



HAL
open science

L'intégration climatique de l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique et ses possibilités de transposition

Françoise Chaillou, André Giraudeau, Dominique Groleau, Jean-Pierre Péneau,
Agnès Troit

► **To cite this version:**

Françoise Chaillou, André Giraudeau, Dominique Groleau, Jean-Pierre Péneau, Agnès Troit. L'intégration climatique de l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique et ses possibilités de transposition. [Rapport de recherche] 0123/80, Centre de recherches méthodologiques d'architecture et d'aménagement (CERMA); Secrétariat de la recherche architecturale (SRA); Plan Construction. 1980, pp.194. <hal-03089998>

HAL Id: hal-03089998

<https://hal.science/hal-03089998v1>

Submitted on 29 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

4208



3030012048009

*ECOLE D'ARCHITECTURE DE
VERSAILLES*

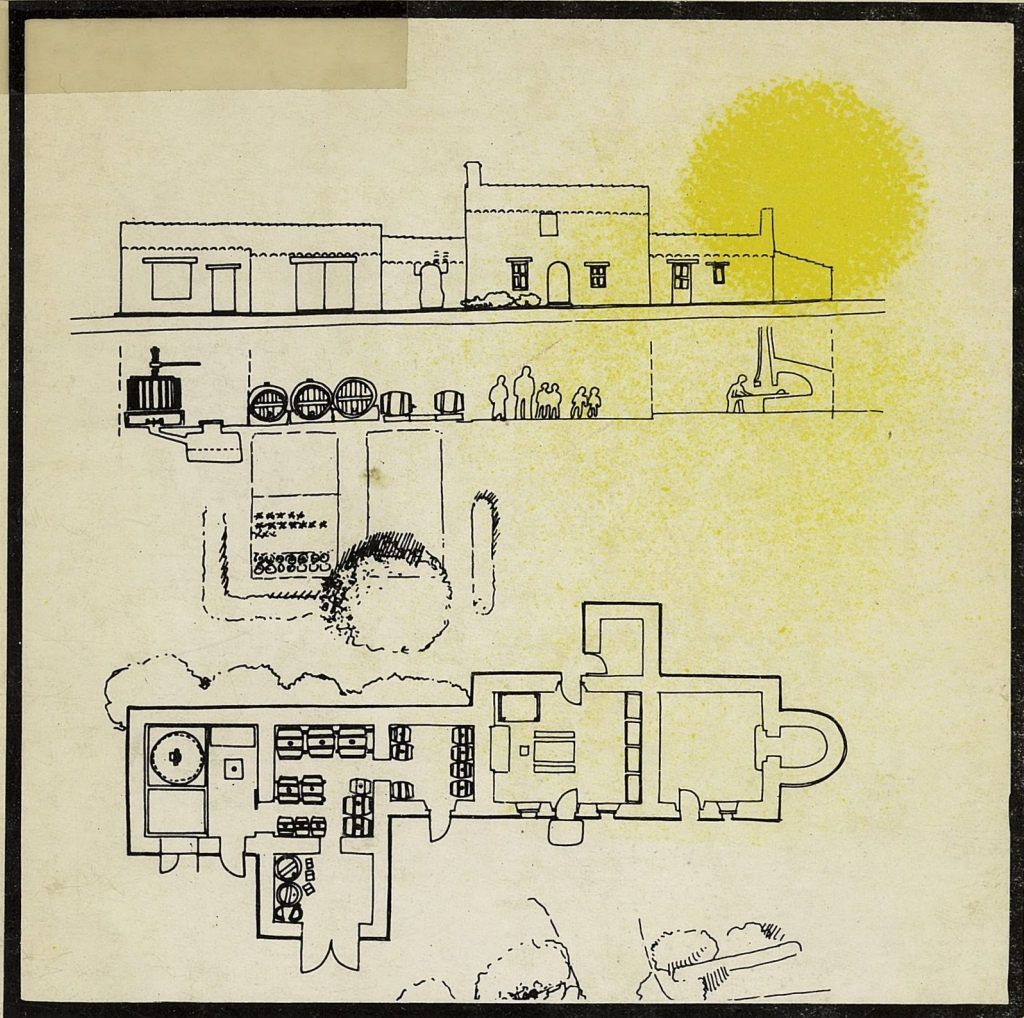
MAISON - MANAGER ET SES TROUSSEAU

4208



3030012048009

ECOLE D'ARCHITECTURE DE
VERSAILLES



L'INTEGRATION CLIMATIQUE DE L'HABITAT TRADITIONNEL RURAL
EN LOIRE-ATLANTIQUE ET SES POSSIBILITES DE TRANSPOSITION

CERMA

CENTRE DE RECHERCHES METHODOLOGIQUES D'ARCHITECTURE ET D'AMENAGEMENT / ASSOCIATION DE RECHERCHE
ACREEE DE L'UNITE PEDAGOGIQUE D'ARCHITECTURE DE NANTES / RUE HENRI PICHERIT 44300 NANTES (40) 74.06.08

JUILLET 1980

SOMMAIRE

OBJET DE L'ETUDE

- 1 - Introduction
 - 2 - Contexte de l'étude
 - 3 - Méthode d'analyse
- UNITÉ PÉDAGOGIQUE
D'ARCHITECTURE N° 3
BIBLIOTHÈQUE
2, av. de Paris, 78000 VERSAILLES

LE CLIMAT ET LES TYPES D'HABITAT TRADITIONNEL RURAL EN LOIRE-ATLANTIQUE

L'INTÉGRATION CLIMATIQUE DE L'HABITAT TRADITIONNEL RURAL EN LOIRE-ATLANTIQUE ET SES POSSIBILITÉS DE TRANSPOSITION

- 3 - Le déterminisme géographique et climatique en Loire-Atlantique

ETUDE SUR ÉCHANTILLON DE LA RELATION SITUATION CLIMATIQUE TYPE D'HABITAT

- 1 - Sélection des échantillons
- 2 - Mise en évidence des types d'habitat

72.026
CEN
LNI

Le présent document constitue le rapport de fin d'étude d'une étude remise au Secrétariat de la Recherche Architecturale en exécution du programme général de recherche mené par le Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie avec la D.G.R.S.T. depuis 1972. Les jugements et opinions émis par les responsables de la recherche n'engagent que leurs auteurs.

RAPPORT CERMA N° 27

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

- 1 - Les principaux résultats
- 2 - Les éléments traditionnels de l'habitat rural et leurs possibilités de transposition

CERMA - Association de Recherche agréée
de l'Unité Pédagogique d'Architecture de NANTES
11, rue Picherit - 44300 NANTES
Tél. : (40) 74.06.08

CONCLUSION

JUILLET 1980

UNITE PEDAGOGIQUE
D'ARCHITECTURE N° 3
BIBLIOTHEQUE
2, av. de Paris, 78000 VERSAILLES

L'INTEGRATION CLIMATIQUE DE L'HABITAT TRADITIONNEL RURAL
EN LOIRE-ATLANTIQUE ET SES POSSIBILITES DE TRANSPOSITION

128.5
cah
LVI

Le présent document constitue le rapport de fin d'étude d'une étude réalisée au Secrétariat de la Recherche Architecturale en exécution du programme général de recherche mené par le Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie avec la D.G.R.S.T. depuis 1972. Les jugements et opinions émis par les responsables de la recherche n'engagent que leurs auteurs.

RAPPORT CERMA N° 27

Ont participé à cette étude pour le CERMA :

CHAILLOU Françoise
GIRAudeau André
GROLEAU Dominique
PENEAU Jean-Pierre
TROIT Agnès

CERMA - Association de Recherche agréée
de l'Unité Pédagogique d'Architecture de NANTES
11, rue Pichet - 44300 NANTES
Tél. : (40) 74.06.08

128.5

SOMMAIRE

OBJET DE L'ÉTUDE

- 1 - Introduction
- 2 - Contexte de l'étude
- 3 - Méthode d'analyse

LE CLIMAT ET LES TYPES D'HABITAT TRADITIONNEL RURAL EN LOIRE-ATLANTIQUE

- ✕ 1 - Classification des types d'habitat
- 2 - Analyse de la situation climatique
- 3 - Le déterminisme géographique et climatique en Loire-Atlantique

ÉTUDE SUR ÉCHANTILLON DE LA RELATION SITUATION CLIMATIQUE-TYPE D'HABITAT

- 1 - Sélection des échantillons
- 2 - Mise en évidence des types de relation climat-architecture
 - implantation de l'habitat dans le site
 - ✕ - forme de groupement des villages
 - orientation des constructions
 - ✕ - caractéristiques de l'habitat
 - synthèse
- 3 - Étude quantitative du comportement thermique de l'habitat en situation réelle
 - organisation de la campagne de mesures
 - les appareils de mesure
 - la campagne de mesures de septembre 1979
 - la campagne de mesures février-mars 1980

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS - LES POSSIBILITÉS DE TRANSPOSITION

- 1 - Les principaux résultats
- 2 - Les éléments traditionnels de l'intégration climatique et leurs possibilités de transposition
 - les déperditions
 - l'orientation
 - l'inertie thermique

CONCLUSION

SOMMAIRE

OBJET DE L'ETUDE

- 1 - Introduction
- 2 - Contexte de l'étude
- 3 - Méthode d'analyse

LE CLIMAT ET LES TYPES D'HABITAT TRADITIONNEL RURAL EN LOIRE-ATLANTIQUE

- 1 - Classification des types d'habitats
- 2 - Analyse de la situation climatique
- 3 - Le déterminisme géographique et climatique en Loire-Atlantique

ETUDE SUR ECHANTILLON DE LA RELATION SITUATION CLIMATIQUE TYPE D'HABITAT

- 1 - Sélection des échantillons
- 2 - Mise en évidence des types de relation climat-architecture
 - implantation de l'habitat dans le site
 - forme de groupement des villages
 - orientation des constructions
 - caractéristiques de l'habitat
 - synthèse
- 3 - Etude quantitative du comportement thermique de l'habitat en situation réelle
 - la campagne de mesures février-mars 1980
 - la campagne de mesures de septembre 1979
 - les appareils de mesure
 - organisation de la campagne de mesures

SYNTHESE DES RESULTATS - LES POSSIBILITES DE TRANSPOSITION

- 1 - Les principaux résultats
- 2 - Les éléments traditionnels de l'intégration climatique et leurs possibilités de transposition
 - l'inertie thermique
 - l'orientation
 - les déperditions

CONCLUSION

MAILLON Françoise
 LAUREAU Agnès
 LAUREAU Jean-Pierre
 ROY Agnès

1 - INTRODUCTION

La présente étude constitue la réponse à l'appel d'offres de recherche du Plan Construction et du CORDA sur le thème «Climat, Architectures et Formes Urbaines». Elle aborde le problème de l'intégration architecturale dans l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique.

La notion d'intégration a été largement utilisée ces dernières années dans le souci d'une meilleure insertion de l'habitat et des constructions dans leur contexte. Elle a d'ailleurs donné lieu à de nombreuses publications ou publications visant à garantir l'intégration visuelle des constructions neuves et à assurer l'unité architecturale avec le bâti ancien existant. Ces informations véhiculées sous des documents ou véhiculées par les instances administratives ou de conseil sont établies sous la forme de règlements, d'instructions ou de règlements incitatifs. Elles s'appuient généralement sur des valeurs à caractère culturel et idéologique essentiellement relatives.

Le manque d'information objective sur les sites, sur l'architecture traditionnelle et sur le contexte actuel, essentiellement différent, conduit, par le même, à édicter des règles dont l'aspect réducteur jette les bases d'une architecture régionale superficielle. Pour celle-ci, les éléments visuels de l'architecture traditionnelle sont repris sans essai de compréhension ou d'adaptation, il suffit, pour s'en rendre compte, d'analyser les manifestations de cette intégration dans l'habitat actuel. Cette attitude correspond à une vision passive, voire sentimentale de l'intégration où la recherche à tout prix de l'homogénéité masque ou exclut tout particularisme local lié à des modes d'usages spécifiques ou à des situations climatiques différentes. Pour le cas de la Loire-Atlantique, la principale règle d'intégration n'était-elle pas jusqu'à ces dernières années l'emploi de la couverture en ardoise, au Nord de la Loire, en tuile au Sud ?

Dans une plaquette conseil intitulée «Construire en Loire-Atlantique», conçue pour le Ministère de l'Équipement et réalisée, pour une part, par les membres de l'équipe, le point de vue de l'intégration bio-climatique était privilégié par rapport à l'argumentation esthétisante habituelle. Cette intégration était étudiée en relation avec les aspects socio-culturels et économiques propres aux diverses situations rencontrées. Ainsi, la diversité des types d'habitat liés à des contextes physiques et économiques assez tranchés avait été au premier plan.

Avec la crise de l'énergie et le développement des préoccupations écologiques, le concept d'intégration bio-climatique vient au premier de l'argumentation esthétisante habituelle. Le climat devient une donnée importante de plus en plus, dans certains cas, fonder le caractère spécifique d'une architecture. Mais là encore, on constate la faiblesse des études sur le sujet. L'architecture traditionnelle est par définition bio-climatique, et constitue donc la référence. Ainsi, la capacité de prise en compte des facteurs climatiques et géographiques dans l'habitat traditionnel est-elle mise en avant. Elle donne lieu, dans de nombreuses publications, à des affirmations non contestées ou facilement énoncées :

OBJET DE L'ÉTUDE

«Les constructeurs de bâtiments traditionnels en milieu rural ont su, à travers une perception intuitive des phénomènes naturels, apporter une réponse ingénieuse dans chaque lieu, à un climat.»

«L'habitat traditionnel présente des caractéristiques architecturales lui permettant de se protéger naturellement du climat...»

OBJET DE L'ETUDE

I - INTRODUCTION

La présente étude constitue la réponse à l'appel d'offres de recherches du Plan Construction et du CORDA sur le thème «Climat, Architecture et Formes Urbaines». Elle aborde le problème de l'intégration climatique dans l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique.

La notion d'intégration a été largement utilisée ces dernières années dans le souci d'une meilleure insertion de l'habitat et des constructions dans leur contexte. Elle a d'ailleurs donné lieu à de nombreuses publications ou plaquettes visant à garantir l'intégration visuelle des constructions neuves et à maintenir l'unité architecturale avec le bâti ancien existant. Les informations contenues dans ces documents ou véhiculées par les instances administratives ou de contrôle sont établies sous la forme de règlements, d'instruction ou de mesures incitatoires. Elles s'appuient généralement sur des valeurs à caractère culturel et idéologique essentiellement relatives.

Le manque d'information objective sur les sites, sur l'architecture traditionnelle et sur le contexte actuel essentiellement différent, conduit, par le fait même, à édicter des règles dont l'aspect réducteur jette les bases d'une architecture régionale superficielle. Pour celle-ci, les éléments visuels de l'architecture traditionnelle sont repris sans essai de compréhension ou d'adaptation. Il suffit, pour s'en rendre compte, d'analyser les manifestations de cette intégration dans l'habitat actuel. Cette attitude correspond à une vision passéiste, voire sentimentale de l'intégration où la recherche à tout prix de l'homogénéité masque ou exclut tout particularisme local lié à des modes d'usages spécifiques ou à des situations climatiques différentes. Pour le cas de la Loire-Atlantique, la principale règle d'intégration n'était-elle pas jusqu'à ces dernières années, l'emploi de la couverture en ardoise, au Nord de la Loire, en tuile au Sud ?

Dans une plaquette conseil intitulée «Construire en Loire-Atlantique», conçue pour le Ministère de l'Équipement et réalisée, pour une part, par des membres de l'équipe, le point de vue de l'intégration bio-climatique était privilégié par rapport à l'argumentation esthétisante habituelle. Cette intégration était étudiée en relation avec les aspects socio-culturels et économiques propres aux diverses situations rencontrées. Ainsi, la diversité des types d'habitat liés à des contextes physiques et économiques assez tranchés avait-elle pu être constatée.

Avec la crise de l'énergie et le développement des préoccupations écologistes, le concept d'intégration bio-climatique vient au renfort de l'argumentation «esthétisante» habituelle. Le climat devient une donnée importante du site et, peut, dans certains cas, fonder le caractère spécifique d'une architecture. Mais là encore, on constate la faiblesse des études sur le sujet : l'architecture traditionnelle est par définition bio-climatique, et constitue donc la référence. Ainsi, la capacité de prise en compte des facteurs climatiques et géographiques dans l'habitat traditionnel est-elle mise en avant. Elle donne lieu, dans nombreuses publications, à des affirmations non contrôlées ou faiblement étayées :

«Les constructeurs de bâtiments traditionnels en milieu rural ont toujours su, à travers une perception intuitive des phénomènes naturels, apporter une réponse ingénieuse dans chaque lieu, à un climat.»

«L'habitat traditionnel présente des caractéristiques architecturales lui permettant de se protéger naturellement du climat...».

Ces affirmations sont généralement ponctuées d'exemples variés pris ici et là, mettant directement en relation les éléments du climat et de l'architecture et leur effet sur le confort résultant. Ainsi, par le biais de la nature et du mode de vie qui lui est associé, des économies d'énergie et de la possibilité d'atteindre une certaine autonomie, on essaie de faire passer les concepts bio-climatiques. Les exemples de bon sens, « intuitifs », pris dans l'habitat ancien pour appuyer ces thèses priment sur l'argumentation scientifique et objective des éléments en présence. On assiste en fait à une idéalisation de l'habitat traditionnel en exprimant, sans démonstration, des liens de causalité entre l'architecture et le climat. Pour reprendre l'exemple de la Loire-Atlantique, les toits sont en ardoise au Nord de la Loire parce qu'il y pleut beaucoup plus qu'au Sud (!).

Il ne s'agit pas pour nous, au cours de cette étude, de nier ou au contraire, de renforcer à tout prix les propositions précédentes, mais plutôt d'aborder le problème de l'intégration climatique à partir d'un cas précis : l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique, en procédant à une analyse rigoureuse des facteurs climatiques et des types d'habitat.

Diverses études ont été entreprises sur ce thème de la relation climat-architecture, mais elles ont généralement été menées dans des secteurs géographiques aux conditions climatiques typées et très différentes en soulignant davantage les oppositions entre les types d'habitat que les qualités d'intégration ou d'adaptation propres à chacun. Notre investigation vise, en revanche, dans un secteur particulier, peu étendu et au climat modéré, à explorer les manifestations de la prise en compte des facteurs naturels et climatiques dans l'architecture locale. Elle se propose d'apprécier leur importance et leur rôle dans le comportement thermique d'ensemble de l'habitat et d'en suggérer éventuellement des transpositions à la construction actuelle. Notre souci majeur, dans cette étude, est de mettre en évidence les facteurs prépondérants de l'intégration climatique de l'architecture traditionnelle locale et d'étudier les possibilités ou impossibilités de transposition des dispositifs retenus en connaissance des modifications et des différences générales et locales du contexte actuel.

II - CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Comme nous l'avons précisé précédemment, le champ d'investigation retenu pour l'étude de l'intégration climatique est limité à l'habitat traditionnel rural du département de Loire-Atlantique. En effet, sans faire pour autant du climat le facteur déterminant de la forme ou des dispositifs constructifs et architecturaux de la maison, c'est dans l'habitat traditionnel rural qu'on peut s'attendre à rencontrer davantage ses effets. Les systèmes de domination de l'environnement sont limités, les techniques peu développées et l'homme doit alors composer avec le climat et s'adapter aux facteurs naturels. De plus, ce type d'habitat rend compte de la tradition populaire en tant qu'expression de sa culture, de ses besoins ou de ses valeurs. Comme architecture populaire, elle a des rapports plus étroits avec la vie quotidienne que l'architecture des «architectes» qui représente une culture d'élite (réf. 1).

