ثم نرتب الفيضانات في نحو تنازلي بتخصيص كل واحدة منها برتبة R ، مع حساب تردداتها
Fréquence expérimentale

$$= \frac{R - \frac{1}{2}}{n}$$) Fréquence de dépassement = probabilité

Rang = الرتبة

n ← عدد السنوات

هكذا ، يصبح لدينا تصور حول الاحتمال النظري لوقوع فيضانات من صنف كذا وأيضا عن عدد السنوات التي يتوقع أن تحصل فيها الفيضانات والتي نحسبها بالمعادلة الآتية :

$$1 - \frac{R - \frac{1}{2}}{n}$$ ← Fréquence au non dépassement

Loi de Gumbel : - Un peu compliquée -

Récurrence ou période de retour	Probabilité	Fréquence au non dépassement
10 ans	0,1	0,9
20 ans	0,05	0,95
50 ans	0,02	0,98
100 ans	0,01	0,99
1000 ans	0,001	0,999

par exemple

- طريقة الأرصاد الجوية العالمية Hydrométéorologie للتحديد المسبق للفيضانات .

هذه الطريقة تربط الفيضانات بالتساقطات ، إذا كان احتمال وقوع فيضانات يرتبط باحتمال التساقطات :

طريقة Gradex Méthode du

وتعتمد هذه الطريقة على دراسة كيفية توزيع الأمطار على فترات زمنية تساوي مدة التركيز بالحوض العائي المراد دراسته (6 ساعات ، 12 ساعة ، 24 ساعة ، يوميا) .

إذا كانت المدة الزمنية الأكثر استيعابا هي 24 ساعة ، فإننا نتوفر غالبا على معطيات يومية فيما يخص التساقطات والتدفقات اليومية .

دراسة الفيضانات و توقع التحذير المسبق لتوقعها لتقليص المحتمل

تعتبر الفيضانات من الكوارث الطبيعية الأكثر شيوعا في العالم، و تحدث عندما يزيد منسوب المياه في أي نهر، وتجاوز مستوى ضفافه و تزيد سرعة جريانه، مما يشكل خطورة على الإنسان و استقراره في بعض المناطق، [illegible] الفيضانات ليست بدرجة واحدة من الخطورة، إلا أن الفيضانات الخاطفة، وفجائية يظهر ببطئ و هناك أخرى خاطفة، ما يميز الإثنتين هي أنها تبقى لوقات استثنائية تتجاوز إلى حد كبير التدفقات المعتادة.

و يمكن تقسيم الفيضانات إلى 5 مراحل أساسية في الترتيب التالي:

- La période de montée = فترة صعود
- La pointe de la crue = ذروة الفيضان
- La courbe de décrue = منحنى الانحدار
- La courbe de tarissement = منحنى التجفيف
- Le débit de base = التدفق الأساسي أو العادي

و- حدوث الفيضانات كثيرا، يحدث في مجال واسع و تتوقف سرعة موجة و شدتها و ذلك على عدة بشدة الانحدار و تختلف الفيضانات و شدتها و ذلك على عدة طبيعة الصخور و المنشآت البشرية

وسائل الوقاية و التنبؤ:

من أجل إقامة وسائل وقائية ناجعة، لابد من دراسة دقيقة تمكن من التنبؤ بالخطر لتفادي الأخطار.

- طرق إحصائية تعتمد على تردد الفيضانات السابقة من أجل تقدير احتمال حدوث فيضانات أو أن الخطر يمكن أن يرتفع عن المألوف، وكم مرة في القرن، في 50 سنة، في مدة عمرك... إلخ. تعود إذن إلى إحصائيات متوفرة مع تسجيل، ومدى الخسائر المترتبة عن ذلك. إذ كلما كانت المدة أطول، كلما كان ذلك أفضل.

جامعه سيدي محمد بن عبد الله
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
ظهر المهراز ـ فاس

مسلك: .....
وحدة: .....

اختبار الفصل: .....

