L'Ebre : étude hydrologique

(résumé)

L. Davy

Maître Assistante de Géographie
à l'Université Paul Valéry - Montpellier

Du "Pic des 3 mers" d'où l'on peut voir, par temps clair, briller au loin l'Océan, à la pointe de l'Île du Buda, l'Ebre draine sur une distance de 500 km, une longue cicatrice entre les Pyrénées et la Meseta Ibérique, entre une montagne jeune, aux reliefs élevés, générateurs de pentes fortes et d'un climat montagnard et un vieux massif aplani, flanqué d'un lourd bourrelet marginal et qui doit à sa position au cœur de la péninsule de se comporter climatiquement comme un véritable petit continent. Ainsi, océanique par sa naissance au milieu des landes cantabriques, Pyrénéen par ses affluents de rive gauche, castillan et continental par ceux de rive droite, méditerranéen enfin par son cours inférieur, l'Ebre est un fleuve complexe qui représentait un magnifique champ d'étude pour un géographe.

Nous donnons ici les principales conclusions d'une étude qui a fait l'objet d'un Doctorat d'Etat préparé sous la direction de M. le Professeur J. Loup et soutenue devant l'Université Paul Valéry de Montpellier le 13 Janvier 1976. Cette étude qui comprend 800 pages dactylographiées, 96 fig., 66 tableaux, 12 tableaux annexes, plus un atlas de 56 cartes, sera publiée au cours de l'année 1977 par les soins du Service de reproduction des Thèses d'Etat de l'Université de Lille. Elle pourra alors être consultée dans toutes les bibliothèques universitaires.

L'Ebre : un fleuve complexe au régime relativement pondéré.

A l'intérieur de son vaste bassin de 85 000 km², l'Ebre et ses affluents drainent des milieux naturels variés, générateurs de conditions d'alimentation et d'écoulement différentes. A l'amont, la montagne cantabrique relève d'un milieu de moyenne montagne océanique. Grâce aux Pyrénées, le bassin possède de vastes secteurs

de haute montagne, bien arrosés, où la neige joue un rôle hydrologique de premier ordre (8 % du B.V. se situent au dessus de 1500m.) Un climat de type méditerranéen à nuance continentale très accusée affecte la plus grande partie du bassin moyen tandis qu'à l'aval, en abordant les Cordillères Catalanes, le fleuve entre dans le domaine de la moyenne montagne méditerranéenne.

Rien d'étonnant en conséquence, à ce que le régime nous apparaisse de plus en plus complexe au fur et à mesure que le bassin s'agrandit et intègre des régions climatiques plus différentes.

A l'amont, ce régime est simple, sous la dépendance des pluies océaniques d'hiver et de l'anticyclone des Açores ou de son apophyse cantabrique en été. Il en découle deux saisons hydrologiques : une saison d'abondance et une saison de pénurie, celle-ci plus marquée toutefois que dans les pays océaniques de l'Ouest européen, du fait de la situation planétaire et des conditions aérologiques de ce secteur. Aussi les coefficients de débit les plus bas tombent-ils autour de 0,15 sur bien des rivières du domaine cantabrique.

Peu à peu l'Ebre devient plus montagnard et plus pyrénéen, avec l'arrivée échelonnée des grands affluents de rive gauche qui apportent une influence nivale grandissante. On notera que le grand voisin pyrénéen du Nord de la chaîne, la Garonne, connaît une évolution exactement inverse puisqu'elle voit ces caractères s'estomper quelque peu au delà de Toulouse, au profit de l'influence pluviale océanique.

Vers l'aval, c'est aussi le caractère méditerranéen qui se précise, avec le renforcement des maxima printaniers qui sont désormais d'origine à la fois nivale et pluviale, et l'effondrement des débits estivaux.

