

UNIVERSITE DE NANCY



n° 11578

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES PHENOMENES HYDRO-CLIMATIQUES
LE CAS DU BASSIN LORRAIN DE LA MEUSE

Anne MENTRE-HILDENBRAND

THESE DE DOCTORAT - GEOGRAPHIE PHYSIQUE
(sous la direction de R. FRECAUT et J.C. BONNEFONT)

1986

JURY

- J.C. BONNEFONT Professeur de Géographie Physique à l'Université de Nancy II
M. DACHARY Professeur d'Hydrologie à l'Université de Lille I
L. DAVY Professeur d'Hydrologie à l'Université de Montpellier
J. DION Professeur de Géographie Physique à l'Université de Nancy II
C. LEGLANTIER Directeur du Centre Départemental de la Météorologie de la Meuse
J.F. ZUMSTEIN Hydrologue à l'Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse, Metz

OPTIQUE GENERALE DE L'ETUDE

Localisé entre les réseaux hydrographiques voisins Seine et Moselle, le bassin-versant de la Meuse en France présente un caractère insolite en raison de son extrême étroitesse et apparaît comme un grand tronç privé de ses membres par le jeu des captures de la Moselle et de l'Aire. De plus, l'inadaptation du cours de ce fleuve à la structure géologique est frappante non seulement au niveau de sa traversée du Massif Ardennais, mais également plus en amont où la Meuse franchit successivement la Côte de Moselle et la Côte de Meuse sur le revers calcaire de laquelle elle s'écoule jusqu'aux environs de Stenay.

Il nous a paru intéressant de contribuer à une meilleure connaissance hydrologique de la partie française, plus précisément lorraine, du bassin mosan où l'équipement hydrométrique est récent - la plupart des stations ont été installées à la fin des années 1960 et lors de la décennie 1970-1980 - et de chercher ainsi à affiner l'étude générale du bassin de la Meuse de J. VEREERSTRAETEN (1971), dans le secteur Sud où l'influence hydrogéologique est importante en raison de l'existence de nombreux phénomènes karstiques.

Dans cette optique avant tout hydrologique, nous avons cherché à approfondir l'étude des modalités de l'écoulement, en particulier celle des conditions climatiques à différentes échelles spatio-temporelles, ce qui nous a amenés à une analyse régionale des confins occidentaux et méridionaux de la Lorraine.

LE CADRE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE

* Les limites géographiques de la zone étudiée doivent en premier lieu être précisées. La délimitation du cadre de l'étude hydrologique apparaît simple puisqu'il correspond au bassin-versant ou bassin hydrologique du cours supérieur de la Meuse contrôlé par la station de Stenay, c'est-à-dire à la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et par ses affluents et qui correspond à 3904 km² (Figure 1).

Comme nous le repreciserons au début de la troisième partie, nous avons préféré centrer notre analyse hydrologique sur la comparaison des ressources en eau et de leur variabilité au niveau de quatre bassins-versants particuliers, ceux de la Meuse à Goncourt, Saint-Mihiel et Stenay et celui du Vair à Soulosse, dont les caractéristiques hydro-géologiques sont dissemblables. Le bassin de la Haute Meuse contrôlé par la station de Goncourt correspond à des formations essentiellement imperméables, les trois autres bassins retenus sont influencés par des phénomènes karstiques au niveau des assises calcaires du Dogger et de l'Oxfordien moyen et supérieur. Dans le cas de ces trois derniers bassins, le bassin-versant et le bassin hydro-géologique se rapportant aux eaux souterraines ne présentent pas les mêmes délimitations car le ruissellement de surface et l'écoulement souterrain peuvent ne pas correspondre aux mêmes sources d'alimentation superficielles. Mais il est difficile de déceler avec précision les limites des bassins hydro-géologiques.