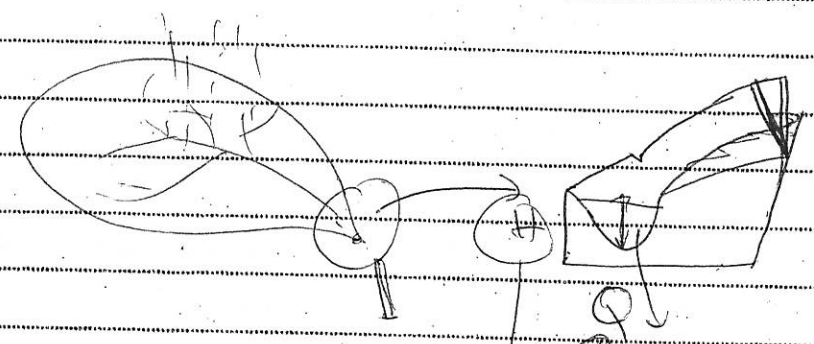
اسم الطالب	النقطة	ملاحظات
رقم الامتحان		
رقم التسجيل بالكلية ..... مجموعة		

تعتبر دراسة تطور الصبيب Q بدلالة مع الوقت t يمثل بالهيدروغرام الدفق (l'hydrogramme de crue).

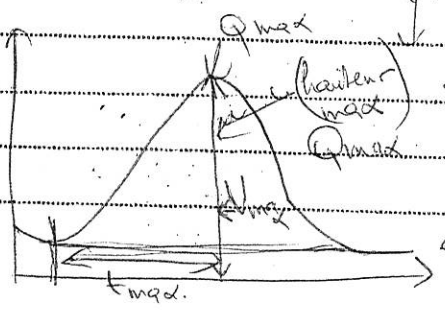
فالدراسة الهيدرولوجية لـ BV لها أهمية كبرى هذا لأن
la réaction hydrologique
يتميز بسرعة (مدة) ارتفاع t.m.
temps de montée

t.m = tps qui sépare entre l'arrivée de la crue et le maximum de l'hydrogramme
وبشدته Son intensité
Qmax = débit de pointe
تدفق الذروة

Vmax = Volume maximum
ويتدخل هنا أيضا مدة التركيز المياه داخل الحوض le tps de concentrat les eaux sur le bassin



حجم التدفق الخارج من المنبع



ارتفاع المياه ⓐ la hauteur de eaux
التدفق العادي للمياه
hauteur habituelle
hydrogramme des crues.

ا - الهيدروغرام الهيدرولوجي.

خاصائص

II - الشبكة المائية / الطبوغرافية

الشبكة المائية هو مجموعة القنوات التي تصرف المياه السطحية إلى منفذ الحوض المائي.
فالمجاري المائية توزع في الحوض على شكل رتب تقل عدداً وتزيد سعة من رتبة لأخرى، حيث تبدأ بمجاري صغيرة وكثيرة تمثل الرتبة الأولى وهي تلتقي مع بعضها البعض لتكون الثانية التي تكون أقل عدداً وأكثر سعة من الأولى وهكذا دواليك إلى أن تكون آخر رتبة والتي تكون المجرى الرئيسي.

والشبكة المائية هي مجموع مجاري المياه الدائمة أو الموسمية، بالإضافة إلى مستجمعات المياه السطحية، طبيعية كانت أو خزانات مثل البحيرات والمستنقعات أو السدود.

وتعتبر الشبكة المائية من أهم الخصائص في بالنسبة لأي حوض، ويمكن أن تأخذ (أي الشبكة المائية) عدة أشكال ويتدخل 4 عناصر رئيسية في تمييز الشبكة المائية للحوض:

- الجيولوجيا

فطبيعة القاعدة الصخرية تؤثر في شكل الشبكة المائية. فطبيعة الصخر، شكلها، الانكسارات، الالتواءات: كلها تتحكم في اتجاه المجاري المائية.