L'étude est donc limitée aux constructions rurales édifiées par les gens eux-mêmes ou les artisans locaux avant l'époque industrielle. On fait ainsi implicitement référence à la période d'avant 1850, tout en sachant qu'il est difficile d'arrêter une date à partir de laquelle l'habitat rural ne serait plus «traditionnel» ou ne serait plus considéré comme «ancien». En effet, à une époque donnée, l'habitat est composé d'éléments hétérogènes d'âge et d'origine différents et sa transformation face au contexte historico-géographique, n'est jamais brutale. Ceci explique une certaine permanence des constructions anciennes jusqu'à une époque récente et la présence de formes archaïques due au fait de la tradition et à une certaine résistance au changement, voulue ou non, surtout dans le secteur rural.

La clarification du contexte historique de l'habitat rural traditionnel, et, la mise au jour des principales implications sur les formes d'habitat rencontrées, constitueraient cependant une étape importante dans la connaissance de l'habitat traditionnel. Des études menées dans ce sens par d'autres membres de l'équipe de recherche devraient permettre d'apporter d'utiles renseignements. Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes volontairement limités aux seuls aspects de l'intégration climatique, donc aux éléments de l'habitat pouvant interférer avec le climat et le site géographique associé. Dès lors, les modifications de détail apportées à l'habitat au cours des phases d'adaptation, de transformation successives, ne constituent pas un obstacle majeur à l'identification et à la classification des types d'habitat ancien retenues pour l'analyse climatique dans la mesure où elles n'altèrent pas profondément les modes de relation de cet habitat au climat.

Par ailleurs, nous avons restreint l'étude au seul département de la Loire-Atlantique, espace géographique arbitraire dû à un découpage administratif et ne correspondant, dans le cadre de la recherche, à aucune réalité. L'étendue réduite du secteur facilite cependant l'appréhension correcte du climat et de l'architecture rurale. Mais le caractère apparemment anodin de la Loire-Atlantique va être l'occasion d'apprécier, dans des conditions moyennes, non typées, la relation climat-architecture. Cet examen se fera sans autre souci que de vérifier les hypothèses données au départ, à savoir : il existe un rapport

entre les variations locales et micro-locales de l'environnement géographique et climatique, et les dispositifs architecturaux de l'habitat traditionnel. Dans cette optique, le choix de la Loire-Atlantique présente deux aspects intéressants :

- d'une part, son climat, tempéré, de type océanique qui ne présente pas de conditions particulièrement rigoureuses. La majorité des ouvrages consacrés à l'étude de la relation entre climat et architecture ou à l'analyse des solutions architecturales face à la situation climatique font généralement référence à des régions où les contraintes climatiques sont «sévères». Les solutions architecturales sont alors généralement très typées : l'Arctique et l'igloo, le désert et les maisons de terre... Dans ces conditions, la sollicitation du climat peut devenir primordiale et limiter le choix des formes et des modes de construction de la maison. Pour ce qui le concerne, le climat de Loire-Atlantique ne présente pas une telle sévérité et les valeurs extrêmes des paramètres climatiques sont modérées. On peut donc s'attendre à trouver des types de réponse beaucoup plus nuancés où le climat ne risque d'être qu'un facteur parmi beaucoup d'autres (modes culturelles, facteurs économiques, sociaux...) permettant de comprendre l'habitation,
- d'autre part, la variété des types d'architecture de l'habitat traditionnel, dans un territoire de faible étendue correspondant d'ailleurs à des types d'activité économique assez tranchés.

Dans cette situation particulière, est-il possible d'établir un lien direct entre les contraintes du climat et les types d'habitat ? Les conditions géographiques et climatiques locales ont-elles contribué à la création ou au renforcement de la variété des types d'habitat ? Chaque type d'habitat se développe-t-il dans un contexte climatique local différent ? Au contraire, le climat, peu rigoureux, permet-il la coexistence d'habitats différents ou simplement la spécificité de chaque habitat, ne proviendrait pas de caractéristiques d'intégration différentes, mais plutôt de facteurs historiques, économiques ou socio-culturels ? En définitive, dans quelle mesure peut-on parler de déterminisme géographique et climatique en Loire-Atlantique ?

Telles sont les principales questions auxquelles nous tenterons de répondre au cours de l'étude en cherchant à établir les types de rapport entre les variations locales et micro-locales de l'environnement climatique et les dispositifs architecturaux de l'habitat traditionnel. Dans un deuxième temps, nous examinerons quel peut être l'apport de la tradition à la résolution actuelle de problèmes d'intégration climatique et quels types de solution sont envisageables dans le contexte spécifique du département.

III - MÉTHODES D'ANALYSE

Ainsi, le thème central de la recherche est la clarification de la relation climat-architecture traditionnelle rurale en Loire-Atlantique. Cette clarification passe d'abord par une investigation approfondie des variations climatiques des secteurs d'habitat typique du département, afin de situer le poids du facteur climatique et le type de contrainte qu'il peut exercer sur l'habitat.

- Analyse de la situation climatique en Loire-Atlantique

La situation climatique de Loire-Atlantique est généralement appréhendée à partir de deux stations de mesures du réseau de la Météorologie Nationale, NANTES-CHATEAU BOUGON et MONTOIR DE BRETAGNE, pour lesquelles on possède des séries statistiques complètes, portant sur de longues périodes, et pour divers paramètres climatiques. Si cette approche permet de dégager les tendances générales du climat, elle n'éclaire en aucune façon sur les variations ou les nuances du climat à l'intérieur du département. Il n'existe pas, à proprement parler, d'étude détaillée sur le climat en Loire-Atlantique. Seules deux études de la Météorologie Nationale (réf.24,25) intègrent la Loire-Atlantique dans un contexte géographique plus vaste, à l'intérieur de la Bretagne d'une part, de la Gironde à la Loire d'autre part, mais le département constitue toujours une des régions extrêmes du secteur d'étude. Des études plus géographiques que climatiques ont été entreprises à partir de la végétation ou des cultures, mais il est difficile, à une échelle aussi restreinte que le département, de connaître et de comprendre les nuances climatiques à partir de tels éléments, qui sont le résultat de facteurs climatiques sans doute, mais de bien d'autres composantes.

Nous avons donc entrepris une analyse des mesures météorologiques à une échelle suffisamment fine à l'intérieur du département à partir d'une trentaine de stations de mesures secondaires. L'ensemble des stations ne couvrent pas toujours de façon très homogène l'espace géographique et les séries de mesures sont parfois incomplètes. Les paramètres mesurés se réduisent généralement à la pluviométrie et à la température. Malgré les imperfections et les manques, nous avons procédé au dépouillement des mesures existantes consignées dans les Bulletins Mensuels de la Météorologie de la Région Ouest et établi des moyennes sur la période de 1970 à 1978.

Bien qu'en nombre limité, les paramètres climatiques retenus (température, pluie, ensoleillement et vent) apparaissent suffisants pour analyser la situation climatique du département et mettre en évidence les variations climatiques.

Plus qu'aux valeurs brutes de tendance qui caractérisent le climat, nous nous sommes attachés à l'étude des variations de chacun des paramètres climatiques, dans l'espace géographique afin de dégager, si possible, des sous-ensembles géographiques, de relever des oppositions ou simplement des nuances.

A l'issue de cette analyse climatique, il a été possible de relativiser l'influence du climat sur l'habitat traditionnel et déjà, de réfuter certaines propositions émises au départ.

- Analyse des types caractéristiques d'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique

Parallèlement à l'étude climatique, l'analyse des types d'habitat axée sur les facteurs d'intégration climatique doit permettre la mise au jour des variations des dispositifs architecturaux retenus ou des caractéristiques de forme ou d'enveloppe, en regard des conditions climatiques existantes et donc de déterminer la spécificité «climatique» de chaque type d'habitat. La mise en relation des types d'habitat et des variations climatiques fixe, en définitive, l'importance du paramètre climatique dans l'habitat traditionnel, sur notre secteur d'étude.

Suite à cette phase préliminaire, il s'agit alors de situer le plus objectivement possible le degré de dépendance de l'habitat traditionnel vis-à-vis du climat en effectuant une analyse, sur échantillon suivant deux axes :

- la recherche des facteurs prépondérants de l'habitat pouvant se prêter à l'interprétation en tant que réponse au problème de l'intégration climatique. L'objectif est de mettre au jour les dominantes, les tendances ou au contraire de souligner l'hétérogénéité des dispositions afin d'appréhender ainsi l'intensité de la relation entre le climat et tel ou tel élément de l'habitat. Pour ce type d'analyse, on a eu recours principalement à l'analyse statistique sur des échantillons de taille restreinte, à un niveau communal,
- l'analyse de l'impact réel de la situation climatique sur les constructions. Ce deuxième type d'analyse quantitative réalisée in situ par des relevés de mesures précises, vise essentiellement à constater les effets du climat sur l'habitat traditionnel en regard des dispositions d'insertion et des caractéristiques morpho-technologiques des bâtiments. Il s'agit ici d'explicitier des relations de cause à effet (l'impact d'une pente de toit, d'une orientation, d'un mur épais) des éléments de la construction sur la situation de confort résultante dans l'habitation. L'approche, davantage thermique, conduira à étudier l'effet de certaines configurations en fonction de certains paramètres climatiques (ensoleillement, irradiation, effets du vent) et à mesurer les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur, suivant les propriétés du local considéré. Les situations climatiques extrêmes d'hiver et d'été seront examinées afin de déterminer le comportement global annuel du bâtiment et d'en isoler les principaux paramètres (orientation, inertie, implantation...).

La phase finale de l'étude, au vu des relations mises au jour entre climat et architecture traditionnelle, devrait permettre de dégager les éléments pertinents permettant d'aborder le problème de l'intégration climatique et, en précisant les éventuels avantages des implantations traditionnelles, d'évaluer leur possibilité de transposition à l'habitat actuel.

Compte tenu des impératifs de durée de l'étude et de coût, il n'a pas été possible d'approfondir également tous les aspects du problème de l'intégration climatique. A cela, s'ajoute les difficultés d'analyse et la lourdeur des mesures réalisées in situ (matériel important, surveillance, dépouillement...)

Ainsi, l'analyse quantitative des conditions climatiques prévue initialement sur le micro-site, dans les espaces extérieurs, et l'habitat, s'est limitée en fait à l'étude du rôle de l'enveloppe de l'habitation sur les conditions thermiques intérieures. Le manque d'homogénéité des configurations rencontrée au niveau du site et des formes de groupements-venant par ailleurs ôter tout caractère de généralité aux résultats obtenus, nous nous sommes donc occupés principalement de la pièce d'habitation sans étudier précisément l'incidence du site proche sur les variations des valeurs météorologiques par rapport au site dégagé.

Quelques modifications ou rectifications dans le déroulement du travail sont également intervenues en cours d'études faisant suite aux éléments de réponse apportés par les analyses préliminaires du climat et des types d'architecture. Ainsi, l'accent a davantage été mis sur le comportement thermique de l'habitat traditionnel que sur ses facteurs «volontaires» d'intégration ; ceci en raison de différences peu marquées entre les types d'architecture et des sollicitations peu excessives du climat.

Le rapport reprend les principales phases du travail en présentant pour chacune d'elles, les objectifs recherchés, les méthodes d'analyse et les principales conclusions qu'elles ont amenées. Nous examinerons donc successivement :

- les éléments en présence : les données du climat et les types d'architecture en Loire-Atlantique ; les aspects du déterminisme climatique dans le département,
- étude de la prise en compte des facteurs climatiques dans l'habitat traditionnel et leur traduction dans l'architecture,
- approche quantitative du comportement thermique des divers types d'habitat et mise au jour des variations significatives suivant les caractéristiques d'enveloppe,
- synthèse : les éléments de l'intégration climatique dans l'habitat traditionnel en Loire-Atlantique, essai d'interprétation et propositions pour l'habitat actuel.

Ainsi, l'analyse quantitative des conditions climatiques prévues initialement sur le micro-site, dans les espaces extérieurs et l'habitat, s'est limitée en fait à l'étude du rôle de l'enveloppe de l'habitation sur les conditions thermiques intérieures. Le manque d'homogénéité des configurations rencontrées, au niveau du site et des formes de groupements venant par ailleurs être tout aussi défectueux aux résultats obtenus, nous nous sommes donc occupés principalement de la pièce d'habitation sans étudier précisément l'incidence du site qui sur les variations des valeurs météorologiques par rapport au site désigné.

Quelques modifications ou rectifications dans le déroulement du travail sont également intervenues en cours d'études faisant suite aux éléments de réponse apportés par les analyses préliminaires du climat et des types d'architecture. Ainsi, l'accent a davantage été mis sur le comportement thermique de l'habitat traditionnel que sur ses facteurs évolutifs d'intégration, ceci en raison de son rôle différenciel par rapport aux types d'architecture et des sollicitations plus ou moins fortes qu'il subit.

Le rapport reprend les principales phases du travail en présentant pour chaque ne d'effet, les objectifs recherchés, les méthodes d'analyse et les principales conclusions qu'ils ont amenées. Nous examinerons donc successivement :

- les éléments en présence : les données du climat et les types d'architecture en Côte-Antillaise ; les aspects du déterminisme climatique dans le département ;
- l'étude de la prise en compte des facteurs climatiques dans l'habitat traditionnel et leur traduction dans l'architecture ;
- l'approche quantitative du comportement thermique des divers types d'habitat et mise au jour des variations significatives suivant les caractéristiques d'implantation ;
- la synthèse de l'intégration climatique dans l'habitat traditionnel en Côte-Antillaise, sous l'interprétation et proposition pour l'habitat actuel.

L'objectif principal de ce travail est de fournir des données de référence et de servir de base à la mise au point de mesures de protection et de réajustement de l'habitat existant et à la conception de nouveaux types d'habitat adaptés aux conditions climatiques locales.

La première partie de ce rapport est consacrée à l'étude du climat et des types d'architecture en Côte-Antillaise. Elle est divisée en deux chapitres : le premier traite de la situation géographique, climatique et démographique de la région ; le second, de l'évolution du climat et des types d'habitat au cours des siècles.

La deuxième partie est consacrée à l'étude de la prise en compte des facteurs climatiques dans l'habitat traditionnel. Elle est divisée en deux chapitres : le premier traite de l'habitat traditionnel et de son comportement thermique ; le second, de l'habitat moderne et de son comportement thermique.

La troisième partie est consacrée à l'approche quantitative du comportement thermique des divers types d'habitat. Elle est divisée en deux chapitres : le premier traite de la méthode de mesure ; le second, des résultats obtenus.

La quatrième partie est consacrée à la synthèse de l'intégration climatique dans l'habitat traditionnel en Côte-Antillaise, sous l'interprétation et proposition pour l'habitat actuel. Elle est divisée en deux chapitres : le premier traite de la situation actuelle ; le second, des propositions.

La cinquième partie est consacrée à la conclusion.

La première phase de l'étude a pour principal objectif de fixer le cadre géographique et climatique de référence d'où part notre étude en relation avec les types d'habitat traditionnel rural rencontrés dans la région. D'autre part, d'apprécier le rôle qu'a joué le climat dans l'architecture rurale de la Loire-Atlantique et d'autre part, de définir les éléments spécifiques de l'habitat traditionnel rural dans le contexte rural.

LES TYPES CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT TRADITIONNEL RURAL EN LOIRE-ATLANTIQUE

L'habitat traditionnel rural de la Loire-Atlantique a donné lieu à plusieurs études dans lesquelles il ressort une typologie qui sert de point de départ à notre étude sur l'influence climatique. Des lors qu'il existe différents types d'habitat, il est logique d'associer à chacun des caractéristiques propres à leur occurrence et de plus, d'envisager le climat comme un facteur qui renforce cette variété.

PROBLEME DE CLASSIFICATION

La définition des types d'habitat est un problème de manière générale, le problème d'une classification. Les méthodes de classification qui sont proposées favorisent généralement une variété de critères en relation avec une discipline : géographie, histoire, etc... La classification la plus importante jusqu'à ces dernières années est celle des géographes.

Depuis peu, on semble privilégier la méthode de la typologie classique des géographes, basée sur des critères morphologiques purement descriptifs (forme des toitures, matériaux, pente de la rue, etc...). Des auteurs de disciplines diverses, géographes, sociologues tentent d'aborder le problème de l'habitat rural dans sa totalité comme un système complexe de relations entre les facteurs spatiaux, économiques et culturels. Cette nouvelle approche est développée dans les Arts et Traditions Populaires confrontée au travail de terrain des monographies d'habitat rural réalisées.

Dans la pratique, toute classification de départ, donc, fait primer un aspect particulier de la réalité, elle résout les problèmes liés à l'étude du territoire d'étude (local, régional, national), aux caractéristiques des classes d'objets, à la typologie des matériaux ou maisons (régionales par exemple) qui constituent le cadre de la classification. Enfin, l'ensemble de ces travaux n'est que ramené à l'étude de la région d'étude est très restreinte, de la hameau ou de la commune, la typologie repose donc sur des critères dont le choix est déterminé a priori.

L'objet de la typologie est de définir les caractéristiques de l'habitat rural, les éléments qui concourent à sa formation, les conditions de son développement ou une certaine organisation spatiale. Elle est aussi de leur donner une signification, de les classer en fonction de ce qui préoccupe, d'envisager les types d'habitat, les conditions de leur développement les conditions de leur présence (local d'origine).

LE CLIMAT ET LES TYPES D'HABITAT TRADITIONNEL RURAL EN LOIRE-ATLANTIQUE

LE CLIMAT ET LES TYPES D'HABITAT

TRADITIONNEL RURAL EN LOIRE-ATLANTIQUE

Cette première phase de l'étude a pour principal objectif de fixer le cadre géographique et climatique du secteur d'étude en relation avec les types d'habitat traditionnel rural rencontrés afin, d'une part, d'apprécier le rôle qu'a pu jouer le climat dans l'architecture rurale en Loire-Atlantique et d'autre part, de définir les éléments spécifiques de l'intégration climatique dans le contexte rural.

I - LES TYPES CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT TRADITIONNEL RURAL EN LOIRE-ATLANTIQUE

L'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique a donné lieu à plusieurs études dont il ressort une typologie qui sert de point de départ à notre étude sur l'intégration climatique. Dès lors qu'il existe différents types d'habitat, il est logique d'associer à chacun des conditions particulières propres à leur occurrence et donc, d'envisager le climat comme un des facteurs qui renforce cette variété.

PROBLEME DE CLASSIFICATION

La définition des types d'habitat traditionnel pose, de manière générale, le problème d'une classification. Les modes de classification qui sont proposés favorisent généralement une approche ou un point de vue en relation avec une discipline : géographie, histoire, ethnologie... mais, la contribution la plus importante, jusqu'à ces dernières années, fut celle des géographes.

Depuis peu, on semble prendre ses distances vis-à-vis de la typologie classique des géographes, basée, sauf exceptions, sur des facteurs morphologiques purement descriptifs (disposition des bâtiments, nature des matériaux, pente de toit, etc...). Des équipes pluridisciplinaires (ethnologues, géographes, sociologues) tentent d'aborder le problème de la maison dans sa totalité comme un système complexe dans lequel s'exprime la réalité sociale, économique et culturelle. Cette nouvelle orientation est celle du Musée des Arts et Traditions Populaires confronté au problème de la classification des monographies d'habitations rurales réalisées en France en 1941 (réf. 5).

Dans la pratique, toute typologie choisit un point de départ, donc, fait primer un aspect particulier de la maison. A cela, s'ajoutent les problèmes liés à l'échelle du territoire d'étude (niveau local, régional, national), aux caractéristiques des classes d'objets qu'on veut classer (maison rurale ou maison vigneronne par exemple) qui conditionne le type de classification. Enfin, l'ensemble des objets n'est que rarement analysé (sauf si le territoire d'étude est très restreint, cas du hameau ou de la commune) et la typologie repose donc sur des spécimens dont le choix sous-entend une classification a priori.

L'objet de la typologie répond à un souci de clarification, de mise en ordre d'éléments qui concourent à découvrir parmi ces éléments des types dominants ou une certaine distribution des variables (souci de constater). Son objet est aussi de jeter les bases d'une explication ; ce serait dans le cas qui nous préoccupe, d'expliquer les types d'habitat, leur différence et de comprendre les conditions de leur création ou de leur permanence (souci d'expliquer).

