

巴爾台著
吳尚時譯

江河之水文

中山文化教育館編輯



Maurice Paré 著
吳 尙 時 譯

中山
文庫 江

河 之 水 文

中山文化教育館編輯
商務印書館發行

序

Isère 或 Durance 河何以在 Alpes 山之深谷內，奔騰澎湃於溝充大小石塊之河床中？反之，Seine 或 Marne 河何以在起伏輕微而寬闊之谷內，蜿蜒於沙質或泥質之平滑床中？事實上，彼等之兇暴或和藹而有序之程度，究竟與其外表及聲名是否相符？Gévennes（法國中央高原之東南部）之暴流（torrent），例如 Erioux 或 Ardèche，僅有一線之水，其橋樑之長度，何以與大河如 Rhône 者相埒？吾人苟到曝露河中之沙石灘上一走，便有驚人之發現：最高橋拱之頂部，往往可見一種標誌，注明某年月日著名潦水之水面曾上達該地。何等洪水，釀成偌大之災難？

Seine, Saône 諸河，何以河水常滿？而 Durance, Loire 則有減爲一線之水，蜿蜒於沙礫灘之中？高山河流之流量何以在熱季大而冷季小？適與西歐海洋氣候區之平原者相反？於此兩種截然不同之流量變化律（régime）間，有無種種過渡格式之存在？流量四季之變化，是否年年如是？抑或變幻莫測，毫無規律？流域兼括高山與平原之河流（如 Garonne, Rhône），流量於年中之增減又何如？氣候：海洋的，地中海式的，熱帶的（tropical），赤道的（équatorial），對於河流之脾性，有何影響？

流量與雨量有何關係？流量之數目字，大小如何？由一年以至第二年，或由一地以至別一地，流量有何變化？赤道地帶龐大之河流，河床闊及數公里，流域面積，可比歐洲三分一或二分一，其流量之宏大又如何？苟與流域之面積相比，究竟足稱極大否？

各河水流之速率，大小之數值如何？一河之內，河邊與河中，河底與河面，其水流之速率，大小有何不同？水流之遲速與流量之增減，關係如何？水流之速度，如何測量？

地質對於平常流量，低水(étiage)和潦水(Crue)，以及泥渣沙石之搬運，有何影響？

江河水文學之目的，即在於考求以上各問題及其他有關問題之答案。

譯者序

江河與人生，關係至密切。言其利：可灌溉，可航行，而水電之利用，尤爲近代一重要之發明。然一旦江河氾濫，洪水橫流，則其爲患，亦正不可勝言。以是之故，江河水文之重要，不言可喻，固毋庸筆者之喋喋也。

雖然，際茲抗戰之秋，國家重心，漸由沿海移入內地之西北與西南，建國與抗戰，同時並重而並進，吾人對於江河之水文，尤當力求確實之認識，以爲盡其利而免其害之張本。

考我國西北諸省，黃土萬里，土壤肥沃，堪稱最佳，各種作物，理宜豐登，惜以氣候不良，過於乾燥，每年雨量，不逾五百公釐，且變幻靡常，至不可靠，遂令大好沃野，時鬧饑荒之矛盾現象。吾人苟能充分利用當地河水，以資灌溉，則晉、陝、甘……諸省，一變而爲我國之『穀倉』，有如歐美同樣之黃土區域，亦非不可能之事。

至若西南，鑛藏豐富，在抗戰當中，本可負起工業方面之使命。惟截至最近，西南各省，終以地勢崎嶇，交通不便之故，一切經濟，仍屬落後。吾人以爲西南多山，目前固爲開發之障礙，然苟能善用其河流，則亦未嘗不可得一有力之臂助。良以西南各地，雨量豐富，年逾一千以至二千公釐，且性至有恆，適與西北者相反，江河流量，乃形雄厚。益以當地地殼於地史之最近，曾作數千公尺之整個隆起運動(*mouvement d'ensemble* 或 *mouvement épeirogénique*)，所有河流，乃不能不重新向下深切，沿途造成瀑布無數，宛如曾經冰河之侵蝕(按：第四紀時，西南一部份之河谷，確有曾受冰河之侵蝕者)，其有利於水電工程之設施，正不多讓。電力長距離之運輸成功後，利用水電之工廠，又可擇址於交通方便之地，不必見囿於瀑布之旁，減少原料與製品於崎嶇山內之來往。尤有進者：水力之利用，不但可助長工業之產生與

