

## 모르따뉴강의 지질과 유출현상

### The geology and the flow regime of the Mortagne

김석중(Seok Choong Kim)

한국자원연구소

#### 요약/Abstract

모르따뉴강 유역에서는 그 지질에 따라서 지형이 많은 차이가 있다. 사암 및 역암이 분포하는 상류는 기복이 크고 경사가 급하여 산림이 큰 부분을 차지하고 있다. 기후도 지형의 영향을 받아 상류지역에서는 기온이 낮고 강수량이 많다. 이들 요인에 따라서 월 유출량과 첨두유량이 상류와 하류에서 다르게 나타난다. 이는 매우 상식적이고 당연한 현상인 듯 하지만 앞으로 좀더 면밀하게 연구하면 이들 지질에 따른 제요인과 유출현상과의 관계를 정량적으로 파악할 수 있다는 가능성을 제공하는데 이 연구의 목적이 있다.

There is many differences in morphology according to the geology in the basin of the Mortagne. The upstream where the substratum is composed of mainly the sandstone and conglomerate has the mountainous relief and the steep slope, so it is covered with the forest in regard to land use. Also the climate influenced by the topography brings much of the precipitation and causes low temperature. The monthly outflow and the peak flow are different between the upstream and downstream by these factors. It seems to be the very common and ordinary phenomena but this study is aimed at presenting the possibility of the quantitative affirmation between the factors and the flow regime in the future.

#### 서 언

프랑스 동북부 로렌지방(Lorraine)을 흐르는 모르따뉴강(La Mortagne)은 전장이 70km,

집수면적이 580km<sup>2</sup>이며, 이 지방의 남부에 위치하는 보쉬(Vosges)지방에서 연원하여 라인강의 큰 지류를 이루는 모젤강(La Moselle)과 피르프강(La Meurthe)의 사이에 끼어 있

다. 이 강 유역의 특징은 수문지질적인 관점에서 비교적 균질한 두 단위의 기반암으로 구성되어 있다는 점이며 각 단위를 대표할 수 있는 수위 관측소가 상류와 하류에 각각 설치되어 있다. 따라서 지질의 차이에 의하여 발생할 수 있는 여러가지 유출현상을 자연상태로부터 직접 분석할 수 있다. 이 논문은 상하류에 설치된 수위 관측소로부터 측정되어 이로부터 분석된 유출현상과 각 수위 관측소의 집수구역을 구성하고 있는 지질의 차이를 비교해 보고자 하는 것을 목적으로 한다.

### 유역현상

유출현상에 영향을 끼칠 수 있는 평면적인 형상은 보통 신장도(伸張度)와 밀집도를 예로든다. 신장도는 유역을 가로지르는 가장 긴 직선길이(L)와 이 직선에 수직인 선분 가운데 가장 긴 길이( $\ell$ )의 비( $L/\ell$ )로 나타낸다. 상류는 1.30, 하류는 2.01로 측정되어 하류의 집수구역에 대한 신장도가 크다(Fig. 1).

밀집도는 보통 유역과 같은 면적을 갖는 원의 둘레(P)와 집수 구역의 둘레(P)의 비( $P/P'$ )로 나타낸다. 이는 면적에 대한 둘레의 길이가 얼마나 긴가에 따르는 것이기 때문에 유역의 원에 대한 불규칙성을 의미하지만 대체로 신장도와 큰 차이가 없거나, 또는 수문현상에 어떠한 영향을 끼치는가에 대해 논란을 가져오는 지수(指數)이다. 상류는 1.42, 하류는 1.47로 측정되어 하류의 원형도가 상류에 비해 떨어진다(Fig. 1).

수직적인 형상을 나타내는 방법에는 여러 가지가 있으나 여기에서는 다만 등고선 면적과 경사지수(傾斜指數)만으로 이를 나타내기로 한다.

등고선 면적은 유역내의 각 등고선 사이의 면적을 유역면적에 대해 백분율로 표시한 것이며, 관점에 따라 두가지의 표현방법이 있으나 큰 차이는 없는 것으로 생각된다. Fig. 2는 상류의 경우 고도가 높은 면적이 하류에 비해 많은 부분을 차지하고 있음을 보여준다. 이 하천의 상하류가 각기 독립적인 다른 하천이라면, 흔히 Davis이론에 따라 유년기 하천, 장년기 하천, 노년기 하천등으로 표현하기도 한다. 한 유역단위에 적용한다면, 일반적으로 상류는 하류보다 젊은 하천의 특징을 보여준다.

경사지수는 유역과 같은 넓이와 둘레를 갖는 직사각형의 장변을 취하여 그 유역의 고도차를 나눈 값으로 정하였다. 하류는 1.82%, 상류는 1.00%로 측정되었으나 상류의 형상이 신장도에 비해 불규칙하여 경사지수가 보다 적게 측정되었으리라 생각한다.

이상으로부터 상류의 형상이 신장도가 작고 원형에 가까워 유출이 비교적 급작히 이루어지고 또한 경사도가 급하여 보다 빠르게 유출될 것이 기대된다.

### 지질과 투수성

본 유역은 Paris basin의 동북부 연변에 위치하여 중생대 초기 암석부터 말기 암석까지 정합적으로 분포하며, 유역 전반에 걸쳐 변성암, 화성암등의 결정질암은 발견되지 않고 있다(Fig. 3).