Les géographes, comme A. DEMANGEON, en favorisant l'approche formelle et fonctionnelle, sont bien conscients des limites de leurs travaux : «*L'habitation ne serait pas seulement le fruit du milieu local ; elle contiendrait en elle-même des apports extérieurs, des traces de parenté éloignées, des reflets d'influence générale.... Il y a des causes qui échappent à l'observation actuelle et aux lois du déterminisme local ; pour l'expliquer, il faut faire appel sans doute à des relations historiques et à des courants de civilisation*» (réf. 13). La classification proposée se doit de fixer ses limites.

CRITERES POUR LA CLASSIFICATION

Dans le cadre de cette étude sur l'intégration climatique de l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique, la classification doit s'appuyer sur les éléments des dispositifs de l'habitation qui sont en interaction avec les composantes du climat. Ces éléments peuvent être le résultat d'une action volontaire et exprimer alors un type de réponse à une sollicitation du climat. Ils peuvent aussi être inspirés pour des raisons autres que géographiques et climatiques, mais posséder néanmoins une influence sur le confort bio-climatique résultant.

Ces deux types d'éléments ne sont à priori pas discernables. Le premier pose le problème du déterminisme climatique et ne peut être abordé qu'au travers d'une analyse systématique par le biais de la statistique ; le deuxième permet seulement de juger de l'impact bio-climatique d'une disposition particulière. Cette distinction recoupe notre préoccupation d'expliquer et d'évaluer l'importance et le rôle du climat dans la forme résultante de la maison en même temps que d'apprécier et de mesurer le comportement thermique global du bâtiment et du confort qui en découle.

On peut établir les critères d'analyse, support de la classification, en se référant aux facteurs climatiques et à leurs effets sur la construction. Inversement, on peut envisager les éléments de la construction et les dispositifs architecturaux et étudier le type d'échanges qu'ils entretiennent avec le climat.

Le climat, dans la mesure où il affecte le confort de l'homme est le résultat de la température de l'air, de l'humidité, du rayonnement, du mouvement de l'air et des précipitations. Un bâtiment, en terme de climat, doit donc offrir une réponse aux sollicitations de chaleur, de froid, de rayonnement de la terre ou du ciel et aux autres forces. Celles-ci évoluent dans le temps, suivant les saisons ou la journée, et peuvent engendrer des contraintes opposées (se protéger du soleil ou en tirer profit). En même temps, la valeur des paramètres climatiques mesurés au niveau local (station de mesure) peut subir des altérations importantes au niveau de chaque site particulier. Il est donc nécessaire d'apprécier ou de mesurer les modifications en fonction notamment du relief, de la proximité de la mer, mais aussi du sol et des modes de groupement des constructions pour définir le climat au niveau micro-local.

Le bâtiment réagit donc aux sollicitations du climat et, plus particulièrement par son enveloppe qui sépare l'ambiance extérieure de l'ambiance intérieure. Ceci n'exclut pas la prise en compte des dispositifs extérieurs ou intérieurs qui peuvent modifier les forces extérieures ou le confort intérieur (brise-vent extérieur ou masse stockée à l'intérieur du bâtiment comme les récoltes par exemple).

L'enveloppe de la construction peut être envisagée, d'un point de vue bio-climatique, à trois niveaux :

- celui des éléments de la construction et des matériaux employés. Ce sont principalement les murs, la toiture, les ouvertures, le plancher bas (généralement en contact avec le sol). Ils forment des plans de surface dont l'exposition et l'inclinaison ont une incidence sur le rayonnement solaire direct (incidence de l'angle du rayonnement solaire direct, rayonnement réfléchi) et sur les échanges par convection (angle d'attaque des écoulements d'air, exposition aux vents dominants). Au niveau du matériau utilisé, les données géométriques et physiques (épaisseur, masse, inertie) et les données thermiques (conductivité, capacité d'absorption au rayonnement suivant la couleur, pouvoir de réflexion, porosité) sont nécessaires pour l'étude du comportement thermique face aux variables climatiques.
- celui des caractéristiques globales de l'enveloppe : détermination des surfaces d'échanges, rapport entre les surfaces de parois opaques et les parois vitrées, rapport entre la surface d'enveloppe et le volume habitable, maison en hauteur ou étalée, orientation privilégiée par rapport au soleil, aux vents ou aux pluies, dispositions des différents espaces.
- celui de l'insertion de l'enveloppe dans le contexte naturel et construit. Ceci suppose l'analyse du site naturel, du relief, des pentes, des expositions, de l'environnement végétal (rideaux d'arbres, terrain nu), du sol (eau, marais, prairie) ; analyse aussi du site construit, forme des groupements (maison isolée ou hameau), agencement des bâtiments, écrans artificiels... La connaissance de l'implantation du bâtiment dans l'environnement naturel et construit est nécessaire dans la mesure où elle permet de déterminer la situation micro-climatique réellement significative pour l'étude du confort et du comportement thermique de la maison dans un espace géographique donné.

L'analyse climatique du bâtiment relève donc de considérations morphologiques, technologiques et des caractéristiques d'implantation dans un site précis. La classification des types d'habitat doit donc tenir compte de ces trois aspects, sans pour autant négliger les fonctions particulières que doivent assurer les bâtiments (usage d'habitation, réserve fourragère, récolte, conservation du vin). A ce titre là, les classifications effectuées par les géographes recoupent nos préoccupations présentes et peuvent être, à ce titre, d'un grand intérêt.

SIX TYPES D'HABITAT RURAL EN LOIRE-ATLANTIQUE

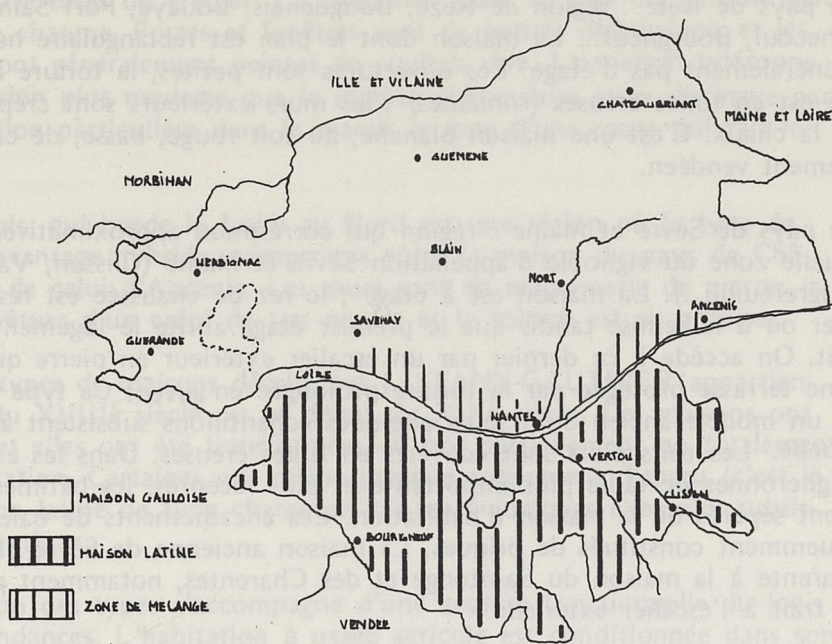
Pour la Loire-Atlantique, il est intéressant de se référer à la classification proposée par J. STANY-GAUTHIER (réf. 7, 8, 15), tout en émettant quelques réserves sur ses propositions d'interprétation et d'explication des types rencontrés. Il est tout d'abord utile de préciser le contexte de l'époque et des idées qui avaient cours. En 1940, J. STANY-GAUTHIER est président de la Commission des Sites de Loire-Inférieure. De nouvelles normes d'hygiène et de confort, mais aussi des considérations d'ordre économique, conduisent à opérer des travaux d'aménagement ou de transformation dans l'habitation paysanne. La nouvelle législation encourage à respecter le site local.

Les propos de J. STANY-GAUTHIER, à cette époque, recueillis par Ouest-Éclair en 1940 (réf. 15), affirment nettement les principes du déterminisme géographique : *«L'habitation n'est jamais placée au hasard, et, situation et orientation sont judicieusement calculées»* ou *«La recherche du soleil dispensateur de chaleur et de lumière fait orienter presque toutes les façades au sud, mais emplacement et orientation dépendent aussi de la situation géographique à envisager ; les climats avec leurs vents régnants, leur pluviosité, leur enneigement, exigent des moyens protecteurs différents»* ou encore *«dans la maison rurale et dans ses dépendances, tous les agencements ont leur raison d'être... le toit et ses dimensions...»*

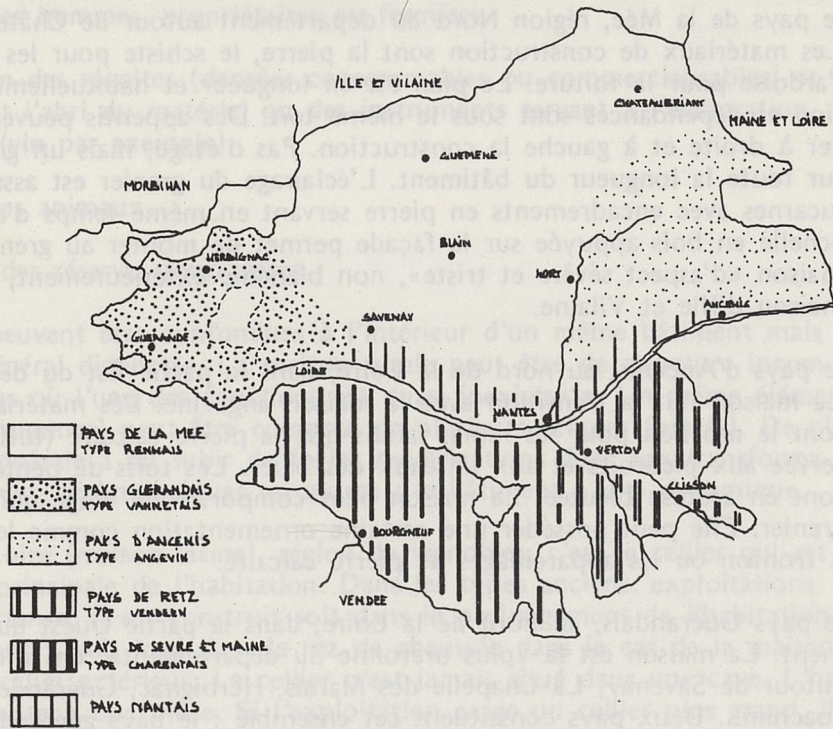
J. STANY-GAUTHIER relève, en Loire-Atlantique, une grande variété de maisons rurales et l'explique par la situation géographique particulière du département : NANTES, carrefour d'échanges et point de passage obligé pour les communications Nord-Sud. L'habitat rural est alors classé en six types suivant un découpage géographique et décrits principalement suivant les caractéristiques de leur aspect extérieur.

Parmi les six variétés, deux appartiennent au type de la maison latine, quatre au type de la maison gauloise. La Loire constitue la frontière entre ces deux formes fondamentales de la maison rurale. Les caractères de la maison latine sont essentiellement : toit à faible pente couvert de tuiles courbes, façade de la maison sous la pente du toit ; dans le modèle primitif, généralement une seule pièce d'habitation à l'entresol à laquelle on accède par un escalier extérieur en pierre et au rez de chaussée, l'étable pour un petit bétail ou le cuva-ge et la cave. La maison gauloise se caractérise par un toit pointu, initialement en chaume. Son plan est rectangulaire, plus petit en pignon avec façade sous la pente du toit. La division en plusieurs pièces a cours depuis longtemps bien que primitivement, il y ait pièce unique avec l'étable sous le même toit que l'habitation.

Les différents types sont rapportés par J. STANY-GAUTHIER à la notion de «pays». Au sud de la Loire, on rencontre donc la maison latine qui règne dans le midi de la France ; on en distingue deux variétés, celle du pays de Retz et celle du pays de Sèvre et Maine.



LES DEUX TYPES FONDAMENTAUX



LES PRINCIPAUX TYPES D'HABITAT EN LOIRE-ATLANTIQUE

- le pays de Retz : région de Rezé, Bouguenais, Bouaye, Port Saint Père, Machecoul, Bourgneuf... La maison dont le plan est rectangulaire ne comporte généralement pas d'étage. Les ouvertures sont petites, la toiture à faible pente est en tuiles creuses (romaines) ; les murs extérieurs sont crépis et enduits à la chaux. C'est une maison blanche, au toit rouge, basse, de caractère nettement vendéen.
- le pays de Sèvre et Maine : région qui correspond approximativement à l'actuelle zone du vignoble d'appellation Sèvre et Maine (Clisson, Vallet, Vertou, Aigrefeuille...). La maison est à étage ; le rez de chaussée est réservé au cellier ou à la remise tandis que le premier étage abrite le logement proprement dit. On accède à ce dernier par un escalier extérieur en pierre qui donne sur une terrasse protégée par la toiture prolongée en auvent. Ce type correspond à un modèle ancien dont seuls quelques échantillons subsistent à l'heure actuelle. Les toits plats sont couverts en tuiles creuses. Dans les exploitations vigneronnes de taille plus importante et plus récentes, les bâtiments agricoles sont séparés de la maison d'habitation. Les encadrements de baies sont fréquemment constitués de briques. La maison ancienne de Sèvre et Maine s'apparente à la maison du Saintonge et des Charentes, notamment pour ce qui a trait à l'escalier extérieur.

Au nord de la Loire, c'est la maison de type gaulois qui domine largement. On distingue quatre types :

- le pays de la Mée, région Nord du département autour de Châteaubriant. Les matériaux de construction sont la pierre, le schiste pour les murs, et l'ardoise pour la toiture. Le plan est en longueur et habituellement, habitation et dépendances sont sous le même toit. Des appentis peuvent prolonger à droite et à gauche la construction. Pas d'étage, mais un grenier règne sur toute la longueur du bâtiment. L'éclairage du grenier est assuré par des lucarnes avec encadrements en pierre servant en même temps d'accès. Une échelle en bois appuyée sur la façade permet de monter au grenier. Cette maison «d'aspect sévère et triste», non blanchie extérieurement, rappelle la maison d'Ille et Vilaine.
- le pays d'Ancenis, au nord de la Loire, dans la partie Est du département. La maison fait la transition avec la maison angevine. Les matériaux utilisés sont le moellon pour les murs, tandis que la pierre calcaire (tuffeau) est réservée aux piedroits et aux linteaux des baies. Les toits de pente accusée sont en ardoise bleutée. La maison peut comporter un étage qui sert de grenier. Elle peut posséder une certaine ornementation comme les lucarnes à fronton ou les appareillages de pierre calcaire.
- le pays Guérandais, au nord de la Loire, dans la partie Ouest du département. La maison est la «plus bretonne du département». on la rencontre autour de Savenay, La Chapelle des Marais, Herbignac, Guérande, Saint-Joachim... Deux pays constituent cet ensemble : le pays guérandais proprement dit (presqu'île guérandaise) et le pays briéron (zone des marais intérieurs). La maison ancienne a des murs en pisé revêtus d'un enduit blanc ; elle n'a pas d'étage mais l'immense toiture de chaume à forte pente abrite un vaste grenier. Le chaume présente alors une inflexion de courbure

autour des ouvertures du grenier. La cheminée basse en pisé est enfouie dans l'épaisseur du chaume. Portes et fenêtres sont de petites dimensions, et les menuiseries sont généralement peintes de couleur vive. La maison briéronne est de dimension plus modeste que la maison guérandaise et se distingue par son implantation particulière dans le marais le long d'une route qui fait le tour de l'île.

- le pays Nantais, qui borde la Loire au Nord est une région où le type de maison est davantage hybride, compromis entre la maison du pays de Châteaubriant et de celui d'Ancenis. Les murs sont en maçonnerie de pierres irrégulières, revêtues d'un crépi de ton neutre et la toiture est en ardoises.

Les différents types de maisons décrits par J. STANY-GAUTHIER appartiennent à la fin du XVIII^e siècle ou au début du XIX^e siècle. Les maisons ont évolué depuis et elles ont été transformées ou ont partiellement ou totalement changé d'affectation. Certaines ont même presque totalement disparu (c'est le cas de la maison latine de type charentais où seuls quelques exemples subsistent actuellement).

Cette description des types s'accompagne d'une analyse fonctionnelle du logis et de ses dépendances. L'habitation à usage agricole est conditionnée dans son ensemble par le genre d'exploitation ou d'activité agricole qui y règne. Elle assure dans son rôle le plus étendu :

- le logement des hommes, propriétaires ou fermiers,
- la conservation des récoltes (denrées consommables ou commercialisables) et éventuellement l'abri du matériel ou des instruments servant à l'élaboration d'un produit (vin par exemple),
- le logement des animaux,
- la protection des réserves fourragères.

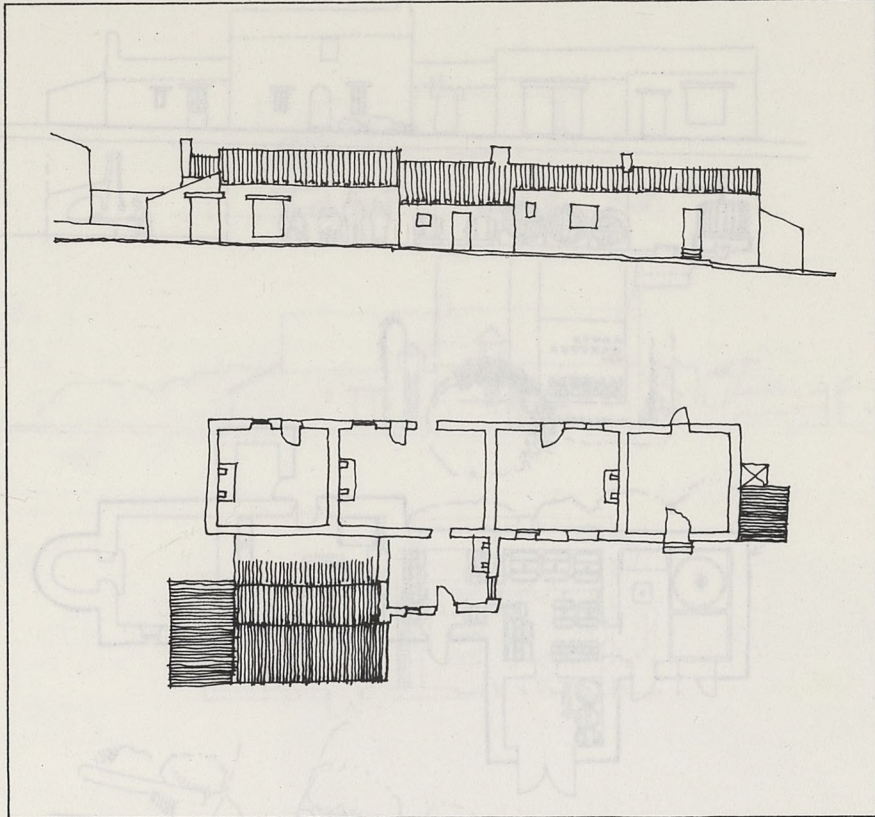
Ces fonctions peuvent être confondues à l'intérieur d'un même bâtiment mais elles sont en général distinctes. La maison rurale peut être de structure incomplète dans le cas où l'une des fonctions est quasi inexistante. Un même élément (logement des hommes) peut être composé de plusieurs cellules (pièces). De plus, la disposition générale a pu subir de fortes modifications dues aux transformations économiques, technologiques ou autres ; le bâtiment a une dynamique.

