

ESSAI DE BILAN HYDROGEOLOGIQUE DANS UNE REGION
KARSTIQUE DE L'ITALIE CENTRALE

par Carlo F. Boni et Paolo Bono

L'étude du bilan hydrogéologique est toujours une tâche délicate parceque elle suppose la connaissance de données quantitatives difficiles à déterminer.

On a pris en considération 10 bassins hydrogéologiques répartis en quatre structures karstiques voisines (fig.1). La surface totale est d'environ 5.000 Km², le volume des précipitations de 6 milliards de m³/a, le débit des sources excède 100 m³/s (plus 20 m³/s de pertes estimées) correspondant à environ 3,5 milliards de m³/a.

Les conditions pour l'évaluation du bilan sont, en résumé, les suivantes:

- Les structures hydrogéologiques et les bassins partiels ont des limites assez bien définies par des lignes structurales et contacts lithologiques marqués.
- Les précipitations sont mesurées depuis plus de 30 ans par un réseau de stations assez serré, même si les données à altitude élevée sont peu nombreuses.
- L'évaluation du débit des sources principales, même si pas encore satisfaisante, est facilitée par la grande régularité du régime d'écoulement. Cette condition, caractéristique de la région, se produit, peut être, parceque les bassins sont très étendus et le karst profond n'est pas trop développé. Les débits qu'il n'a pas été possible de mesurer ont été estimés et dans l'essai de bilan font l'objet d'un calcul séparé.
- L'écoulement de surface a été étudié à l'aide d'observations et de mesures locales, en différents endroits de la région. Les données quantitatives, cependant, sont encore insuffisantes. Dans un bassin représentatif, spécialement équipé dans une zone karstique, pendant une période d'observation de plus de 3 ans, on n'a jamais enregistré un ruissellement excédant 1% de la précipitation, même à l'occasion d'averses d'intensité exceptionnelle. Il en résulte toutefois,

que l'écoulement est fort influencé par la lithologie et la morphologie. Tandis que l'écoulement est très limité, même négligeable dans le calcul d'un bilan annuel, dans un bassin calcaire et calcaire dolomitique bien karstifié, au contraire il ne peut pas être négligé dans un bassin dolomitique ou calcaire marneux où le karst est moins développé.

- La valeur d'évapotranspiration n'apparaît pas dans le bilan parce que les données disponibles ne permettaient qu'une évaluation d'après des méthodes empiriques qui donnent des résultats probablement excessifs.

En tenant compte de ces considérations la méthode suivie pour l'évaluation du bilan a été la suivante:

- Délimitation de la surface du bassin hydrogéologique (S) en Km^2
- Calcul de la précipitation annuelle moyenne d'après Thiessen (P) en m^3/a (P_v) et en mm/a (P_h).
- Calcul de l'écoulement souterrain annuel moyen d'après les débits des exutoires (Q), en m^3/a (Q_v).
- Calcul, par différence, des pertes de surface $P - Q = D$, somme du ruissellement et de l'évapotranspiration $D = R + E$, exprimée en m^3/a (D_v).
- La valeur de Q_v et de D_v , rapporté à la surface du bassin, donne la valeur de l'infiltration efficace (I_h) et des pertes superficielles ($R_h + E_h$) exprimé en mm/a .

Du point de vue géologique on a remarqué des différences entre le karst de la série de "shelf" carbonaté subsident et le karst de la série de transition "shelf-bassin".

Dans le faciès de "shelf", la série calcaire-dolomitique mésozoïque, puissante 3000 m; n'a aucune intercalation imperméable. La région a été affectée par deux phases tectoniques marquées: la première mio-pliocène qui a produit des chevauchements et la seconde, assez récente, qui a provoqué des effondrements. Ce type de tectonique qui a produit des contacts lithologiques nets, a donné aux bassins des limites assez bien définies. L'infiltration efficace est très élevée et le ruissellement de surface très limité. Les exutoires, ali-

gnés le long des limites lithologiques de la structure, dans les points d'altitude moins élevée, donnent des débits remarquables aux régimes assez irréguliers.

Dans le facies de transtion shelf-bassin la série carbonatée puissante environ 1500 m, est moins pure et omogène. Les calcaires sont souvent marneux et niveaux de scistes argilleux et silicieux se intercalent aux formations karstiques. La première phase tectonique a donné origine à structures plissées et chevauchantes, la seconde phase, d'effondrement, a produit des vastes depressions, souvent fermées. Les structures hydrogéologique sont complexes et variées, les contours des bassins irreguliers; l'infiltration efficace est réduite et le ruissellement plus élevé.

Du point de vue hydrogéologique, dans les bassins partiels du shelf on a évalué des valeurs d'infiltration efficace annuelle moyenne entre 740 et 940 mm (P = 1150-1400). La moyenne est 850 mm environ.

Dans le facies de transition shelf-bassin l'infiltration moyenne efficace est de 650 mm, dans la partie basse de la série qui est plus calcaire, et de 470 mm dans les calcaires marneux (P = 1100-1200).

Cet essai de bilan, qui nous a coûté plusieurs années de travail, est surement encore imprecis et peut être amélioré, surtout dans le domain des mesures des débits. Toutefois il interesse une région très étendue, où les imprecisions dans l'étude des bassins partiels, sont en partie balancées dans le bilan général, en evitant ainsi le risque de presenter des résultats obtenus dans des bassin peu étendus ou aux situations très particulières, comme des résultats representatifs d'un phénomène, tel que le karst, énormement varié et encore très peu connu.

Limites du bassin hydrogéologique :

Les limites sont bien définies par des lignes structurales, dans le secteur NE, et par des contacts lithologiques bien marqués à SW.

2. Surface du bassin hydrogéologique: km² 508 (S)3. Géologie du bassin

Série de shelf carbonaté subsidente, d'âge mésozoïque, puissante 3000 m.

- Lithologie: dolomies (Lias) passantes à calcaires dolomitiques et calcaires (Jura-Crétacé).
- Tectonique: Chevauchement de la série mésozoïque à NE sur flysh argilleux (Mio-Pliocène); phase d'effondrement (Plio-Pleistocène) marquée surtout dans la zone SW.
- Roches affleures : calcaires km² 404 (80%); calcaires dolomitiques km² 104 (20%).

4. Morphologie

- a) Hypsométrie: 0-200 = 14%; 200-400 = 14%; 400-600 = 22%; 600-800 = 21%;
800-1000 = 13%; 1000-1200 = 12%; 1200-1400 = 3,7%;
1400-1600 = 0,3%
- b) karst: superficiel bien développé et distribué d'une manière uniforme.
Nombreuses formes karstiques profondes pénétrables.

5. Précipitations (P)

- a) Equipement du bassin:
stations considérées: 7 (2/77 km²); altitude max. 650, min. 24
- b) Période d'observation: 30 années
- c) Précipitation annuelle moyenne: max. 1332 (alt. 363), min. 1062 (alt. 150)
- d) Précipitation moyenne sur le bassin (Thiessen) P_m = 1199 mm/a
- e) Volume annuel moyen des précipitations P_v = 609 x 10⁶ m³/a

6. Écoulement souterrain (Q)

a) Exutoires: 10 groupes de sources situées, le long de 25 km, à la limite SW du bassin, entre altitude 25 et 3.

b) Débit des sources

- Période d'observation: 1926-33; 1973-78

- Débits mesurés: moyen $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$

- Régime des débits: régime assez régulier dans la plupart des cas. Variation de $\pm 50\%$ par rapport à la moyenne.