- المناخ

فالشبكة المائية جد كثيفة في المناطق الجبلية الشديدة الرطوبة، في حين، تكاد تنعدم أو تغيب في المناطق الصحراوية

- الانحدار

يشير إلى إذا كان المجرى المائي في فترة تعرية أو ترسيب. ففي الانطاقات المرتفعة، تعم تعرية الصخور التي تجري فوقها المجاري المائية. أما في السهول، فتتخلص المجاري المائية من حمولتها فتكون فترة الترسيب أكثر من التعرية.

- التدخل البشري:

بناء السدود وري الأراضي الزراعية و تغيير المجاري المائية... إلخ...
والتي تؤدي إلى تغير مستمر في المسار العام للشبكة المائية.

1 - بنية الشبكة و ترتيب المجاري المائية :

و هناك العديد من الطرق المستعملة في دراسة هذا الترتيب، أهمها:

- طريقة هورتون Horton (1945)
- ~~Stah~~ ستراليير Strahler (1957)
- " شريف Shreve
- " شايديغر

و تعد الأكثر استعمالا نظرا لبساطة تطبيقها و لما تتيحه من سهولة فيما يخص إجراء مقارنات بواسطتها لأحواض المائية . و تعتمد على ما يلي :

- ~~كل مجرى~~
- يعد في الرتبة 1 كل مجرى مائي ~~+~~ رافد له
- لما يلتقي ~~مجريان~~ رافدان ~~+~~ ينتصبان إلى نفس الرتبة ، يتخذ المجرى المائي أعلى الرتبتين
- أما إذا التقى مجريان مائيان من نفس الرتبة ، فالمجرى المائي الناتج يأخذ رتبة أعلى أي رتبتهم +1

à montrer sur le schéma

وتكون رتبة الحوض برمته مساوية لرتبة المصب؛ أي رتبة المجرى المائي الرئيسي ~~الذي يكون لها~~ ~~نظرا~~ :

2 - أطوال المجاري و تكراريتها

~~و المنعطفات~~ :

من ناحية الطول ، تعتبر المجاري ~~أنهار~~ الرتبة 1 ~~من أقصر~~ الأصغر طولا ، و يزداد طول النهر مع زيادة رتبة المجرى . و يمكن معرفة أطوال المجاري في كل رتبة من خلال المعادلة التالية؛ متوسط

R_L = مجموع أطوال المجاري في الرتبة / عدد المجاري في نفس الرتبة .

