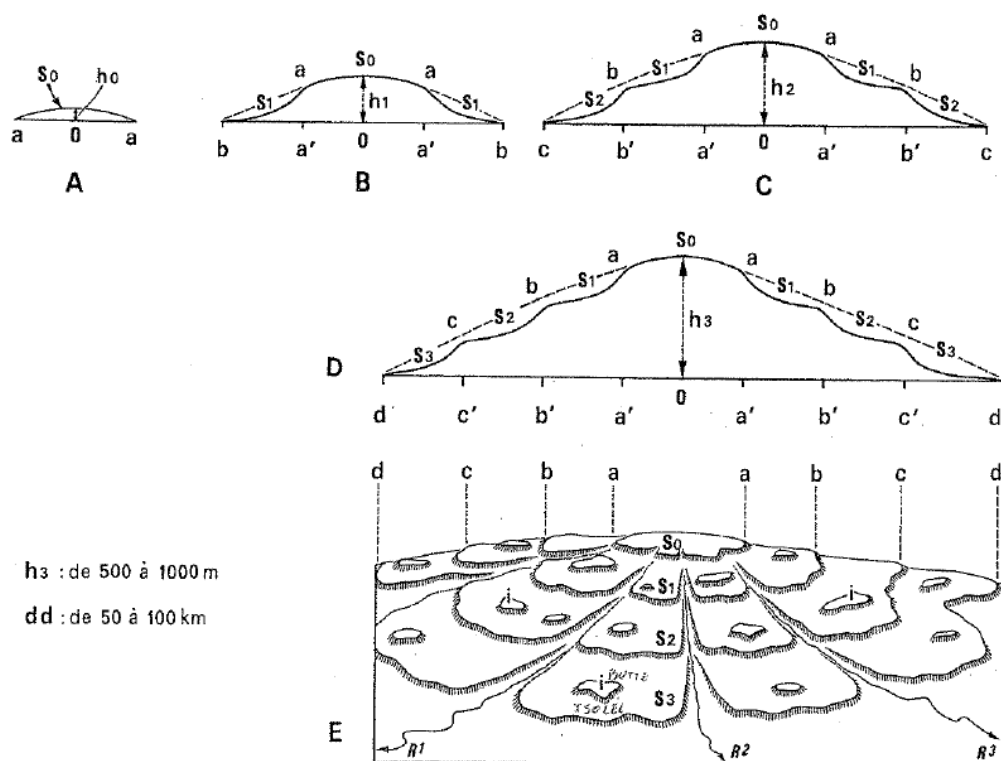


Figura. A gênese de um patamar de piedmont (*Piedmonttreppe*), segundo W. Penck (1925, p. 91, *Abb. 6*). Quando há um soerguimento em domo (fig. 1A), “as formas surgidas do trabalho erosivo se distribuem da seguinte forma: na vizinhança suavemente soerguida do domo aparece um aplainamento do tipo *Primärrumpf*, ao qual se segue um relevo de dissecção nas partes internas, mais fortemente soerguidas, da unidade (fig. 1B). Damos aos aplainamentos periféricos, tais como S1, o nome de superfície de piedmont (*Piedmontflächen*)”. “Quando o soerguimento se acelera e o bombeamento se expande (fig. 1C), então a superfície de piedmont S1 é incorporada ao domínio do movimento ascendente rápido e de dissecção ativa, enquanto os setores sob soerguimento lento migram para as bordas expandidas do bombeamento: aí, uma nova superfície de piedmont, S2, mais baixa que a anteriormente soerguida e dissecada, S1, vem lhe cercar. As duas superfícies de aplainamento são separadas por elevadas declividades... Essas porções íngremes e, por consequência, os aplainamentos escalonados não significam que o soerguimento se efetua por pulsos, mas simplesmente que ele progride de maneira constantemente acelerada”. “A superfície de piedmont mais recente (S3, na figura 1D) constitui o nível de base para a dissecção de forma homóloga a anterior (S2, na figura 1D). Vê-se os níveis de base inferiores se insinuarem sobre os níveis de base superiores ao longo dos largos vales que regredem em direção a montante enquanto os topos interfluviais se decompõem na direção de jusante em morros isolados que são encontrados, às vezes, bem distantes das porções íngremes que separam as superfícies, sob a forma de inselbergues sem relação com a litologia” (fig. 1E). N.B. – Nas figuras 1A, 1B, 1C e 1D, as altitudes são exageradas em relação às distâncias horizontais. Veja também H. Spreitzer 1951, p. 298, *Abb. 3*.

“o equilíbrio depende unicamente das circunstâncias presentes e não das circunstâncias passadas” (H. Baulig 1939, p. 295). D.W. Johnson reafirmou isso claramente: “a causa fundamental do erro de Penck é a sua falha em considerar que as vertentes de um vale, convexas, planas ou côncavas, estão constantemente mudando a expressão de suas condições temporárias de *grade*, e não em quaisquer registros das taxas pretéritas de soerguimento” (*Ann. Assoc. Amer. Geogr.* 1940, p. 232). Esse autor via no âmago da teoria de Penck “um dos mais importantes erros já feitos na geomorfologia” (id., p. 231).