상류인 남쪽이 용기하여 중생대 초기 지층이 나타나고 있으며, Mortagne강의 본류를 중심으로 계곡의 우사면인 동쪽이 상대적으로 높아 층리방향은 전반적으로 북서 내지 북북서로 향하고 있다.

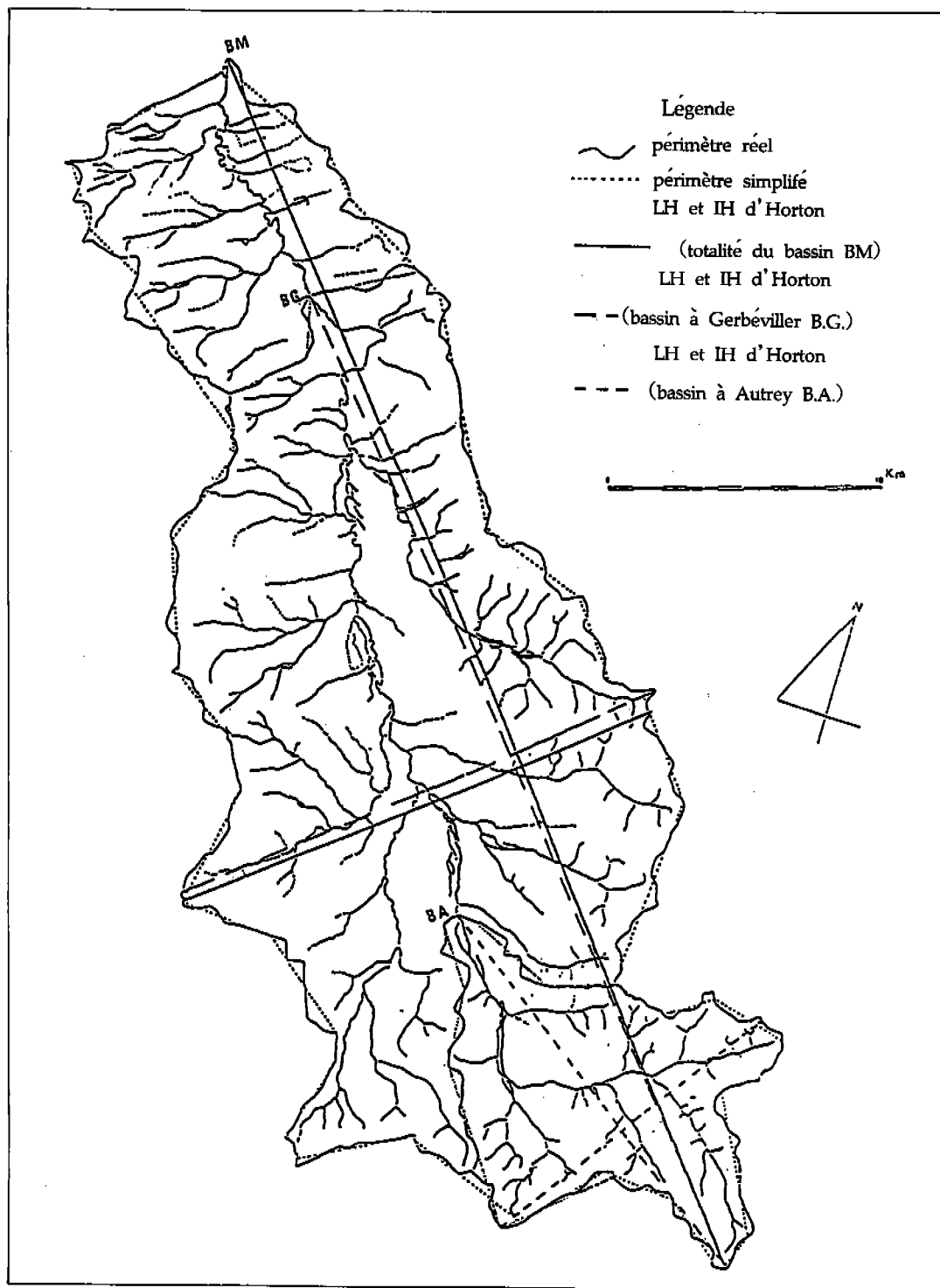


Fig. 1 Watersheds of the Mortagne for hydrometric stations.  
(BA : upstream, BG : downstream, BM : total basin)