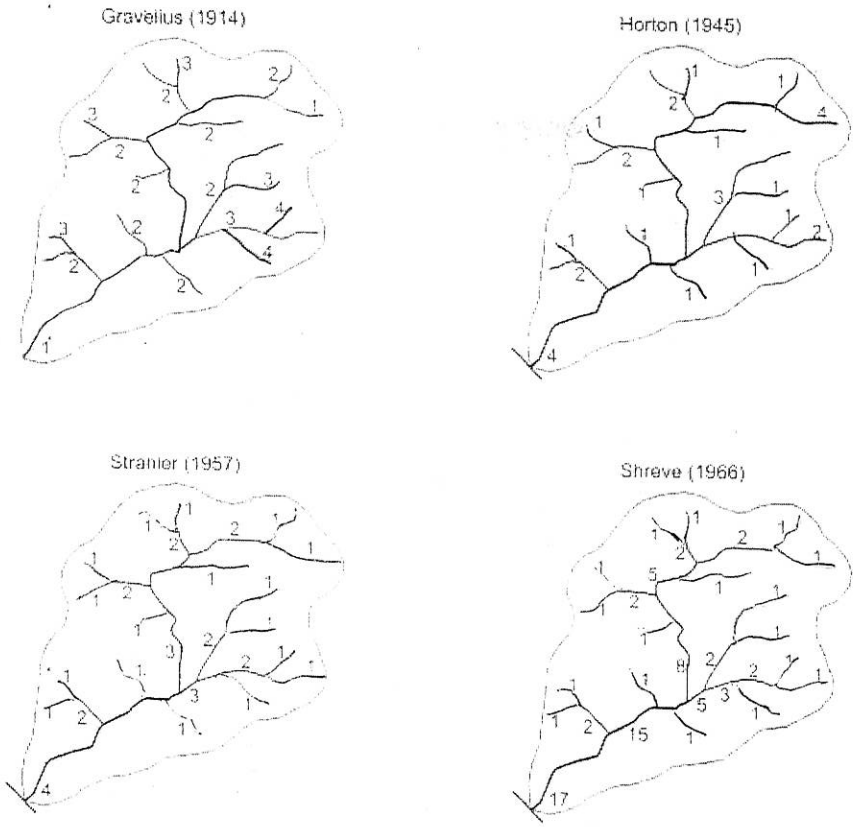


Figure 2. Ordination des cours d'eau selon les propositions de Gravelius (1914), Horton (1945), Strahler (1957) et Shreve (1966).

1.4.2. La hiérarchisation du réseau hydrographique

'"Toutes les ramifications de l'eau à quelque degré de leur parcours que ce soit, si elles sont d'égale rapidité, sont de taille égale à celle de la rivière principale" Leonardo Da Vinci, The Notebooks of Leonardo Da Vinci, Volume 1, VIII. BOTANY FOR PAINTERS, AND ELEMENTS OF LANDSCAPE PAINTING, 394 – 396. The law of proportion in the growth of the branches, Florence, 1508.'

Horton (1945) a présenté une technique d'ordination des cours d'eau inspirée des idées de l'hydrologue allemand Gravelius (1914) (LE FELLIC, 1990, 1991 ; BRAVARD et PETIT, 2002). Selon la technique proposée par Gravelius (1914), les segments du réseau hydrographique d'un bassin versant quelconque sont susceptibles de hiérarchisation. Le cours d'eau principal du bassin versant reçoit l'ordre « 1 » depuis son exutoire jusqu'à sa source ; de la même façon, les affluents reçoivent des numéros d'ordre, qui augmentent en direction de l'amont. Afin de donner une meilleure idée de la magnitude des cours d'eau, Horton (1945) a inversé le système d'ordination de Gravelius (1914), en donnant l'ordre « 1 » aux sources et en augmentant la valeur en direction du tronc hydrographique principal. Par contre, la valeur d'ordre atteint par un cours d'eau donné à l'exutoire est extrapolée jusqu'à sa source le long de son cours, de façon que chaque cours d'eau possède une valeur d'ordre unique (Figure 2).

A partir de la proposition présentée par Horton (1945), Strahler (1957) a développé un nouveau système d'ordination, dans le but de supprimer la subjectivité imposée par l'extrapolation des numéros d'ordre jusqu'aux sources. Pour Strahler (1957), le fait d'attribuer un même numéro d'ordre à la totalité d'un cours d'eau donne une fausse idée de sa taille, car les sources et l'exutoire ont le même rang. Ainsi, dans sa nouvelle proposition, Strahler (1957) adopte comme unité hydrographique le tronçon. La méthode proposée attribue la valeur « 1 » à tous les tronçons de tête de bassin ; le rencontre de deux tronçons de valeur « 1 » produit, après leur confluence, un tronçon de valeur « 2 » ; le rencontre de deux tronçons de valeur « 2 » produit un tronçon de valeur « 3 », et ainsi de suite (Figure 2).

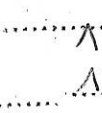
Une nouvelle proposition d'ordination des chenaux a été faite par Shreve (1966). Afin d'insister sur la notion de magnitude du réseau hydrographique, la méthode proposée par Shreve (1966) propose la somme des valeurs d'ordre aux confluences. Les sources reçoivent la valeur « 1 » ; la rencontre de deux tronçons de valeur « 1 » produit un tronçon de valeur « 2 » ; le rencontre d'un tronçon d'ordre « 1 » avec un tronçon d'ordre « 2 » produit un tronçon d'ordre « 3 », et ainsi de suite. La totalisation des ordres de tous les tronçons donne, à l'exutoire du bassin versant, la quantité totale de tronçons de rang « 1 » (Figure 2).