Retornaremos logo à questão dos *Piedmonttreppe* e aí proporemos uma solução diferente, na sua inspiração, daquela preconizada por W. Penck. Mas não seguiremos W. M. Davis, H. Baulig e D. W. Johnson em seus severos julgamentos sobre a obra *die morphologische Analyse*. Pois esta obra está bem longe de só apresentar aspectos negativos: dentre ao menos três qualidades, W. Penck é inovador e suas proposições se revelaram fecundas. Por ter sublinhado a existência de laços genéticos entre a morfogênese e a tectogênese, esse autor aparece hoje como um dos pioneiros da morfotectônica (Cl. Klein 1975, p. 745). Além de atrair o interesse dos

pesquisadores para as séries correlativas (*korrelaten Ablagerungen, korrelaten Schichten* – W. Penck 1924, p. 3, 4, 224) ele deu ao raciocínio geomorfológico bases consideravelmente amplas (P. Birot 1938, p. 114-115). Insistindo, enfim, como ele o fez, sobre os movimentos lentos do solo e se libertando do conceito de *Primärrumpf*, ele abriu a via à abordagem acíclica (Cl. Klein 1959-1975). O que quer dizer que, no nosso ponto de vista, não se tem que escolher entre W. M. Davis e W. Penck, entre a tese e a antítese, mas sim examinar se o melhor de cada contribuição não poderia se encontrar em uma síntese mais ampla: assim aderimos à opinião de J. Leighly sobre esse tema (1940, p. 223-224).

### **Policiclismo e aciclismo: dois modos complementares da evolução geomorfológica**

W. M. Davis, como já dissemos, colocou o desenvolvimento do ciclo de erosão em uma perspectiva absolutamente estabilista: motivo de onde vêm as reservas com relação à sua teoria, partilhadas pela maior parte dos seus alunos, em relação a um policiclismo à francesa (H. Baulig 1939, p. 283-284). Contrariamente, W. Penck associou a gênese das formas do relevo a uma mobilidade crustal praticamente ininterrupta. Ora trata-se então, sob as formas extremas adotadas, tanto por W. Penck quanto por W. M. Davis, de dois tipos de comportamento tectônico tão particulares e convencionais. É conveniente, portanto, considerar os problemas da evolução geomorfológica sob uma ótica mais aberta.

### **A noção de ritmo em geomorfologia**

Nós já atribuímos a essa questão considerações que nos dispensam de voltar a ela exaustivamente aqui (Cl. Klein 1960; 1975, p. 742-747). A evolução geomorfológica é regida por três ritmos fundamentais: os ritmos tectônicos, os ritmos eustáticos e os ritmos bioclimáticos. Os ritmos tectônicos e os ritmos eustáticos circunscrevem-se ao volume das massas continentais sobre as quais atuam os agentes de erosão. Os ritmos bioclimáticos controlam o dinamismo dos sistemas de erosão. Para simplificar a análise dos efeitos distintos ou conjugados dos movimentos terrestres e do mar, nós definimos um índice de ablação potencial (I.A.P), ilustrado na figura 2. De fato, é a análise da variação do índice bem mais que a determinação dos seus valores reais que confere ao I.A.P seu interesse teórico e prático evidente, pois são as variações que

dizem sobre o caráter da evolução geomorfológica de uma região em diferentes épocas da sua história (Cl. Klein 1975, *idem*).

A esse respeito, dois casos extremos parecem ter de ser distinguidos.

- Quando as variações do índice de ablação potencial são amplas e rápidas, as condições do trabalho erosivo se encontram perturbadas. Certo tempo será necessário antes que novos perfis de equilíbrio se reconstituam. Quanto aos equilíbrios geomorfológicos herdados do período precedente, eles estão destinados a desaparecer em um prazo mais ou menos breve. Só no caso em que uma retomada erosiva fosse introduzida por movimentos puramente eustáticos ou por movimentos verticais e uniformes da crosta, de natureza epirogenética, é que as duas gerações de formas de equilíbrio, a antiga e a nova, poderiam coexistir longamente na paisagem. Reconhecem-se aí as características da evolução cíclica davisiana e da sua variante policíclica.

- Quando, pelo contrário, as variações do índice de ablação potencial são lentas e modestas, a reorganização dos equilíbrios geomorfológicos herdados se efetua gradualmente, sem que apareçam discontinuidades nos perfis: o estado de *Primärrumpf* que W. Penck colocou como início de uma evolução ascendente mostra bem esse modo de evolução geomorfológica que nós qualificamos de acíclico.

Existe em consequência, para cada tipo de ambiente bioclimático, uma rapidez crítica de movimentos da crosta e do mar aquém da prevista pelo modo acíclico e além daquela que aparece no modo cíclico (Cl. Klein 1975, p. 257). Tem-se noção por aí do perigo que haveria em querer colocar em um único modelo explicativo a rica diversidade de situações geradas pela interferência de três ritmos fundamentais, os quais podem se encontrar em conjunção de fase aqui, em oposição de fase ali, em defasagem de amplitude em qualquer outro lugar (Cl. Klein 1960, p. 384-385; 1975, p. 746).