De la combinaison de ces influences, il résulte un régime original différent de celui des autres fleuves ibériques et aussi des grands organismes du monde

Figure 1 – Carte des régimes hydrologiques

Figure 2 – Le régime de l'Ebre à Miranda

Figure 3 – Le régime de l'Ebre à Zaragoza

Figure 4 — Le régime de l'Ebre à Tortosa

méditerranéen. Au terme de sa course, l'Ebre inférieur est en effet moins pluvial et océanique que le Tage ou le Douro. Toutes proportions gardées ses débits d'hiver sont moins volumineux (les coefficients de janvier et février sont respectivement sur l'Ebre de 1,29 et 1,42 contre 1,63 et 1,93 pour le Tage, 1,83 et 1,92 pour le Douro); par contre, une influence nivale plus précise gonfle vers le printemps la courbe des variations saisonnières et évite au fleuve cette chute brutale des débits que l'on observe dès le mois de mai dans le lit du Douro par exemple.

Comme tous les fleuves complexes, drainant des secteurs aux nuances climatiques variées, l'Ebre est relativement pondéré. Le coefficient d'irrégularité inter-annuelle sur le cours inférieur, s'élève à 6 seulement contre 8 pour le Douro, 15 pour le Tage et bien plus encore pour les organismes qui dépendent presque uniquement des pluies méditerranéennes comme le Guadalquivir (21), le Jucar ou le Segura. L'étude statistique des modules annuels de l'Ebre montre que ces derniers se situent 1 an sur 2 entre 400 et 600 m³/s. Les débits centenaires maxima et minima sont respectivement de 980 et 200 m³/s environ. Dans l'ensemble, malgré quelques écarts assez exceptionnels (ceux de 1948-49 : 168 m³/s ; 1914-15 : 992 m³/s et 1959-60 : 913 m³/s), les modules annuels s'éloignent assez peu de la moyenne. Cette modération s'explique en grande partie par la fréquente discordance qui existe entre les rythmes pluviométriques du monde océanique et ceux du monde méditerranéen. Les années humides et à forte hydraulicité intéressent rarement les 2 milieux à la fois, de même les sécheresses. Cette situation implique des phénomènes de compensation dans tout bassin à cheval sur les 2 domaines, et c'est le cas de l'Ebre.

Cette variété des conditions climatiques à l'intérieur du bassin, et le rôle de la neige entraînent encore une remarquable pondération du rythme annuel. Le rapport des extrêmes mensuels sur l'Ebre inférieur atteint seulement 6,1 (5,4 en régime non influencé). C'est un des chiffres les plus bas de toute la péninsule (1).

L'Ebre se distingue encore des autres fleuves ibériques par un bilan d'écoulement certes très déficitaire, mais plus favorable toutefois que sur la plupart de ses voisins, en particulier ceux du versant méditerranéen (2). En l'état actuel des aménagements, il écoule 31 % (225 mm) des 660 mm de pluie tombés sur son bassin. Cependant une partie du déficit : 77 mm sur 455 résulte des utilisations humaines. A l'état naturel, le coefficient d'écoulement atteindrait donc à Tortosa 0,43, soit un chiffre sensiblement égal à celui de la Garonne à Bordeaux (0,41). On notera que dans le

Figure 5 — Les variations du module de l'Ebre à Tortosa

(1) Nous avons relevé des coefficients de variations saisonnières de 14 sur le Douro à Bitetos, 16 sur le Tage à Vila Velha da Rodao, 13 sur le Guadalquivir à Séville.

(2) Ces coefficients s'élèvent à 0,09 pour le Guadiana et le Segura à leur embouchure, 0,19 pour le Guadalquivir à Séville, 0,30 et 0,32 pour le Tage et le Douro inférieurs.

cas d'un régime non influencé, ce coefficient n'évoluerait guère tout au long du fleuve, de Miranda à Tortosa. Ceci résulte de l'échelonnement des apports pyrénéens tout au long du cours moyen jusqu'au voisinage de l'embouchure.

Les crues : un danger en partie conjuré.