發展，同時且可解決西南交通之難題。瑞士全國，亦遍地皆山，河流雄壯，宛如吾國之西南，曩日交通，亦極不便。惟自水電發明而後，火車幾全用電力推動，使最偏僻之區，今日亦有車軌之跡。抗戰而後，吾國人士之自信力，日益加強，人所能者，己亦能之。是則將來之西南，不難成一偉大之瑞士也。

總而言之，我國西北之農業與夫西南之工業，其發展皆與當地之江河，息息相關，故吾人對其水文之情形（如流量之多寡，流量之消長，水位之漲落，潦水及低水……等現象），有力求認識之必要，否則難盡其利而免其害（本書內有謂美人初抵美洲之時，未悉各河之水性，以致建築於 Kansas 河之橋樑十七座，除一座外，皆被潦水冲毀！可爲殷鑑）。惟我國一切科學，目前多落人後。水文之測量，可謂絕無僅有，尤以西北，西南兩區爲甚，現有之材料，殊不足爲設計之根據。以是之故，譯者乃決將 M. Pardé 教授之江河之水文一書，翻成中文，良以是書之數字材料，至爲豐富，包括全球各種氣候，地形，地質，……之河流，可供吾人之參考。

譯者留學法國時，就學於 Pardé 教授有年，惟未敢謂盡窺其門徑，自稱高足。苟此譯本而有任何之優點也，是皆吾師之功，至其缺點，自乃譯者未能道達作者原意之過。

民國二十八年，六月八日，吳尙時於雲南澂江中大理學院。

目 錄

導論	1
第一編	5
第一章 地勢	6
第二章 水文氣象	14
第三章 岩石之性質透水與不透水	26
第四章 岩石之性質	38
第二編	43
第五章 水位及流量之測量與計算	43
第六章 流量之季節變化	54
第七章 低水	100
第八章 潦水	105
第九章 年均流量之多寡	136
第十章 江河之沙石	152
結論	160
參考書	161

江河之水文

導 論

江河水文學，乃研究江河流量變化律(régime)之科學。變化律之意，包括一切與流水來源有關係諸現象之總體，與流量之變化。

居於流水之應用（如灌溉、航行、尤其是動力之產生）日加擴展之時代，江河水文學在實用上之重要，不語可喻。而江河之整頓，亦自以流量之變化律為依歸。

江河水文學之科學價值，亦極顯著。欲求變化律之了解，吾人當作多方面之觀察：流量——水文學之基礎——之測量或估計，須借助於水力學(hydraulique)，換言之，推其極，須倚靠物理學及數學。欲明瞭流量之多寡及其變化，又非有地形學、氣象學、地質學、植物學之知識不可。

總之，水文學雖自有其特性，同時亦與別種知識有密切之關係。此種知識多與地理學有關。水文學為自然地理學中之一主幹，對於人文地理之重要，毫不減於其他之主幹。蓋人類對於江河，或加以利用，或加以戒備。

從另一方面觀之，流量之變化律，至為活躍，河流常具有複雜之特性，有如各種之氣候，至疎忽之人，亦能察覺其脾性，時而緩和，時而躁暴。水文學之內容，曲折多端，饒有興味，與小說或戲劇無異。

最後，江河之脾性，有若心理學中之矛盾原素，從外表視之，毫無

規則，變幻叵測，而其實則無有不受嚴刻之定律所支配。此種定律，今日多已爲吾人認識。最少，其主要之體勢，吾人經已明瞭。故水文學中之數目字，雖多有非極端準確者，亦足以爲立論之根據。所得之結論，且可列入地球物理學中之最精確者矣。