Hydrologie S6

La hiérarchisation du réseau hydrographique

- Horton 1945 (a présenté la technique d'ordination) اقترح تقنية لترتيب المجاري المائية مستوحاة من ما قدمه العالم الألماني Gravelius 1914 حيث حدد هذه التقنية أن مشابك البكة المبدئية لأي حوض نهري تخضع لطريقة hiérarchisation أو أن المجرى المائي الرئيسي يأخذ الرتبة 1 من منبعه إلى منبعه، عندما تأخذ واحدة المباشرة الرتبة 2 وواحد هم الرتبة التي تليها ... إلخ هورتن سنة 1945، عكس هذا الترتيب وأعطى الرتبة الأولى للمصب مع زيادة قيمة الترتيب في اتجاه الجزء المبدئي أو الرئيسي

- Shreve (1966) اقترح في ترتيب المجاري المائية مجموع قيم الترتيب في نقاط الالتقاء la point de confluence



تتكون من

هكذا، التقاء الرتبة 1 يعطي الرتبة 2، 3.2

والتقاء قيم من الترتيب 1 مع الرتبة 2 = الرتبة 3 بحيث أن مجموع الرتب في الأخير أعلى في المجرى الرئيسي يكون هو مجموع الرتب أو مجموع الأعلى قيم أو الصغرى من الرتبة 1

جامعه سيدي محمد بن عبد الله
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
ظهر المهراز ــ فاس

مسلك: .....
وحدة: .....

اختبار الفصل: .....

اسم الطالب	النقطة	ملاحظات
رقم الامتحان		
رقم التسجيل بالكلية ..... مجموعة		

Bassin topog et R. hydrogéolog
au réel

Voir p 29
du fichier PDF : 1-Hydrologie-générale.pdf

Lac Baikal au sud de la Sibérie
il contient + gde réserve d'eau douce disponible
au monde Altitude 455 m 20 îles
longueur 636 km
31 722 km² de superficie
Prof max 1642m prof moy 744 m.

Le lac Titicaca
entre le Pérou et la Bolivie
Superficie 8 562 km² 27 rivières l'alimentent
Compte 41 îles. longueur = 190 km
Volume = 893 km³.

Altitude 3812 m. / Prof. max 281 m Prof $\bar{x}$ = 107m

أما تكراريه المجاري، فهي تعبر عن العلاقة النسبية بين عدد المجاري ومساحة الحوض، وتدل بذلك على درجة تحذر الحوض بفعل التعرية المائية.

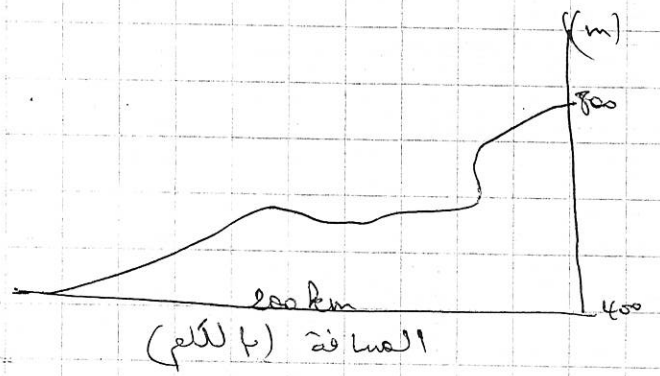
المعادلة: مجموع أعداد المجاري في الحوض / مساحة الحوض

ب - معامل التعرج الطبغرافي أو درجة الانعطاف:
ويعتبر مؤشرا لطبيعة الصخور التي يجري عليها الوادي بالإضافة إلى قدرة هذا الأخير على الإزاحة. فمدى انعطاف الوادي له ارتباط كبير وتأثير على كمية المياه في المجرى؛ فكلما ازدادت درجة الانعطاف، ازدادت احتمالات التبخر والترشيح؛ في حين تنقص هذه الاحتمالات عند ما تنقص درجة الانعطاف، وذلك نتيجة سرعة الجريان.