Ceci dit, le bassin-versant de la Meuse en amont de Stenay correspond au bassin mosan lorrain, Stenay étant la dernière station hydro-métrique sur la Meuse en Lorraine (1). La Meuse prend naissance au pied du

(1) On notera cependant que la plus grande partie du bassin de la Chiers est également situé en Lorraine.

plateau de Langres, dans les marnes du Lias, à Pouilly-en-Bassigny (402 m d'altitude) et ce n'est qu'au niveau des Ardennes que son bassin, jusqu'alors véritable couloir, s'élargit. La majeure partie des affluents se jette dans le fleuve entre Bazeilles, à la confluence de la Chiers, et Maastricht à son passage de Belgique aux Pays-Bas où la Meuse rejoint la Mer du Nord au niveau des nombreux bras du complexe Meuse-Escaut-Rhin. Le bassin hydrographique couvre jusqu'à la mer une superficie de 36.011 km² mais J.VEREERSTRAETEN(1971) pense qu'il est préférable de le limiter à Geerstruidenberg-Woudrichem, soit 33.181 km² pour une longueur de la Meuse de 890 km. Ainsi la partie du bassin mosan prise en compte dans cette étude correspond à un peu moins de 12 % de l'ensemble du bassin.

En raison de la configuration même de ce bassin-versant, il a été nécessaire d'étendre le cadre de l'étude climatique pour pouvoir cerner les nuances régionales. Ainsi, comme nous le préciserons lors de l'analyse des températures et de la pluviométrie, nous avons pris en compte des stations météorologiques situées hors du bassin de la Meuse ce qui nous a permis d'effectuer une étude régionale des conditions climatiques en Lorraine occidentale, plus précisément de la vallée de l'Aisne et de l'Argonne à l'Ouest, à la Woëvre et à la Côte de Moselle à l'Est. Du Sud au Nord, la zone étudiée s'étend des plateaux de la Lorraine méridionale aux confins ardennais.

* Notre travail est donc centré sur la Lorraine occidentale qui est par excellence le pays des Côtes soit d'Est en Ouest (Figure 2) :

- La Côte de Moselle limitant à l'Est le Plateau de Haye relayé au Nord par le Pays Haut et passant insensiblement vers l'Ouest à la Plaine de Woëvre.
- La Côte de Meuse formant une barrière très nette dans sa partie centrale et sur le revers de laquelle est encaissée la vallée de Meuse qui dans tout ce secteur, de Domrémy à Dun-sur-Meuse, ne reçoit aucun affluent notable.

- La côte des Bars, beaucoup moins nette, qui limite le Plateau du Barrois faisant transition, vers l'Ouest, avec la Champagne humide.

Cette succession de plaines et de plateaux séparés par des cuestas est le reflet d'une structure lithologique où alternent les assises calcaires et les ensembles à dominance argileuse affectés d'un léger pendage occidental (Figure 3). A l'Ouest de l'Aire, en raison d'une formation lithologique particulière (gaize albocénomane), l'Argonne forme une véritable barrière parallèle aux Hauts de Meuse ce qui renforce dans ce secteur l'axe orographique déjà nettement marqué par les Côtes de Meuse et leurs revers. Au Nord de Dun-sur-Meuse la direction des Côtes devient progressivement Est Sud-Est/Ouest Nord-Ouest parallèlement au Massif Ardennais. En revanche, au Sud de l'axe Vaucouleurs-Nancy, la direction des cuestas devient Est Nord-Est/Ouest Sud-Ouest et de la Côte de Meuse à la Côte du Muschelkalk s'étend un ensemble massif de plateaux qui fait l'originalité de la Lorraine méridionale où les différentes cuestas sont beaucoup plus proches les unes des autres.

Toute cette région, des Ardennes à la Lorraine méridionale, en dépit de son éloignement de la mer, subit l'influence prépondérante des vents d'Ouest et la disposition des grands axes du relief en amphithéâtre tourné vers l'Ouest renforce la prédominance des influences océaniques. L'ensemble des plateaux meusiens forme donc une zone de transition aussi bien au niveau hydrographique qu'orographique et climatologique comme le confirmera l'étude thermique et pluviométrique suivante.