術語及本書之研究綱要

江河水文學之內容，以流量之認識爲主。故吾人首先略述流量之術語與流量之數值，然後枚舉流量變化律所括之原素。

吾人對於流量之計算，或用絕對數值 (Valeurs absolues 或 Valeurs brutes)，或用相對數值 (Valeurs relatives, V. Superficielles V. unitaires 或 V. Spécifiques)。前者以每秒排出若干立方公尺 (以後簡稱 mc.) 之水量爲單位，後者乃絕對數值 (化爲呎，litre 簡寫 lit.) 與納水或流域面積 (以方公里計算，簡寫 km^2) 之比數。既有相對之數值，乃可將流域面積不同之河流作有意義之比較。例如 Saône 河之絕對流量爲 400 mc., Isère 則僅得 360 mc.: 若就相對流量論之，後者反佔優勢: Isère 每方公里每秒排出之水量不下 30.5 lit. ($360,000 \text{ lit.} : 11,730 \text{ km}^2$), Saône 河僅得 13.4 lit. ($400,000 \text{ lit.} : 29,908 \text{ km}^2$)。

現在假定吾人對於某河之流量已有不少精確之數目字，則將如何利用? 如何組合? 如何評論?

1. 平均流量——平均流量之含義，以年均流量 (Module annuel 或 débit moyen annuel) 爲主。推求之法，或將全年之流量，除以全年之秒數; 或將日均流量之總和，除以 365 或 366; 或將月均流量之總和，除以 12。各法之結果，大抵相同。

2. 四季之變化 (Variations Saisonnières)——壹河之流量，年中常起變化。變化之大小與節序，決於地理之因素，因素不同，變化亦異。尋常最高水 (les plus hautes eaux ordinaires) 及尋常最低水 (les plus basses eaux ordinaires) 之時期，至有意義，可爲河流分類