Contrairement à ce qu'on était en droit d'attendre d'un organisme de cette importance, l'Ebre ne s'est pas révélé extraordinairement torrentiel. L'étude des crues anciennes et récentes fait apparaître 3 caractères essentiels

- leur fréquence relativement importante
- la diversité de leur origine et de leur mode d'évolution
- leur puissance, étonnamment modérée pour un cours d'eau méditerranéen.

1) En ce qui concerne la *fréquence*, nous avons constaté que les crues ordinaires se produisaient sur le fleuve lui-même, environ trois fois par an, le maximum étant enregistré dans le bassin moyen. Les crues extraordinaires, supérieures à 2000 m³/s à Saragosse et 2100 m³/s à Tortosa, sont des phénomènes presque annuels. Cette fréquence relativement importante est liée en particulier à la variété des domaines hydrologiques capables d'entrer en crise et de communiquer au fleuve leurs soubresauts. Cette variété est encore responsable du deuxième caractère mis en évidence ci-dessous :

2) La *diversité* des crues de l'Ebre. Une étude systématique du phénomène de 1914 à nos jours a montré que le cours moyen et inférieur du fleuve pouvait éprouver :

- des crues d'hiver, d'origine cantabrique ou pyrénéo-cantabrique ; ce sont les plus fréquentes. Elles se constituent le plus souvent en amont d'une ligne Iregua-Aragon-Veral et résultent généralement de flux perturbés de NW⁵ (3) pour les premières, de SW pour les phénomènes ouest-pyrénéens.

Dans tous les cas, étant donné la saison, la neige joue un rôle important. Ces crues sont volumineuses, étalées sur plusieurs jours, et d'évolution relativement lente. Depuis 1937, ce sont elles qui ont apporté les plus forts débits enregistrés non seulement à Saragosse, mais aussi à Tortosa. Lors de ces événements, les maxima sur le fleuve sont souvent enregistrés dès Castejon soit après la confluence de l'Aragon. Vers l'aval, sauf dans le cas où elle est soutenue par les affluents est-pyrénéens, la crue a tendance à s'étaler par suite des débordements et autres causes de déficit. Ainsi en décembre 1960-janvier 1961 on a enregistré 4950 m³/s à Castejon et seulement 4130 m³/s à Saragosse.

- Les crues d'automne de l'Ebre sont essentiellement des crues méditerranéennes de bassin inférieur. Ce sont les plus violentes, les plus rapides, les plus pointues. Elles se caractérisent par des maxima élevés mais des volumes globaux modérés. Elles résultent en effet d'averses méditerranéennes violentes et courtes, sur-

venant après la grande sécheresse estivale, et qui ruissellent rapidement. Elles sont responsables des plus grandes catastrophes du passé dans la région de Tortosa. Aujourd'hui, la multiplication des barrages, en particulier sur le Sègre et le Cinca, a considérablement atténué leur virulence. Ces crues n'en restent pas moins les seules qui, par leurs caractères, se rattachent pleinement au domaine méditerranéen.

— L'Ebre peut encore être agité par quelques soubresauts printaniers, soit au début du printemps (mars) au moment où passent à nouveau les perturbations de Gibraltar qui gonflent les rivières est-pyrénéennes, soit à la fin du printemps (mai-juin) où éclatent sur tout le bassin moyen, de la Cordillère Ibérique aux hautes vallées pyrénéennes, les premiers orages de saison chaude.

— Bien que très rares et moins puissantes, les crues d'été ne sont pas exclues. Elles résultent le plus souvent d'orages violents qui éclatent sur la montagne pyrénéenne et qui peuvent entraîner localement des inondations catastrophiques. L'Ebre ne répercute ces phénomènes que sous la forme de poussées éphémères et sans gravité. La crue d'août 1963 (1000 m³/s) sur la haute Ribagorzana n'a donné à Tortosa qu'une onde de 1650 m³/s.

3) La *relative modération* de ces crises ressort de l'étude du coefficient *A*. Cependant une double distinction doit être faite, entre le fleuve et ses affluents d'une part, d'autre part entre l'Ebre aménagé et non aménagé.