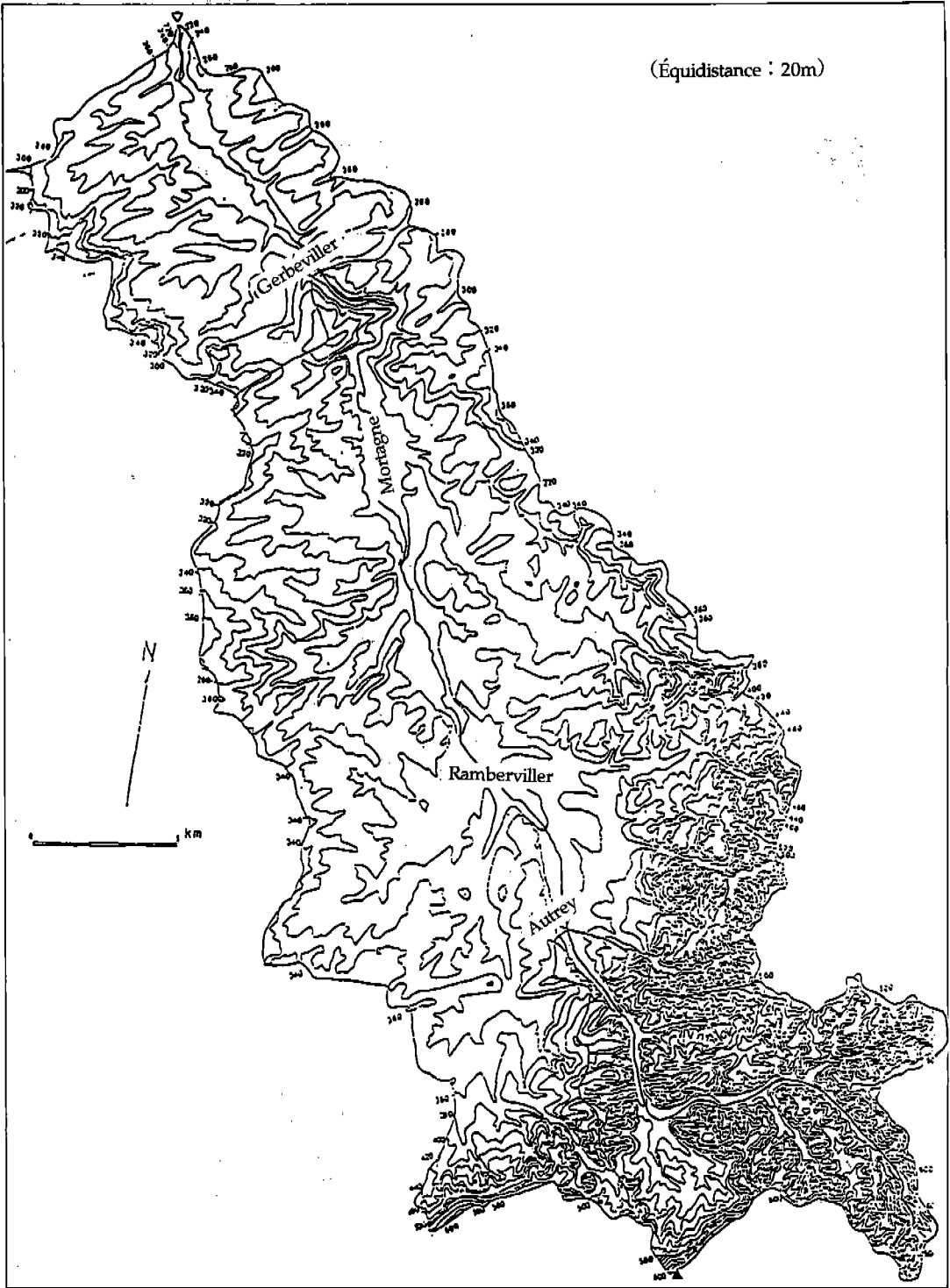


Fig. 2 Hypsometric chart of the basin of the Mortagne.