### **Os aplainamentos acíclicos nas bacias sedimentares e nas porções contíguas dos maciços antigos da Europa herciniana**

Há muito nós nos interrogamos sobre as particularidades da modelação das superfícies de erosão nas bacias sedimentares, tanto nas partes centrais dessas unidades quanto em suas periferias. H. Baulig afirmava assim, em 1926, a propósito da região norte-oriental da Bacia de Paris que, do Triássico ao fim do Oligoceno, “as transgressões se estendem



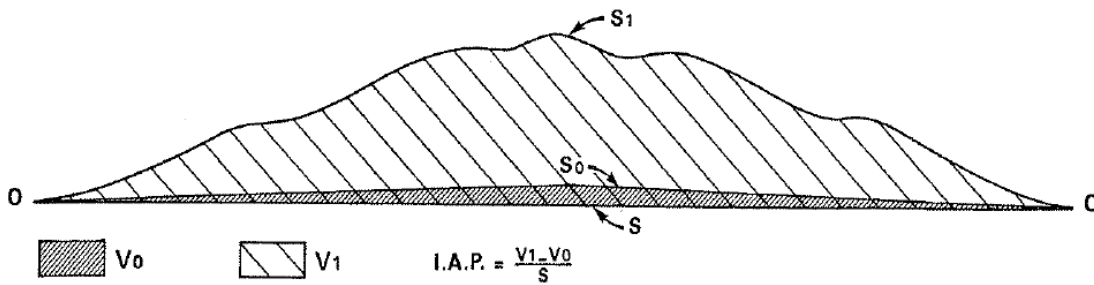


Figura 2. Índice de ablação potencial (IAP). Seja uma superfície de aplainamento perfeita  $S_0$ . O volume correspondente  $V_0$  acima do nível de base O-O encontra-se praticamente intocado. Se movimentos tectônicos soerguem o terreno, a superfície  $S_0$  se deforma transformando-se em  $S_1$  e o novo volume exposto ao ataque dos agentes erosivos passa de  $V_0$  para  $V_1$ . Para ser novamente reduzida ao estado plano de erosão, esse terreno deverá perder um volume de materiais  $V_1 - V_0$ , ou seja,  $V_1 - V_0/S$  por unidade de superfície.  $V_1 - V_0/S$  é o índice de ablação potencial (I.A.P.) N.B. Nós inapropriadamente qualificamos este índice de quociente em nosso artigo de 1959 (Cl. Klein 1959 a, p.65; veja também 1960, p.384; veja 1970 c, p. 199, nota 12)

calmamente sobre superfícies quase que completamente niveladas” e que “nada, nem na natureza dos depósitos nem nas formas dos jazimentos, indicava que a região tenha possuído um relevo saliente: as deformações foram bem graduais de modo a não determinar uma vigorosa erosão dessa massa soerguida”. Só no fim do Terciário, prosseguia ele, que as coisas teriam mudado com a intervenção de movimentos crustais que o autor considerou como responsáveis pela escavação dos vales. E conclui: “a Alta Bélgica, talvez pela primeira vez desde os tempos primários, encontrará um relevo importante; ela se constituirá, o que nunca foi desde então, em um platô submetido a uma dissecação vigorosa” (H. Baulig 1926, p. 224).

Observações idênticas efetuadas ao longo das margens ocidentais da mesma Bacia Parisiense nos conduziram, algumas décadas mais tarde, a conclusões absolutamente acíclicas (Cl. Klein 1959 b; 1975, p. 747). Mas H. Baulig nunca chegou a uma conclusão, por sua parte, sobre fixar limites para o campo de aplicação do raciocínio cíclico. Como W.M. Davis, ele só concordava sob um interesse teórico que “a ideia do rejuvenescimento fluvial pudesse se fazer progressivamente e a uma velocidade suficientemente lenta para que a degradação das vertentes acontecesse no mesmo passo e mantivesse constantes as formas em um estado de maturidade mais ou menos completo” (H. Baulig 1928, p. 514; veja também 1952 b, p. 175). Ele sabia, portanto, melhor que ninguém, que “a concepção cíclica supõe a reunião de múltiplas condições: de início, evidentemente, um relevo passível de ser degradado...” (H. Baulig 1952 a, p. 236).

Em se tratando de bacias sedimentares, a evolução geomorfológica de suas porções emersas deu-se pelo jogo das transgressões e regressões em suas porções centrais. A análise do modelamento da “superfície infracretácica” a partir do *coastal plain* finijurássico de um lado, o estudo da gênese da “superfície de argila silexificada” a partir do *coastal plain* finicretácico de outro, nos permitiu mostrar qual é realmente a situação da Bacia de Paris (Cl. Klein 1965; 1967; 1970 c, p. 197-199; 1975, p. 273-315 e 353-403). Na medida em que os mares epicontinentais só ocuparam ou expuseram lentamente áreas de subsidência alternativamente presentes (transgressão) ou ausentes (regressão) ao seu trabalho, deve-se admitir que a evolução geomorfológica concomitante aconteceu em função de níveis de base móveis (Cl. Klein 1970 c, p. 199; 1975, p. 268, fig. 62 e p. 746). Via de regra, sempre se presume que as variações do índice de ablação potencial que acompanharam as idas e vindas do mar foram variações lentas e comedidas. De forma que, em nenhum momento dos dois estágios morfogênicos considerados, volumes notáveis, “suscetíveis de degradação” foram erguidos a altitudes tais que fosse resultado de uma franca e generalizada dissecação da superfície inicial submetida à erosão. Nada indica, em todo caso, que os declives das superfícies de regressão marinha (*coastal plains*) tenham sido muito diferentes daqueles dos planos litorâneos contíguos (*strand plains*): os perfis longitudinais dos rios cujos cursos inferiores se alongaram ao mesmo ritmo da regressão poderiam então se rearranjar sem rupturas para se adaptar aos efeitos conjugados dos deslocamentos horizontais e verticais das linhas de costa.