- Débit moyen considéré: $Q = 13,5 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_v = 426 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q_h = 838 \text{ mm/a}$

c) Débits des sources non mesurés (N): pertes réduites, estimées environ 10% par rapport au débit mesuré.

$N = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$; $N_v = 50 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $N_h = 99 \text{ mm/a}$

d) Débit souterrain total estimé $Q' = Q + N$

$Q' = 15 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q'_v = 476 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q'_h = 937 \text{ mm/a}$

7. Essai de bilan

a) En considérant les débits mesurés:

$$P_v - Q_v = D_v = 609 \times 10^6 - 426 \times 10^6 = 183 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$\text{Infiltration efficace } I_h = Q_v/S = 838 \text{ mm/a}$$

$$\text{Pertes de surface } D_h = 364 \text{ mm/a} = (R+E)$$

$$P_h - Q_h = D_h = 1199 - 838 = 361 \text{ mm/a}$$

$$Q_v/P_v = 70\%$$

b) En considérant le débit total estimé:

$$P_v - Q'_v = D'_v = 609 \times 10^6 - 476 \times 10^6 = 133 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$P'_h = 937 \text{ mm/a}$$

$$D'_h = 262 \text{ mm/a}$$

$$P_h - Q'_h = D'_h = 1199 - 937 = 262 \text{ mm/a}$$

$$Q'_v/P_v = 78\%$$

8. Observations

- Précipitations calculées probablement par défaut, puisque la plupart des pluviomètres se trouve à basse altitude (moins de 650 m).
- Même si la période d'observation est assez courte, les données de débit paraissent valables, car le régime des sources est assez régulier.
- Minéralisation des eaux: 270-2800 mg/l (apports thermominéraux).

BASSIN HYDROGÉOLOGIQUE DES MONTS AUSONI (n.2)

1. Limites du bassin hydrogéologique

Bassin assez bien délimité. Des doutes sur les limites N.
Dans la zone S le relief carbonaté se plonge dans la mer où il vient en contact avec des bassins lacustres côtiers au long de environ 8 km.

2. Surface du bassin hydrogéologique km² 378 (S)

3. Géologie du bassin

Série de shelf carbonaté subsidente; d'âge mésozoïque, puissance 3000 m.
- Lithologie: dolomies (Lias) passantes à calcaires dolomitiques et calcaires (Jura-Crétacé).
- Tectonique: Chevauchement de la série mésozoïque à NE sur flysh argilleux (Mio-Pliocène); phase d'effondrement (Plio-Pleistocène) marquée surtout dans la zone SW.

Roches affleurantes: calcaires km² 302 (80%); calcaires dolomitiques km² 76 (20%)

4. Morphologie

- a) Hypsométrie: 0-200 = 12,5%; 200-400 = 32,5%; 400-600 = 33,5%;
600-800 = 17%; 800-1000 = 4%; 1000-1200 = 0,5%
b) karst: superficiel très développé; formes karstiques profondes pénétrables.

5. Précipitations (P)

- a) Equipement du bassin:
stations considérées: 9 (1/42 km²) altitude max. 350, min. 2
b) Période d'observation: 30 années
c) Précipitation annuelle moyenne: max. 1619 (alt. 350), min. 829 (alt. 2)
d) Précipitation moyenne sur le bassin (Thiessen) $P_h = 1293$ mm/a
e) Volume annuel moyen des précipitations $P_v = 439 \times 10^6$ m³/a

6. Écoulement souterrain (Q)

a) Exutoires: 36 sources pérennes (dont 5 au débit moyen de plus de 500 l/s) à altitude entre 90 et le niveau de la mer.

b) Débit des sources

- Période d'observation: 1928-33; 1973-78
- Débits mesurés: moyen 3,4 m³/s

- Régime des débits: le régime des sources à altitude élevées est très irrégulier, tandis qu'il devient régulier près du niveau de la mer ($\pm 50\%$ par rapport au débit moyen).

- Débit moyen considéré: $Q = 8,1 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_v = 265 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q_h = 701 \text{ mm/a}$

c) Débits des sources non mesurés (X): fortes pertes sous-marine et sous lacustres dans la zone S, très difficiles à mesurer.

$X = 2,6 \text{ m}^3/\text{s}$; $X_v = 80 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $X_h = 211 \text{ mm/a}$

d) Débit souterrain total estimé $Q' = Q + X$

$Q' = 11 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q'_v = 345 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q'_h = 912 \text{ mm/a}$

7. Essai de bilan

a) En considérant les débits mesurés:

$$P_v - Q_v = D_v = 489 \times 10^6 - 265 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a} = 224 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$\text{Infiltration efficace } I_h = Q_v/S = 701 \text{ mm/a}$$

$$\text{Pertes de surface } D_h = 592 \text{ mm/a} = (R+E)$$

$$I_h - Q_h = D_h = 1293 - 701 = 592 \text{ mm/a}$$

$$Q_v/I_v = 54\%$$

b) En considérant le débit total estimé:

$$P_v - Q'_v = D'_v = 489 \times 10^6 - 345 \times 10^6 = 144 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$I'_h = 912 \text{ mm/a}$$

$$D'_h = 381 \text{ mm/a}$$

$$I'_h - Q'_h = D'_h = 1293 - 912 = 381 \text{ mm/a}$$

$$Q'_v/I'_v = 70\%$$

8. Observations

- La valeur des précipitations (1293 mm) est comparable avec celle des zones voisines.
- Les données de débit moyen mesurées sont suffisamment valables.
- Les pertes sont sûrement remarquables, mais ne sont pas connues.
- La valeur d'infiltration efficace (912 mm) estimée est évidemment tout à fait approximée.
- Minéralisation des eaux: variable entre 200 et 3300 mg/l (apports thermominéraux e/o d'eaux salées).

BASSIN HYDROGÉOLOGIQUE DES MONTS AURUNCI OCCIDENTAUX (n.3)

1. Limites du bassin hydrogéologique

Limites assez bien définies. Dans la zone S le relief carbonaté se plonge dans la mer le long d'environ 15 km.

2. Surface du bassin hydrogéologique km² 346 (S)

3. Géologie du bassin

Relief calcaire-dolomitique (partie basale de la série) charrié à N sur le flysch miocène et en suite affecté par une phase de effondrement.

Roches affleurantes: calcaires km² 48 (14%); calcaires dolomitiques km² 276 (80%); dolomies km² 22 (6%)

4. Morphologie

a) Hypsométrie: 0-200 = 35%; 200-400 = 15%; 400-600 = 9%; 600-800 = 16%;
800-1000 = 11%; 1000-1200 = 9%; 1200-1400 = 1,5%;
1400-1600 = 0,5%

b) karst: très développé soit dans les calcaires soit dans les calcaires dolomitiques.

5. Précipitations (P)

a) Equipement du bassin:

stations considérées: 5 (1/70 km²); altitude max. 370; min. 8

b) Période d'observation: 30 années

c) Précipitation annuelle moyenne: max. 1480 (alt. 370), min. 1114 (alt. 40)

d) Précipitation moyenne sur le bassin (Thiessen) P_h = 1275 mm/a

e) Volume annuel moyen des précipitation P_v = 441x10⁶ m³/a

6. Écoulement souterrain (Q)

a) Exutoires: 11 sources karstiques entre altitude 75 et le niveau de la mer.

b) Débit des sources

- Période d'observation: 1973-76; 1978

- Débit mesurés: pendant 1973-76 le débit moyen mesuré était $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$.
Les débits mesurés en différentes périodes de 1978 étaient variables entre $1,4$ et $5,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Régime des débits: très irrégulier, surtout dans les sources à altitude élevée.