المعادلة: طول المجرى / أقصر امتداد ما بين المصب والمنبع

وكلما زادت النتيجة عن 1، كل ما زادت نسبة تعرج الوادي.

ج - متوسط انحدار المجرى المائي:
يقاس من خلال المقطع الطولي للمجرى المائي الرئيسي ولروافده (روافد الضفة اليمنى بلون والضفة اليسرى بلون مغاير)



المعادلة = فارق الارتفاع بين أعلى وأخفض نقطة في المجرى المائي الرئيسي / طول المجرى المائي الرئيسي

ويحدد المتوسط الانحدار سرعة المياه المتدفقة حتى تصل إلى المنبع أو المصب إذن مدة التركيز
Le temps de concentration

3

Le rapport de confluence = ~~معامل التقعر~~

أو نسبة التشعب وتعبر عن العلاقة بين عدد المجاري ~~و~~ في كل رتبتين متتاليتين؛

تكمن أهمية نسبة التشعب لحوض التصريف في إظهار حجم العلاقة بين حجم التصريف ومعدل التفرع للمجاري المائية وكثافة التصريف في مناطق التجمع العليا تؤثر في حركة المياه.

المعادلة: R_B = عدد المجاري في رتبة ما / عدد المجاري في الرتبة التي تليها

عقب سقوط الأمطار والتي ترتبط أيضا بأخطار الفيضانات والسيول الجارفة.

5- الانحباس = l'endoreisme

ونجده في الأحواض المغلقة حيث ~~لا~~ ترتبط شبكة المياه بأي شبكة أخرى. المياه هنا تتجه وتتركز في نقطة من الحوض الذي يمكن أن يكون بحيرة، مستنقعا أو خزانا للمياه الجوفية؛ وعادة ما نجد هذه الظاهرة في المناطق الجافة كهضاب البحر الميت و بحيرة تشاد .. الخ.

و في المجالات الكارستية

ويمكن التمييز بين:

• انحباس عام: لما تتجمع المياه في بحيرة أو بركة مائية دائمة أو موقتة، دون تسرب لهذه المياه؛ حينها يبقى النتح سيد الموقف. إلى حين تبخر كل كمية المياه في بعض الأحيان.

• انحباس تدفقي أو endoréisme de surface:

حيث تتركز مختلف عناصر الشبكة على حدود الحوض، وتتسرب هذه المياه تحت السطح؛ ويمكنها أن تجري "باطنيا" إلى حين التقائها أو احتفاظها بجزيئات مائية واقدة من الأحواض المجاورة.

Les apports d'eau sont effectués par les précipitations P
Les pertes sont essentiellement dues à l'évaporation E
et la transpiration des plantes ⇒ EVT
Les 2 grandeurs P et E sont évaluées en quantité d'eau par unité de surface ⇒ elle est traduite en hauteur d'eau (en mm).
Ces 2 grandeurs étant homogènes, on peut les comparer en calculant : soit
- leur différence : P − E : bilan positif si la valeur est ⊕
- leur rapport : $\frac{P}{E}$: " " si le rapport est > 1

Sachant que la qté évaporée dépend évidemment de la qté d'eau disponible : elle cesse donc qd le volume d'eau apporté par les précipitations est épuisé

Il est courant de comparer les P et l'ETP :
- Si P < ETP, l'EVT réelle sera égale à P (puis) il y aura prélèvement sur les réserves, absence d'écoulement ⇒ la période sera dite déficitaire.
- Si P > ETP, l'EVT réelle sera égale à l'ETP ; il y aura écoulement et constitution de réserves ; la période sera dite excédentaire.

H. Gaussen qui qualifie de "mois sec" 1 mois pour lequel la valeur des P (en mm) < 2T (°C)
⇒ Si P (mm) < 2T (°C)
⇒ il y a 1 forte probabilité pour que l'ETP soit > P

(Selon A. Coutagne)

Le Déficit d'écoulement est directement conditionné par les facteurs météorologiques du climat et les facteurs géographiques locaux

la valeur du déficit d'écoulement est intimement lié à la température (élt fondamental du cycle hydrologique et qui régit aussi bien les précipitations que l'évaporation et l'E.V.T.)