L'APPROCHE METHODOLOGIQUE

L'analyse de l'écoulement et de ses modalités implique un recours systématique aux données de mesures hydrométéorologiques et à leur traitement statistique.

* Dans la mesure du possible, notre premier souci a toujours concerné l'analyse proprement dite des données statistiques. La date de l'installation des stations a déterminé les cadres temporels de notre

travail. Pour l'étude hydrologique la série de douze ans (1969-1980) a pu être retenue et a servi de référence pour l'analyse thermique et pluviométrique. Pour une grande partie des stations pluviométriques une comparaison a été possible avec une série "normale" (1951-1980) ; il est regrettable qu'il n'en ait pas été de même pour les données thermiques.

Pour certaines stations un comblement des lacunes a été nécessaire pour permettre un travail sur des séries de même durée. De plus pour les données pluviométriques la critique des données a été plus approfondie : l'homogénéisation des séries a été vérifiée par la méthode des "double-cumuls".

* Nous avons cherché à orienter notre étude hydrologique sur l'influence des formations lithologiques sur l'écoulement fluvial, analysée à partir de la variabilité des ressources en eau annuelles, mensuelles et saisonnières et des résultats des bilans hydrologiques à l'échelle annuelle et saisonnière. Pour permettre cette comparaison des bilans hydrologiques au niveau des bassins-versants retenus, il s'est avéré nécessaire de connaître avec précision les conditions thermiques et pluviométriques qui déterminent, par le biais de l'évapotranspiration et de la lame d'eau précipitée, deux éléments primordiaux des bilans. C'est pour cette raison que nous avons consacré les deux premières parties de notre travail à la connaissance de la thermométrie et surtout de la pluviométrie à différentes échelles spatio-temporelles dans une optique avant tout hydrologique. Ainsi, dans le but de déterminer par bassin-versant une estimation précise de l'évapotranspiration et de la lame d'eau précipitée nous avons cherché à mettre au point des modèles thermiques et pluviométriques parallèlement à une étude de la variabilité des conditions climatiques, étude indispensable pour bien cerner les particularités régionales et même, comme nous le verrons par la suite, les limites à la réalisation de ces modèles. En raison de l'insuffisance dans le temps et dans l'espace des données statistiques disponibles, nous n'avons pu établir des modèles climatiques qu'à l'échelle annuelle.

Ce travail nous a cependant permis d'apporter notre contribution à l'élaboration de ce type de modèles qui doivent être des "outils de travail" pour le géographe.

CONCLUSION GENERALE

L'étude hydrologique du bassin lorrain de la Meuse a montré la nécessité, en particulier pour l'analyse des bilans hydrologiques, d'une connaissance précise de tous les facteurs physico-géographiques agissant sur l'écoulement, spécialement celle des facteurs climatiques qui sont primordiaux.

Ainsi, en vue de mieux cerner les mécanismes régissant l'écoulement de la Meuse lorraine, une étude précise des conditions thermiques et pluviométriques s'imposait. Ceci nous a permis d'apporter notre contribution d'une part à une meilleure connaissance régionale de ce secteur situé aux confins de la Lorraine Occidentale, d'autre part à l'élaboration de modèles climatiques, en particulier pluviométriques.

Au niveau de l'étude purement hydrologique, nous nous sommes efforcés par le biais de diverses approches de montrer les influences, particulièrement importantes pour le bassin lorrain de la Meuse, des conditions hydrogéologiques sur l'écoulement fluvial.

Pour l'ensemble de notre travail, le problème des données statistiques a été primordial, au niveau parfois de leur qualité mais surtout de leur carence. Pour l'étude climatique, l'insuffisance des données statistiques s'est révélée être aussi bien temporelle que spatiale. Le manque de stations météorologiques fiables dans certains

secteurs comme l'Argonne par exemple a largement contribué à limiter la mise au point des modèles thermiques et pluviométriques. De plus certains paramètres climatiques tels que la direction et la force des vents ne sont pas relevés dans la région étudiée.