- Débit moyen considéré: $Q = 2,3 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_v = 73 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q_h = 211 \text{ mm/a}$

c) Débits des sources non mesurés (X): énormes pertes le long de 15 km de côte où se trouvent des nombreuses sources sous-marines.

$X = 6 \text{ m}^3/\text{s}$; $X_v = 189 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $X_h = 547 \text{ mm/a}$

d) Débit souterrain total estimé ($Q' = Q + X$)

$Q' = 8,3 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q'_v = 262 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q'_h = 758 \text{ mm/a}$

7. Essai de bilan

a) En considérant les débit mesurés:

$P_v - Q_v = D_v = 441 \times 10^6 - 73 \times 10^6 = 368 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

Infiltration efficace $I_h = Q_v/S = 211 \text{ mm/a}$

Pertes de surface $D_h = 1064 \text{ mm/a} = (R+E)$

$P_h - Q_h = D_h = 1275 - 211 = 1064 \text{ mm/a}$

$Q_v/P_v = 16\%$

b) En considérant le débit total estimé:

$P_v - Q'_v = D'_v = 441 \times 10^6 - 262 \times 10^6 = 179 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

$I'_h = 758 \text{ mm/a}$

$D'_h = 517 \text{ mm/a}$

$P_h - Q'_h = D'_h = 1275 - 758 = 517 \text{ mm/a}$

$Q'_v/P_v = 59\%$

8. Observations

- La valeur des précipitations est comparable avec celle des zones voisines.
- Les données des débits ne sont pas définies, pourtant le bilan ne peut que être approximé.
- Le ruissellement sur les calcaires dolomitiques n'est pas négligeable, même s'il n'a pas été mesuré.
- Même si imprécis, cet essai de bilan peut être intéressant car il nous permet d'évaluer indirectement les pertes sous-marines (400 l/s environ pour chaque km de côte calcaire).
- Minéralisation des eaux: variable entre 175 et 400 mg/l.

BASSIN HYDROGEOLOGIQUE DES MONTS SIMBRUNI SETTENTRIONALI (n.4)
(Sources de Acqua Pia Marcia)

1. Limites du bassin hydrogéologique

Les limites sont bien définies par des lignes tectoniques et contacts lithologiques à N et NW; elles sont approximées dans la zone S, à l'intérieur de la structure.

2. Surface du bassin hydrogéologique: km² 230 (S)

3. Géologie du bassin

- Lithostratigraphie: calcaires dolomitiques et calcaires de "shelf" qui passent à facies récifaux (Crétacé Sup.) et facies détritiques (Miocène Moy.)
- Tectonique: monoclinale immergée à NE, chevauchante sur le flysh, coupée par un système d'effondrement qui donne origine à des dépressions fermées.

- Roches affleurantes: calcaires km² 17 (7%); calcaires dolomitiques km² 213 (93%)

4. Morphologie

Plateau karstique entre altitude 800 et 1500 m.

- a) Niveau de base: 325 m. Altitude max. 2014
- b) Hypsométrie: 0-200 = -%; 200-400 = 2%; 400-600 = 3%; 600-800 = 8%;
800-1000 = 11%; 1000-1200 = 15%; 1200-1400 = 32%;
1400-1600 = 29%; 1600-1800 = -%; 1800-2000 = -%
- c) Karst: formes karstiques de surface et profondes bien développées,

5. Précipitations (P)

- a) Equipement du bassin:
Stations considérées: 10 (1/23 km²); altitude max. 1157, min. 470
- b) Période d'observation: 30 années
- c) Précipitations annuelle moyenne: max. 1587 (alt. 1157), min. 927 (alt. 1011)
- d) Précipitation moyenne sur le bassin (Thiessen) P_h = 1217 mm/a
- e) Volume annuel moyen des précipitations P_v = 280 x 10⁶ m³/a

6. Ecoulement souterrain (Q)

a) Exutoires: Groupe de sources de Acqua Pia Marria, près de Agosta, à altitude 325 m. Les sources, captées par la ville de Rome, sont localisées le long d'environ 5 km près du lit du fleuve Aniene.

b) Débit des sources

- Période d'observation: 33 ans (1933-1976)

- Débits mesurés: moyen = $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$

- Régime des débits: très régulier; débit moyen: $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$, min. 3,4 max. : 8,1 sur la période d'observation.

- Débit moyen considéré: $Q = 5,3 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_v = 168 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q_h = 730 \text{ mm/a}$

c) Débits des sources non mesurés (X): considérables pertes dans le lit du fleuve Aniene, le long de 5 km environ. Estimé:

$X = 0,8 \text{ m}^3/\text{s}$; $X_v = 25 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $X_h = 109 \text{ mm/a}$

d) Débit souterrain total estimé $Q' = Q + X$

$Q' = 61 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q'_v = 193 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q'_h = 839 \text{ mm/a}$

7. Essai de bilan

a) En considérant les débit mesurés:

$$P_v - Q_v = D_v = 280 \times 10^6 - 168 \times 10^6 = 112 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$\text{Infiltration efficace } I_h = Q_v/S = 730 \text{ mm/a}$$

$$\text{Pertes de surface } D_h = 487 \text{ mm/a} = (R+E)$$

$$P_h - Q_h = D_h = 1217 - 730 = 487 \text{ mm/a}$$

$$Q_v/P_v = 60\%$$

b) En considérant le débit total estimé:

$$P_v - Q'_v = D'_v = 280 \times 10^6 - 193 \times 10^6 = 87 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$I_h = 839 \text{ mm/a}$$

$$D'_h = 387 \text{ mm/a}$$

$$P_h - Q'_h = D'_h = 1217 - 839 = 378 \text{ mm/a}$$

$$Q'_v/P'_v = 69\%$$

8. Observations

- La précipitation est plus basse par rapport aux bassin voisins.

Le ruissellement est négligeable.

- Il est probable que les valeurs réelles de P et Q soient plus élevées.

- Mineralisation des eaux: environ 400 mg/l.

BASSIN HYDROGEOLOGIQUE DES MONTS SIMBRUINI ORIENTALI (n.5)
(SOURCES DU HAUT LIRI)

1. Limites du bassin hydrogéologique

Les limites sont bien définies à NW par une ligne tectonique; approximées à SW, à l'intérieur de la structure.

2. Surface du bassin hydrogéologique: km² 122 (5)

3. Géologie du bassin

Monoclinale de calcaires dolomitiques (Cretacé moyen), calcaires bioclastiques (Cretacé) et calcaires détritiques (Miocène), passante à plis-faille à NE, sur le flysh.

- Tectonique d'effondrement récent qui a engendré des dépressions fermées, fort karstifiées.

- Roches affleurantes: calcaires km² 102 (83%); calcaires dolomitiques km² 20 (17%)

4. Morphologie

Plateau calcaire à altitude 1000-1500 m.

a) Niveau de base: 780 m

b) Hypsometrie: 0-200 = - %; 200-400 = - %; 400-600 = - %; 600-800 = 0,2 %;
800-1000 = 2,8 %; 1000-1200 = 17 %; 1200-1400 = 29 %;
1400-1600 = 35 %; 1600-1800 = 12 %; 1800-2000 = 4 %

c) Karst de surface et profond bien développé le long des lignes tectoniques d'effondrement.