Il est évalué à + de 1100 mm/an pour l'amazone

495 " " " à Rome

@ de 300 mm/an pour le bassin du Nord de la Scandinavie

Déficit d'écoulement "D" = suite

Ce déficit d'écoulement peut être estimé à l'aide de mesures ou de méthodes de calcul.

A titre illustratif, les formules de Turc ou Coutagne sont les suivantes :

1. Formule de Turc

$$D = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec : D : déficit d'écoulement (en mm)

P : pluie annuelle (mm)

T : température annuelle (°C)

$$L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

2. Formule de Coutagne

$$D = P - m \cdot P^2$$

Avec P = déficit d'écoulement (mm)

P = pluie annuelle (mm)

$$m = \frac{1}{(0,8 + 0,16T)}$$

m : coefficient régional (m = 0,42 pour la France)

T : la température

تتغير معالم و خصائص الحوض النهري باتجاه نحو المصب،
و كذا يقسم الحوض إلى 3 أقسام رئيسية :
- الحوض الأعلى و يضم منطقة المنابع
- الحوض الأوسط و الأدنى حيث تتناقص سرعة جريان المياه،
لتقل حمولتها و قدرتها على حت القناة النهرية و تقل حمولتها
لتبدأ في الترسب مكونة ما يسمى بالسهل الفيضي على جانبي
قناة النهر نتيجة الفيضانات المتعاقبة و التي تخلف إرسابات
النهر على جانبيه. و يكون أيضا ما يسمى بالدلتا عند منطقة المصب
و هو سهل مثلث الشكل تقريبا يرسبه النهر عند مصبه.
و أحيانا في منطقة المصب، يتفرع المجرى المائي نتيجة عجز
المياه قليلة السرعة عن اختراق إرساباتها : فروع روافد

ينتهي بها النهر عند المصب

فهي المسؤولة عن تشكل النهر.

IV - خصائص السطح

يعتبر السطح ملتقى الأرض باليابسة و الجو .

فالتربة و غطاء النباتات السطحية يؤديان ، من بين ما يخص الماء ، دورين أساسيين :

- دور التخزين ⇐ المسامية la porosité
- " النقل ⇐ النفاذية la perméabilité

1- التربة : le sol

أرض / تربة = le sol

في الغالب يهتم الهيدرولوجيون بالخاصيات الميكانيكية للتربة .

فالتربة تؤثر في طبيعة الغطاء النباتي ، فيتحكم هذا الأخير بطريقة غير مباشرة في عملية النتح .

و يمكن أن تكون التربة غير نافذة أو أن يكون السطح عبارة عن صخرة غير نافذة إذا كانت غير نافذة في الأصل أو أصبحت كذلك بعد عمليات و تشققات ..

يمكن لهذا السطح أن يكون عبارة عن صخرة خوارة le roche meuble

أي صخرة غير متماسكة ~~الطبيعة~~ العناصر و يجب تحليلها لمعرفة نسبة العناصر الدقيقة أو الخشنة التي تكونها ⇐ أن حجم الجزيئات المكونة للمادة le matériau هو العامل الحاسم في ظواهر ~~التسلل~~ أو التسرب .

المجال

إذن كلما كانت الجزيئات أكبر ، كلما زادت نفاذية ، إذا وجدت ، تكون و تشجع على التسرب ، ولذلك فخريطة التربة مهمة .

فطبيعة التربة تتدخل في سرعة الهيدروغرافيات وفي حجمها :

إذ أن ~~هوتش~~ نسبة التشبع/التسرب le taux d'infiltration

" الرطوبة le taux d'humidité

سعة المسك la capacité de rétention

معامل التدفق Cr le coefficient de ruissellement

تتأثر كلها حسب نوع التربة و بنيتها.

أرض ⇒ sol

تربة

$$Cr = \frac{\text{Hauteur d'eau ruisselée (mm)}}{\text{Hauteur " précipitée (mm)}}$$