La faible durée des séries hydrologiques nous a obligés à limiter l'ensemble de notre étude à une série de douze ans que nous avons pu cependant comparer à une série "normale" pour la pluviométrie.

- Contribution à une meilleure connaissance des aspects climatiques régionaux de la Lorraine Occidentale.

La nécessité d'une étude des différents éléments climatiques des bilans hydrologiques, à savoir les lames d'eau précipitées et l'évapotranspiration, nous a conduits à une analyse séparée de ces deux facteurs climatiques essentiels. Mais nous avons cependant toujours cherché, à partir d'une étude détaillée des éléments pluviométriques et thermiques, à mieux cerner les disparités climatiques régionales de toute la zone incluant le bassin lorrain de la Meuse. Cette démarche de géographie régionale nous a parfois amenés à déborder le but à l'origine très précis de notre recherche, mais elle nous a paru indispensable pour analyser les phénomènes d'un point de vue géographique et éviter un travail purement statistique.

Les différences régionales ont été mises en évidence, en premier lieu, par l'étude des amplitudes thermiques moyennes annuelles, confirmée par la comparaison très significative des moyennes des minima de janvier et des maxima de juillet et, en second lieu, par l'analyse des variations spatiales de la pluviométrie.

L'étude de la répartition spatiale des précipitations annuelles a été complétée par l'étude fréquentielle des régimes pluviométriques.

La comparaison des courbes des régimes probables aux fréquences 10, 50 et 90 % et l'établissement de cartes d'écart entre les précipitations

de certains mois jugés caractéristiques selon les différentes fréquences ont permis d'affiner les remarques faites par J. DION concernant le Nord-Est de la France (J. DION, 1972).

Ainsi au niveau de la zone étudiée, plusieurs secteurs régionaux s'individualisent en fonction de leurs caractéristiques à la fois thermiques et pluviométriques :

- * La partie française des Ardennes présente un caractère océanique marqué en raison, d'une part, de la faiblesse relative des amplitudes thermiques et, d'autre part, de l'importance des précipitations et de leur supériorité très nette en saison froide à toutes les fréquences.
- * L'Argonne et les plateaux meusiens centraux constituent un secteur aux caractéristiques climatiques proches du précédent et s'individualisent nettement par rapport à la limite orientale de la Champagne et à la Lorraine centrale. En raison du relief et surtout de son orientation, l'influence océanique y est sensible comme l'a montré l'étude des variations intermensuelles des précipitations et des températures. Le manque de données n'a pas permis de cerner de manière précise les particularités climatiques au niveau de la vallée de la Meuse fortement encaissée sur le revers de la cuesta mais il semblerait que les masses d'air et donc les totaux précipités soient peu influencés par ce relief en creux parallèle aux grands axes topographiques.
- * Au niveau des plateaux de la Lorraine Méridionale, la direction des reliefs devient Est Nord-Est/Ouest Sud-Ouest et l'on assiste à une variation des caractéristiques climatiques d'Ouest en Est. Ces plateaux constituent un secteur de transition car l'influence océanique diminue progressivement vers l'Est, ce qui est particulièrement net au niveau des précipitations. Ainsi en dépit d'une altitude plus élevée que celle de l'Argonne

et des plateaux meusiens centraux, l' "océanisation" du climat y est moins marquée en raison de l'orientation générale des reliefs qui n'est plus perpendiculaire à la direction des vents dominants.