Nós estamos distantes das convenções que estão na base da teoria davisiana do ciclo de erosão (movimentos amplos e rápidos da superfície, completa desorganização dos sistemas de declividades herdadas, dissecação integral de toda a massa soerguida, nível de base fixo durante toda a duração do ciclo). Daí, portanto, a escolha que fizemos pela expressão acíclica para caracterizar uma evolução na qual a distinção das fases de juventude, maturidade e velhice perdeu toda a sua justificativa.

A. Cholley não se esqueceu de observar por sua parte que “as bacias sedimentares situadas em bordas de mares epicontinentais oferecem condições particularmente vantajosas para a peneplanização”; mas sua noção de que o ciclo, convenientemente adequado permitia analisar o fenômeno, permanecia intacta (1943, p. 15 e 87; 1956, p. 11; 1957, p. 107, 114-116, 160-166). Nossas visões sobre a gênese da superfície finioligocênica, concebida como uma superfície de aplainamento acíclica, não se confundem com aquelas de poligênese sobre a questão (Cl. Klein 1975, p. 496-498, 503-544 e principalmente p. 537-539). E é justamente pelo fato de termos estimado que a noção de ciclo é inapropriada ao estudo desta categoria de aplainamentos que nós lhe procuramos uma noção substituta para adequar a marcha do tempo de forma rítmica. Nós então separamos a história da Bacia de Paris em uma série de sequências morfogenéticas maiores, cada macrossequência correspondendo a um tempo durante o qual as circunstâncias tectônicas e bioclimáticas da morfogênese conservaram uma relativa unidade (Cl. Klein 1970 c; 1975, p. 742). Por esse viés, nós pudemos conservar ao fator tempo o interesse inerente que lhe é próprio em geomorfologia.

Enfim, a abordagem acíclica não é algo inerente às bacias sedimentares. Ao contrário. Ela exprime, inicialmente e antes de tudo, um certo tipo de relação entre a tectônica e a erosão: o aciclismo rege a evolução das formas onde quer que os agentes da dinâmica interna e externa encontrem-se balanceando suas forças. A noção de equilíbrio é, portanto, tão fundamental na perspectiva acíclica quanto na perspectiva cíclica. Mas ao invés de se tratar de equilíbrios entre os únicos fatores intrínsecos da morfogênese como na teoria do ciclo de erosão, em regime acíclico trata-se de um equilíbrio infinitamente mais sutil entre os fatores intrínsecos e os fatores extrínsecos da morfogênese.

Pode-se dizer que o aciclismo é de interesse, ou, interessou em diversos momentos da evolução

continental, às vastas porções emersas, principalmente nas extensões das áreas cratônicas. Examinando-se o caso particular do Maciço Armoricaín, nós acreditamos ter encontrado na redução das raízes siálicas deste segmento do edifício hercíniano uma explicação geofísica plausível do fenômeno (Cl. Klein 1970 b). Seja qual for o caso, do Contentin ao maciço relativo à região de Vandée, as margens leste-armoricaínes se encontram submetidas ao mesmo destino geomorfológico que o das margens ocidentais da Bacia de Paris. Mesmo com essa notável diferença, a topografia plana que constituiu a superfície inicial para o trabalho erosivo não era mais uma superfície de regressão marinha ou lacustre mas uma superfície de aplainamento herdada da história finipaleozóica do maciço antigo: a superfície pos-hercíniana. Após termos insistido sobre o volume considerável da erosão sinorogênica e tardiorogênica que precederam e, de certa maneira, prepararam o trabalho da ablação pos-orogênica propriamente dita, nós observamos que os episódios finais da peneplanização permotriássica foram efetuados em regime acíclico (Cl. Klein 1975, p. 221-232 e 256-260). Mas, sobretudo, mostramos que as diferentes e sucessivas superfícies de aplainamento comuns no embasamento e sobre suas coberturas sedimentares foram reorganizados acíclicamente ao longo do Mesozóico e do Cenozóico, inclusive até o Mioceno médio. De forma que o “peneplano do Oeste da França” é derivado, em toda a porção armoricaína da sua extensão, da superfície pos-hercíniana (Cl. Klein 1975, p. 273-631).

Nós estendemos nossa pesquisa a outros maciços antigos (maciço da região de Ardenes, Cl. Klein 1977 – Maciço central francês, Cl. Klein 1982; 1983 – maciço da região da Bohême, Cl. Klein 1980; 1984) para submeter à prova dos fatos nossas visões sobre a tectogênese varisca [relacionada ao eixo sul-sudoeste a norte-nordeste dos dobramentos hercínianos da Europa setentrional] e sobre a morfogênese pós-varisca. Nossa convicção é de que o aplainamento das terras originadas desse ciclo orogênico só pôde ser tão geral e tão bem sucedido em razão das características originais do maciço hercíniano (Cl. Klein 1969; 1970 a; 1977 b). Estimamos, além disso, que o “peneplano ardeniano” e o “peneplano boemiano” são tão semelhantes quanto o “peneplano armoricaína”, oriundos de uma evolução acíclica. Isso quer dizer que nenhuma manifestação do tipo “cíclica” tenha interessado à Europa central e ocidental antes da

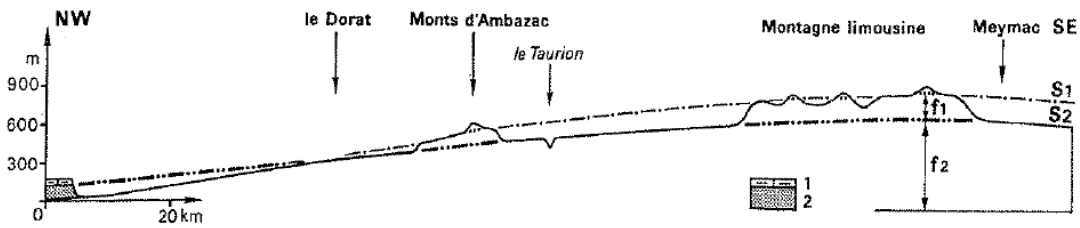


Figura 3. Os relevos escalonados de Limousin (corte interpretativo).