5. Précipitations (P)

a) Equipement du bassin:

Stations considérés: 5 (1/24 km²); altitude max. 1157, min. 659

b) Période d'observation: 30 ans

c) Précipitations annuelle moyenne: max. 1587 (alt. 1157), min. 927 (alt. 1011)

d) Précipitation moyenne sur le bassin (Thiessen) P_h = 1410 mm/a

e) Volume annuel moyen des précipitations P_v = 172x10⁶ m³/a

6. Écoulement souterrain (Q)

a) Exutoires:

Groupe de 13 sources alignées dans la vallée du fleuve Liri, le long du contact tectonique qui limite le bassin à NE.
altitude entre 780 et 960 m.

b) Débit des sources

- Période d'observation: très irrégulier, pour les sources principales 8-15 ans (aménagement hydroélectrique).
- Débits mesurés: $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Régime des débits: très irrégulier, avec des variations entre débit d'étiage et débit de crue de 1/5.
- Débit moyen considéré: $Q = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_v = 95 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q_h = 779 \text{ mm/a}$

c) Débits des sources non mesurés (X): pertes estimées $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ près de la source la plus basse.

$$X = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}; X_v = 19 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}; X_h = 156 \text{ mm/a}$$

d) Débit souterrain total estimé $Q' = Q + X$

$$Q' = 3,6 \text{ m}^3/\text{s}; Q'_v = 114 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}; Q'_h = 934 \text{ mm/a}$$

7. Essai de bilan

a) En considérant les débit mesurés:

$$P_v - Q_v = D_v \approx 172 \times 10^6 - 95 \times 10^6 = 77 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$\text{Infiltration efficace } I_h = Q_v/S = 779 \text{ mm/a}$$

$$\text{Pertes de surface } D_h = 631 \text{ mm/a} = (R1E)$$

$$P_h - Q_h = D_h \approx 1410 - 779 = 631 \text{ mm/a}$$

$$Q_v/P_v = 55\%$$

b) En considérant le débit total estimé:

$$P_v - Q'_v = D'_v \approx 172 \times 10^6 - 114 \times 10^6 = 58 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$I_h = 935 \text{ mm/a}$$

$$D'_h = 475 \text{ mm/a}$$

$$P_h - Q'_h = D'_h \approx 1410 - 935 = 475 \text{ mm/a}$$

$$Q'_v/P_v = 66\%$$

8. Observations

- Les données de débit ne sont pas satisfaisantes.
- L'infiltration efficace est favorisée par la morphologie. Le ruissellement est presque inexistant.
- La valeur des pertes de surface paraît élevée.
- Minéralisation des eaux: variable entre 150 et 200 mg/l.

BASSIN HYDROGEOLOGIQUE DES MONTS SIMBRUNI CENTRALI (S)
(Haut bassin du fleuve Aniene)

Ce bassin se détache de tous les autres examinés. Il s'agit d'une vallée creusée dans la série carbonatée par le fleuve Aniene, le seul cour d'eau pérenne qui s'écoule dans les calcaires. Les dolomies extrêmement tectonisées, qui affleurent au noyau de la structure, sont saturées jusqu'à 1000 m de altitude; les calcaires sont affectés par un réseau karstique dont le niveau de base est dans le fleuve. Dans son secteur dolomitique, le fleuve est alimenté par apports latéraux dans le lit et par petites sources; dans sa partie calcaires, par des nombreuses sources karstiques alignées près de son lit.

1. Limites du bassin hydrogéologique

Limites non bien déterminées.

2. Surface du bassin hydrogéologique km² 235 (S)

3. Géologie du bassin

- Lithostratigraphie: dolomies (Trias et Lias) fort tectonisées et fracturées; calcaires dolomitiques et calcaires (Jura-Cretacé).
- Tectonique: noyau de la structure dont la tectonique est très complexe.
- Roches affleurantes: calcaires km² 132 (56%); calcaires dolomitiques km² 78 (33%); dolomies km² 25 (11%).

4. Morphologie

- a) Altitude max. 2154 ; niveau de base: 403 m
- b) Hypsométrie: 0-200 = -%; 200-400 = -%; 400-600 = 3%; 600-800 = 8%; 800-1000 = 26%; 1000-1200 = 22%; 1200-1400 = 16%; 1400-1600 = 8%; 1600-1800 = 8%; 1800-2000 = 18%; 2000-2200 = 0,2%
- c) karst: très limité dans les dolomies; bien développé dans les calcaires; formes profondes pénétrables.

5. Précipitations (P)

- a) Equipement du bassin:
Stations considérées: 3 (1/78 km²); altitude max. 1062, min. 640
- b) Période d'observation: 30 années
- c) Précipitation annuelle moyenne: max. 1578 mm (alt. 825), min. 1345 mm (alt. 640)
- d) Précipitation moyenne sur le bassin (Thiessen) Ph = 1485 mm/a
- e) Volume annuel moyen des précipitations Pv = 349x10⁶ m³/a

6A. Écoulement souterrain (Q)

- a) Exutoires: de nombreuses petites sources dans les dolomies; sources karstiques plus importantes dans les formations calcaires, au niveau du fleuve. Alimentation latérale sous fluviale.
- b) Débit des sources:
- Période d'observation: Sources principales: quelques années; débit du fleuve Aniène (écoulement totale des sources + ruissellement): 18 ans.
 - Débit mesurés: 5-6 m³/s
 - Régime des débits: sources des dolomies: débit assez régulier; sources des calcaires: débit fort variable.
 - Débit moyen considéré: $Q = 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_v = 173 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q_h = 736 \text{ mm/a}$;
- c) Débits des sources non mesurés (X): alimentation latérale dans le lit du fleuve estimé:
- $X = 1 \text{ m}^3/\text{s}$; $X_v = 32 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $X_h = 136 \text{ mm/a}$
- d) Débit souterrain total estimé $Q' = Q + X$
- $Q' = 6,5 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q'_v = 205 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q'_h = 872 \text{ mm/a}$

6B. Écoulement de surface (Qt)

L'écoulement du fleuve Aniène a été mesuré, à la limite de la structure carbonatée, pendant 18 ans. Le débit moyen mesuré correspond à l'écoulement total (débit souterrain + ruissellement).

$$Q_t = (Q+R) = 8,3 \text{ m}^3/\text{s}; 263 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}; 1119 \text{ mm/a}$$

7. Essai de bilan

- a) En considérant les débit mesurés:

$$P_v - Q_v = D_v = 349 \times 10^6 - 173 \times 10^6 = 176 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$
$$\text{Infiltration efficace } I_h = Q_v/s = 736 \text{ mm/a}$$
$$\text{Pertes de surface } D_h = 749 \text{ mm/a} = (R+E)''$$
$$I_h - Q_h = D_h = 1485 - 736 = 749 \text{ mm/a}$$
$$Q_v/P_v = 50\%$$

- b) En considérant le débit total estimé:

$$P_v - Q'_v = D'_v = 349 \times 10^6 - 205 \times 10^6 = 144 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$
$$I_h = 872 \text{ mm/a}$$
$$D'_h = 613 \text{ mm/a}$$
$$I_h - Q'_h = D'_h = 1485 - 872 = 613 \text{ mm/a}$$

c) En considérant l'écoulement de surface Q_t (voir 61.)