- * La limite orientale de la Champagne et la Lorraine Centrale présentent des caractéristiques climatiques qui les opposent nettement à l'Argonne et aux plateaux meusiens centraux qui forment une véritable barrière plus humide, plus froide et où les nuances océaniques sont marquées. En effet à l'Ouest de l'Argonne et à l'Est des Côtes de Meuse, les régimes pluviométriques ne présentent plus de caractère océanique, quelles que soient les fréquences, et les amplitudes thermiques sont plus fortes. La faiblesse des altitudes limite donc les caractères océaniques. Cependant la situation d'abri de la Lorraine Centrale par rapport à l'Argonne et aux Côtes de Meuse a été nettement mise en évidence par les différences entre ce secteur et la limite orientale de la Champagne, aussi bien au niveau des précipitations que des températures : les amplitudes thermiques y sont plus fortes, les précipitations plus faibles, les régimes pluviométriques sont des régimes "continentaux modérés" avec des précipitations de saison chaude toujours supérieures à celles de saison froide à toutes les fréquences alors qu'à l'Ouest de l'Argonne ils sont "de transition" car les deux maxima de saison froide et de saison chaude sont peu différenciés si ce n'est au décile supérieur où les courbes des précipitations mensuelles présentent une légère convexité. La situation d'abri de la Lorraine Centrale accentue donc l'effet de "continentalisation" du climat qui reste cependant modéré.

- Contribution à l'élaboration de modèles climatiques, surtout pluviométriques.

Nous n'avons pas repris ici toutes les remarques concernant la mise au point de modèles climatiques, mais seulement remémoré les observations et réflexions essentielles que nous avons pu faire au cours de leur réalisation. Nous avons surtout travaillé au niveau des modèles pluviométriques en raison du manque de données thermiques.

Nous tenons à rappeler tout d'abord que notre travail statistique a eu pour objectif de chercher à élaborer une méthode mathématique rigoureuse pour la recherche géographique et donc à établir des modèles climatiques qui soient des "outils" pour le géographe. Mais il est certain que pour atteindre ce but le raisonnement doit en premier lieu être un raisonnement géographique pour éviter, dans la mesure du possible, le piège d'un travail purement statistique trop éloigné des réalités naturelles.

Pour réaliser des modèles en vue d'établir des cartes d'isothermes ou d'isohyètes, une recherche des facteurs de la température et de la pluviométrie ainsi que de leurs variations spatiales est primordiale afin de permettre le choix des paramètres intégrés dans les modèles. Ce choix est guidé par deux éléments : les paramètres doivent être quantifiables et disponibles pour le plus grand nombre de stations possibles. Pour le modèle thermique, nous n'avons pas pu tenir compte du site propre à chaque station et seul le facteur altitude a pu être retenu. L'analyse des facteurs de la pluviométrie a montré qu'il était parfois possible d'utiliser des paramètres intégrant en fait plusieurs facteurs eux-mêmes difficiles à quantifier ou non-disponibles.

Il est également important d'insister sur la nécessité, dans un premier temps d'établir des corrélations simples successives et non des corrélations multiples. En effet en "éliminant" successivement chacun des paramètres retenus par l'étude des résidus, il est possible d'individualiser des secteurs régionaux homogènes et d'établir, si nécessaire, plusieurs

modèles en fonction des réalités géographiques. Une fois cette étude préalable réalisée l'établissement de modèles par corrélation multiple peut devenir systématique et adaptable à une multitude de séries en fonction des besoins du géographe, en vue par exemple de l'établissement de divers bilans hydrologiques. De plus nous avons pu montrer que la méthode par corrélations simples successives permet d'affiner la critique des données statistiques et même d'aborder l'étude de certains facteurs eux-mêmes, comme nous l'avons vu pour la notion d'altitude lissée au niveau de l'étude de la pluviométrie.

Enfin nous pensons avoir largement insisté sur les limites actuelles concernant l'établissement de ces modèles climatiques. D'une part le manque de données statistiques dans certains secteurs ne nous a pas permis d'y établir de modèles fiables, en particulier aux confins occidentaux et méridionaux de la zone étudiée. D'autre part le choix de l'échelle temporelle pour laquelle l'établissement de modèles pluviométriques est possible actuellement, est limité par le choix même des paramètres retenus. Ainsi une étude des types de temps et des caractéristiques des précipitations engendrées doit être intégrée à l'élaboration d'un modèle réalisé sur un espace de temps restreint.

- Le bassin-versant lorrain de la Meuse : l'influence des conditions hydrogéologiques sur l'écoulement fluvial.