1: rochas compostas de blocos silicificados envolvidos por um cimento argiloso (*meulière latorfiennes*) – 2: série detritica de Brene (siderólitos de transporte) – S1: superfície com inselbergs (*Inselberglandschaft*) derivada do pediplano permo-triássico – S2: superfície com inselbergs herdada da pediplanação mesonumulítica (Eoceno superior – Oligoceno inferior) – f1: segmento indicando bombeamento em domo que afetou S1 no Eoceno médio e superior (contraparte da orogenia dos Pirineus) – f2: segmento indicando soerguimento finiterciário de Limousin (contraparte da orogenia alpina).

dissecação finiterciária desses “peneplanos”? Seguramente não.

### Os níveis cíclicos escalonados nos maciços hercinianos da Europa média (do Limousin ao Fichtelgebirge)

Pois enfim – e bem justificadas que sejam as reticências da interpretação que W. Penck propôs – os *Piedmonttreppen* existem, para os quais não se vê melhor explicação que a explicação policíclica. Os níveis de erosão escalonados, na disposição dos quais W. Penck se apoiou para fundar sua teoria (fig. 1), são observados no sul da Floresta Negra (W. Penck 1925), no Harz e no Fichtelgebirge (W. Penck 1924, p. 162-186). Nós verificamos a autenticidade dos níveis presentes em Fichtelgebirge: claramente, nos encontramos na presença dos fatos de escalonamento comparáveis aqueles que conduziram A. Demangeon (1910) a conclusões policíclicas no Limousin.

Sabe-se quanto essas conclusões foram contestadas, inclusive na França, ao longo dos últimos trinta anos. Nós mesmos fomos levados a considerar a hipótese dos pedimentos perilimousin geneticamente ligados à amplidão plana dos terrenos siderolíticos da Brenne e do Montmorillonais (Cl. Klein 1962; 1975, p. 456-458). Alguns anos mais tarde nós sugerimos considerar a superfície que possui os pontos culminantes dos Monts d'Ambazac e de Saint-Goussaud como uma superfície de inselbergs (*Inselberglandschaft*, *inselberg landscape*) disposta no prolongamento sul-oriental dos pedimentos perilimousinianos, e consideramos o festonamento dos platôs de Taurion, situados

abaixo, como relacionado a um episódio de aplainamento neógeno (Cl. Klein 1978).

Mas nossa incursão em Fichtelgebirge, assim como o estudo de outras altas porções do Maciço Central onde os escalonamentos são tão presentes quanto no Limousin (Monts de Espinouse, principalmente ao sul de Lacaune; Monts de Margeride; Monts do Haut-Vivarais; Monts do Forez; Haut-Morvan), nos levaram, hoje, a reconsiderar algumas das nossas conclusões. Na realidade, no Limousin, teria sido preciso ter em conta, não somente uma, mas duas superfícies com inselbergs topograficamente e cronologicamente distintas (fig. 3):

- Uma, a mais elevada, S1, seria derivada aciclicamente do pediplano permotriássico, e a Montanha do Limousin constituiria o vestígio mais notável, tanto por suas dimensões quanto pelo seu modelado;

- A outra, subordinada e periférica, S2, se relacionada, ao mesmo plano, aos pedimentos mesonumulíticos da Marche e do Confolentais, e os platôs de Taurion e da Vienne limogeoise seriam parte integrante. De certo modo, os depósitos de tálus que separam a superfície S1 da superfície S2 exibem muito bem o significado cíclico que A. Demangeon lhes reputara, e os relevos que se dispõem ante o *inselgebirge* de Montagne são inselbergs (Monte de St-Goussaud, Monte d'Ambazac, Monte de Blond...).

Existem duas correções, contudo, que poderiam explicar a origem de certas controvérsias. De um lado, a energia dos depósitos de tálus cíclicos é uma função da amplitude  $f_1$ , das deformações tectônicas que acometeram S1 acima do nível de base erosivo. É preciso admitir que as deformações

em questão foram suficientemente amplas e rápidas para que o curso da evolução acíclica que tinha prevalecido até então fosse momentaneamente rompido. Seria a partir das topografias resultantes da dissecação de S1 que os pedimentos mesonumulíticos teriam sido modelados e que os produtos da pedimentação teriam se acumulado sob a forma de vastos *glacis* aluviais de piedmont, em torno do Limousin (Cl. Klein 1962; 1975, p. 450-458 e carta h.-t. IX c). Por outro lado, os tálus cíclicos continuam evoluindo, “as formas relativas a cada ciclo, talwegues, vertentes, patamares, continuam a se desenvolver às expensas daquelas formas do ciclo anterior” (H. Baulig 1939, p. 283). Quando, no curso do seu recuo, um tálus cíclico cede sob um contato litológico maior (leucogranitos-gnaisses, por exemplo), ele recobra parte de suas características originais; mas o risco de o geomorfólogo reportar o fenômeno à ação única da erosão diferencial é grande, escamoteando por isso mesmo o significado cíclico, portanto essencial, da forma (caso da “costa” d’Ambazac).