La évapotranspiration et le ruissellement peuvent être calculés par différence:

$$E_v = P_v - (Q_v + R_v)$$

$$E_v = 349 \times 10^6 - 263 \times 10^6 = 86 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}; E_h = 366 \text{ mm/a}$$

$$R_v = D'v - E_v$$

$$49 \times 10^6 - 44 \times 10^6 = 5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}; R_h = 246 \text{ mm/a}$$

B. Observations

- Peuvent être considérées valables les valeurs:

- de précipitation
- d'écoulement total
- d'évapotranspiration (par différence)

Les valeurs d'infiltration et d'écoulement superficiel sont imprécises

Minéralisation des eaux: variable entre 150 et 250 mg/l.

BASSIN HYDROGEOLOGIQUE DES MONTS SIMBRUINI MERIDIONAL
ERNICI CAIRO, CAMINO (n. 7)
(Sources des F. Gari et Peccia)

1) Limites du bassin hydrogéologique

Les limites du bassin sont bien définies par lignes tectoniques marquées dans la plupart des contours; limites incertaines à S près des sources de Peccia.

2) Surface du bassin hydrogéologique km^2 900 (S)

3. Cô

- Lithostratigraphie: série de shelf carbonaté puissante 3000 m constituée par dolomies (Lias), calcaires dolomitiques (Jura Cretacé), calcaires (Cretacé Sup. et Miocène).

Tectonique: chevauchement à NE de la série calcaire sur flysh argilleux (Mio-Pliocène). Phase d'effondrement Plio-Pleistocène.

- Roches affleurantes: calcaires km^2 521 (58%); calcaires dolomitiques km^2 278 (31%); dolomies km^2 4 (0,4%); alluvions km^2 97 (11%)

4. Morr

Très variée.

a) Niveau de base: 25 - 30 m

b) Hypsométrie: 0-200 = 3%; 200-400 = 25%; 400-600 = 24%; 600-800 = 18%;
800-1000 = 13%; 1000-1200 = 8%; 1200-1400 = 5%;
1400-1600 = 2,5%; 1600-1800 = 1%; 1800-2000 = 0,5% ²

le surface bien développé, karst profond peu connu.

5. Précipitations (P)

a) Equipement du bassin:

Stations considérées: 22 ($1/41 \text{ km}^2$), altitude max. 1157, min. 39

b) Période d'observation: 30 ans

c) Précipitation annuelle moyenne: max. 1689 (alt. 800), min. 1058 (alt. 470)

d) Précipitation moyenne sur le bassin (Thiessen) $P_h = 1378 \text{ mm/a}$

e) Volume annuel moyen des précipitations $P_v = 1240 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

6. Écoulement souterrain (Q)

A- Exutoires: 3 groupes de sources:

- a) groupe du Gari (Cassino) altitude 35-40 m
- b) groupe du Peccia, alt. 25-30 m
- c) groupe de sources situées le long de la limite SW alt. 234-112 m

B- Débit des sources

- Période d'observation:

a) Gari, trois périodes:

- 1932-1939 (38 mesures dont 2 seulement plus basses que $20 \text{ m}^3/\text{s}$)
- 1965-1970 (données journalières, moyenne $17,30 \text{ m}^3/\text{s}$)
- 1974-1977 (données journalières, moyenne $15,0 \text{ m}^3/\text{s}$)

b) Peccia, quelques données hystoriques. 1973-1977 (données journalières, moyenne $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$)

c) source de SW: observations irrégulières.

- Débits mesurés:

a) Gari: moyenne considérée $17 \text{ m}^3/\text{s} = 536 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

b) Peccia: moyenne considérée $4 \text{ m}^3/\text{s} = 126 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

Un apport éventuel de la structure des Mainarde a été considéré d'environ $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$

c) sources du SW: moyenne considérée $2 \text{ m}^3/\text{s} = 64 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

- Régime des débits:

a) Gari: (1965-1977) très régulier: min. $14 \text{ m}^3/\text{s}$ (1975), max $19 \text{ m}^3/\text{sec}$ (1977)

b) Peccia: (1973-1977), très régulier: max. $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$, min. $5,10 \text{ m}^3/\text{s}$

On peu avancer l'hypothèse que la baisse de débit, entre les vieilles et les nouvelles données concernant le Gari, depend de différents facteurs: 1-variations pluviométriques; 2-précision des mesures; 3-travaux d'aménagement hydroélectrique qui ont rebaisé de quelque mètre le niveau de base des sources du Peccia en augmentant son débit et en rebaisant le débit des sources du Gari.

c) sources karstiques à débit forç variable.

- Débit moyen considéré: $Q = 23 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_v = 726 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$;

$Q_h = 807 \text{ mm/a}$

C - Débits des sources non mesurées (X): on a estimé les pertes suivantes

a) Gari: $1 \text{ m}^3/\text{sec}$

c) Sources du SW: $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$

$X = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}; X_v = 47 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}; X_h = 52 \text{ mm/a}$

D - Débit d'écoulement souterrain total estimé $Q' = Q + X$

$Q' = 24,5 \text{ m}^3/\text{s}; Q'_v = Q_v + Q_x = 773 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}; Q'_h = 859 \text{ mm/a}$

7. Essai de bilan

a) En considérant les débits mesurés:

$P_v - Q_v = D_v = 1240 \times 10^6 - 726 \times 10^6 = 514 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

Infiltration efficace $I_h = Q_v/S = 807 \text{ mm/a}$

Pertes de surface $D_h = 571 \text{ mm/a} = (R+E)$

$P_h - Q_h = D_h = 1378 - 807 = 571 \text{ mm/a}$

$Q_v/P_v = 58\%$

b) En considérant le débit total estimé:

$P_v - Q'_v = D'_v = 1240 \times 10^6 - 773 \times 10^6 = 467 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

$I'_h = 359 \text{ mm/a}$

$D'_h = 519 \text{ mm/a}$

$P_h - Q'_h = D'_h = 1378 - 359 = 519 \text{ mm/a}$

$Q'_v/P_v = 63\%$

8. Observations

- La valeur des pertes de surface est remarquable. Probablement elle est due surtout au fort ruissellement, sur les alluvions fluvo-lacustres, qui alimente le fleuve Liri.
- Les doutes au sujet de la limite S du bassin n'ont pas encore été dissipés.
- Minéralisation des eaux: variable entre 500 et 600 mg/l.

BASSIN HYDROGEOLOGIQUE DES SOURCES DU PESCHIERA (n. 8)

1. Limites du bassin hydrogéologique

Limites bien définies par lignes structurales et contacts lithologiques marqués.

2. Surface du bassin hydrogéologique km² 1036 (S)

3. Géologie du bassin

Le bassin s'étend à la limite NE du "shelf" carbonaté des Abruzzes.

- Lithostratigraphie: dolomies (Lias); calcaires dolomitiques et calcaires (micrites) faisant passage latéral à des facies bioclastiques et récifaux (Jura-Cretacé); calcaires et calcaires marneux (Paléogène-Miocène Inf.); couvertures détritiques locales.
- Tectonique: chevauchement à NE très poussé des calcaires sur le flysh (Mio-Pliocène); phase d'effondrement récent qui a causé des dépressions internes étendues.
- Roches affleurantes: dolomies km² 9 (1%); calcaires dolomitiques km² 33 (3%); calcaires km² 651 (63%); calcaires marneux km² 176 (17%); dépôts quaternaires détritiques et fluvio-lacustres km² 167 (16%).

4. Morphologie

Très variée.