L'étude hydrologique a été principalement axée sur l'influence des formations lithologiques sur l'écoulement fluvial en raison de la particularité essentielle du bassin-versant lorrain de la Meuse. Comme nous l'avons montré, ce bassin-versant se présente dans tout ce secteur comme un grand tronc privé de ses branches et le tracé de la Meuse n'est pas en rapport avec la structure géologique sous-jacente. La surimposition de la Meuse sur la surface oligo-miocène dont la pente topographique était orientée vers le Nord explique l'absence d'homogénéité du bassin-versant du point de vue hydrogéologique : après s'être écoulée dans le secteur sud où les formations marneuses et argileuses

du Keuper et du Lias dominant, la Meuse franchit les deux cuestas du Dogger et de l'Oxfordien dont la puissante assise calcaire constitue une série d'aquifères qui perturbent l'écoulement de surface dans un secteur où les apports superficiels sont très limités. Nous avons limité notre étude hydrologique à l'analyse de l'écoulement au niveau de quatre bassins-versants très différents.

En dépit de la courte durée de la série statistique disponible, le bassin-versant de la Meuse à Goncourt a été retenu car c'est le seul où les terrains imperméables prédominent car l'écoulement à la station de Domrémy plus en aval est déjà influencé par l'aquifère du Dogger. Le bassin-versant du Vair à Soulosse a été choisi en raison de sa superficie de même ordre de grandeur que celle du bassin-versant de la Meuse à Goncourt, et de la présence de phénomènes karstiques dans la partie aval du bassin. Il était donc intéressant de comparer ces deux bassins de taille semblable mais aux caractéristiques hydrogéologiques très différentes. Au niveau du cours principal de la Meuse l'étude de l'écoulement aux stations de Saint-Mihiel et Stenay a permis, entre autres, de bien cerner le rôle des apports souterrains dans un secteur où les affluents sont négligeables et où la Meuse s'écoule uniquement sur le revers calcaire des Côtes de Meuse. De plus une comparaison avec les données à Soulosse et à Goncourt a été riche d'enseignements.

L'étude successive des débits annuels, mensuels et saisonniers et l'analyse des étiages ont permis de cerner le rôle des phénomènes karstiques sur l'écoulement.

Trois approches essentielles et complémentaires ont été utilisées :

- On a pu constater, tout d'abord, que la variabilité des ressources en eau, aussi bien interannuelle qu'intermensuelle, est nettement plus marquée à la station de Stenay qu'à celle de Goncourt, les résultats à Saint-Mihiel et Soulosse présentant le plus souvent des valeurs intermédiaires. Cela montre bien la dépendance beaucoup plus grande de l'écoulement vis-à-vis des conditions climatiques au niveau des bassins-versants, comme celui de la

Meuse à Goncourt, où les formations hydrogéologiques dominantes sont imperméables.

- L'étude précise des conditions climatiques au niveau de chacun des quatre bassins-versants a rendu possible une analyse assez fine des bilans hydrologiques. Nous tenons à nouveau à insister sur la nécessité d'une bonne connaissance des lames d'eau précipitées pour tirer profit au maximum de l'établissement des bilans hydrologiques ; la mise au point préalable de modèles pluviométriques apparaît donc primordiale. Ainsi les bilans saisonniers que nous avons établis présentent un caractère surtout indicatif mais ils ont cependant permis de préciser les constats résultant de l'étude des bilans annuels. Nous avons pu montrer que l'infiltration rapide des eaux et l'écoulement souterrain au niveau des bassins-versants karstiques limitaient les déficits d'écoulement et augmentaient donc les valeurs des coefficients d'écoulement. L'influence des phénomènes karstiques apparaît surtout au niveau des bilans de saison chaude et est d'autant plus importante que les précipitations, en particulier celles de saison froide, sont fortes.

- Enfin, l'analyse des profils hydrologiques en période d'étiage a permis de compléter cette étude en précisant, en fonction bien sûr des données disponibles, la localisation des secteurs du bassin de la Meuse où l'écoulement est influencé par le karst. Entre Neufchâteau et Stenay le rôle des apports souterrains est nettement visible en période d'étiage ce qui confirme bien la particularité du bassin-versant lorrain de la Meuse.