Os níveis de erosão escalonados que observamos no Centro, Sul e Leste do Maciço Central, no Maciço armoricano (Cl. Klein 1975, p. 463-465; cartas h.-t. IX a e IX b), na Ardenne ou na Baviera (Fichtelgebirge, Bohmerwald, Bayerischerwald) parecem mesmo pertencer:

- os mais elevados dentre eles, à superfície de inselbergs S1 herdada do Permo-Triássico, mas eficazmente degradada durante todo o Mesozoico e Paleoceno;

- os outros, à superfície de inselbergs S2 herdada do Mesonumulítico, mas eficazmente degradada durante o Neógeno. Com a diferença das bacias sedimentares da Europa herciniana cuja evolução geomorfológica pré-pliocênica parece ter se efetuado quase continuamente em regime acíclico, os maciços antigos, ou mais precisamente suas altas porções, teriam passado por, ao menos, um episódio de evolução cíclica bem caracterizado durante o Eoceno superior e o Oligoceno inferior (em ligação provável com a orogenia dos Pirineus). Foi a esse episódio que nós conferimos a responsabilidade pelo escalonamento das formas que dá ao *Piedmonttreppen* seu principal elemento de originalidade (fig. 3).

Longe de se excluírem, os dois modos fundamentais de evolução geomorfológica, o modo cíclico e o acíclico, são admiravelmente complementares: eles podem se manifestar, de forma concomitante, em certas épocas, em duas unidades

morfoestruturais contíguas (maciço antigo e bacia sedimentar), ou, de forma alternada, de uma época a outra da história de uma dada unidade morfoestrutural. De fato, foi sem dúvida a ubiquidade da retomada da erosão finiterciária que incitou W. M. Davis a considerá-la como a retomada erosiva “cíclica”. Mas, são fortes as razões para estimar que o passado das grandes superfícies do globo tenha sido isento, durante períodos consideráveis do tempo geológico, de qualquer retomada erosiva desse tipo. Ou então não é possível se livrar da ideia de reorganização das formas do relevo durante esses longos períodos de silêncio preconizados pela geomorfologia cíclica: o aciclismo responde, portanto, a essa exigência.

## Conclusão

Tão necessário quanto seja dar limites ao seu emprego, a noção de ciclo não perdeu, um século após sua popularização, toda sua vitalidade. E não é de se surpreender com isso. Introduzindo o fator tempo em geomorfologia pelo viés dessa noção W. M. Davis teve a feliz ideia de se apoiar sobre ela para fundar uma classificação genética das formas do terreno (1899 a; 1909, p. 249-278). A iniciativa tinha por objeto – e por efeito – dar às descrições empíricas dos geógrafos a base científica que lhes faltava: “A essência e objeto do esquema do ciclo não se baseiam na sua terminologia mas na sua capacidade de evidenciar a compreensão das formas do relevo e substituir um método arbitrário – métodos empíricos de descrição universal – por um método racional – método explanatório em acordo com a filosofia evolucionária da era moderna” (W.M. Davis 1922, p. 594).

O objetivo ao qual se tinha fixado W.M. Davis foi além de todas expectativas (H. Baulig 1948; 1950 a, p. 13-29; 1950 b; 1951; R.J. Chorley et al. 1973; 1984; R.P. Beckinsale et R.J. Chorley 1981). Apesar das críticas levantadas pela irritante simplicidade do modelo davisiano, nenhum modelo conseguiu se sobrepor a ele até os dias de hoje. Mais do que recriminar o autor sobre tal ou tal detalhe da sua argumentação ou da sua terminologia, mais do que lhe censurar por não ter explorado outras vias, melhor seria reconhecer o fato de ele não ter previsto quantificar adequadamente os equilíbrios geomorfológicos para, assim então, tomar partido nos aspectos qualitativos da noção de equilíbrio; melhor seria reconhecer que ele nos forneceu, com a noção de estágio de evolução, o primeiro códico

go prático para decifrar a linguagem das formas; melhor seria ter lhe reconhecido a legitimidade da noção de ciclo quando as condições tectônicas de uma retomada erosiva “cíclica” são efetivamente alcançadas.

A geomorfologia possui três domínios: o da geomorfologia estrutural, o da geomorfologia climática e o da geomorfologia histórica. Conferindo à geomorfologia histórica a roupagem da geomorfologia cíclica, W.M. Davis adquiriu lugar de destaque no progresso da disciplina. Tão logo passado um certo período em que as coisas foram mal compreendidas, esses dizeres são felizmente fortes ao reconferir o crédito que era de W.M. Davis no início do século, quando, em 1912, um dos convidados parisienses do mestre poderia lhe saudar, sem exageros, com o título de *doctor mundi*.