Au sud de la Loire (maison latine), région de vignobles, c'est le cellier qui est la dépendance principale de l'habitation. Dans les types anciens, exploitations de petite importance, il est construit soit dans le prolongement de l'habitation (formule fréquente), soit logé dans le rez de chaussée dans le cas de la maison à étage avec escalier extérieur. Le cellier n'est jamais situé dans une cave. L'habitation est réduite à une pièce. Si l'exploitation exige un cellier plus grand, il est alors indépendant et construit dans le voisinage de l'habitation suivant les mêmes principes constructifs. Les dépendances (remises ou autres) sont de disposition et d'importance variable. La cour de ferme, avec les bâtiments autour, n'apparaît que dans les grosses exploitations.

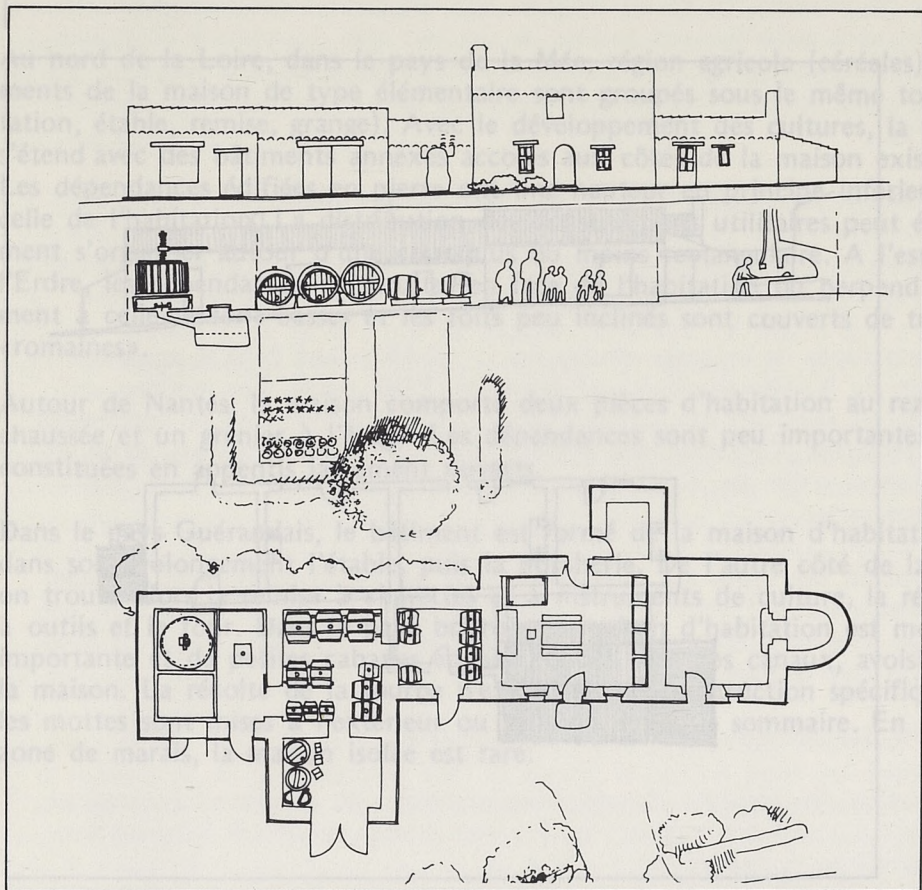
Au nord de la Loire, dans le pays de la Mée, région agricole (céréales), les éléments de la maison de type élémentaire sont groupés sous le même toit (habitation, étable, remise, grange). Avec le développement des cultures, la ferme s'étend avec des bâtiments annexes accolés aux côtés de la maison existante. Les dépendances édifiées en pierre ont une hauteur en principe inférieure à celle de l'habitation. La distribution des constructions utilitaires peut également s'organiser autour d'une cour plus ou moins rectangulaire. A l'est de l'Erdre, les dépendances construites en face de l'habitation ou perpendiculairement à celle-ci, sont basses et les toits peu inclinés sont couverts de tuiles «romaines».

Autour de Nantes, la maison comporte deux pièces d'habitation au rez de chaussée et un grenier à l'étage. Les dépendances sont peu importantes et constituées en appentis largement ouverts.

Dans le pays Guérandais, le bâtiment est formé de la maison d'habitation et dans son prolongement l'étable, puis la porcherie. De l'autre côté de la cour, on trouve alors la remise à charrettes et à instruments de culture, la réserve à outils et le four. Dans le pays briéron, la maison d'habitation est moins importante et de petites cabanes en pisé, bâties près des canaux, avoisinent la maison. La récolte de la tourbe n'exige aucune construction spécifique ; les mottes sont mises à l'extérieur ou sous un appentis sommaire. En Brière, zone de marais, la maison isolée est rare.



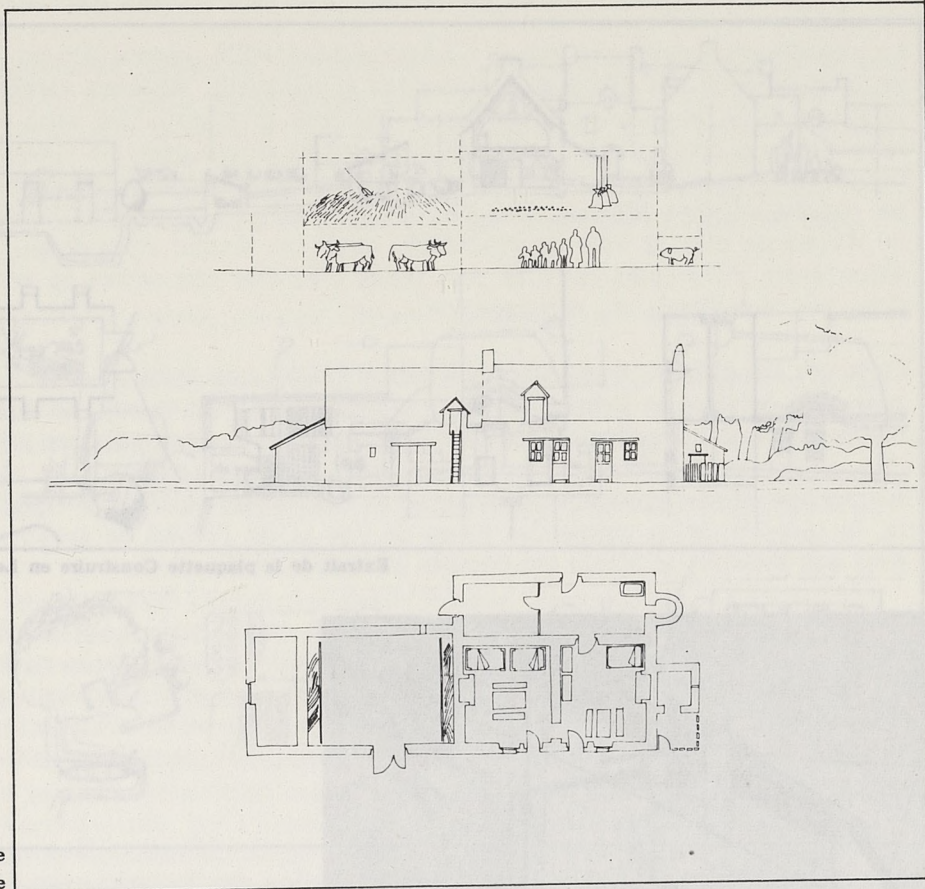
PAYS DE SEVRE
PAYS DE RETZ



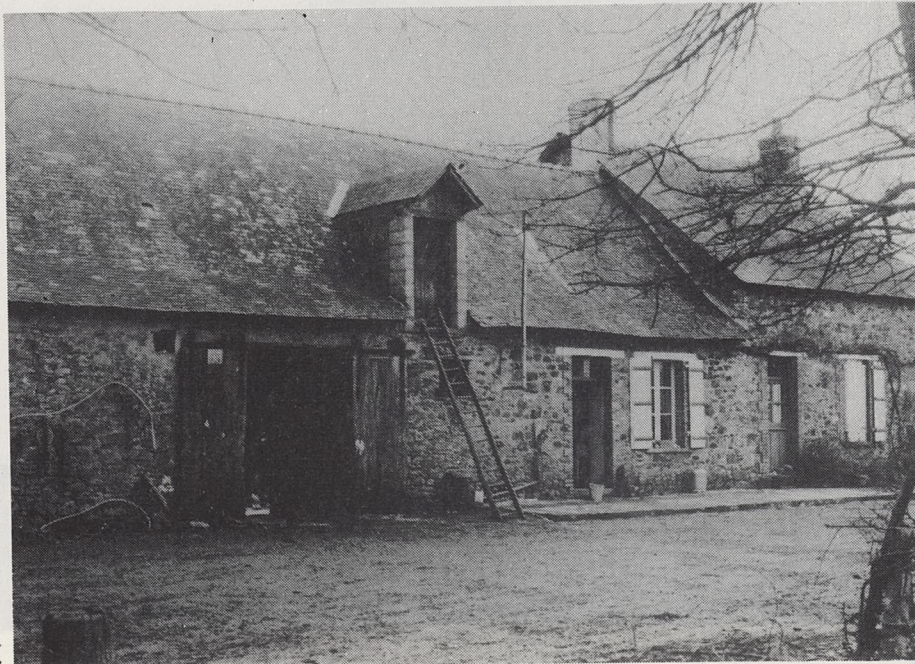
Extrait de la plaquette
Construire en Loire-Atlantique



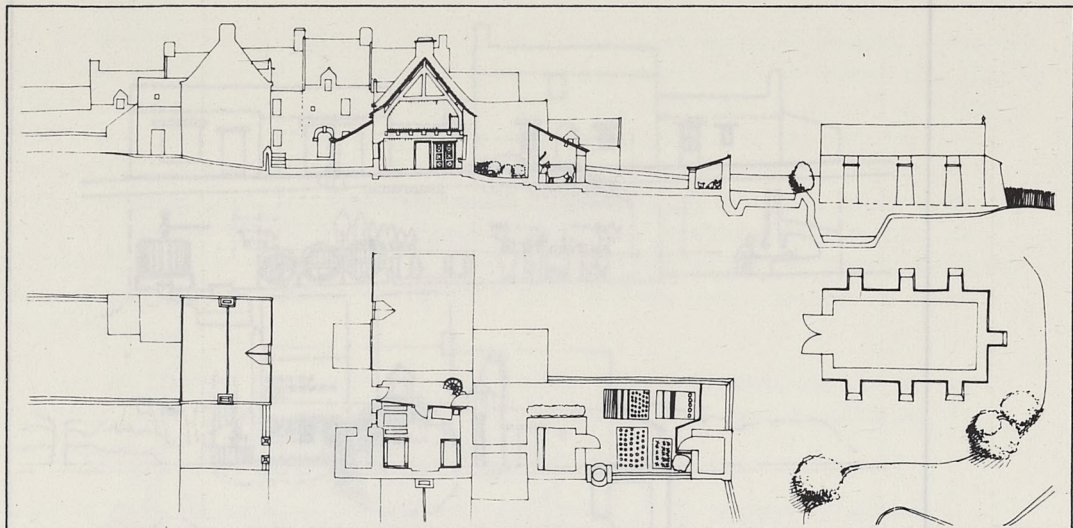
PAYS DE SEVRE
ET MAINE



Extrait de la plaquette
Construire en Loire-Atlantique



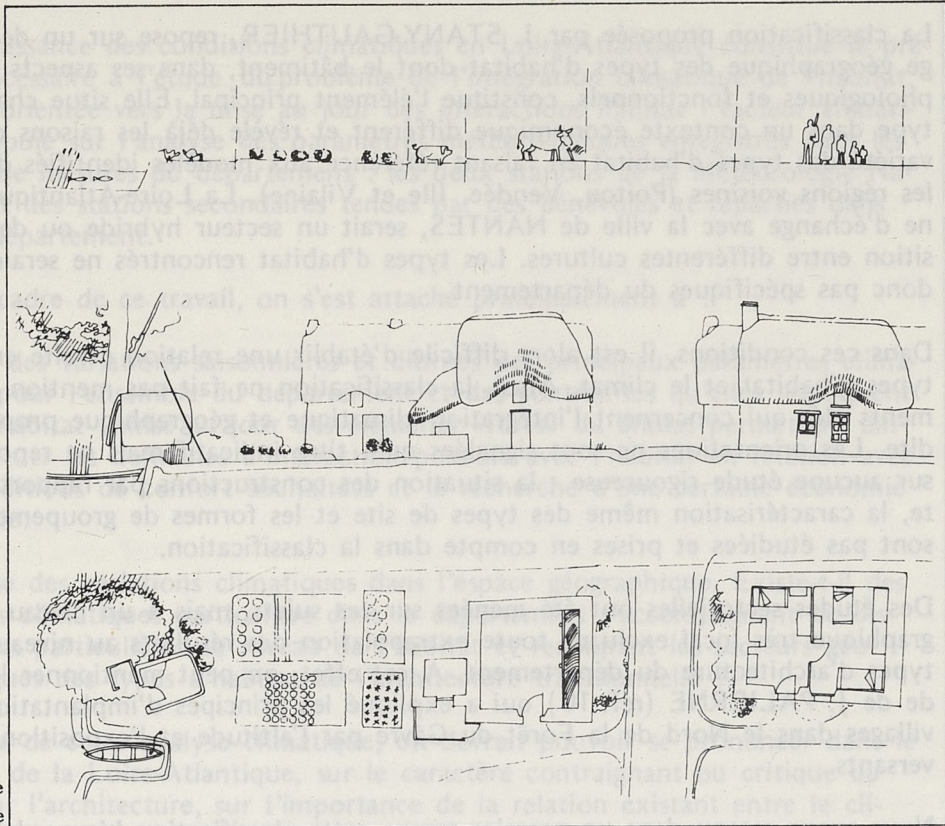
PAYS BRIERON
PAYS DE LA MÉE



Extrait de la plaquette Construire en Loire-Atlantique



PAYS GUÉRANDAIS



Extrait de la plaquette
construire en Loire-Atlantique



PAYS BRIÉRON

DISCUSSION SOMMAIRE DE LA CLASSIFICATION PROPOSÉE

La classification proposée par J. STANY-GAUTHIER, repose sur un découpage géographique des types d'habitat dont le bâtiment, dans ses aspects morphologiques et fonctionnels, constitue l'élément principal. Elle situe chaque type dans un contexte économique différent et révèle déjà les raisons de la variété des types d'habitat en faisant référence aux modèles identifiés dans les régions voisines (Poitou, Vendée, Ille et Vilaine). La Loire-Atlantique, zone d'échange avec la ville de NANTES, serait un secteur hybride ou de transition entre différentes cultures. Les types d'habitat rencontrés ne seraient donc pas spécifiques du département.

Dans ces conditions, il est alors difficile d'établir une relation étroite entre les types d'habitat et le climat. Ainsi, la classification ne fait pas mention des éléments clés qui concernent l'intégration climatique et géographique proprement dite. Les orientations ne sont signalées qu'à titre indicatif mais ne reposent sur aucune étude rigoureuse ; la situation des constructions par rapport au site, la caractérisation même des types de site et les formes de groupement ne sont pas étudiées et prises en compte dans la classification.

Des études sectorielles ont été menées sur ces sujets, mais à un niveau géographique très local excluant toute extrapolation des résultats au niveau des types d'architecture du département. A cet effet, on peut mentionner l'étude de J. PALIERNE (réf. 10) qui a expliqué les principes d'implantation des villages dans le Nord de la Forêt du Gâvre par l'altitude et l'exposition des versants.

Nous avons retenu dans un premier temps cette classification bien qu'elle ne s'appuie pas directement sur une mise en relation des facteurs climatiques et des types d'habitat. Elle constitue un point de départ intéressant pour apprécier le poids des facteurs géographiques et climatiques dans l'existence même de ces types. Divers travaux plus récents s'inspirent d'ailleurs de celle-ci tout en la complétant par des considérations d'ordre économique ou en la recoupant avec le type de culture ou d'exploitation (maison paludière; habitat briéron, maison vigneronne).

Il nous appartient cependant de préciser au niveau de chaque type d'habitat traditionnel les éléments distinctifs ou communs de chacun d'entre eux : caractéristique de forme, d'enveloppe, de matériaux, orientation, implantation, groupement, site... et de les appréhender en tant que facteurs d'intégration climatique. Dès lors, il sera possible d'enrichir par des données climatiques cette classification ou au contraire de proposer une autre classification basée sur des critères relatifs au problème de l'intégration climatique.

Cette phase d'analyse présentée dans la deuxième partie du rapport repose sur l'étude sur échantillon de la relation situation climatique - type d'architecture. Auparavant, il est nécessaire d'analyser précisément les données du climat en Loire-Atlantique afin de fixer le contexte climatique dans lequel s'insèrent les types d'habitat présentés.

II - ANALYSE DE LA SITUATION CLIMATIQUE EN LOIRE ATLANTIQUE

La connaissance des conditions climatiques en Loire-Atlantique constitue le préalable nécessaire à l'étude du problème de l'intégration climatique de l'habitat. Celle-ci, orientée vers la mise au jour des interactions habitat - facteur climatique, s'appuie sur l'analyse des paramètres météorologiques enregistrés dans les stations de mesures du département : les deux stations de la Météorologie Nationale et des stations secondaires tenues par des bénévoles et réparties dans tout le département.

Dans le cadre de ce travail, on s'est attaché principalement à :

- l'étude des variations saisonnières et diurnes des principaux paramètres climatiques pour l'ensemble du département et des contraintes qu'elles impliquent pour l'habitat : mise au jour des éléments «forts» du climat permettant ainsi de situer les domaines d'interaction possible avec l'habitat en relation avec les conditions de confort souhaitées et la recherche d'une certaine économie d'énergie.
- l'analyse des variations climatiques dans l'espace géographique. Existe-t-il des secteurs climatiques particuliers dans le département s'accompagnant de dispositions particulières au niveau de l'habitat et recoupant les secteurs géographiques des types d'habitat de l'architecture traditionnelle ?

Au terme de cette analyse climatique, on devrait pouvoir se prononcer dans le contexte de la Loire-Atlantique, sur le caractère contraignant ou critique du climat sur l'architecture, sur l'importance de la relation existant entre le climat et l'habitat traditionnel et sur le poids du facteur climatique dans l'existence même des types d'habitat rencontrés. En définitive, le climat constitue-t-il à l'évidence une donnée ? et comment celle-ci se traduit-elle dans l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique ?

En raison des mesures disponibles, l'analyse a porté sur les quatre paramètres météorologiques suivants : température, pluie, ensoleillement et vent. Les résultats sont présentés pour chacun des paramètres en mettant en évidence les valeurs moyennes saisonnières et l'amplitude de leurs variations dans l'espace géographique.

LES TEMPÉRATURES

Les statistiques de température pour le département de Loire-Atlantique sont établies à partir des relevés moyens mensuels recueillis année par année dans les bulletins météorologiques de la région Ouest. Les mesures sont effectuées seulement dans 10 stations (*) et les données sont disponibles à partir de 1970.

(*) Ce sont : ANCENIS, ARTHON EN RETZ, LA BAULE-ESCOUBLAC, BOUGUENAI M.N., LA HAIE-FOUASSIERE, MONTOIR DE BRETAGNE, NORT SUR ERDRE, PORNIC, SAINT-NAZAIRE (sémaphore) et SOUDAN.

L'espace géographique couvert par les 10 stations de mesure est quelque peu restreint puisque le Sud, le Centre et le Nord-Ouest du département ne disposent pas de relevés de température. Au nombre réduit de stations, s'ajoute une période de mesures relativement courte de 8 à 9 ans. Cependant, la température étant un élément assez peu variable, en moyenne tout au moins, les valeurs obtenues ainsi que les variations d'une station à l'autre constituent des indicateurs valables.

Pour chacune des 10 stations, nous disposons, mois par mois et année par année, entre 1970 et 1978, des températures moyennes des minima et des maxima. Nous avons pu ainsi calculer les mini et les maxi moyens mensuels ainsi que la température moyenne mensuelle (Mini + Maxi divisés par 2).