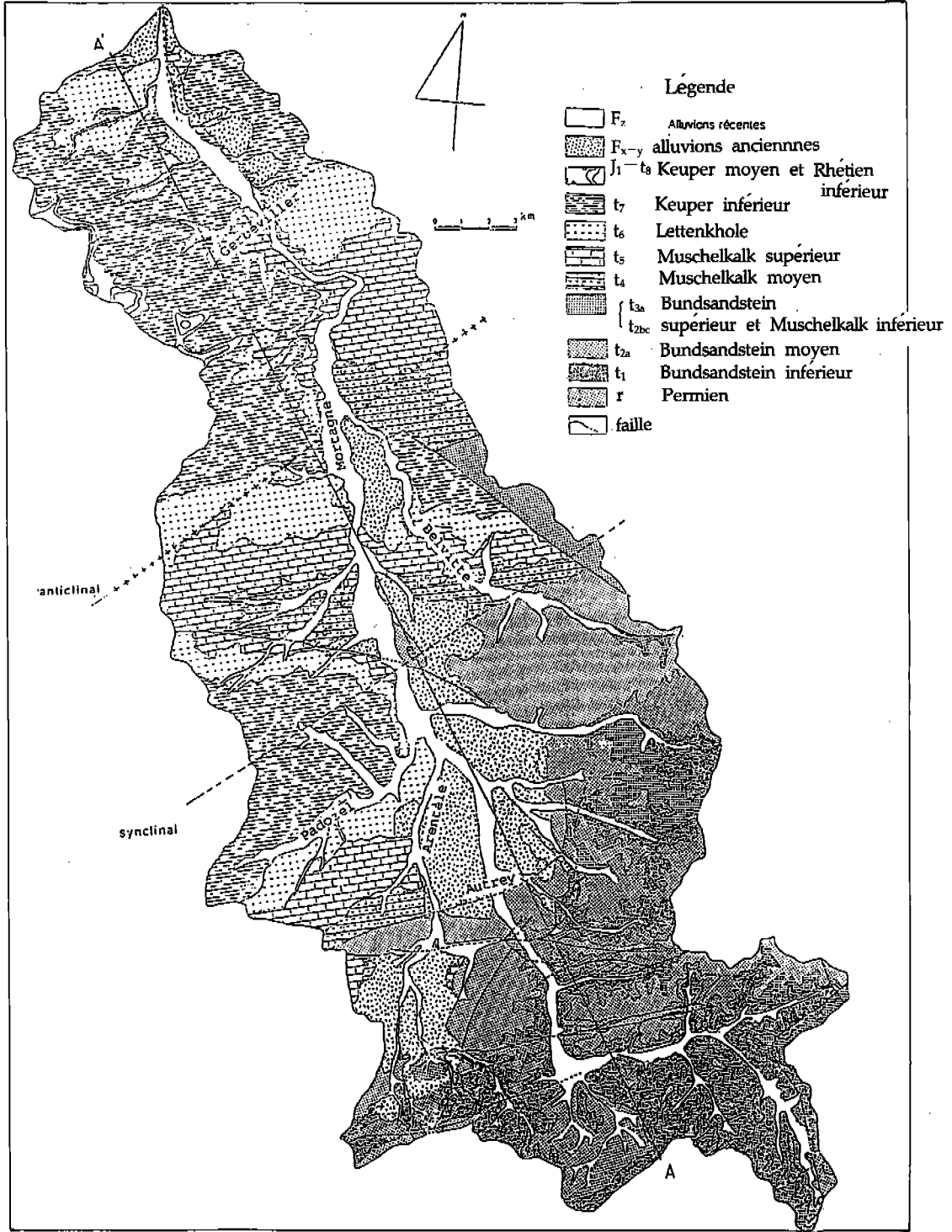


Fig. 3 Geologic map of the basin of the Mortagne.

역암층을 경계로 그 하부는 대체로 조립질 암석인 사암 및 사력질 암석으로 구성되어 있고, 그 상부에는 점토질 암석, 이질 암석 및 석회암이 대부분을 차지하고 있다. 또한 하부층에는 계단식 단층과 역단층등이 발견 되는데 반해 상부층에는 주기가 길고 진폭이 적은 습곡(褶曲)이 발견되고 암질은 비교적 연약하다.

Decloux 등(1989)은 Moselle강을 포함하여 Rhine강의 서부(좌사면)로부터 Meuse강의 동부(우사면)에 이르는 유역의 기반암 투수성을 파악하기 위해 다음 표(Table 1)와 같이 분류된 투수성의 기준으로부터 암석을 재분류하였다(Decloux et al., 1988).

Table 1 Classification of permeability

암 석 내 물의이동	배수성* 대수층	침수성* 대수층	지하수로* 열극	불연속* 대수층	인공지물* 도시대*
투수성	공극	공극	열극	열극/공극	도시대*
암석					
투수성	P10	P11	P12		
반투수성		P21	P22	P23	
불투수성		P31	P32	P33	P34
지표면층					
투수성	S10	S11			
반투수성S12					

(\*역주 : 상기 용어는 다음과 같이 영어로 직역되는 내용을 국역한 것임)

- 배수성 대수층 : draining aquifer
- 침수성 대수층 : drained aquifer
- 지하수로 : underground network
- 불연속 대수층 : discontinuous aquifer
- 인공지물 : artificial construction
- 저자는 anthropique라는 일반 사전에 없는 단어를 설명없이 사용함.

도시대 : urbanized zone.

아래의 기호들은 다음과 같다.

- P10 : 투수성 대수층. 자체 저수층이 전체적으로 배수되어 버리기 때문에 수로가 형성되지 않는다(Rhine-Meuse 유역에서는 실제로 지도에 표시된 적이 없다).
- P11 : 공극이 주로 물의 통로가 되는 층. 지표수-지하수의 상호이동이 가능하다.
- P12 : 열극이 위주로 되어있는 암석(카르스트가 있을 가능성이 많다).
- P21 : 점토나 silt등 세립질 물질로서 공극이 막혀 투수성이 저하된 층.
- P22 : 열극이 많은 지층으로서 불투수층이 협재된 지층.
- P23 : 공극이 주 통로인 암석과 불투수층이 호층으로된 지층.
- P31 : 점토질암석, 이회질암석.
- P32 : 치밀질 내지 치밀화된 암석(결정질 또는 변질된 석회암, 화산암)
- P33 : 결정질 내지 crystallophyllian rock(상당한 풍화층을 수반하는 경우가 있다).
- P34 : urbanized zone 또는 불투수화된 지대. (역주 : 1 : 1,000,000 지도상에서는 작게 나타나므로 P32에 포함되었다)
- S10 : 지표층. 수로들이 침투에 의해 없어지는 층.
- S11 : 지표층. 지표수-지하수의 교환이 가능한 층.
- S12 : 점토질이나 silt질이 많은 층적층.

이들 가운데 본 유역에 나타나는 암층은 P11, P12, P21, P31 그리고 S11 등이다. 지표면층으로 사면을 차지하고 있는 미고결 층적층을 S10으로 분류할 수도 있겠으나 분명하지 않아 따로 분류하지 않았고 층적층 가운데도 silt로 덮혀있어 반투수성 지층으로 분류할 수 있는 부분이 있겠으나 너무 산재되어 있어 지도화하기 어려우므로 우선 S11에

포함시켰다. 이 반투수성 지층은 1:50,000의 지질도에도 표시되어 있지 않으며 다만 설명서에 최고 1~2m의 두께를 가진다고 언급되어 있으며, 실제 야외의 층적층에서도 지도에 표시하기 곤란할 정도로 저습지에 산재 분포되어 있다.