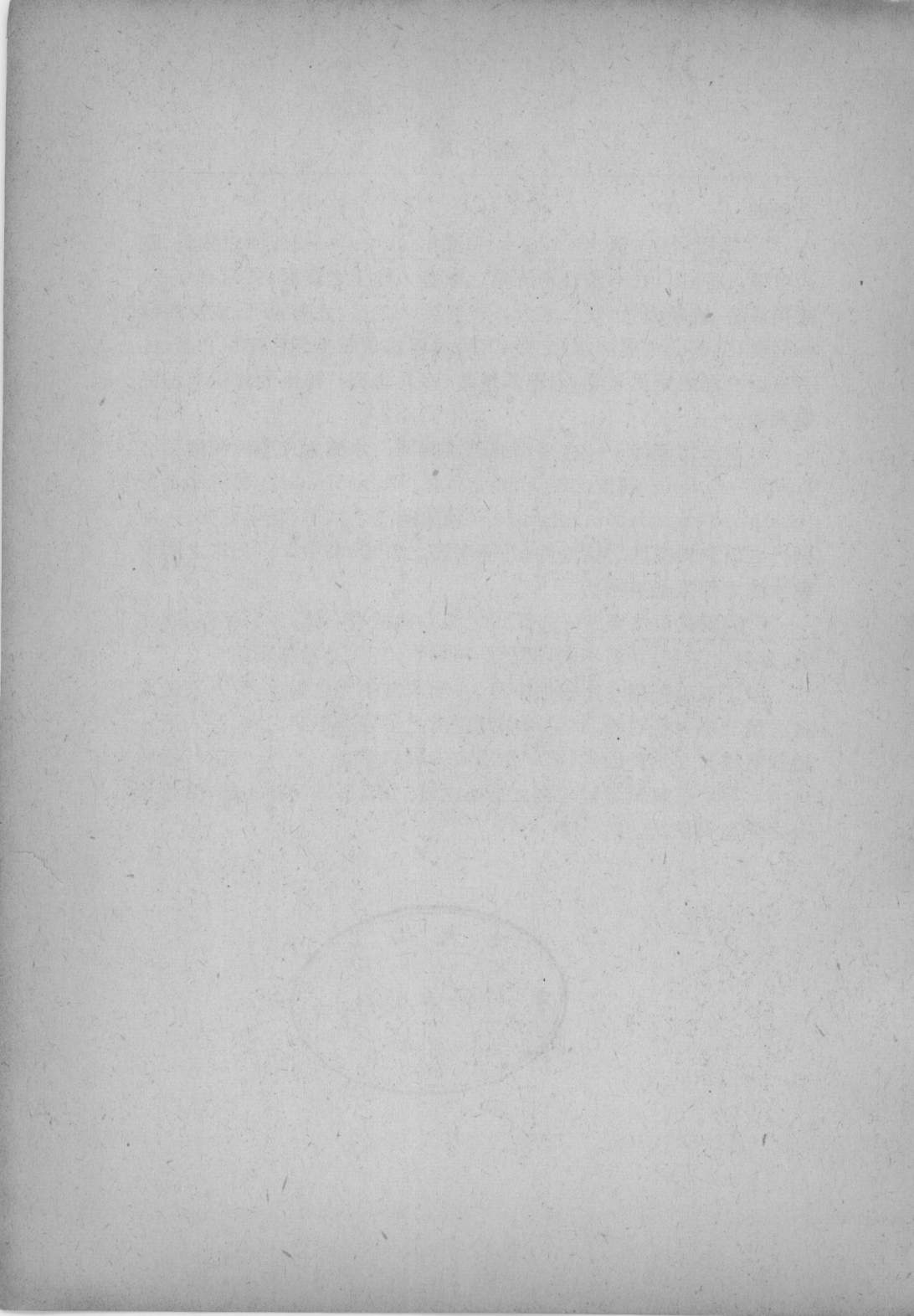
之原則。

3. 極端變化：低水(étiages)和潦水(Crues)——江河之流量，時有增減，或高出，或不及月均流量之數值。變化之情形，各河有參差，或頻或疏，或緩或急；變化之大小及發生之時日，或有定則，或無規律。極端變化(即低水與潦水)之變化律，或與尋常四季變化律相和諧，或有矛盾。極端變化之現象，至爲重要，吾人將另行提出而詳析其特點與成因。

4. 水流之條件——在平常或異常時期，水流方式隨河流縱斜坡(profil en long)坡度之緩急，平常河床(lit ordinaire)與汎濫地帶(champ d'inondation)之大小，及河床凹凸之情形，發生變化。一河個性之協成於上述之諸條件，乃極明顯之事實。其中尤以河床之闊度與水流之速度最有勢力。

5. 固體物質之搬運——江河之流水常挾有石礫，沙，泥等固體物質。分量之多寡，各河不同。關於此種物質，吾人亦當加以研究。

以上五項純屬水文學之事實，亦即本書研究之對象。但吾人於本書之第三編方行討論。爲免除屆時提出之解釋有不明之處，吾人於首編即將水文之地理因素，逐一指陳其一般之影響。此外，於第一編地理因素與第三編流量變化律之原素兩者之間，吾人另闢一編，略述水文之測量與估計。



第一編

流量變化律之因素

地勢、氣象、地質、與植物爲流量變化律之因素。吾人依次逐一討論，上述之次序，以重要性之大小爲先後。排列之次序，或有令人懷疑之點，蓋河水之來源，得自雨水，換言之，乃操縱於氣象之要素。然而地勢之力量，每足以左右氣象。加以地質之勢力，亦因地勢之影響而增強或更變。是故吾人之研究，以地勢爲先。

此外，水流之條件，不但爲流量變化律中之原素，同時亦具有因素之性能，對於潦水，影響尤大。此種條件，皆視地勢之情形而轉移，故吾人乃於地勢章內，一併討論。最後，關於植物一項，吾人將於暴流侵蝕，低水，平均流量，及潦水各節中，分別檢討。

第一章 地勢

在地勢內，吾人依次分述谷坡 (Versant) 之斜度，縱河床，橫河床，河流之路線，山脈之走向及高度。

谷坡之斜度

地面之傾斜度愈大，雨水或雪水即隨之而愈多流行於地表，愈少透入地下。是以高山之河流，水漲迅速，同等雨量所成之潦水，在高山者較平原者為劇烈，此乃水文最顯著現象之一。河流個性之差異，亦以是為最著。