- a) Altitude max. : 2500 m niveau de base: 410 m
- b) Hypsométrie: 0-200 = - %; 200-400 = - %; 400-600 = 23 %; 600-800 = 9,3 %;
800-1000 = 7,2 %; 1200-1400 = 16,2 %; 1400-1600 = 12,3 %; ;
1600-1800 = 4,0 %; 1800-2000 = 5,7 %; 2000-2200 = 2,7 %;
2200-2400 = 0,6 % > 2400 = 0,1
- c) karst: bien développé en surface, karst profond peu connu.

5. Précipitations (P)

- a) Equipement du bassin:
Stations considérées: 21 (1/50 km²); altitude max. 1400, min. 570
- b) Période d'observation: 30 années
- c) Précipitation annuelle moyenne; max. 1446 mm (alt. 1055), min. 640 mm (alt. 830)
- d) Précipitation moyenne sur le bassin (P_h) = 1122 mm/a
- e) Volume annuel moyen des précipitations P_v = 1162 x 10⁶ m³/a

6. Ecoulement souterrain (Q)

a) Exutoires: un exutoire principal, la source du Peschiera, utilisé par la ville de Roma, et des sources plus petites à quelque km.

b) Débit des sources:

- Période d'observation: Exutoire principal (27 ans entre 1940 et 1977)

- Débit mesurés: débit moyen de la source du Peschiera $17,8 \text{ m}^3/\text{s}$
débit moyen des sources plus petites $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$
total $21,0 \text{ m}^3/\text{s}$

- Régime des débits: très régulier pour l'exutoire principal.

Débit moyen $17,8 \text{ m}^3/\text{sec}$; min. $14,6 \text{ m}^3/\text{sec}$ (1950); max. $20,83 \text{ m}^3/\text{s}$ (1960). Situation semblable pour les sources plus petites.

- Débit moyen considéré: $Q = 21 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_v = 662 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q_h = 639 \text{ mm/a}$

c) Débits des sources non mesurés (X): pertes rependues le long de 5 km dans le lit du fleuve Velino. Pertes estimées:

$X = 3 \text{ m}^3/\text{s}$; $X_v = 100 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $X_h = 97 \text{ mm/a}$

d) Débit souterrain total estimé $Q' = Q + X$

$Q' = 24 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q'_v = 762 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q'_h = 736 \text{ mm/a}$

7. Essai de bilan

a) En considérant les débit mesurés:

$P_v - Q_v = D_v = 1162 \times 10^6 - 662 \times 10^6 = 500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

Infiltration efficace $I_h = Q_v/S = 639 \text{ mm/a}$

Pertes de surface $D_h = 483 \text{ mm/a} = (R+E)$

$P_h - Q_h = D_h = 1122 - 639 = 483 \text{ mm/a}$

$Q_v/P_v = 57\%$

b) En considérant le débit total estimé:

$P_v - Q'_v = D'_v = 1162 \times 10^6 - 762 \times 10^6 = 400 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

$I'_h = 736 \text{ mm/a}$

$D'_h = 386 \text{ mm/a}$

$P_h - Q'_h = D'_h = 1122 - 736 = 386 \text{ mm/a}$

$Q'_v/P' = 66\%$

8. Observations

- Les précipitations paraissent évaluées par défaut.
- L'évaluation des pertes dans le fleuve est très imprécise.
- Le ruissellement est négligeable.
- Minéralisation des eaux: variable entre 350 et 400 mg/l.

BASSIN HYDROGÉOLOGIQUE DES SOURCES DE STIFONE-MONTORO (n. 9)

Limites du bassin hydrogéologique

Bassin aux contours très irréguliers, mais bien définis par ligne structurales et contacts lithologiques marqués.

2. Surface du bassin hydrogéologique km^2 723 (S)

3. Géologie du bassin

- Série mésozoïque de transition shelf-bassin (puissance totale 1200 m);
- séries locales réduites.
- Lithostratigraphie: dolomies (Trias); calcaires massifs (Lias Inf.); calcaires et calcaires marneux stratifiés avec des intercalations de marnes siliceux à différents niveaux (Lias moy. -Cretacé); marnes arenacées (Paléogène - Miocène).
- Tectonique: recouvrement de la série mésozoïque sur les dépôts cénozoïques (limites du bassin). Une phase tectonique d'affondrement récent a disarticulé le bassin en secteurs, séparés par des grandes dépressions colonnées de dépôts lacustres.
- Roches affleurantes: dolomies (Trias) km^2 14 (2%); calcaires (Lias et Cret. Inf.) km^2 464 (64%); calcaires marneux (Cret. Sup.) km^2 74 (10%); schistes marneux et siliceux (Jurá Cretacé) km^2 171 (24%).

4. Morphologie

Très variée.

- a) Altitude max.: 1300; niveau de base: 75 m
- b) Hypsométrie: 0-200 = -%; 200-400 = 4,3%; 400-600 = 35,8%; 600-800 = 26,2%; 800-1000 = 4,2%; 1000-1200 = 3,7%; 1200-1400 = 0,4%; 1400-1600 = -%; 1600-1800 = -%; 1800-2000 = -%; 2000-2200 = -%
- c) karst: dans les calcaires marneux peu développé; dans les calcaires massifs (Lias) très développé.

5. Précipitations (P)

- a) Equipement du bassin:
Stations considérées: 21 ($1/34 \text{ km}^2$); altitude max. 448, min. 95
- b) Période d'observation: 30 années
- c) Précipitation annuelle moyenne: max. 1383 mm (alt. 448), min. 847 mm (alt. 95)
- d) Précipitation moyenne sur le bassin (Thiessen) $P_h = 1110 \text{ mm/a}$
- e) Volume annuel moyen des précipitations $P_v = 803 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$

6. Écoulement souterrain (Q)

- a) Exutoires: groupe de sources situées le long de 2 km du lit du fleuve Nera.
- b) Débit des sources:
- Période d'observation: données historiques (1900) et mesures très soignées faites en 1977. Données incomplètes et irrégulières (aménagement hydro-électrique).
 - Débit mesurés: $15 \text{ m}^3/\text{sec}$ (1977) en accord aux données historiques.
 - Régime des débits: le débit paraît très régulier.
 - Débit moyen considéré: $Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_v = 473 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q_h = 654 \text{ mm/a}$
- c) Débits des sources non mesurés (X): pas de pertes.
 $X = - \text{m}^3/\text{s} = - \text{m}^3/\text{a}$; $X_h = - \text{mm/a}$
- d) Débit souterrain total estimé $Q' = Q + X$
 $Q' = 15 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q'_v = 473 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q'_h = 654 \text{ mm/a}$

7. Essai de bilan

$$P_v - Q_v = D_v = 803 \times 10^6 - 473 \times 10^6 = 330 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$
$$\text{Infiltration efficace } I_h = Q_v/S = 654 \text{ mm/a}$$
$$\text{Pertes de surface } D_h = 456 \text{ mm/a} = (R+E)$$
$$P_h - Q_h = D_h = 1110 - 654 = 456 \text{ mm/a}$$
$$Q_v/P_v = 59\%$$

8. Observations

- Le débit des sources peut être imprécis.
- Les eaux de toutes les sources de ce groupe sont très minéralisées à chlorures et sulfates (circulation profonde près des évaporites triassiques du substratum?). Exemple d'analyse: température $16,2^\circ \text{C}$; conductivité $2956 \mu\text{C}$; pH 6,7; dureté 102°F . Éléments (en mg/l):
 $\text{Na} = 461,8$; $\text{K} = 7,8$; $\text{Ca} = 320,9$; $\text{Mg} = 52,4$; $\text{Cl} = 715,5$; $\text{HCO}_3 = 689,5$;
 $\text{SO}_4 = 414,3$; $\text{Sr} = 4,3$.