## Referências

- Association of American Geographers. – *Annals of the*, 1940. Symposium: Walther Penck's contribution to geomorphology, organizado por O.D. von Engelmann, Vol. XXX, nº 4, p. 219-280.
- Baulig, H. 1925. La notion de profil d'équilibre: historique et critique. *Congr. Internat. Géogr.*, Le Caire, t. III, p. 51-63.
- Baulig H. 1928. *Le plateau central de la France et sa bordure méditerranéenne*. Étude géomorphologique. Thèse, 591 p., 11 pl. cartes, coupes, profils.
- Baulig H. 1939. Sur les “gradins de piedmont”. *Journ. of Geomorph.*, II, p. 281-304.
- Baulig H. 1940. Le profil d'équilibre des versants. *Ann. de Géogr.*, 49, p. 81-97.
- Baulig H. 1948. L'oeuvre de William Morris Davis. *Inform. Géogr.*, 12, p. 101-108.
- Baulig H. 1949. Problèmes des terrasses. *Cong. Internat. Géogr.*, Lisbonne, 6<sup>e</sup> rapport Commission étude des terrasses, 109 p. et 16 p. éclaircissements et répliques.
- Baulig H. 1950a. *Essais de géomorphologie*. Public. Fac. Lettres, Univ. Strasbourg, fasc. 114, 161 p.
- Baulig H. 1950b. William Morris Davis: master of method. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, 40, p. 188-195.
- Baulig H. 1951. Géomorphologie davisienne. *Inform. Géogr.*, 15, p. 93-100.
- Baulig H. 1952a. Cycle et climat en géomorphologie. 50<sup>e</sup> anniv. *Lab. Géogr. Rennes*, vol. jubilé. (1902-1952), p. 215-239.
- Baulig H. 1952b. Surfaces d'aplanissement. *Ann. de Géogr.*, 61, p. 161-183 et 245-262.
- Baulig H. 1956. *Vocabulaire franco-anglo-allemand de Géomorphologie*. Publ. Fac. Lettres, Univ. Strasbourg, fasc. 130, 230p.
- Baulig H. 1957. Les méthodes de la géomorphologie, d'après M. Pierre Birot. *Ann. de Géogr.*, 66, p. 97-124 et 221-236.
- Beckinsale R.P. et Chorley R.J. 1981. William Morris Davis (1850-1934). *Geographers, Bibliographical Studies*, vol. 5, p. 27-33.
- Birot P. 1938. Réflexions sur le problème des Piedmont-treppen. *Cong. Internat. Géogr., Amsterdam*, C.R., t. II, p. 114-124.
- Cholley A. 1931. Recherches sur les surfaces d'aplanissement tertiaires dans le Jura méridional et dans le Bourbonnais et le Charolais. *Cong. Internat. Géogr.*, II, p. 504-516, pl. VIII-IX, carte h.t. III.
- Cholley A. 1932. Études morphologiques sur le Jura méridional et l'île Crémieu. *Influence de la tectonique hercynienne. Surfaces tertiaires polygéniques*. *Ann. de Géogr.*, 41, p. 561-582.
- Cholley A. 1943. Recherches sur les surfaces d'érosion et la morphologie de la région parisienne. *Ann. de Géogr.*, 52, p. 1-19; 81-97; 161-189.
- Cholley A. 1953. Quelques aperçus nouveaux sur la morphologie du Bassin de Paris. *Ann. de Géogr.*, 62, p. 4-17; 92-107.
- Cholley A. 1956. Carte morphologique du Bassin de Paris. I. – Introduction générale; II. – La partie centrale du Bassin de Paris (la région parisienne). Centre Docum. Cartog. Géogr. C.N.R.S., *Mém. et Docum.*, V, A, 103 p., 1 Carte h.t. au 1:400 000; cf. p. 9-35 et 79-88.
- Cholley A. 1957. *Recherches morphologiques*. Paris, Colin éd., 207 p.
- Chorley R.J., Beckinsale R.P. et Dunn A.J. 1973. *History of the study of landforms*, vol. II: The life and work of William Morris Davis, London, Methuen, 874 p.
- Chorley R.J., Schumm S.A. et Sugden D.E. 1984. *Geomorphology*. Londres et New York, Methuen, 608p., 33 pl. fotogr.; cf. p. 17-42.
- Czech H. et Boswell K.C. 1953. *Morphological analysis of land forms*. A contribution to physical geology (traduction de l'ouvrage de W. Penck 1924). Londres, 430 p., 12 pl., 21 fig.
- Davis W.M. 1884. Geographic classification, illustrated by a study of plains, plateaus and their derivatives. *Proc. Amer. Assoc. Adv. Sc.*, 33, p. 428-432.
- Davis W. M. 1899a. The geographical cycle. *Geogr. Journ.*, 14, p. 481-504.
- Davis W.M. 1899b. The peneplain. *Amer. Geologist*, 23, p. 207-239.
- Davis W.M. 1899c. La pénéplaine. *Ann. de Géogr.*, 7, p. 289-303 et 385-404.
- Davis W.M. 1902. Base-level, grade and peneplain. *Journ. of Geol.*, 10, p. 77-111.
- Davis W.M. 1909. *Geographical essays*. Ed. By D.W. Johnson, New York, Ginn and Co, réimprimé par Dover Publ. Inc., 1954, 777 p., 130 fig.
- Davis W.M. 1922. Peneplains and the geographical