縱 河 床

對於流量變化律之影響——縱河床之斜度為決定水流緩急之一主要因素。潦水時，水漲之遲速，亦操縱於其手。河床縱斜度之大者，其谷坡之斜度雖緩，亦能產生劇烈之潦水：例如平原河流之縱斜坡，苟有較大之斜度（如沿河每公里有 0.40 m. 以至 0.60 m. 或更大之高差），則其潦水演進之迅速，勢力之浩大，殊不多讓於山中或剛離山區之河流。Garonne 河之中游（於 Tarn 與 Lot 兩會流點之間），Loire（由 Nevers 至 Orléans），Miami, Scioto 及 Ohio 其他北岸之支流，Lot 之下游等河……，即在此例。

即非在潦水時期，縱斜度之大小，因影響於水流之緩急，亦足以使各河有明顯之差別。彼此之區分，且不僅見於外表，水面以下之河床橫斷面 (Section mouillée)，亦各有其不同之重要特徵。

對於上文，吾人須加以相當之解釋：流量與河床之闊度完全相同之河流，水流愈速者，河水愈淺，因而愈不適於航行。例如有兩河於此，兩岸之距離，皆為 100 m.，每秒之流量，各為 400 mc.，水流每秒之速度，其一僅及 1 m.，其他則達 4 m.，由是，彼等之平均深度即有

4 與 1.333 m. 之差別。若流量降至 50 mc., 水流湍急之河, 水深只及 0.50 至 0.75 m., 其深度苟超出此數, 則闊度當減少, 河水僅能淹及河床之一部, 餘者盡行乾涸。在水流緩慢之河, 50 mc. 之流量, 即使浸及河床之全部, 仍能維持 1 至 1.5 m. 之深度。觀察不過者, 於是往往誤以水流緩慢之河, 流量較為豐富許多。斜坡微弱之 Seine 及 Saône 河之所以享有變化均勻, 低水時期仍有相當流量之美名者, 職是故也。其實彼等僅虛有其表而已。例如 Saône 之流量, 有時反不及 Rhône 河最小者之六分一! 而後者之流域, 且小於前者。惟 Rhône 河水流湍急, 河床之大部分露出水面, 適與 Saône 相反, 故後者之貧乏, 乃不易爲人所窺見。

斜度之數值(指低水期水面之斜度)——茲將河流縱斜度之數目字略舉一二, 以明斜度大, 中, 小之概數。

高山河谷之縱斜度, 類皆極大。其谷底即有一部爲堆積物質構成, 如 Tarentaise 境內之 Isère, Maurienne 之 Arc, Embrun 附近之 Durance, Drac 上游, Pyrénées 之 Gaves, Garonne 上游……, 斜度仍屬不小, 每公里之高差常超出 5.10 m. 以至數十公尺。在更下游之地, 上述之河流, 每公里之高差仍及 2 至 3 m. (Durance 下游), 或 1 至 2 m. (Isère 在 Grésivaudan 之一部, Ain 河下游: 1.37 m.)。有時, 高差可降至 0.60 m. (如 Isère 由 La Batie 至與 Drac 之會流點, Rhône 由 Massongex 至日內瓦湖)。

平原河流縱斜坡每公里之高差, 大抵在 0.05 至 0.20 m. 之間。

Rhin 由 Bingen 至 Cologne: 0.24 m.; Oder 由 Breslau 至 Hohensaathen: 0.20 m.; Vistule 由 Varsovie 至 Thorn: 0.12 m.; Saône 由 Gygnny 至 Thoisey: 0.03 m.; Mississipi 由 Vicksburg 至 Baton Rouge: 0.03 m.。Niger 在 Tombouctou 以上一大段之斜度極微 (0.02 m.), 使該河之流變化律起特殊之變化。

潦水時, 河面之縱斜度自然與尋常不同, 在水漲之段, 上游水面與低水期水面之高差, 較大於下游, 因河水之高漲乃由上游向下而傳播, 是故河面之縱斜度乃比較平常增大; 水退時, 適得相反之現象。平

常斜度微弱之河流，遂有因上游不遠之山中支流暴漲，斜度大增，造成急劇之潦水。Pô 河其顯著例也。Pô 河之斜坡，由 Batteria 至 Luzzara，平時每公里之高差不過 0.18 m.。當 1917 年五月至六月之大潦水暴漲時，高差增至 0.21m.。河水漲定時，回降至 0.11m.。