BASSIN HYDROGÉOLOGIQUE DES SOURCES DES CAPORE (n.10)

1. Limites du bassin hydrogéologique

Les limites sont assez bien définies par des lignes structurales et des contacts lithologiques marqués. Le bassin est formé par deux structures carbonatées séparées par une grande dépression colmatée de dépôts lacustres quaternaires.

2. Surface du bassin hydrogéologique km² 363 (S)

3. Géologie du bassin

Le bassin s'étend dans l'afacies de transition "shelf-bassin".

- Lithostratigraphie: le bassin est entièrement constitué par des calcaires marneux et détritiques (Crétacé moy. - Miocène moy.).
- Tectonique: plissement du Mio-Pliocène peu marqué suivi par une phase d'effondrement qui a donné origine à des vastes dépressions lacustres.
- Roches affleurantes: calcaires: 29 km² (8%); calcaires marneux et détritiques: 334 km² (92%),

4. Morphologie

- a) Altitude max.: 900 niveau de base: 250 m
- b) Hypsométric: 0-200 = - %; 200-400 = 3,2%; 400-600 = 28%; 600-800 = 37%;
800-1000 = 23%; 1000-1200 = 5,6%; 1200-1400 = 1,0%;
1400-1600 = - %; 1600-1800 = - %; 1800-2000 = - %;
2200-2400 = - %
- c) karst de surface et profond très peu développé.

5. Précipitations

- a) Equipement du bassin:
Stations considérées: 11 (1/33 km²); altitude max. 1000, min.
- b) Période d'observation: 30 années.
- c) Précipitation annuelle moyenne: max. 1512 mm (alt. 478),
min. 810 mm (alt. 238)
- d) Précipitation moyenne sur le bassin (Thiessen) P_h = 1193 mm/a
- e) Volume annuel moyen des précipitations P_v = 433 x 10⁶ m³/a

6. Écoulement souterrain (Q)

a) Exutoires: tout le bassin hydrogéologique est drainé par la source artésienne des Capore qui se trouve au noyau d'une anticlinale faillée. Un petit cour d'eau a érodé la couverture imperméable (déposés lacustres du Pleistocène et marnes du Paléogène) donnant origine à la source. Les puits perforés en 1977 près de la source sont artésiens.

b) Débit des sources:

- Période d'observation: données historiques à partir de 1900; données irrégulières (aménagement hydroélectrique); série de mesures soignées faites en 1977.

- Débits mesurés: (1977) $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Régime des débits: le débit est très régulier; les données varient entre $4 \text{ m}^3/\text{s}$ (1900) et $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (1977). Le débit a augmenté de quelque centaine de l/s après la construction des puits.

- Débit moyen considéré: $Q = 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_v = 170 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; $Q_h = 468 \text{ mm/a}$

c) Débits des sources non mesurés (X): pas de pertes.

$$X = - \text{m}^3/\text{s}; X_v = - \text{m}^3/\text{a}; X_h = - \text{mm/a}$$

d) Débit souterrain total estimé Q' = $Q+X$

$$Q' = 5,5 \text{ m}^3/\text{s}; Q'_v = 170 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}; Q'_h = 468 \text{ mm/a}$$

7. Essai de bilan

$$P_v - Q_v = D_v = 133 \times 10^6 - 170 \times 10^6 = 263 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$\text{Infiltration efficace } I_h = Q_v/s = 468 \text{ mm/a}$$

$$\text{Pertes de surface } D_h = 725 \text{ mm/a} = (R+E)$$

$$P_h - Q_h = D_h = 1193 - 468 = 725 \text{ mm/a}$$

$$Q_v/P_v = 39\%$$

8. Observations

- Les données de débit de la source sont peu nombreuses. Toutefois le débit paraît très régulier.
- La valeur d'infiltration efficace de 468 mm, la plus basse parmi tous les bassins considérés, peut être référée aux caractéristiques lithologiques des calcaires marneux plus plastiques et moins karstifiés que les calcaires.
- La géologie du bassin est fort différente par rapport à celle du bassin voisin de Stifone Montoro, qui est constitué par la partie inférieure (Lias-Crétacé Inf.) de la série de transition "shale - limestone".
- Minéralisation des eaux: variable entre 300 et 350 mg/l.

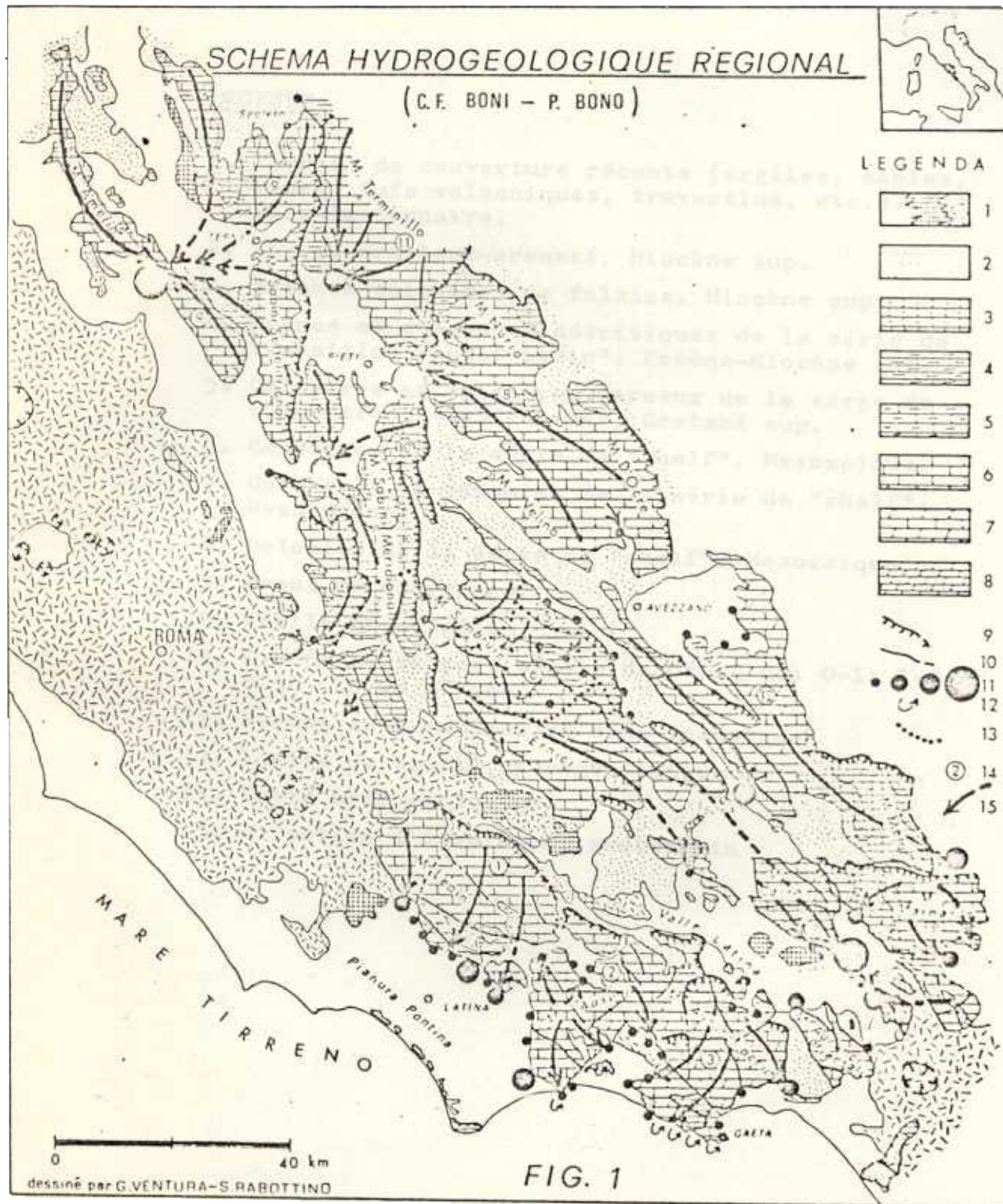
SCHEMA HYDROGEOLOGIQUE REGIONAL

(C.F. BONI - P. BONO)