Les températures annuelles

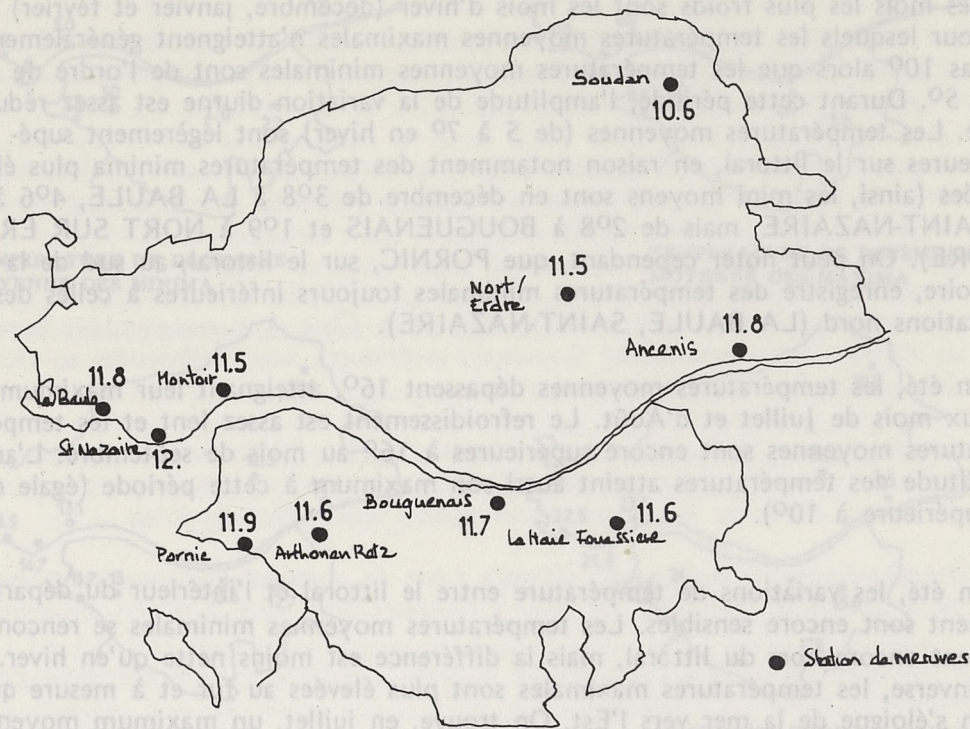
La température moyenne annuelle est comprise entre 11^o5 et 12^o pour 9 des 10 stations. Seul SOUDAN, au nord du département, situé dans une zone de léger relief, n'atteint pas 11^o. La température moyenne maximum de 12^o est enregistrée à SAINT-NAZAIRE, au nord de l'estuaire. LA BAULE, sur le littoral à l'Ouest et ANCENIS, à l'Est du département, ont la même température annuelle moyenne de 11^o8. De même, au Nord et au Sud de la Loire, les températures moyennes sont comparables (hormis SOUDAN). Nous manquons de stations dans quelques zones de relief du département (Sillon de Bretagne par exemple) pour analyser l'incidence du relief sur les températures, notamment la baisse de température due à l'altitude.

Cette homogénéité des températures annuelles moyennes dans le département est quelque peu altérée si on examine les moyennes des températures minimales et maximales.

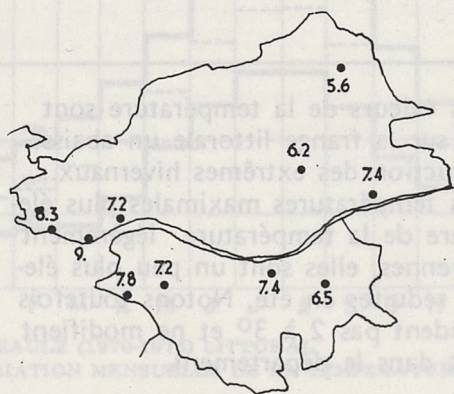
A l'échelle annuelle, les températures maximales sont plus élevées dans l'intérieur du département que sur le littoral (SAINT-NAZAIRE et ANCENIS qui ont des températures moyennes annuelles semblables -12^o et 11^o8- comptent plus d'un degré de différence dans leurs températures moyennes maximales -respectivement 15^o et 16^o2-. A l'inverse, la moyenne annuelle des températures minimales est plus élevée sur le littoral (9^o à SAINT-NAZAIRE) qu'à l'intérieur (7^o4 à ANCENIS). L'influence de l'océan en tant qu'élément régulateur est significative.

L'opposition Nord Loire - Sud Loire n'est pas affirmée ; NORT SUR ERDRE au Nord et LA HAIE-FOUASSIERE au Sud montrent des moyennes comparables. Au nord, SOUDAN semble être la station la plus fraîche du département (avec le mini et le maxi les plus faibles - 5^o6 et 15^o5-).

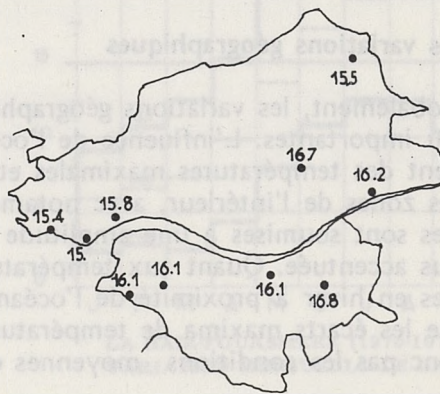
L'amplitude des variations diurnes de la température est généralement faible ; de 6^o à 8^o sur le littoral, 7^o à LA BAULE, la différence annuelle entre maxi et mini moyens est alors supérieure à 8^o5 vers l'intérieur (8^o7 à NANTES) pouvant dépasser 10^o (10^o5 à NORT SUR ERDRE).



TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES (1970-1978)



TEMPERATURE ANNUELLE MOYENNE DES MINIMA



TEMPERATURE ANNUELLE MOYENNE DES MAXIMA

Les températures mensuelles

On retrouve, tout au long de l'année, à des nuances près, l'opposition littoral-intérieur mise en évidence dans l'analyse des températures annuelles.

Les mois les plus froids sont les mois d'hiver (décembre, janvier et février) pour lesquels les températures moyennes maximales n'atteignent généralement pas 10° alors que les températures moyennes minimales sont de l'ordre de 2 à 5° . Durant cette période, l'amplitude de la variation diurne est assez réduite. Les températures moyennes (de 5 à 7° en hiver) sont légèrement supérieures sur le littoral, en raison notamment des températures minima plus élevées (ainsi, les mini moyens sont en décembre de $3^{\circ}8$ à LA BAULE, $4^{\circ}6$ à SAINT-NAZAIRE, mais de $2^{\circ}8$ à BOUGUENAIS et $1^{\circ}9$ à NORT SUR ERDRE). On peut noter cependant, que PORNIC, sur le littoral, au sud de la Loire, enregistre des températures minimales toujours inférieures à celles des stations nord (LA BAULE, SAINT-NAZAIRE).

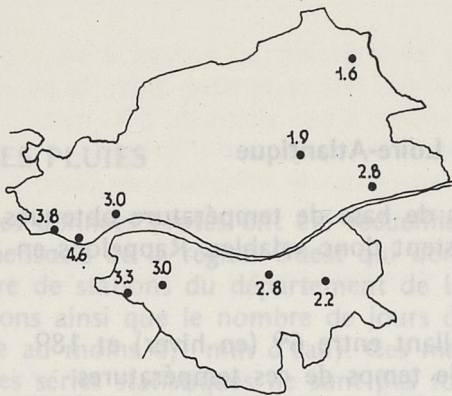
En été, les températures moyennes dépassent 16° , atteignant leur maximum aux mois de Juillet et d'Août. Le refroidissement est assez lent et les températures moyennes sont encore supérieures à 16° au mois de septembre. L'amplitude des températures atteint aussi son maximum à cette période (égale ou supérieure à 10°).

En été, les variations de température entre le littoral et l'intérieur du département sont encore sensibles. Les températures moyennes minimales se rencontrent encore hors du littoral, mais la différence est moins nette qu'en hiver. A l'inverse, les températures maximales sont plus élevées au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer vers l'Est. On trouve, en juillet, un maximum moyen de $25^{\circ}6$ à LA HAIE-FOUASSIERE contre $22^{\circ}5$ à LA BAULE. Les températures moyennes sont de ce fait, légèrement inférieures sur la côte. Ce phénomène persiste jusqu'en septembre puis s'inverse en octobre-novembre où les températures moyennes du littoral deviennent légèrement plus élevées qu'à l'intérieur.

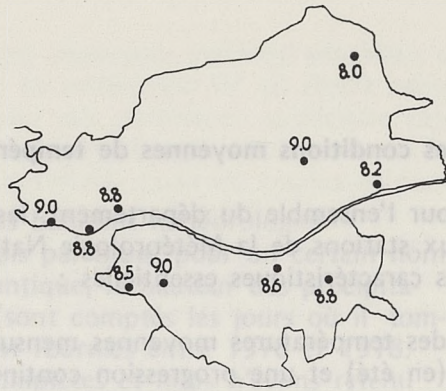
La saison intermédiaire de printemps reste relativement fraîche ; les moyennes sont inférieures à 10° en mars et avril ; elles atteignent $13^{\circ}5$ en mai.

Les variations géographiques

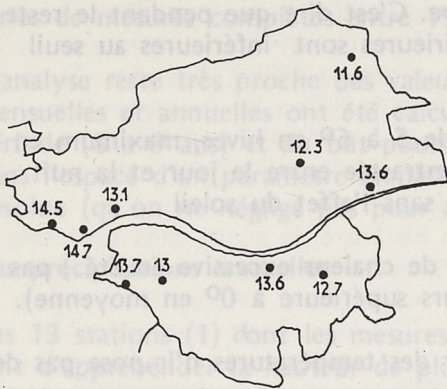
Globalement, les variations géographiques des valeurs de la température sont peu importantes. L'influence de l'océan crée sur la frange littorale un abaissement des températures maximales et une réduction des extrêmes hivernaux. Les zones de l'intérieur, avec notamment des températures maximales plus élevées sont soumises à une amplitude journalière de la température légèrement plus accentuée. Quant aux températures moyennes, elles sont un peu plus élevées en hiver à proximité de l'océan et plus réduites en été. Notons toutefois que les écarts maxima de température n'excèdent pas 2 à 3° et ne modifient donc pas les conditions moyennes du climat dans le département.



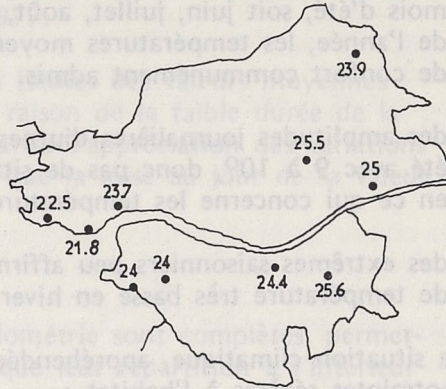
TEMPERATURE DE DECEMBRE
MOYENNE DES MINIMA



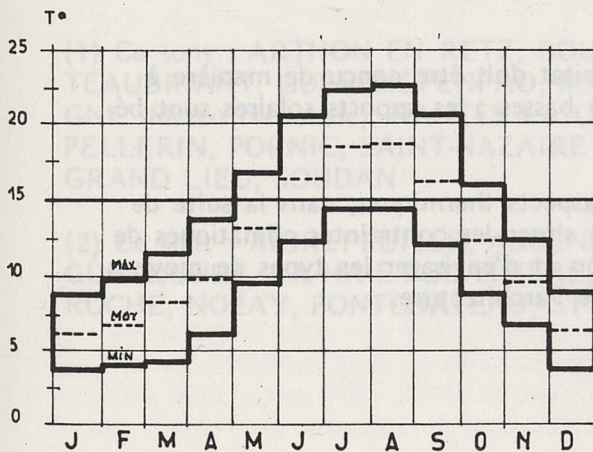
TEMPERATURE DE DECEMBRE
MOYENNE DES MAXIMA



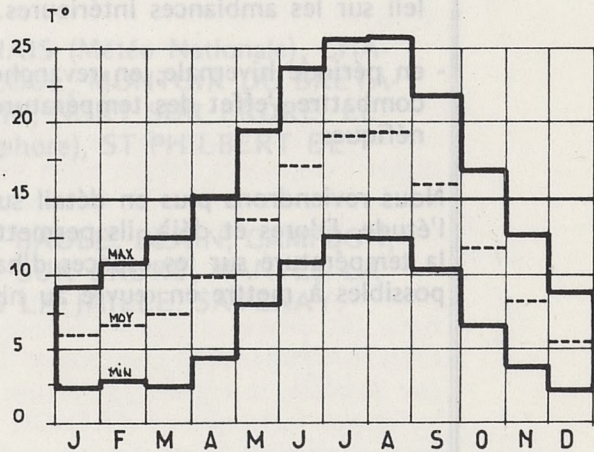
TEMPERATURE DE JUILLET
MOYENNE DES MINIMA



TEMPERATURE DE JUILLET
MOYENNE DES MAXIMA



LA BAULE (1970-1978) LITTORAL
VARIATION MENSUELLE DE LA TEMPERATURE



LA HAIE-FOUASSIERE (1970-1978) INTERIEUR
VARIATION MENSUELLE DE LA TEMPERATURE

UNITÉ PÉDAGOGIQUE
D'ARCHITECTURE N° 3
BIBLIOTHÈQUE
2. av. de Paris, 78000 VERSAILLES

Les conditions moyennes de température en Loire-Atlantique

Pour l'ensemble du département, les données de base de température obtenues aux stations de la Météorologie Nationale restent donc valables. Rappelons-en les caractéristiques essentielles :

- des températures moyennes mensuelles oscillant entre 6° (en hiver) et 18° (en été) et une progression continue dans le temps de ces températures moyennes au cours des saisons.
- le seuil de 15° en température moyenne n'est atteint que pendant les quatre mois d'été, soit juin, juillet, août, septembre. C'est dire que pendant le reste de l'année, les températures moyennes extérieures sont inférieures au seuil de confort communément admis.
- des amplitudes journalières diurnes faibles de 5 à 6° en hiver, maximum en été avec 9 à 10° , donc pas de situation contrastée entre le jour et la nuit en ce qui concerne les températures seules, sans l'effet du soleil.
- des extrêmes saisonniers peu affirmés : pas de chaleur excessive en été ; pas de température très basse en hiver (toujours supérieure à 0° en moyenne).

La situation climatique, appréhendée à partir des températures n'impose pas de contraintes sévères à l'habitat :

- durant la période estivale, les températures extérieures restant dans des limites acceptables de confort, il n'y a pas lieu de prévoir dans l'habitat de dispositif particulier si ce n'est une certaine protection des effets directs du soleil sur les ambiances intérieures.
- en période hivernale, en revanche, l'habitat doit être conçu de manière à combattre l'effet des températures trop basses ; les apports solaires sont bénéfiques.

Nous reviendrons plus en détail sur ces aspects thermiques, dans la suite de l'étude. D'ores et déjà, ils permettent de situer les contraintes climatiques de la température sur les espaces d'habitation et d'envisager les types de moyens possibles à mettre en œuvre au niveau de l'architecture.

LES PLUIES

Les données brutes ont été recueillies dans les bulletins météorologiques mensuels de la région Ouest qui donnent, mois par mois, pour un certain nombre de stations du département de Loire-Atlantique, la hauteur des précipitations ainsi que le nombre de jours de pluie (sont comptés les jours où il tombe au moins 0,1 mm d'eau). Ces mesures sont fournies entre 1970 et 1978. Les séries statistiques ne sont pas toujours complètes et nous n'avons retenu que les stations pour lesquelles nous possédions 6 années de mesures au minimum pour chaque mois. Au total, donc 26 stations qui couvrent à peu près le territoire (pas toujours de façon homogène) dont 13 stations qui ont leurs séries de mesures complètes entre 1970 et 1977.

L'analyse reste très proche des valeurs brutes (seules des valeurs moyennes mensuelles et annuelles ont été calculées) en raison de la faible durée de la période (8 à 9 ans) et du but poursuivi, à savoir l'appréciation des variations dans l'espace d'un paramètre climatique plus que la mise au jour de sa valeur absolue (qu'on ne néglige pas pour autant).

Les précipitations annuelles

Les 13 stations (1) dont les mesures de pluviométrie sont complètes, permettent d'appréhender la hauteur de pluie ainsi que leur répartition à l'intérieur du département. Les 13 autres stations (2) servent d'indicateur, notamment dans l'établissement des isohyètes.

(1) Ce sont : ARTHON EN RETZ, BOUGUENAI (Météo Nationale), CHATEAUBRIANT, GUÉMÉNÉ-PENFAO, MACHECOUL, MONTOIR DE BRETAGNE. (Météo Nationale), NANTES LA CONTRIE, NORT SUR ERDRE, LE PELLERIN, PORNIC, SAINT-NAZAIRE (sémaphore), ST PHILBERT DE GRAND LIEU, SOUDAN

(2) Ce sont : AIGREFEUILLE, ANCENIS, LA BAULE, BLAIN, CAMPBON, GUENROUET, LA HAIE-FOUASSIERE, JOUÉ SUR ERDRE, NANTES LA ROCHE, NOZAY, PONTCHATEAU, ST MARS LA JAILLE, SAVENAY.

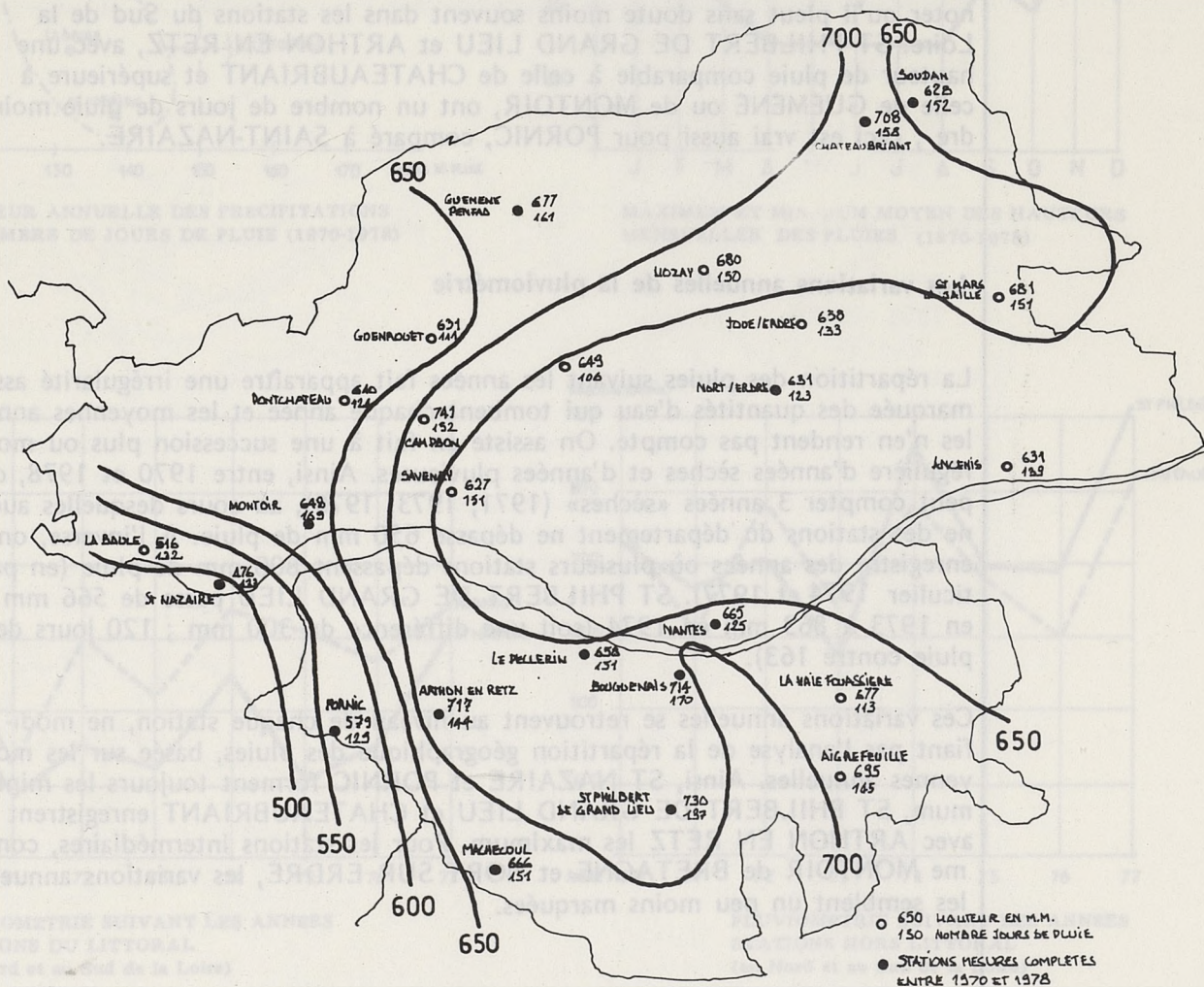
La carte des hauteurs moyennes annuelles de pluie établie au moyen d'isohyètes tracés de 50 millimètres en 50 millimètres, fait apparaître, pour la période statistique considérée, des valeurs de hauteur d'eau allant de 500 mm à 700 mm ; donc des valeurs relativement peu élevées avec des variations sensibles suivant les lieux. SAINT-NAZAIRE enregistre le minimum de pluie avec 476 mm, PORNIC suit avec 579 mm. Seules ces 2 stations, situées sur le littoral atlantique possèdent, pour la période d'analyse, une hauteur annuelle moyenne inférieure à 600 mm. On trouve d'ailleurs pour LA BAULE (série incomplète) une valeur moyenne de 516 mm.