- cycle. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 33, p. 587-598.
- Davis W.M. 1930. Rock floors in arid and in humid climates. *Journ. of Geol.*, 38, p. 1-27 et 136-158.
- Davis W.M. 1932. Piedmont benchlands and Primar-rumpfe. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 43, p. 399-440.
- Demangeon A. 1910. Le relief du Limousin. *Ann. de Géogr.*, 19, p. 120-149, pl. IV-XI.
- Klein Cl. 1959a. Surfaces polygéniques et surfaces polycycliques. *Bull. Ass. Géogr. franç.*, n° 282-283, p. 51-68, 2 fig.
- Klein Cl. 1959b. Surfaces de regradation et surfaces d'aggradation. *Ann. de Géogr.*, 68, p. 292-317, 7 fig.
- Klein Cl. 1960. La notion de rythme en morphologie. *Norvois*, 7, p. 373-387.
- Klein Cl. 1962. La Brenne et ses abords. Essai d'interprétation morphologique. *Norvois*, 9, p. 245-263.
- Klein Cl. 1965. La signification géomorphologique des argiles à silex. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 261, p. 191-194.
- Klein Cl. 1967. La karstification des craies à silex du Bassin de Paris. La notion de niveau de base karstique. *Mém. H. ser. Soc. Géol. France*, n° 4, p. 30-38, 1 fig., 2 pl. photogr.
- Klein Cl. 1969. Le style armoricain: l'armoricanotype. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 268, D, p. 255-268.
- Klein Cl. 1970a. L'élaboration de la surface posthercynienne en Armorique. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 270, D, p. 2418-2421.
- Klein Cl. 1970b. Evolution acyclique et raciness sialiques. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 270, D, p. 2531-2534.
- Klein Cl. 1970c. La "surface de l'argile à silex". *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam.*, 2, XII, n° 3, p. 185-220, 7 fig.; *erratum, Ibid*, XIII, p. 200.
- Klein Cl. 1975. Massif armoricain et Bassin Parisien. *Thèse Doct. État*, Gap, Louis Jean imp., 2 t., 1 pochette cartes, 822 p., 135 fig., 6 tabl., 10 cartes h.t. (14 feuilles), 32 pl. photogr., index des lieux, Voir aussi *Rev. géogr. Phys. Géol. dynam.*, 2, XVI, 1974, p. 87-100, 1 fig., 1 tabl., 5 cartes et *Ann de Géogr.*, 83, 1974, p. 381-393.
- Klein Cl. 1977a. Tectogénese armoricaine et tectogénese ardennaise. La notion de socle mou. *Bull. Soc. belge Géol.*, 86, p. 151-182, 7 fig., 9 pl.
- Klein Cl. 1977b. L'ardennotype. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 284, D, p. 1263-1266.
- Klein Cl. 1978. Les Monts d'Ambazac et de Saint-Goussaud. Deux points de vue sur la morphogénese limousine. *Norvois*, 25, p. 103-126, 2 dépl. h.t.
- Klein Cl. 1980a. Au sujet de la phase eisengebiri-gienne de Hans Stille. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 290, D, p. 1249-1252; *erratum*, 291, p. 361.
- Klein Cl. 1980b. Sur la tectogénese varisque en Bohême. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 291, D, p. 59-62.
- Klein Cl. 1982a. Les nappes varisques de la Montagne Noire (Sud du Massif Central, France). *Physio-Géo*, Trav. Lab. Géogr. Phys., L.A. 141 C.N.R.S., n° 3, p. 45-72, 8 fig.
- Klein Cl. 1982b. Les nappes du Viganais (Cévennes méridionales, France). *Physio-Géo*, Trav. Lab. Géogr. Phys., L.A. 141 C.N.R.S., n° 5, p. 23-48, 8 coupes, 1 carte.
- Klein Cl. 1983a. Les nappes du Minervois (Sud du Massif Central, France). *Physio-Géo*, Trav. Lab. Géogr. Phys., L.A. 141 C.N.R.S., n° 6, p. 71-99, 8 coupes, 1 carte.
- Klein Cl. 1983b. La tectonique hercynienne dans les Monts de Mouthoumet. Nappe de Mouthoumet et écaïlle de Quintillan (Corbières méridionales, Aude, France). *Physio-Géo*, Trav. Lab. géogr. Phys., L.A. 141 C.N.R.S., n° 8, p. 81-111, 5 fig.
- Klein Cl. 1984. Le rôle du legs mécaniques prévarisque dans la structuration varisque de la Bohême Centrale. *Cross folding* assyntien et *block folding* hercynien. *Physio-Géo*, Trav. Lab. Géogr. Phys., L.A. 141 C.N.R.S., n° 10, p. 13-63, 10 fig., 4 pl.
- Leighly J. 1940. Walther Penck's contribution to Geomorphology. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, XXX, n° 4, p. 219-280; cf. p. 223-228.
- Martonne Emm. de 1910. L'érosion glaciaire et la formation des vallées alpines (1<sup>er</sup> article). *Ann. de Géogr.*, 19, p. 289-317, 9 fig.
- Martonne Emm. de 1911a. L'érosion glaciaire et la formation des vallées alpines (2<sup>er</sup> article). *Ann. de Géogr.*, 20, p. 1-29, 12 fig., 6 pl. photogr.
- Martonne Emm. de 1911b. Principes de l'analyse morphologique des niveaux d'érosion appliquée aux vallées alpines. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 153, p. 309-312.
- Martonne Emm. de 1947. *Traité de géographie physique*. Paris. A. Colin Edit., t. II, 7<sup>e</sup> Ed., p. 495-1058.
- Penck W. 1924. *Die morphologische Analyse*. Ein Kapitel der physikalischen Geologie. A. Penck's Geogr. Abhandl., 2 Reihe, H.2, J. Engelhorn's Nachf., Stuttgart, 283 p., 21 fig., 12 pl. photogr., 1 portrait de l'auteur (ouvrage traduit en anglais par H. Czech et K.C. Boswell 1953).
- Penck W. 1925. Die Piedmontflächen des Sudlichen Schwarzwaldes. *Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin*, p. 81-108.
- Spreitzer H. 1951. Die Piedmonttreppen in der regionalen Geomorphologie. *Erdkunde*, V, 4, p. 294-304. Voir aussi *Cong. Internat. Géogr.*, Amsterdam, 1938, *Rapports*, p. 48-63.