Il serait intéressant d'appliquer l'analyse des bilans hydrologiques et de la variabilité des ressources en eau à l'ensemble des bassins-versants contrôlés par une station hydrométrique pour permettre une étude plus fine des conditions de l'écoulement au niveau du bassin de la Meuse. Il est certain qu'une adaptation de ce travail à une échelle de temps plus restreinte telle que des années ou saisons particulières serait souhaitable.

Se repose donc le problème essentiel de la connaissance des conditions climatiques, en particulier pluviométriques, et de la mise au point systématique de modèles pour des laps de temps donnés. Deux orientations d'étude complémentaires doivent être envisagées.

Au niveau spatial, comme nous l'avons déjà précisé dans la conclusion de la deuxième partie, une étude transversale Ouest-Est de la Champagne orientale à la Lorraine Centrale et une meilleure connaissance de la transition entre les plateaux meusiens et ceux de la Lorraine Méridionale sont nécessaires. De plus l'étude de l'élaboration de modèles pluviométriques doit être poursuivie à l'échelle d'années particulières, des saisons et même des mois.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS

<u>INTRODUCTION GENERALE</u>	1
Optique générale de l'étude	3
Le cadre géographique de l'étude	4
L'approche méthodologique	9
<u>PREMIERE PARTIE - LES DONNEES THERMIQUES</u>	13
<u>CHAPITRE 1 - UN MANQUE DE DONNEES CRUCIAL</u>	17
1.1. Une répartition inégale des stations	17
1.2. Un équipement récent	20
<u>CHAPITRE 2 - LES TEMPERATURES ANNUELLES ET MENSUELLES.</u>	
<u>ESSAI DE MODELE THERMIQUE</u>	23
2.1. La comparaison de diverses séries thermiques	24
2.1.1. La comparaison de la série 1969-1980 avec des séries normales	24
2.1.2. La variabilité des températures de 1951 à 1980	26
2.2. Les températures moyennes annuelles. Essai de modèle thermique	28
2.2.1. Les corrélations températures annuelles- altitude	29
2.2.2. Une esquisse des isothermes moyens annuels	32
2.3. Les températures mensuelles. Les saisons thermiques	35
2.3.1. Deux saisons thermiques	35
2.3.2. Les amplitudes thermiques : les différen- ciations régionales	36
<u>CHAPITRE 3 - L'EVAPOTRANSPIRATION</u>	45
3.1. Les valeurs moyennes annuelles et mensuelles de l'E.T.P.	47
3.2. Les variations saisonnières de l'E.T.P.	47
CONCLUSION de la Première Partie	50

<u>DEUXIEME PARTIE - LES DONNEES PLUVIOMETRIQUES</u>	53
CHAPITRE 1 - <u>LE RESEAU PLUVIOMETRIQUE ET LA CRITIQUE DES DONNEES</u>	57
1.1. Les données disponibles	57
1.1.1. Remarques générales	57
1.1.2. Le réseau pluviométrique	58
1.1.3. Le choix de deux séries d'étude	62
1.2. Critique et homogénéisation des séries pluviométriques	63
1.2.1. La critique des données par la méthode des "doubles-cumuls"	64
1.2.2. Le comblement des lacunes d'observation	65
Conclusion partielle sur le contrôle de la qualité des données pluviométriques	74
CHAPITRE 2 - <u>MODELISATION ET VARIABILITE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES</u>	77
2.1. Modélisation : méthode d'élaboration des cartes d'isohyètes	78
2.1.1. Le choix de la méthode	78
2.1.2. L'établissement des équations pour la série 1951-1980	86
2.1.3. L'établissement des équations pour la série 1969-1980	117
2.1.4. Essai comparatif : l'utilisation de corrélations multiples	125
2.1.5. Mise au point des cartes d'isohyètes pour les périodes 1951-1980 et 1969-1980	131
2.2. L'inégale répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles	132
2.2.1. La répartition des précipitations "normales"	132
2.2.2. Comparaison des deux cartes 1951-1980 et 1969-1980	139
2.3. La variabilité des précipitations annuelles	140
2.3.1. Comparaison de diverses séries pluviométriques	140
2.3.2. La variabilité interannuelle de 1951 à 1980	149
2.3.3. La répartition fréquentielle des pluies annuelles	153
Conclusion partielle	156