Depuis les grands travaux de régularisation, l'Ebre inférieur se présente comme un fleuve étonnamment modéré dans ses excès. La crue maximale de la période 1940-1975 n'a donné que 4580 m³/s à Tortosa et une valeur de 16 pour le coefficient *A*. Les crues decennales et centennales ont été évaluées respectivement à 3850 et 5660 m³/s à Tortosa, 3250 et 4650 m³/s à Saragosse. Sans doute l'homme a-t-il une part de responsabilité dans cette relative modération, puisque les crues anciennes semblent avoir été bien plus dangereuses comme le prouvent les repères placés sur la façade de l'Eglise de Cherta sur le cours inférieur, ou le tableau de Vélasquez exposé au musée du Prado représentant les restes du Pont de Pierre de Saragosse après le passage de la crue de février 1643. De même les rivières ibériques comme le Jalon ou le Huerva semblent avoir connu, au moins jusqu'au XVIII^{ème} siècle, des crues beaucoup plus violentes qu'aujourd'hui. Cette atténuation des crues est en partie le résultat de la politique de construction de barrages activement développée dans le bassin de l'Ebre, et surtout sur les rivières pyrénéennes, depuis le début du siècle. Cependant il faut bien avouer que les excès anciens, antérieurs aux aménagements, sont loin d'égaliser, toutes proportions gardées, ceux des rivières catalanes, cévenoles ou de l'Apennin ligure qui ont donné des coefficients *A* largement supérieurs à 100. Ici, les maxima s'élèvent à peine à 60 pour les rivières les plus torrentielles du bassin, celles situées entre Esera et moyenne Pallaresa, (on a noté 52 pour le Flamisell sous-affluent du Sègre, en octobre 1937 pour un débit de 1000 m³/s ; 59 pour la haute Ribagorzana lors de la crue d'août

(3) Il s'agit des flux perturbés passant du Golfe Cantabrique au Golfe du Lion par l'isthme pyrénéen.

Figure 6 – Fréquence de la crue maximale annuelle à trois stations du cours de l'Ebre.

Figure 7 – Carte de la crue maximale annuelle de fréquence 10 %

1963 qui a donné un débit de $1000 m^3/s$). Le fleuve quant à lui, n'a pas dépassé $10000 m^3/s$ et $A = 35$ pour les grandes crues de 1907 et 1937. Ce sont là des chiffres inférieurs à ceux des grands voisins : Garonne ou Douro qui ont atteint 50 pour le Douro et 70 à 75 pour la Garonne.

A ce qui nous était apparu au départ comme une des énigmes de ce fleuve, nous pensons avoir apporté deux éléments d'explication, l'un d'ordre géographique, l'autre d'ordre planétaire. Cause géographique, la posi-

tion d'abri, par rapport aux vents pluvieux de SE d'une des rivières les plus importantes du bassin : le Sègre. Cause planétaire : les gouttes froides d'altitude, généralement responsables des très grosses averses, semblent fréquenter beaucoup plus la côte catalane entre Barcelone et Valence que les Pyrénées. Tout ceci nous a été confirmé par l'étude statistique de la pluie maximale de 24 heures qui fait apparaître que seule la région du delta est capable de connaître ces déluges générateurs de crues foudroyantes propres aux pays méditerranéens.

Figure 8 — Carte de la pluie maximale annuelle de 24 heures pour une période de retour de 10 ans

En résumé nous pouvons dire que ses excès, le fleuve les doit, en ce qui concerne les crues, à l'influence atlantique pour les plus fréquentes, méditerranéenne et pyrénéenne pour les plus violentes (au moins en l'absence d'aménagements). Aujourd'hui, au niveau des phénomènes de premier ordre, on ne trouve plus que des crues océaniques d'hiver, venues de l'amont.

Sécheresses et étiages : Originalité hydro-climatique du bassin

Si les crues ne se sont révélées ni très spectaculaires ni très contraignantes pour les populations riveraines, il n'en est pas de même des étiages. Par leur profondeur, leur durée, leurs conséquences sur la vie du pays, ils apparaissent comme le fait majeur de l'hydrologie du bassin ; aussi convenait-il d'en faire une analyse détaillée afin d'en déterminer les causes et les modalités.