이렇게 분류된 암층이 유역을 차지하고 있는 면적은 다음과 같다.

	하류유역	상류유역
S11	23	13
P11	19	66
P12	15	0
P21	18	21
P31	25	0

(단위 : %)

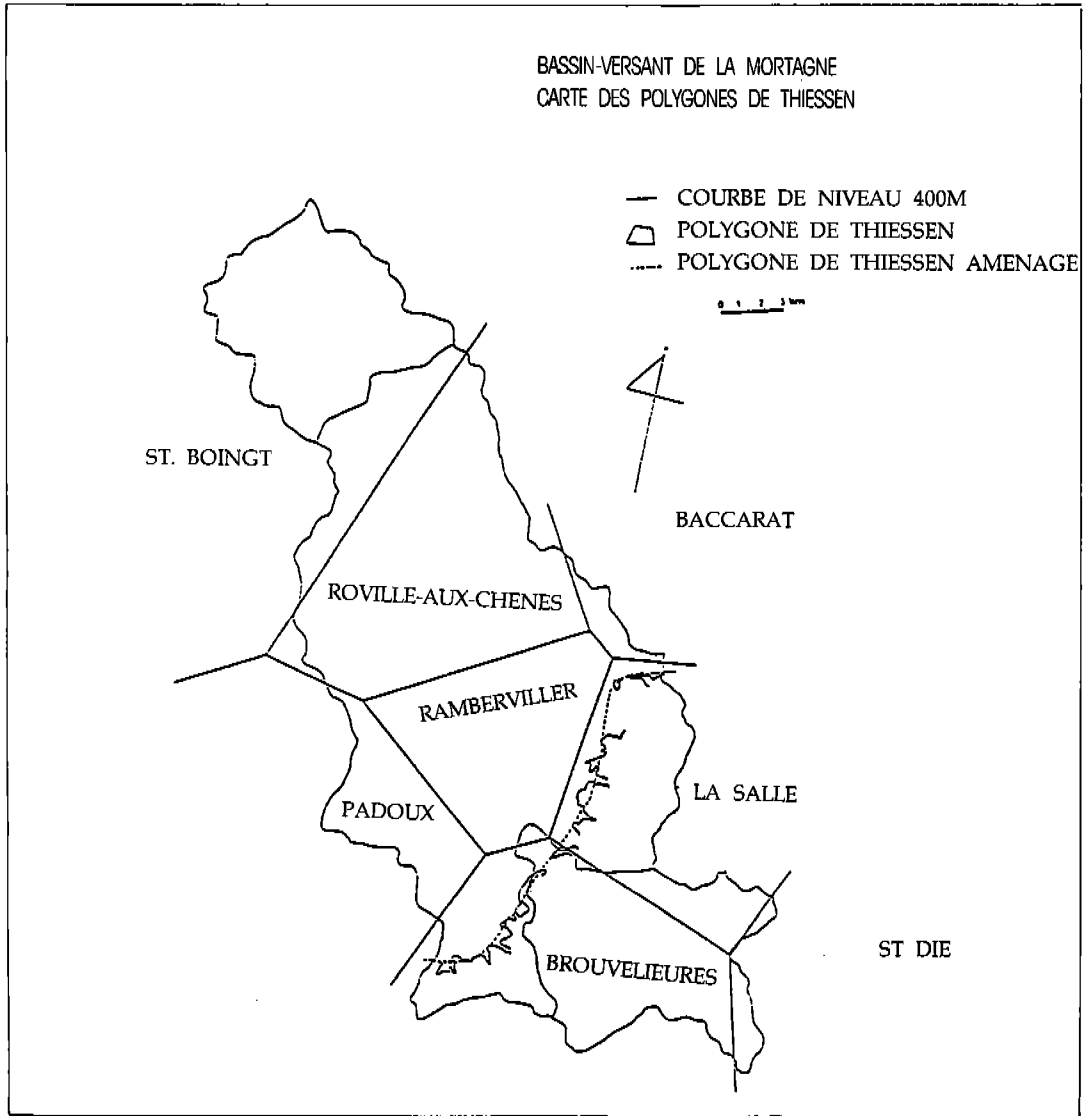


Fig. 4 Thiessen polygon chart of the basin of the Mortagne.

이들 가운데 하류유역의 큰 부분을 차지하고 있는 S11이 전술한 바와 같이 S10이나 S12로 분류될 수 있으므로 투수성 지층이 차지하고 있는 부분은 여기에서 계산된 것보다 좀더 적을 것으로 생각한다.

상류유역은 80%가까이 투수성 지층이 차지하고 있는데 반하여 하류유역을 차지하고 있는 투수성 지층은 57%정도에 지나지 않아 상류유역은 하류유역에 비하여 유출속도가 느리고 지하수의 함유량이 풍부하다. 이는 전향에서 추정된 사항과 반대된다.

### 토지이용

토지이용도는 다음과 같이 분류된다.