CHAPITRE 3 - <u>VARIABILITE ET REGIONALISATION DES</u>	
<u>PRECIPITATIONS MENSUELLES</u>	159
3.1. La variabilité des précipitations mensuelles	
Une modélisation difficile.	160
3.1.1. Comparaison des coefficients de variation	
annuels et mensuels	160
3.1.2. Les coefficients de variation mensuels	161
3.1.3. Essai de comparaison de la variabilité	
des totaux pluviométriques et des types	
de temps	163
3.1.4. Essai de modèles mensuels	172
3.2. Les régimes pluviométriques. Régionalisation.	175
3.2.1. Le choix d'une étude fréquentielle	175
3.2.2. Etude des régimes pluviométriques aux	
fréquences 50, 10 et 90 %	178
3.2.3. Régionalisation	190
Conclusion de l'étude mensuelle	196
3.3. Introduction à l'étude de tendances climatiques	
à l'échelle annuelle et saisonnière de 1969 à 1980	198
CONCLUSION de la Deuxième Partie	205
* Contribution à l'élaboration de modèles pluviométriques	205
* Aspects régionaux	208
* Restructuration du réseau pluviométrique et proposition	
d'études	209
<u>TROISIEME PARTIE - L'ETUDE HYDROLOGIQUE</u>	213
CHAPITRE 1 - <u>LES DONNEES HYDROMETRIQUES. LES LIMITES DE L'ETUDE</u>	217
1.1. L'équipement hydrométrique : le choix de la série	
d'étude	217
1.2. La critique des données hydrologiques	222
1.2.1. La comparaison des totaux annuels cumulés	222
1.2.2. Le comblement des lacunes	228

CHAPITRE 2 - <u>LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES ET HYDRO- GEOLOGIQUES DES BASSINS-VERSANTS</u>	231
2.1. Synthèse climatique par bassin-versant	232
2.1.1. Les facteurs thermiques. Estimation de l'évapotranspiration potentielle	232
2.1.2. Evaluation des lames d'eau précipitées par bassin-versant	234
2.2. Les caractéristiques hydrogéologiques des bassins-versants	238
2.2.1. Les principales formations lithologiques et leurs capacités aquifères	238
2.2.2. Etude spécifique par bassin-versant	247
Conclusion partielle	257
 CHAPITRE 3 - <u>LES BILANS HYDROLOGIQUES ET LES VARIATIONS DES RESSOURCES EN EAU</u>	 259
3.1. Bilans hydrologiques et disponibilités annuelles des ressources en eau	259
3.1.1. Les bilans hydrologiques moyens annuels	259
3.1.2. L'irrégularité interannuelle des modules	269
3.2. Les débits mensuels et saisonniers	279
3.2.1. Les régimes fluviaux et la variabilité des débits mensuels	279
3.2.2. Etude saisonnière des ressources en eau	286
 CHAPITRE 4 - <u>L'ANALYSE DES DEBITS D'ETIAGE ET DES PROFILS HYDROLOGIQUES</u>	 295
4.1. Les débits mensuels d'étiage et leur durée de récurrence	296
4.1.1. Les débits mensuels d'étiage observés	296
4.1.2. Les débits fréquentiels d'étiage	299
4.1.3. L'irrégularité interannuelle des débits d'étiage	300
4.2. Les débits fréquentiels d'étiage	301
4.3. Analyse des profils hydrologiques de la Meuse française en période d'étiage	304
4.4. Etude des débits classés en 1976 et 1979 à Saint-Mihiel et Stenay	311
 CONCLUSION de la Troisième Partie	 316