A l'opposé, on trouve 4 stations qui dépassent légèrement les 700 mm de pluie. Ce sont : ST PHILBERT DE GRAND LIEU (730 mm), ARTHON EN RETZ (717 mm), BOUGUENAI (714 mm), toutes les trois situées au sud de la Loire, CHATEAUBRIANT (708 mm), au nord du département. L'isohyète maximum de 700 mm, au tracé sinueux, coupe le département en 2 zones de moindre pluviosité, à l'Ouest, vers le littoral et au Centre-Est, notamment au Nord de la Loire, avec des valeurs moyennes allant de 600 à 700 mm. Partant de CHATEAUBRIANT (zone de relief), il coupe le Sillon de Bretagne vers CAMPBON (741 mm) et descend au sud jusqu'à SAINT PHILBERT DE GRAND LIEU, remontant ensuite vers le nord jusqu'à BOUGUENAI.

Au niveau de la répartition géographique des hauteurs de pluie, plus qu'à une opposition entre le Nord et le Sud du département, on assiste à des variations sensibles des précipitations annuelles d'Ouest en Est, avec inversion du phénomène vers l'intérieur à partir de l'isohyète de 700 mm. Cette répartition est d'ailleurs en partie confirmée par une étude statistique portant sur 25 ans (réf. 25) où l'auteur note : «un minimum sur la côte, accentuation vers NANTES et diminution de nouveau entre NANTES et ANGERS» et «NANTES apparemment sépare deux minimum, celui de la Basse-Loire et celui de la région de VERTOUC, VARADES, ANGERS». Toutefois, la ligne de démarcation entre les 2 zones de moindre pluviosité est légèrement différente en raison des séries de mesures statistiques différentes.

La répartition géographique des pluies n'est cependant pas aussi manifeste en réalité ; hormis la proche zone littorale, sur l'ensemble des 26 stations, donc sur la majeure partie du département, les valeurs annuelles moyennes varient entre 628 mm (SOUDAN) et 741 mm (CAMPBON).

Il semble, par ailleurs, que le relief, bien que très peu marqué en Loire-Atlantique (80 mètres maximum au Sillon de Bretagne, ainsi que dans la région de CHATEAUBRIANT) combiné à l'exposition aux vents, peut modifier, de façon sensible, le régime des pluies. Ainsi, entre PORNIC (579 mm), situé sur le littoral Sud-Loire et ARTHON EN RETZ, situé à l'intérieur (717 mm), distants seulement d'une dizaine de kilomètres, la différence de pluviosité est importante (138 mm). On observe le même phénomène au Nord du département entre SOUDAN (628 mm), une des stations les moins arrosées, hormis les stations du littoral, et CHATEAUBRIANT (708 mm), une des stations les plus arrosées.



PLUVIOMETRIE : HAUTEUR MOYENNE ANNUELLE (1970-1978)

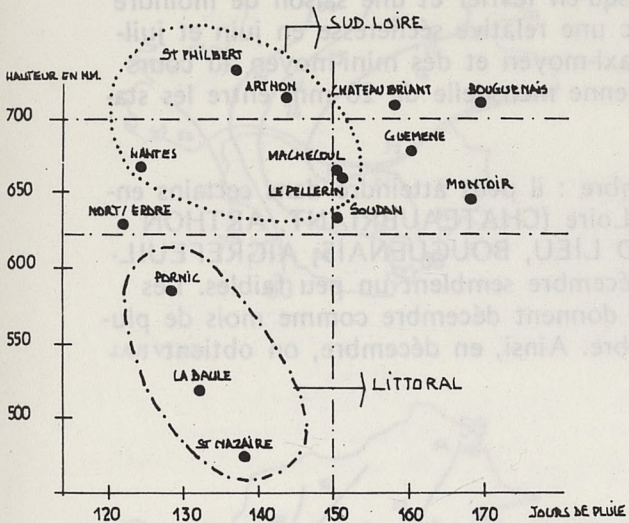
Ces variations sur les hauteurs de pluie sont à relativiser par le régime des pluies dans l'année. Les données brutes disponibles limitent l'analyse des fréquences et des durées de précipitation au seul nombre de jours où il a plu. Le nombre annuel moyen de jours de pluie s'échelonne pour les 13 stations, entre 123 et 170 jours. La relation hauteur de pluie/nombre de jours de pluie, n'est pas clairement explicite ; le graphique montre en effet une dispersion des valeurs du nombre de jours de pluie pour des hauteurs de pluie identiques.

Pour les 4 stations, dont la hauteur de pluie dépasse 700 mm, le nombre de jours varie entre 137 à 170. De même SAINT PHILBERT DE GRAND LIEU, station la plus arrosée (730 mm) a le même nombre de jours de pluie (137) que SAINT-NAZAIRE, station la plus sèche (476 mm). On peut cependant noter qu'il pleut sans doute moins souvent dans les stations du Sud de la Loire. ST PHILBERT DE GRAND LIEU et ARTHON EN RETZ, avec une hauteur de pluie comparable à celle de CHATEAUBRIANT et supérieure à celle de GUÉMÉNÉ ou de MONTOIR, ont un nombre de jours de pluie moindre ; ceci est vrai aussi pour PORNIC, comparé à SAINT-NAZAIRE.

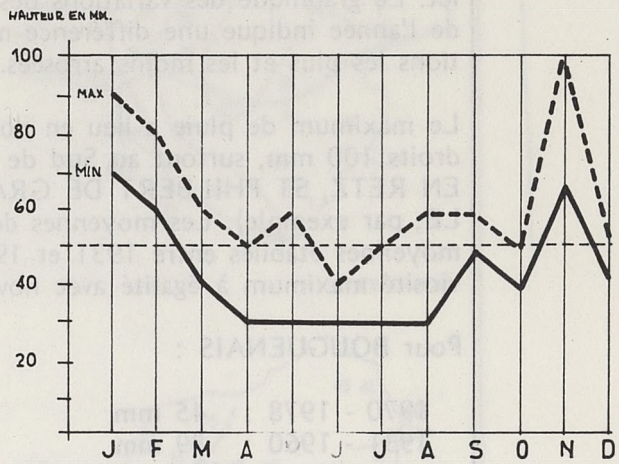
Les variations annuelles de la pluviométrie

La répartition des pluies suivant les années fait apparaître une irrégularité assez marquée des quantités d'eau qui tombent chaque année et les moyennes annuelles n'en rendent pas compte. On assiste en fait à une succession plus ou moins régulière d'années sèches et d'années pluvieuses. Ainsi, entre 1970 et 1978, on peut compter 3 années «sèches» (1971, 1973, 1976), au cours desquelles aucune des stations du département ne dépasse 650 mm de pluie. A l'inverse, on enregistre des années où plusieurs stations dépassent 800 mm de pluie (en particulier 1974 et 1977). ST PHILBERT DE GRAND LIEU passe de 566 mm en 1973 à 863 mm en 1974 (soit une différence de 300 mm ; 120 jours de pluie contre 163).

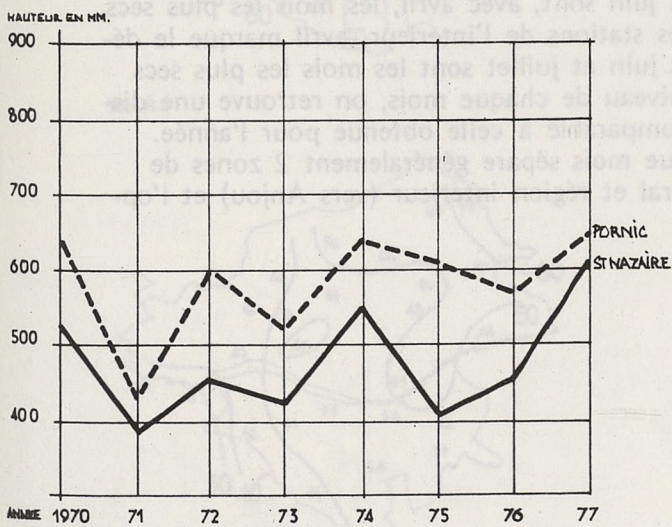
Ces variations annuelles se retrouvent au niveau de chaque station, ne modifiant pas l'analyse de la répartition géographique des pluies, basée sur les moyennes annuelles. Ainsi, ST NAZAIRE et PORNIC forment toujours les minimum, ST PHILBERT DE GRAND LIEU et CHATEAUBRIANT enregistrent avec ARTHON EN RETZ les maximum. Pour les stations intermédiaires, comme MONTOIR de BRETAGNE et NORT SUR ERDRE, les variations annuelles semblent un peu moins marquées.



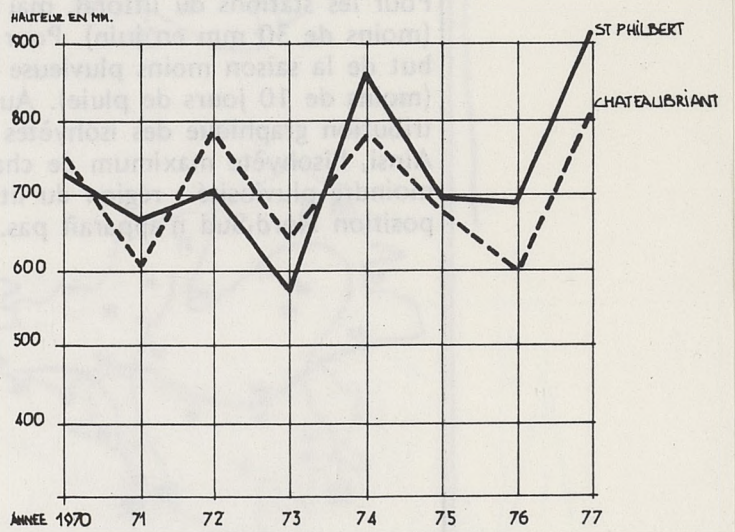
HAUTEUR ANNUELLE DES PRECIPITATIONS ET NOMBRE DE JOURS DE PLUIE (1970-1978)



MAXIMUM ET MINIMUM MOYEN DES HAUTEURS MENSUELLES DES PLUIES (1970-1978)



PLUVIOMETRIE SUIVANT LES ANNEES STATIONS DU LITTORAL (au Nord et au Sud de la Loire)



PLUVIOMETRIE SUIVANT LES ANNEES STATIONS HORS LITTORAL (au Nord et au Sud de la Loire)

Les variations mensuelles de la pluviométrie

L'examen des moyennes mensuelles montre deux saisons : une saison de pluie qui s'amorce dès septembre et dure jusqu'en février et une saison de moindre pluviosité qui commence dès mars avec une relative sécheresse en juin et juillet. Le graphique des variations des maxi-moyen et des mini-moyen au cours de l'année indique une différence moyenne mensuelle de 20 mm entre les stations les plus et les moins arrosées.

Le maximum de pluie a lieu en novembre : il peut atteindre dans certains endroits 100 mm, surtout au Sud de la Loire (CHATEAUBRIANT, ARTHON EN RETZ, ST PHILBERT DE GRAND LIEU, BOUGUENAI, AIGREFEUILLE, par exemple). Les moyennes de décembre semblent un peu faibles. Les moyennes établies entre 1931 et 1960 donnent décembre comme mois de pluviosité maximum à égalité avec novembre. Ainsi, en décembre, on obtient :

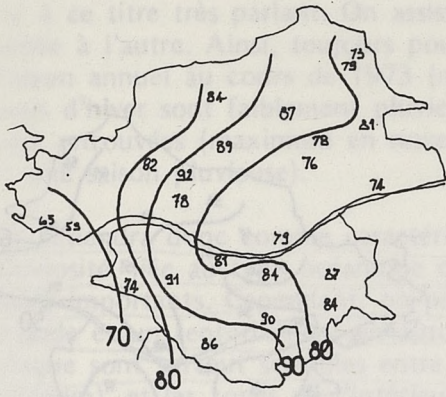
Pour BOUGUENAI :

1970 - 1978 : 45 mm
1931 - 1960 : 89 mm

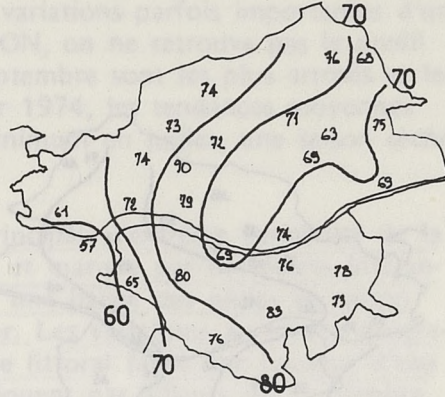
Pour PORNIC :

1970 - 1978 : 42 mm
1931 - 1960 : 80 mm

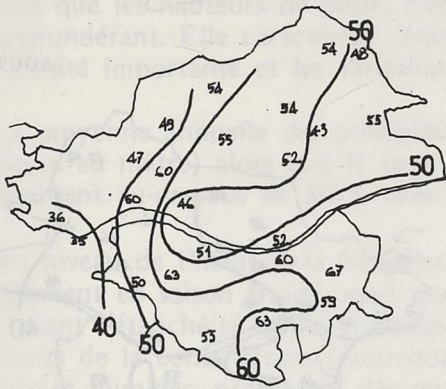
Pour les stations du littoral, mai et juin sont, avec avril, les mois les plus secs (moins de 30 mm en juin). Pour les stations de l'intérieur, avril marque le début de la saison moins pluvieuse et juin et juillet sont les mois les plus secs (moins de 10 jours de pluie). Au niveau de chaque mois, on retrouve une distribution graphique des isohyètes comparable à celle obtenue pour l'année. Ainsi, l'isohyète maximum de chaque mois sépare généralement 2 zones de moindre pluviosité : région du littoral et région intérieure (vers Anjou) et l'opposition Nord-Sud n'apparaît pas.



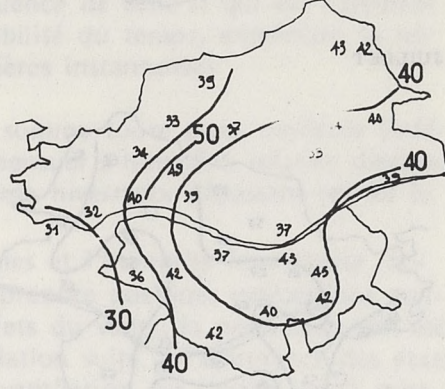
JANVIER



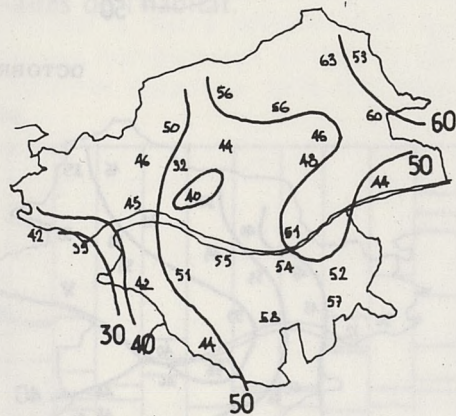
FEVRIER



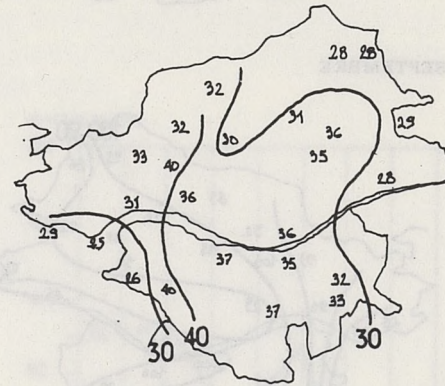
MARS



AVRIL

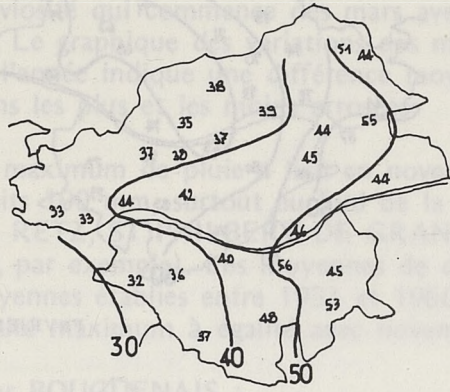


MAI

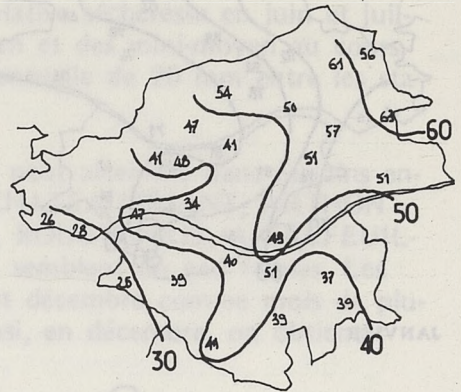


JUIN

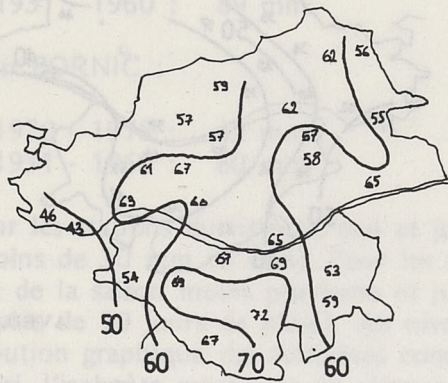
PRECIPITATIONS : HAUTEUR MOYENNE MENSUELLE EN MM (1970-1978)



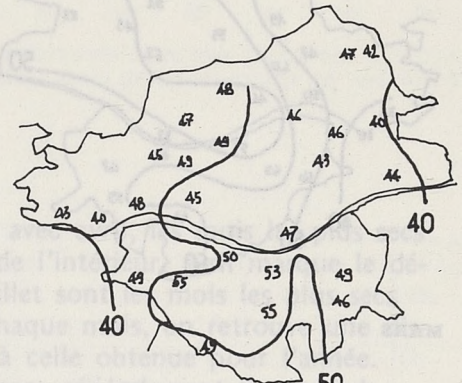
JUILLET



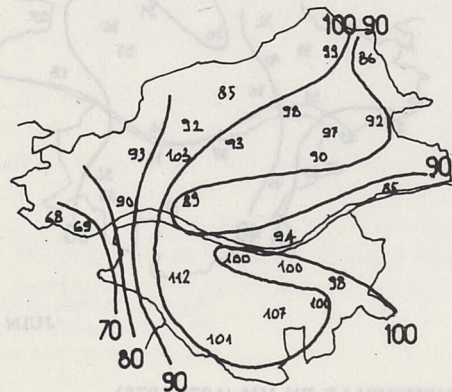
AOUT



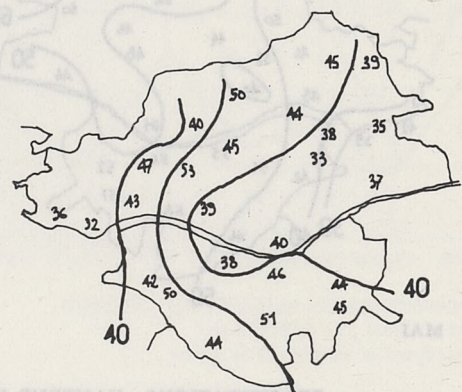
SEPTEMBRE



OCTOBRE



NOVEMBRE



DECEMBRE

PRECIPITATIONS : HAUTEUR MOYENNE MENSUELLE EN MM (1970-1978)

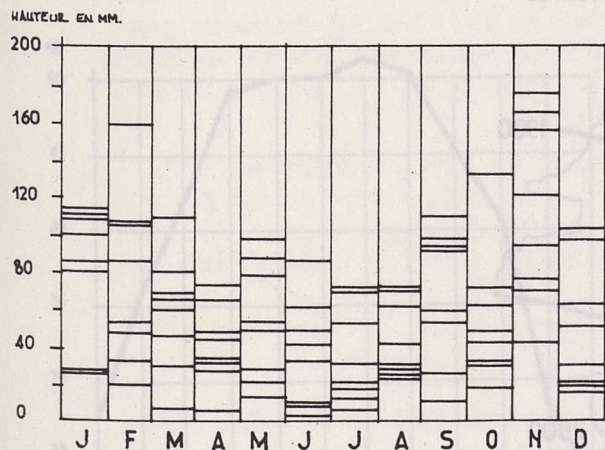
Les tendances générales ne doivent pas, là encore, faire oublier qu'au cours des années, la réalité est différente. Le graphique des hauteurs mensuelles de pluie établi pour ARTHON EN RETZ d'année en année entre 1970 et 1977, est à ce titre très parlant. On assiste à des variations parfois importantes d'une année à l'autre. Ainsi, toujours pour ARTHON, on ne retrouve pas le profil moyen annuel au cours de 1973 (mai et septembre sont les plus arrosés et les mois d'hiver sont faiblement pluvieux). Pour 1974, les tendances moyennes sont retrouvées (maximum en novembre, minimum en juillet, une saison sèche et une saison pluvieuse).