	하류유역	상류유역
활엽수	27	9
침엽수	21	64
초지	36	19
경작지	12	6
기타	4	2

(단위: %)

이들의 분포는 지질 및 지형과 무관하지 않다. 즉 비교적 풍화 침식에 강하고 약간 움기되어있는 상류지역은 경사도가 심하여 목장이나 경작지가 적고 많은 부분(73%)이 산림으로 덮혀 있으며, 하류지역은 초지와 경작지가 50% 가까이 차지하고 있다. 일반적으로 산림은 강수를 중간에서 가로채기도 하고 비교적 지표 깊숙히 뿌리를 뻗어 열극을 생성하여 침투량을 증가시키는 반면 많은 증산량을 초래하기도 한다. 일반적으로 침엽수는 활엽수에 비해 뿌리를 깊게 뻗는 것으로

알려져 있으며, 목장으로 많이 이용되는 초지와 골을 파서 경작하는 밭에서는 우수의 지표면 이동이 많다. 따라서 상류에서의 유출은 느리고 강수량에 비하여 비교적 그 양이 적을 것이 예상된다.

### 기후

기후 요소는 기온, 강수량, 기압, 습도, 풍향, 풍속 기타 여러가지가 있으나 여기에서는 실제로 가장 자료가 풍부하고 수문현상에 큰 영향을 주는 기온과 강수량만을 다루기로 한다.

이 유역을 중심으로 기온을 측정하는 곳은 5개소에 달하지만 기온은 지역차가 비교적 적기 때문에 3개소의 기온 분포만을 분석하였다. 결과적으로 기온은 바다로 부터의 거리와 고도에 따라서 달라지는 것을 확인하였다. 기온의 분포는 증발산량의 다과를 결정하는 결정적인 요인으로 이에 의하면 상류지역의 증발산량이 비교적 적을 것이 예상된다.

강수량을 측정하는 곳은 이 부근에 14개소가 있지만 Thiessen 다각형이 이 유역에 이르는 측정장소는 7군데이다. 이를 중심으로 등강우선을 그리면 이 강 계곡 안쪽으로 등강우선이 굽으며 상류쪽으로 가면서 선들이 많아져 평야부와 산간지의 경계부근에서 강수량이 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다(Fig. 6). 따라서 Thiessen 다각형만으로는 정확한 강수분포를 추정하는 것이 곤란하다는 것을 알 수 있다. 여기에서는 대체로 고도 400여 m에서 등고선이 치밀해지는 것을 감안하여 다각형의 면적을 수정하였다(Fig. 5).