La gravité des étiages résulte d'abord des conditions de semi-aridité qui règnent sur une grande partie du bassin, ensuite de l'action des hommes.

La sécheresse, dont la végétation de *matorral* voire de steppe donne une idée résulte de la conjonction de 3 faits :

Un fait planétaire, la longitude qui place le bassin de l'Ebre sous le couvert de l'anticyclone des Açores pendant une grande partie de la saison chaude ; un fait régional, la continentalité de tout le bassin moyen à la seule exception des Pyrénées. Ainsi s'explique la puissance de la sécheresse : sécheresse climatique d'abord,

que traduit l'indigence des modules pluviométriques (321 mm à Saragosse et 50 % du bassin crédité de moins de 500 mm de pluie). L'étude des séquences sèches de différentes durées, de leur valeur minimale, de leur fréquence, montre mieux encore la gravité du phénomène. Cinq fois depuis 1948, le total pluviométrique de 3 mois consécutifs pour l'ensemble du bassin s'est tenu au-dessous de 70 mm ! En 100 ans, Saragosse a connu 5 étés au total pluviométrique inférieur à 10 mm.

Or, une proportion variable mais toujours importante de cette pluie est perdue par évapotranspiration, et ne profite pas aux rivières. Dans ce milieu méditerranéen, l'évapotranspiration est en effet exaltée par une chaleur estivale intense, et, en toutes saisons, des vents souvent violents et desséchants. Il en résulte un bilan hydrique des sols déficitaire sur une grande partie du bassin, et par conséquent une sécheresse édaphique très accentuée.

La carte du bilan hydrique des sols sur l'ensemble du bassin ⁽⁴⁾ (fig. 9) montre que seules les Pyrénées et le NW du Système Ibérique ont un bilan positif. Tout le reste du bassin est déficitaire, et ce déficit s'élève à 300 mm de Logroño à la mer, et culmine à 500 mm dans la vallée inférieure. L'étude du rythme annuel du phénomène montre que dans la cuvette centrale, le bassin inférieur et presque toute la rive droite du fleuve, aucun mois n'est excédentaire. A

(4) Carte réalisée grâce aux travaux de M. Liso Puente et A. Ascaso Liria, sur l'évapotranspiration dans le bassin de l'Ebre.

Figure 9 – Carte du bilan hydrique annuel

l'amont, malgré la proximité de l'océan, il existe encore 1 à 2 mois de pénurie. Seule, la haute montagne pyrénéenne n'éprouve pas de problème.

A la faiblesse de l'alimentation hydrique s'ajoute une circonstance aggravante : l'action des hommes. Il existe aujourd'hui dans le bassin de l'Ebre quelques 650 000 ha de terres irriguées. A raison de 8 000 m³ d'eau par saison et par hectare, cela représente une consommation moyenne de 5200 hm³ d'eau. Ces prélèvements contribuent à aggraver considérablement un budget déjà très déficitaire et surtout à creuser dangereusement les étiages estivaux.

Tout ceci se traduit, malgré le rôle compensateur des neiges pyrénéennes, par des étiages profonds et durables. A l'exception de l'Ebre lui-même, presque toutes les rivières de la Dépression Centrale sont capables de s'assécher en été pour un temps plus ou moins long. Au niveau de Tortosa, on a vu le fleuve rouler moins de 30 m³/s pendant plus d'un mois, et moins de 20 m³/s pendant 17 jours consécutifs au cours de l'été 1965, tandis que le minimum enregistré depuis 1948 s'est abaissé à 9 m³/s en octobre 1954 et à nouveau en juillet et août 1955.