On retiendra donc comme caractéristique principale l'extrême variabilité de la pluviosité, liée au type océanique du climat et marqué par des écarts interannuels importants. Cependant, on peut noter une baisse des pluies en saison chaude et un renforcement en automne-hiver. Les variations au niveau géographique sont surtout sensibles entre le proche littoral (avec une hauteur d'eau moindre), et les zones de l'intérieur ; elles jouent par ailleurs sur le nombre moins important de jours de pluie dans les stations situées au Sud de la Loire.

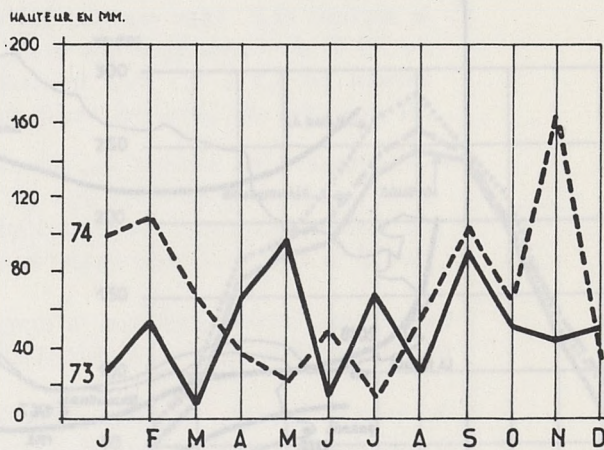
Plus que les hauteurs de pluie, c'est la fréquence de celle-ci qui est l'élément prépondérant. Elle caractérise l'état de variabilité du temps, exprimant la nébulosité importante et les variations journalières instantanées.

La moyenne annuelle des précipitations est somme toute assez modérée (inférieure au mètre) alors que le taux moyen mensuel d'humidité relative descend rarement au-dessous de 80 % avec des maxima hivernaux dépassant les 90 %.

Au niveau de l'habitat, la fréquence des pluies et l'humidité importante, notamment en saison froide, peut conduire à prendre quelques précautions concernant l'étanchéité (pluie combinée aux effets du vent), la protection des éléments de la construction (pourriture, dégradation suite à l'alternance des états secs et humides, protection des murs...), la ventilation des locaux ou la mise en œuvre de dispositifs architecturaux spécifiques tels que les auvents, les débords de toiture, ou tout autre espace ouvert abrité dans les espaces intermédiaires de l'habitat.



ARTHON EN RETZ
HAUTEUR MENSUELLE DES PLUIES SUIVANT
LES ANNEES ENTRE 1970 et 1977



ARTHON EN RETZ
REPARTITION MENSUELLE DES PLUIES EN 1973 et 1974

L'ENSOLEILLEMENT

Pour l'analyse de l'ensoleillement en Loire-Atlantique, nous ne disposons de relevés de mesures que pour 3 stations : BOUGUENAIS (Météo Nationale), au Sud de NANTES, LA BAULE-ESCOUBLAC, sur le littoral et SOUDAN au Nord du département. Nous avons établi les statistiques sur la même période que celle utilisée pour les températures et les pluies (1970 à 1977). Les moyennes calculées ne constituent que des indicateurs de tendance de l'insolation dans le département en raison du nombre très restreint de stations et des séries mensuelles parfois incomplètes.

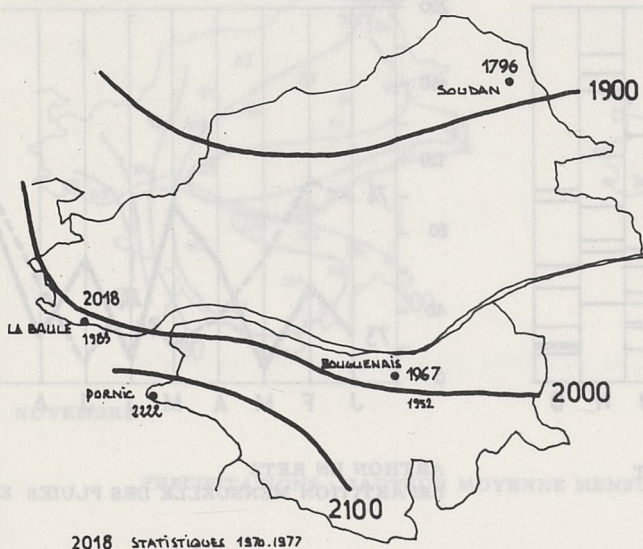
L'insolation moyenne annuelle

D'une manière générale, la Loire-Atlantique bénéficie d'un ensoleillement assez important en France, hors de la région méditerranéenne. Ce fait est souligné dans deux monographies de la Météorologie (réf. 24, 25). Avec une moyenne de 2000 heures d'insolation par an, près des régions côtières, l'ensoleillement en Loire-Atlantique est nettement supérieur à celui de l'intérieur de la Bretagne (1700 à 1800 heures). Cet accroissement de l'insolation s'amorce d'ailleurs sur la côte morbihannaise ; l'insolation devient maximum aux SABLES d'OLONNE et se maintient élevée jusqu'à la Gironde, décroissant au-delà. Les statistiques de la Météorologie Nationale, pour 1931-1960 donnent une insolation annuelle :

| | |
|--------------|-------------|
| à BREST : | 1729 heures |
| à RENNES : | 1805 heures |
| à CARNAC : | 2055 heures |
| à NANTES : | 1952 heures |
| à POITIERS : | 2042 heures |
| à BORDEAUX : | 2008 heures |

L'ensoleillement à NANTES est donc comparable à celui enregistré à BORDEAUX. Au niveau du département, nous obtenons, entre 1970 et 1977, pour les trois stations de mesure :

| | |
|------------------------|-------------|
| à LA BAULE-ESCOUBLAC : | 2018 heures |
| à BOUGUENAIS : | 1967 heures |
| à SOUDAN : | 1796 heures |



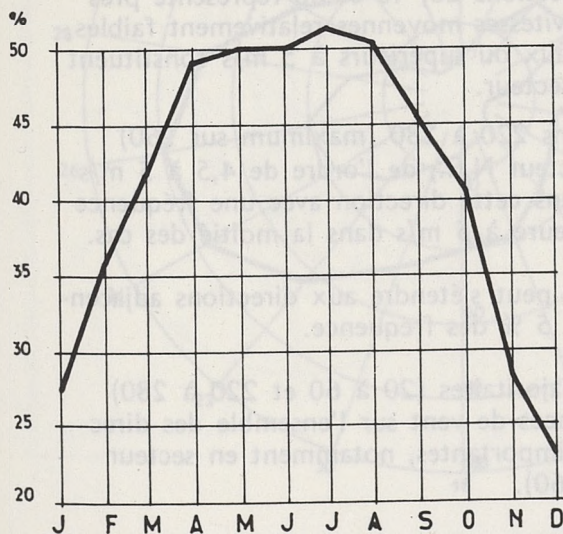
DURÉE MOYENNE ANNUELLE DE L'INSOLATION (heures)

Il est difficile d'établir, avec si peu de stations, des isohèles significatives ; nous reproduisons cependant la carte des isohèles (lignes d'égale durée d'insolation) construite par la Météorologie Nationale pour les statistiques 1931-1960. Celle-ci fait apparaître un accroissement progressif de l'insolation du Nord vers le Sud : 200 heures d'insolation environ en plus au Sud du département. Le littoral semble par ailleurs légèrement favorisé ; ceci est surtout marqué en été (en juillet, 282 à LA BAULE, 260 à BOUGUENAI) et beaucoup moins vrai en automne-hiver. Cette opposition franche Nord-Sud se retrouve tout au long de l'année et relativise les variations Est-Ouest de la température et du régime des pluies analysées précédemment. La nébulosité est moindre au Sud de la Loire, donc à hauteur de pluies égales, la durée des précipitations serait plus longue au Nord qu'au Sud de la Loire.

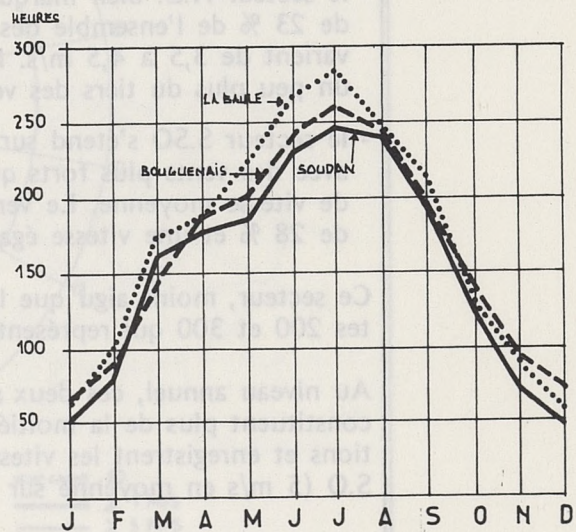
L'insolation moyenne mensuelle

L'analyse de l'insolation moyenne mensuelle fait apparaître une période d'insolation importante (plus de 200 heures) allant de mai en septembre ; les maxima s'obtiennent en juillet (282 heures à LA BAULE). L'insolation atteint ou dépasse 250 heures pendant l'été, sauf à SOUDAN où le seuil de 250 heures n'est jamais atteint. Durant cette période, la fraction d'insolation (égale au nombre d'heures d'ensoleillement effectif divisé par le nombre d'heures d'ensoleillement possible) dépasse 50 %. Les mois de mars et d'avril bénéficient déjà d'un ensoleillement relativement élevé (plus de 150 heures correspondant à une fraction d'insolation d'environ 45 %).

Les mois d'hiver sont nettement moins ensoleillés ; moins de 100 heures d'insolation, chiffre assez faible, même en tenant compte de la durée réduite des jours, puisque la fraction d'insolation varie durant cette période entre 25 et 35 %. Le mois de décembre enregistre le minimum d'ensoleillement dans la période de statistiques retenues (55 heures à LA BAULE, 70 à NANTES, 44 à SOUDAN). L'analyse de la pluviométrie de décembre faisait pourtant apparaître, dans la même période 1970 à 1978, une faible hauteur des précipitations (surtout comparé aux valeurs de novembre) ; ceci n'empêche pas d'ailleurs de rencontrer durant ce mois une nébulosité importante.



FRACTION MOYENNE D'INSOLATION (1951-1970)
BOUGUENAI M.N.



INSOLATION MOYENNE MENSUELLE (1970-1978)

ENSOLEILLEMENT

L'insolation en Loire-Atlantique se caractérise donc essentiellement par deux périodes de forte et faible insolation, correspondant grossièrement aux périodes d'été et d'hiver, avec une progression marquée de l'insolation du Nord au Sud. Ceci confirme d'ailleurs les conclusions sur la pluviométrie, à savoir le nombre plus restreint de jours de pluie du secteur Sud de la Loire, par rapport au Nord, d'où vraisemblablement une nébulosité moins importante.

Les apports solaires seront donc assez faibles et irréguliers en saison hivernale, mais non négligeables en été. Cette situation particulière conditionne le choix des systèmes de récupération, de stockage et d'utilisation des apports solaires pour l'amélioration des conditions thermiques dans l'habitat.

LE VENT

Pour l'étude du paramètre vent, nous avons utilisé les statistiques de 1962 à 1975, présentées dans le rapport «Climatologie de référence. NANTES Loire Aval pour NANTES et SAINT-NAZAIRE», réalisé par la Direction de la Météorologie de l'Ouest. Les fréquences moyennes de vent suivant les directions sont données pour 2 stations : NANTES Aéroport (BOUGUENAI) et SAINT-NAZAIRE Aéroport (MONTAIGNE DE BRETAGNE). L'absence de données pour le reste du département ne permet pas une analyse fine des variations du vent en vitesses et directions pour notre secteur d'étude, d'autant que celles-ci risquent d'être importantes au niveau local et micro-local (relief, végétation, type de rugosité).

Le vent à Nantes

La station de mesures de NANTES est située en site dégagé sur l'aéroport de CHATEAU-BOUGON au Sud de l'agglomération. La rose annuelle des vents (mois et heures cumulés), établie en fréquence pour 1000 suivant les directions, fait apparaître 2 directions principales :

- le secteur N.E. bien marqué sur les directions 20, 40 et 60 représente près de 23 % de l'ensemble des vents ; les vitesses moyennes relativement faibles varient de 3,5 à 4,5 m/s. Les vents égaux ou supérieurs à 5 m/s constituent un peu plus du tiers des vents sur ce secteur.
- le secteur S.SO s'étend sur les directions 220 à 280 (maximum sur 260) avec des vents plus forts que sur le secteur N.E., de l'ordre de 4,5 à 5 m/s de vitesse moyenne. Le vent souffle dans cette direction avec une fréquence de 28 % et une vitesse égale ou supérieure à 5 m/s dans la moitié des cas.

Ce secteur, moins aigu que le précédent, peut s'étendre aux directions adjacentes 200 et 300 qui représentent chacune 5 % des fréquences.

Au niveau annuel, ces deux directions majoritaires (20 à 60 et 220 à 280) constituent plus de la moitié des fréquences de vent sur l'ensemble des directions et enregistrent les vitesses les plus importantes, notamment en secteur S.O (5 m/s en moyenne sur le secteur 260).

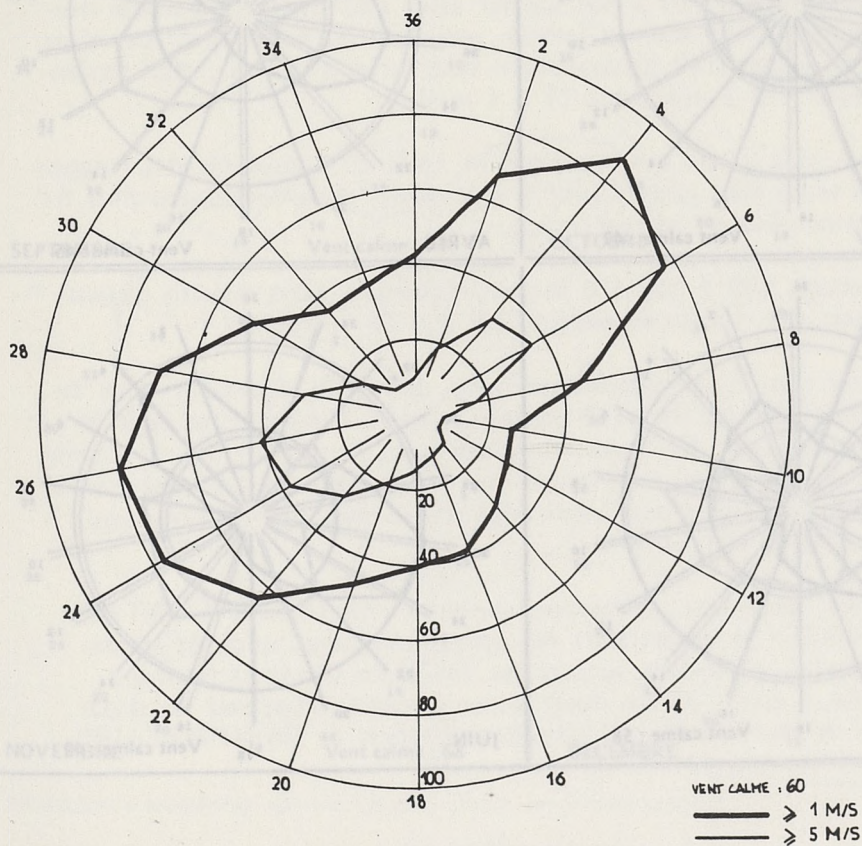
La rose annuelle des vents est creusée dans les directions perpendiculaires (N.O et S.E) avec des vents d'environ 3m/s sur les directions 300 à 360 et de 3,5 à 4 m/s sur les directions 80 à 200 avec un renforcement de la vitesse à l'approche de la direction Sud.

Pour l'ensemble des directions, la vitesse moyenne annuelle est de 3,9 m/s (avec un minimum de 3 m/s sur les secteurs 320 à 360 et un maximum de 5 m/s sur la direction 260). La fréquence des vents calmes (inférieurs à 1 m/s) est de 6 %.

Au niveau mensuel, on retrouve les tendances générales de l'année avec quelques variations.