그 결과 이로부터 산출되는 강수량, Thorn-



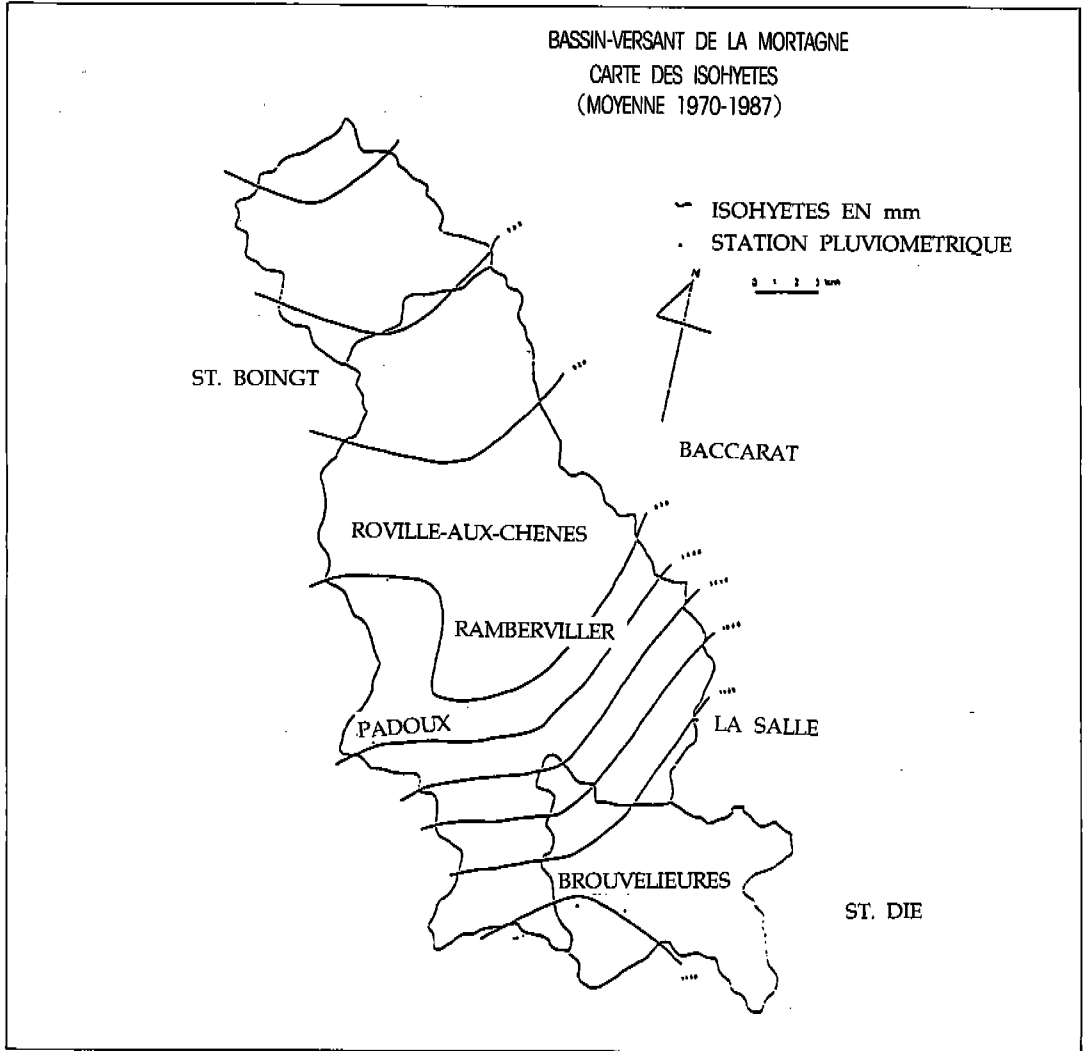


Fig. 5 Isohyetal chart of the basin of the Mortagne.

thwaite의 경험식에 의한 잠재 증발산량, 유출량의 수지분석이 잘 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 이들에 대한 자세한 설명은 본 논문의 주 요소가 아니므로 생략하기로 한다. 그러나 여기에서 강조할 수 있는 사항은 상류로 갈수록 강수량이 많아지고 그 강도 또한 높아진다는 점이다. 따라서 상류의 단위 면적당 유출량이 하류에 비하여 크게 계산될

것이 기대된다.

### 유출현상

지금까지는 유출현상에 영향을 주는 인자들에 대해 간단하게 알아보았다. 이러한 요인들이 작용한 결과는 유출량으로 나타나게 될 것이다. 여기에서는 월 유출량과 침투유량

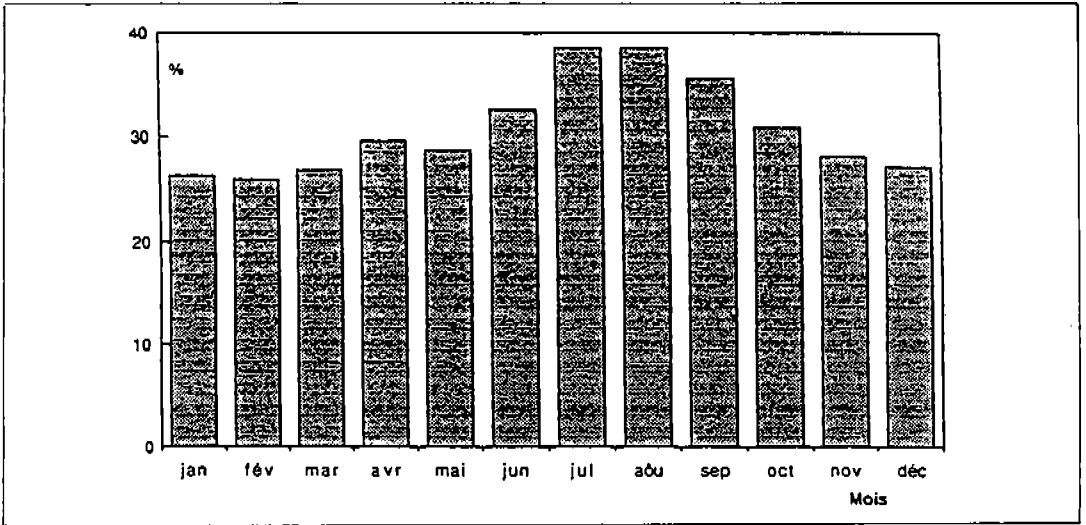


Fig. 6 Ratio between the monthly discharges of the two stations.  
( $Q_{upstream}/Q_{downstream}$  in %)

(강우로 인해 직접영향 받은 수위에 해당하는 유출량)만을 다루기로 한다.

먼저 월 유출량의 경우는 다음 그림(Fig. 6)에서 설명하고 있다. 이는 매월 상류에서의 유출량이 하류에서의 유출량에 차지하는 비율을 나타내는 것으로서 면적단위로 계산하면 하류의 집수면적이 상류에 비해 5배 정도가 크므로 그 유출량도 20% 정도 불과할 것이다. 그러나 실제 상류가 유출량에 차지하는 비율은 강수량이 비교적 적은 5~10월 사이에는 30%~40%에 달하고 강수량이 많은 11~4월 기간에도 최소한 25% 이상에 달하는 것을 볼 수 있다. 이는 상류유역의 지하수 함량이 보다 크다는 것을 나타내며 특히 건조기에 수로에 많은 물을 공급하게 된다는 것을 의미한다. 이는 앞에서 언급한 바대로 지질의 차이에 의한 것으로 보이며 상류지역의 겨울철 유출량 비율이 적은 것은 넓은 침엽수림대에서의 많은 증산량과 상대적으로 많은

수량이 하류에서 흐른다는 등의 원인으로 생각된다.