Mais dans un bassin aussi vaste et aussi varié, la sécheresse ne présente pas partout le même caractère de gravité. Les nuances du climat, la nature du sol, l'action des hommes se combinent pour diversifier les modalités spatiales et temporelles de la pénurie. Sur le plan spatial, on voit se dessiner des types d'étiages liés au milieu géographique. Nous avons été amenée

ainsi à opposer les étiages d'hiver des rivières nivales pyrénéennes, abondants et réguliers, aux maigres d'été très prononcés des rivières pluviales de la Dépression Centrale, les étiages abondants des rivières karstiques comme le Piedra, affluent du Jalon ⁽⁵⁾ aux assèchements plus ou moins prolongés des torrents méditerranéens.

Sur le plan temporel, nous avons mis en évidence des variations interannuelles qui, sur certaines rivières, et l'Ebre en particulier, peuvent être très importantes. Ainsi, en ce qui concerne l'Ebre inférieur, et depuis 1948, des Q_m (10) ⁽⁶⁾ inférieurs à 20 m³/s ont été enregistrés lors de 5 étés particulièrement déficitaires : les étés 1955, 62, 64, 65, et 66, tandis qu'en 1960, 63, 69, 71, 72 et 73 ces mêmes minima se sont tenus au-dessus de 120 m³/s (plus de 1/5 du module). En 1962, à Tortosa, l'Ebre est resté un mois au dessous de 30 m³/s.

En 1965, son débit a été inférieur à 100 m³/s pendant 79 jours consécutifs tandis que ce chiffre a été constamment dépassé de septembre 1970 à septembre 1973 au moins et sans doute jusqu'à l'été 1974.

Ces variations sont liées aux fantaisies du climat, mais plus particulièrement du climat hivernal et prin-

(5) Les minima annuels observés sur cette rivière depuis 1948 se situent dans une fourchette de 65 à 75 % du module et le minimum absolu enregistré en 1929 vaut encore 41 % de ce module.

(6) Q_m (10) : Il s'agit de la plus faible moyenne de débit de 10 jours consécutifs enregistrée dans l'année.

Figure 10 — Bilan hydrologique général.

tanier, lequel agit sur les réserves hydriques du sol et surtout sur les nappes, et sur les réserves nivales. La sécheresse et la chaleur estivales nous sont apparues par contre comme des éléments d'explication relativement secondaires. Les exemples analysés ont montré d'autre part qu'un été pluvieux n'était pas forcément générateur d'une hydrologie estivale abondante. Si le début de l'année a été sec, la pluie n'exerce sur les débits qu'un rôle immédiat et éphémère, conséquence du ruissellement superficiel. Mais son action sur les nappes et par conséquent sur la profondeur des étiages est pratiquement nulle. Ceci résulte de la puissance, à cette saison, de l'évapotranspiration et de la faiblesse de l'infiltration dans de vastes secteurs de la Dépression Centrale aux sols argileux encroûtés par la sécheresse.

L'importance du déficit, la profondeur des étiages posent un problème aigu à l'heure où les besoins en eau s'accroissent démesurément : besoins en eau agricole, nécessaire à une agriculture moderne et à la mise en valeur des steppes aragonaises, besoins en eau in-

dustrielle, indispensable au développement du jeune et dynamique pôle industriel saragossan.

Pourtant, de l'eau, il en reste encore des volumes considérables qui, apparemment, pourraient être utilisés. Les schémas stationnels de la figure 10 montrent, évalués en hm^3 , les volumes liquides apportés annuellement par les différentes rivières. Ce sont ces quantités apparemment disponibles que l'on envisage aujourd'hui de détourner vers la région de Barcelone. Cependant il s'agit d'une richesse quelque peu factice puisque constituée presque uniquement par des apports de saison froide, les débits estivaux étant quant à eux déjà presque totalement consommés par les irrigations. Dans la perspective d'une desserte de la région de Barcelone par les eaux de l'Ebre, de nouveaux aménagements s'imposent donc qui assureraient le contrôle total de l'écoulement. C'est la condition indispensable à une utilisation rationnelle et totale de cette richesse inestimable que représente aujourd'hui l'eau pour les habitants de la vallée et de tout le Nord de l'Espagne.