LEGENDA

- 1 [Symbol: Dotted pattern]
- 2 [Symbol: Blank white box]
- 3 [Symbol: Horizontal lines]
- 4 [Symbol: Horizontal lines, denser]
- 5 [Symbol: Horizontal lines, denser]
- 6 [Symbol: Horizontal lines, denser]
- 7 [Symbol: Horizontal lines, denser]
- 8 [Symbol: Horizontal lines, denser]
- 9 [Symbol: Dashed line with arrows pointing outwards]
- 10 [Symbol: Solid line with arrows pointing inwards]
- 11 [Symbol: Circle with a dot inside]
- 12 [Symbol: Circle with a dot inside, larger]
- 13 [Symbol: Dotted circle]
- 14 [Symbol: Circle with a dot inside, circled]
- 15 [Symbol: Arrow pointing downwards]



0 40 km

dessiné par G. VENTURA-S. RABOTTINO

FIG. 1

LEGENDE

1. Terrain de couverture récente (argiles, sables, vases, tufs volcaniques, travertins, etc.). Plio-quaternaire.
2. Flysch argileux-arenacé. Miocène sup.
3. Breches calcaires de falaise. Miocène sup.
4. Marnes et calcaires détritiques de la série de transition "shelf-basin". Eocène-Miocène inf.
5. Calcaires et calcaires marneux de la série de transition "shelf-basin". Cretacé sup.
6. Calcaires de la série de "shelf". Mesozoïque
7. Calcaires et dolomies de la série de "shelf". Mesozoïque.
8. Dolomies de la série de "shelf". Mesozoïque
9. Front de charriage
10. Faille principale
11. Groupe de source; classe de débit de: 0-1; 1-5; 5-10; 10-20 m³/sec
12. Pertes sous-marines et sous-lacustres
13. Limite de bassin hydrogéologique
14. Unité hydrogéologique
15. Direction d'écoulement souterrain

NOME DU BASSIN	SURFACE Km ²	LITHOLOGIC				PRECIPITATION P			DEBIT DES SOURCES Q		TRES SOURCE D		Q/P %	EQUILIBRIE TOTAL EXISTE Q		PRELIEVS DE SAMPLING D		Q/P %
		d	col	c	cm	m	m ³ /a	mm/a	mm/a	mm/a	mm/a	mm/a		mm/a	mm/a	mm/a	mm/a	
M. LE PINI	508		104	4A		609*10 ⁶	1199	426*10 ⁶	898	183*10 ⁶	361	70	476*10 ⁶	931	133*10 ⁶	262	78	
M. AVSONI	378		76	3a2		483*10 ⁶	1293	165*10 ⁶	704	224*10 ⁶	592	54	345*10 ⁶	912	144*10 ⁶	301	70	
M. AVZUNGI OCIDENTALI	346		32	27c	48	444*10 ⁶	1275	73*10 ⁶	211	368*10 ⁶	1064	16	262*10 ⁶	758	179*10 ⁶	517	59	
TOTAL DE LA STRUCTURE	1232		22	25c	754	1539*10 ⁶	1249	764*10 ⁶	620	775*10 ⁶	629	50	1083*10 ⁶	871	456*10 ⁶	370	70	
M. SIMBRUVINI SETTENTRIONALI	230		17	21c		280*10 ⁶	1217	168*10 ⁶	730	112*10 ⁶	487	60	133*10 ⁶	830	87*10 ⁶	378	69	
M. SIMBRUVINI ORIENTALI	122		20	102		472*10 ⁶	1410	95*10 ⁶	779	77*10 ⁶	634	65	114*10 ⁶	335	88*10 ⁶	475	66	
M. SIMBRUVINI CENTRALI	235		25	7c	132	349*10 ⁶	1465	173*10 ⁶	736	176*10 ⁶	749	50	205*10 ⁶	872	144*10 ⁶	613	59	
M. SIMBRUVINI MERICIDUALI	900		4	27c	521	1240*10 ⁶	1378	724*10 ⁶	207	514*10 ⁶	571	58	773*10 ⁶	859	467*10 ⁶	519	65	
TOTAL DE LA STRUCTURE	1487		29	30c	366	2041*10 ⁶	1373	1162*10 ⁶	782	872*10 ⁶	591	57	1285*10 ⁶	864	756*10 ⁶	509	63	
S. PESCHIERA	1036		9	3c	176	1162*10 ⁶	1122	662*10 ⁶	639	500*10 ⁶	483	57	762*10 ⁶	736	400*10 ⁶	366	66	
TOTAL FACIES DE SHEL F	3755		60	88c	176	4742*10 ⁶	1163	2580*10 ⁶	689	2454*10 ⁶	574	55	3130*10 ⁶	834	1612*10 ⁶	429	66	
S. STIFONE - MONTORO	723		14	41c	171	809*10 ⁶	1110	473*10 ⁶	454	330*10 ⁶	456	59	473*10 ⁶	694	350*10 ⁶	456	59	
S. CAPORE	363			23	33c	433*10 ⁶	1193	170*10 ⁶	428	263*10 ⁶	725	39	17		263*10 ⁶	725	39	
TOTAL FACIES DE TRANSITION	1086		14	49c	171	1236*10 ⁶	1138	643*10 ⁶	532	593*10 ⁶	546	52	64		533*10 ⁶	546	52	
TOTAL	4644		74	88c	266	5970*10 ⁶	1255	3123*10 ⁶	667		568	54	37		2205*10 ⁶	456	63	

BIBLIOGRAPHIE

BONI, C.F. (1973) - "Lineamenti idrogeologici dell'Appennino carbonatico laziale-abruzzese (Primi risultati della campagna 1970-72)".
ESA, 2° Convegno Int. Acque Sotterranee, Palermo.

MIN. LAV. PUBBL. (1921-1965) - "Annali Idrologici". Serv. Idrogr., Ist. Poligr.
Stato, Roma.

PAROTTO, M.; PRATURLOH, A. (1975) - "Geological summary of the Central Apennines".
CNR, Quad. Ric. Scient., n. 90, Roma.

PERRONE, E. (1903) - "Il Tevere". Min. Agric. Ind. Comm., vol. 25 bis, Roma.

+ Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di
Roma.

Travail exécuté avec le support financier du Consiglio Nazionale
delle Ricerche.

Contrat : 72.01082.05/115.3204; 73.01008.05/115.3204; 74.00739.05/
115.3204