두 수위 측정지점이 같은 수로의 상하류에 위치하므로 대체로 비교가 가능한 수위곡선을 이룬다. 따라서 같은 홍수기의 유량을 비교하기 위하여 그 유출량을 상류유역의 것은 가로좌표(X)에 두고 하류유역의 것은 세로좌표(Y)에 두어 표시했다. 가운데를 가로지르는 선은  $Y=5X$ , 즉 하류유역은 상류유역에 비해 그 면적이 5배가 더 크므로 이는 면적비를 의미한다(Fig. 7). 따라서 이 가로선의 윗부분에 위치하는 점들은 하류유역에서 흐른 수량이 상류 유역수량의 5배 이상이 되는 것을 뜻한다. 총 10개의 침두수량가운데 7개가 이 선을 넘어있는 것으로 보아 홍수기의 유출량은 하류쪽이 상대적으로 훨씬 큰 것을 보여준다. 이는 위에서 본 월 유출량의 비율과 반대되는 것으로서 상류유역에서의 산림의 역할과 하류유역 지질의 불투수성 및 넓은

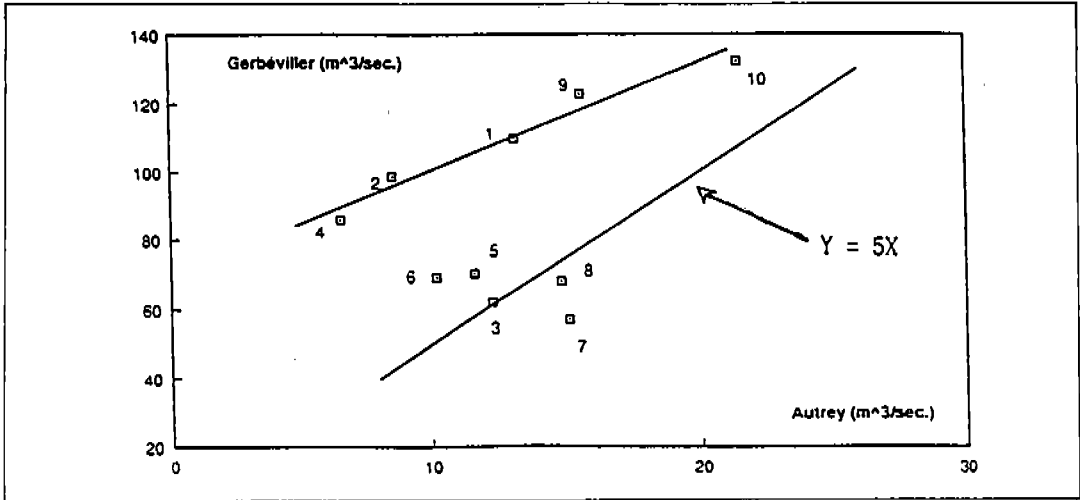


Fig. 7 The peakflows.  
Relation between upstream and downstream.  
(Autrey : upstream, Gerbéviller : downstream).

경작지의 영향이 반영된 것이라고 볼 수 있다. 이 도표에서 비록 상단부에 약간의 경향성을 보여주지만 대체로 각 점들이 흩어져 나타나는 것은 상류지역의 지형성 강우와 비구름의 이동에 따르는 현상 및 몇몇 저수지에서서의 인위적인 유출량 조절 때문일 것이다.

## 결 언

모르파뉴강 유역에서는 그 지질에 따라서 지형이 많은 차이가 있다. 사암 및 역암이 분포하는 상류는 기복이 크고 경사가 급하여 그에 따라 산림이 큰 부분을 차지하고 있다. 기후는 지형의 영향을 받아 상류지역에서는 기온이 낮고 강수량이 많다. 상류유역은 하류유역에 비하여 투수성이 큰 지층들로 되어 있다. 이들 요인에 따라서 월 유출량과 첨두 유량이 상류와 하류에서 다르게 나타나는 것을 파악할 수 있었다. 그러나 아직까지 개

별적인 지질에 대하여 그 지형이 어떠한 영향을 갖는지, 지형에 따른 미기후(microclimate)는 어떠한 경향을 갖는지, 토양과 기반암석의 관계, 그리고 최종적으로 이렇게 이루어진 종합적인 자연 지리적 요인들이 전체적으로 수문현상에 어떠한 영향을 갖는지 등에 대해 물리적으로나 통계적인 경향성의 수치로 정량화된 연구가 매우 적다. 앞으로 이들을 좀더 면밀하게 연구하면 이들 요인과 유출현상들과의 관계를 정량적으로 파악할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- Corbonnois, J., Sary, M., 1986, Etude hydrologique du bassin du Brénon. C.E.G.U.M.
- Decloux, J-P et al., 1989, L'atlas de lithologie, perméabilité à la pollution des formations affluentes du bassin Rhin-Meuse, O.R.S.

T.O.M.

Kim, S.C., 1988, Caracteristiques hydrogéographiques du bassin de la Mortagne, Mémoire de D.E.A. Université de Metz.

Kim, S.C., 1991, Etude hydrologique de la Mortagne, Thèse de doctorat. Université de Metz.

Mentre-Hildenbrand, A., 1986, Contribution à l'étude de phénomènes hydroclimatiques. Le cas du bassin de la Meuse. Thèse Doct.

Univ. Nancy II.

Roche, M., Hydrologie de surface. Paris, Gauthier-Villars.

---

김석중

한국자원연구소

대전시 유성구 가정동 30번지

305-350

TEL : (042)868-3071

FAX : (042)861-9720