坡折(Ruptures de pente)——河面之平常縱斜坡，往往於若干地點，起急劇之變化，斜度驟然增大，方諸潦水期之暫時現象，尤爲厲害。此種跌宕，地圖測繪者稱爲坡折。

茲略舉一二顯例：Rhône 於 Alps 山中有坡折多處。(由河源至 Maienbach，距離 2.77 km.，每公里之高差：33.40 m.；在本段以下之 2.720 km.，每公里之高差：127.50 m.) Andermatt 以下之 Reusz (於 St. Gothard 附近)；Lot 及其支流於 Entraygues 以上 (Truyère 由 Lanau 至 Pont de la Cadène，每公里之高差達 3.42 m.，由 Pont de la Cadène 至 Entraygues 之高差達 9.66 m.)；Romanche 於 Pont de l'Aveynat (位於 Oisans 冲積盆地——昔日之湖底——下游之末端)以下十公里，每公里之高差 28.20 m.，以上者僅及 1.50 m.。

最後，河流之坡折，有較上述尤爲偉大者，形成險灘或垂直之瀑布。Niagara (高 45 m.)，Zambèze (幾及 100 m.)，乃最著名之實例也。

縱斜坡之演進——河流之縱斜坡，苟有上述之跌宕，不啻表示其演進之程度尚淺。在無窮盡之時期中，當地面之起伏爲河流——時或有冰河之助——逐漸夷平時，河流之斜度隨之而發生變化。初時，沿途斜度，起伏無序，忽而驟增，忽而大減，與原始之地勢相應，矛盾現象，隨處皆是：下游可見瀑布，上游竟有冲積平原。續後，地形之演進程度日深，河流之斜度乃漸減，愈趨於均勻，下游一段之斜度，極爲微弱，幾近於水平，上游則較陡。

大河之斜坡，類多如是，斜度大致由上游向下逐漸減少，然沿河仍有不少跌宕，如上所述者。

橫河床

河床橫面之斜度，不論其爲汎濫地帶 (Champs d'inondation)，大河床 (lit majeur)，平常河床 (lit ordinaire)，或小河床 (lit mineur) 者，對於水文，亦有極大之影響。

大河床——汎濫地帶——河流之兩岸苟高出最大潦水之水面，則大河床與平常河床互相吻合。峽谷中卽有此種情形，而尤以見於石灰岩中，兩岸壁立者，最爲顯著。實例如 Tarn 河及其支流 Jonte 與 Dourbie，科斯 (Causses) 境內之 Lot，Préalpes 東南部之 Verdon (Durance 之支流)。然而最著名者，當推美國之 Colorado 大峽谷，深及 1500 公尺。

寬闊而平坦之河谷，其中之流水苟因侵蝕準點 (Niveau de base)——海面或會流點——有急劇之下降而垂直向下濬深，則一河之兩岸，仍無汎濫地帶。

是以 Lot 河下濬於 Villeneuve 附近，與 Tarn 河由脫離山區以至將抵 Montanban 之一段，卽無汎濫地帶。Tarn 河在 Albi 附近，深濬於寬闊之谷中凡二十至二十五公尺，形成狹窄之河槽。其支流 Agout 於匯流點以上，亦有相同之情形。(註：惟 1930 年反常之潦水，淹及 Agout 下游之堆積梯地若干部分。)

河水苟不能向兩岸溢出，則其平均深度當增大，行程加速，潦水之傳播與演進急劇，最大之流量由是而倍增。

堆積河谷 (Vallées alluviales)，幾罔不有廣闊之汎濫地帶。

例如 Rhône 由日內瓦至 Beaucaire 之汎濫地帶凡 800 km²，由 Beaucaire 至海之短距離間，1,600 km²；Saône, 800 km²；Oder 及其支流，1,665 km²；Mississippi, 74,000 km²，沿河若干地方之汎濫地帶，有闊及 80 至 100 公里；Amazon 者，遼闊亦若是。

潦水苟能向兩旁溢出，最大之流量卽有由上游向下遞減之趨勢，潦水之傳播，隨而遲緩。

湖——河流所經之湖泊，亦可視爲一種汎濫地帶，其勢力比平常