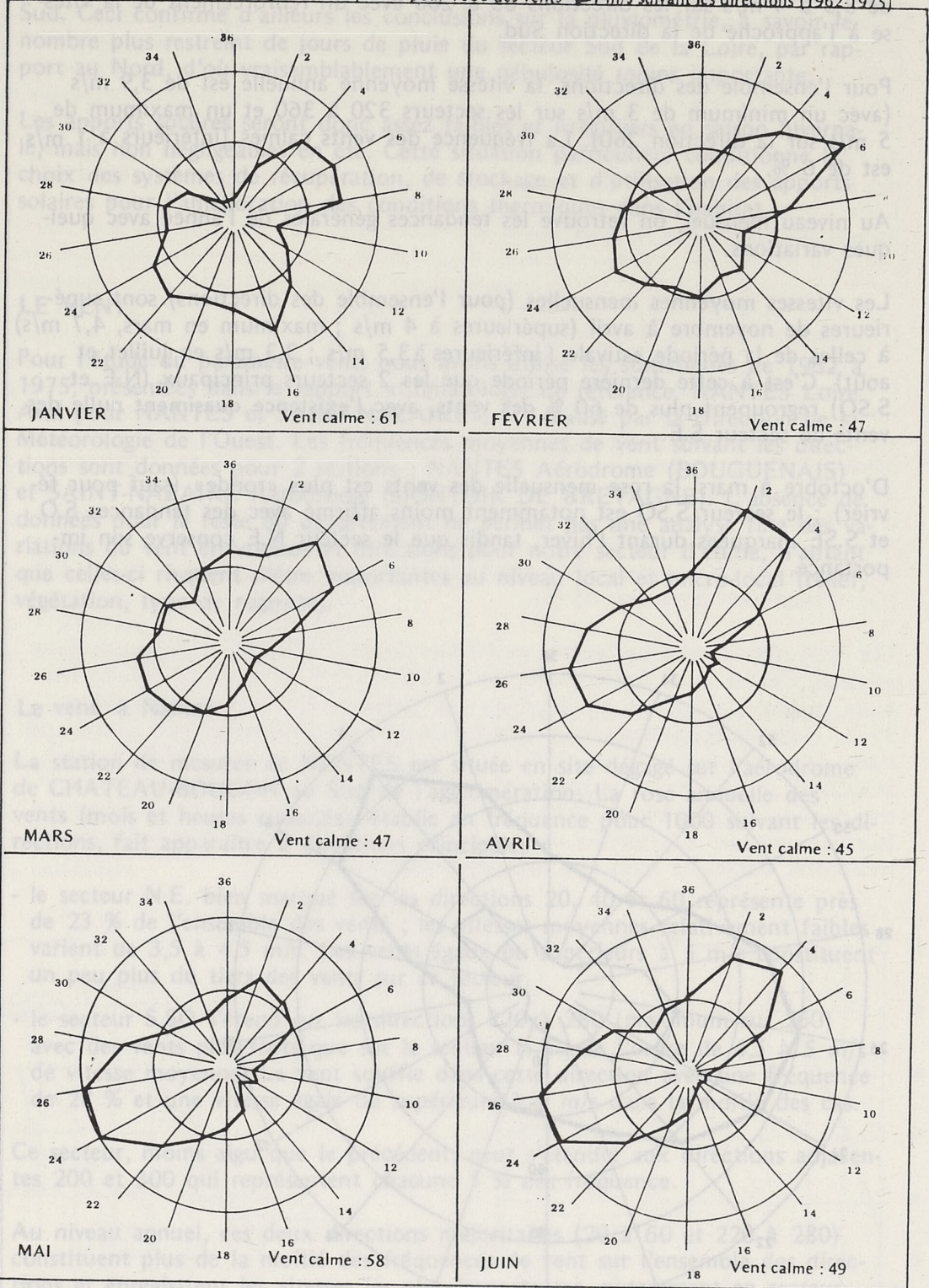
Les vitesses moyennes mensuelles (pour l'ensemble des directions) sont supérieures de novembre à avril (supérieures à 4 m/s ; maximum en mars, 4,7 m/s) à celles de la période estivale (inférieures à 3,5 m/s ; 3,3 m/s en juillet et août). C'est à cette dernière période que les 2 secteurs principaux (N.E et S.SO) regroupent plus de 60 % des vents, avec l'existence quasiment nulle des vents de secteur S.E.

D'octobre à mars, la rose mensuelle des vents est plus «ronde» (sauf pour février) ; le secteur S.SO est notamment moins affirmé avec des tendances S.O et S.SE marquées durant l'hiver, tandis que le secteur N.E conserve son importance.

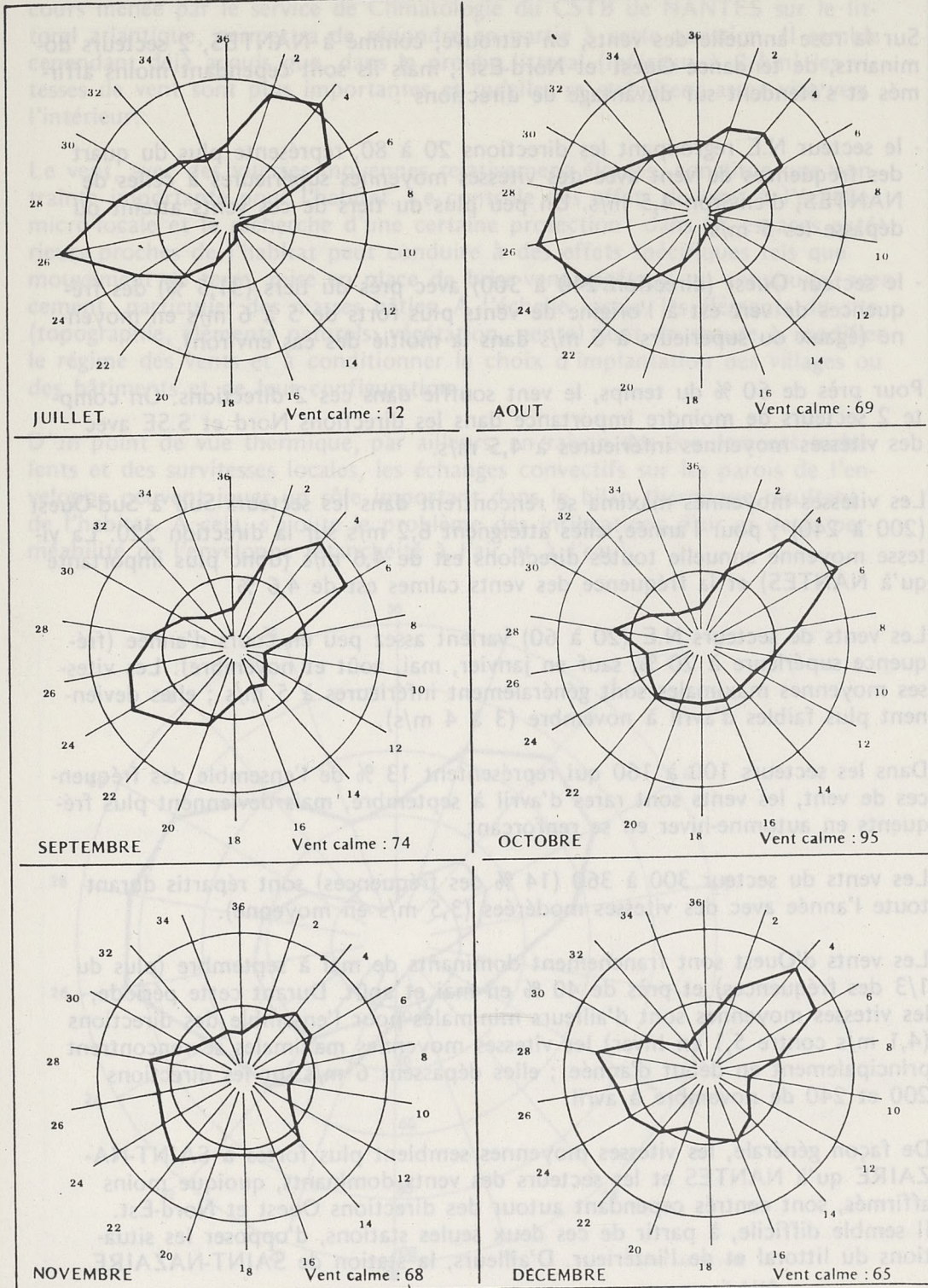


FREQUENCE MOYENNE ANNUELLE DES VENTS : NANTES

NANTES AÉRODROME - Fréquences moyennes pour 1000 des vents ≥ 1 m/s suivant les directions (1962-1975)



NANTES AERODROME - Fréquences moyennes pour 1000 des vents > 1 m/s suivant les directions (1962-1975)



Le vent à Saint-Nazaire

La station météorologique est située à l'Est de l'agglomération de SAINT-NAZAIRE, au Nord de l'estuaire de la Loire, donc assez proche du littoral.

Sur la rose annuelle des vents, on retrouve, comme à NANTES, 2 secteurs dominants, de tendance Ouest et Nord-Est ; mais ils sont cependant moins affirmés et s'étendent sur davantage de directions :

- le secteur N.E regroupant les directions 20 à 80, représente plus du quart des fréquences de vent avec des vitesses moyennes supérieures à celles de NANTES, d'environ 4,5 m/s. Un peu plus du tiers de ces vents atteint ou dépasse les 5 m/s.
- le secteur Ouest (direction 240 à 300) avec près du tiers (31,5 %) des fréquences de vent est à l'origine de vents plus forts de 5 à 6 m/s en moyenne (égaux ou supérieurs à 5 m/s dans la moitié des cas environ).

Pour près de 60 % du temps, le vent souffle dans ces 2 directions. On compte 2 secteurs de moindre importance dans les directions Nord et S.SE avec des vitesses moyennes inférieures à 4,5 m/s.

Les vitesses moyennes maxima se rencontrent dans les secteurs Sud à Sud-Ouest (200 à 240) ; pour l'année, elles atteignent 6,2 m/s sur la direction 220. La vitesse moyenne annuelle toutes directions est de 4,6 m/s (donc plus importante qu'à NANTES) et la fréquence des vents calmes est de 4,6 %.

Les vents de secteurs N.E (20 à 60) varient assez peu en cours d'année (fréquence supérieure à 20 %, sauf en janvier, mai, août et novembre). Les vitesses moyennes maximales sont généralement inférieures à 5 m/s ; elles deviennent plus faibles d'avril à novembre (3 à 4 m/s).

Dans les secteurs 100 à 160 qui représentent 13 % de l'ensemble des fréquences de vent, les vents sont rares d'avril à septembre, mais deviennent plus fréquents en automne-hiver en se renforçant.

Les vents du secteur 300 à 360 (14 % des fréquences) sont répartis durant toute l'année avec des vitesses modérées (3,5 m/s en moyenne).

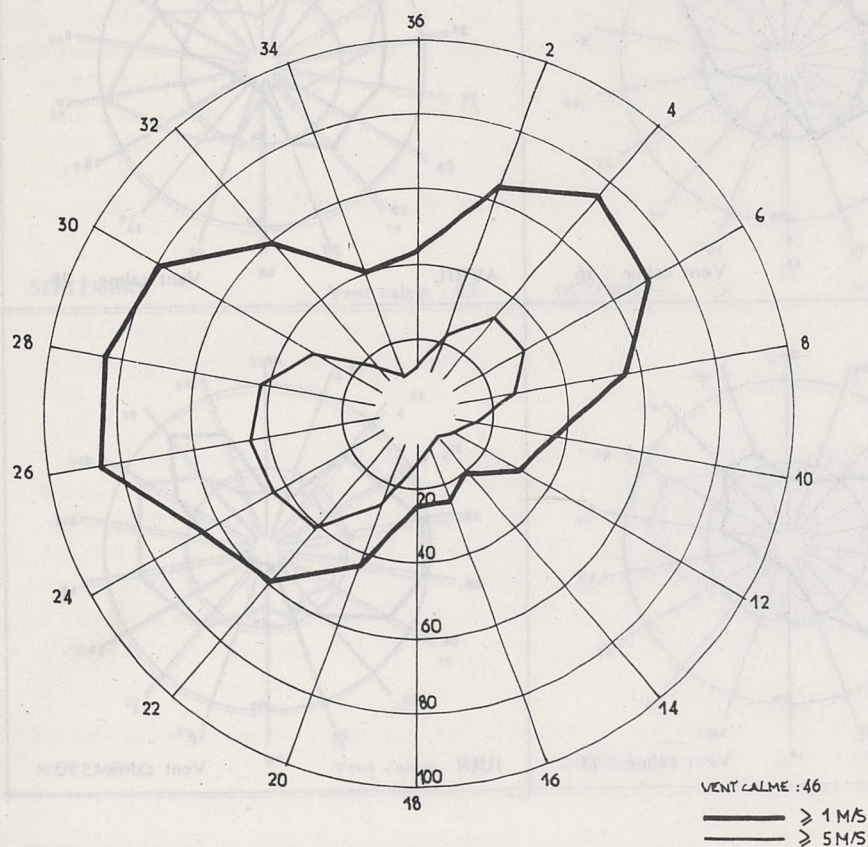
Les vents d'Ouest sont franchement dominants de mai à septembre (plus du 1/3 des fréquences) et près de 40 % en mai et août. Durant cette période, les vitesses moyennes sont d'ailleurs minimales pour l'ensemble des directions (4,1 m/s contre 5,1 en hiver) les vitesses moyennes maximales se rencontrent principalement en début d'année ; elles dépassent 6 m/s sur les directions 200 et 240 de novembre à avril.

De façon générale, les vitesses moyennes semblent plus fortes à SAINT-NAZAIRE qu'à NANTES et les secteurs des vents dominants, quoique moins affirmés, sont centrés cependant autour des directions Ouest et Nord-Est. Il semble difficile, à partir de ces deux seules stations, d'opposer les situations du littoral et de l'intérieur. D'ailleurs, la station de SAINT-NAZAIRE

n'est pas, à proprement parler, située sur le littoral et l'incidence en amont à l'Ouest de l'agglomération, n'est sans doute pas à négliger. Une étude en cours menée par le service de Climatologie du CSTB de NANTES sur le littoral atlantique, permettra de répondre en partie à cette question. Il semble cependant déjà acquis que, dans le proche littoral (inférieur à 2 km) les vitesses de vent sont plus importantes et qu'elles se stabilisent assez vite vers l'intérieur.

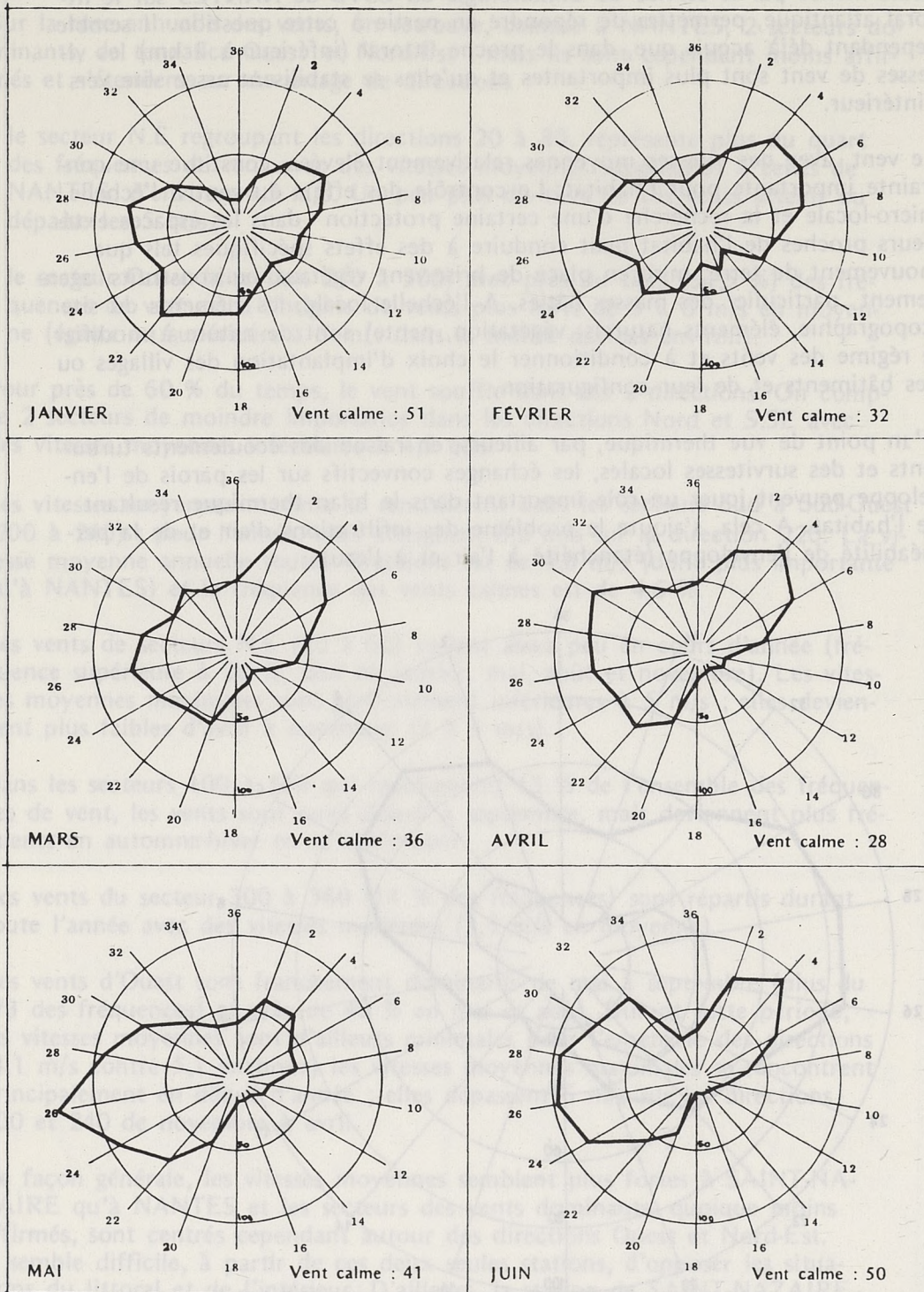
Le vent, avec des vitesses moyennes relativement élevées, constitue une contrainte importante pour l'habitat. Le contrôle des effets du vent à l'échelle micro-locale et la recherche d'une certaine protection dans les espaces extérieurs proches de l'habitat peut conduire à des effets spécifiques tels que mouvement de terre, mise en place de brise-vent végétaux ou construits, agencement particulier des masses bâties. A l'échelle locale, les éléments du site (topographie, éléments naturels, végétation, pente) sont de nature à modifier le régime des vents et à conditionner le choix d'implantation des villages ou des bâtiments et de leur configuration.

D'un point de vue thermique, par ailleurs, en raison des écoulements turbulents et des survitesses locales, les échanges convectifs sur les parois de l'enveloppe peuvent jouer un rôle important dans le bilan thermique résultant de l'habitat. A cela, s'ajoute le problème des infiltrations d'air et de la perméabilité de l'enveloppe (étanchéité à l'air et à l'eau)

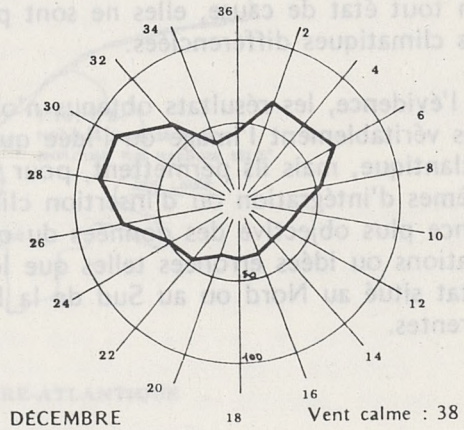
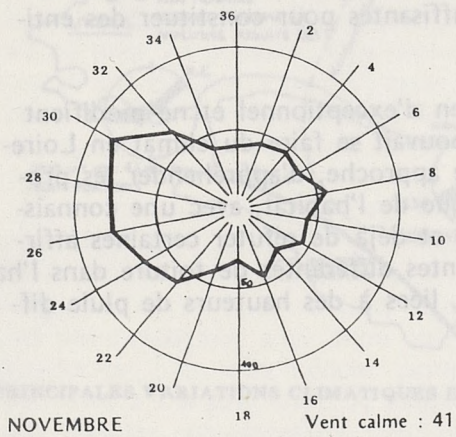
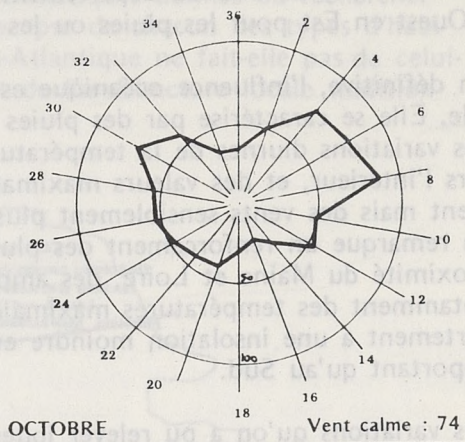
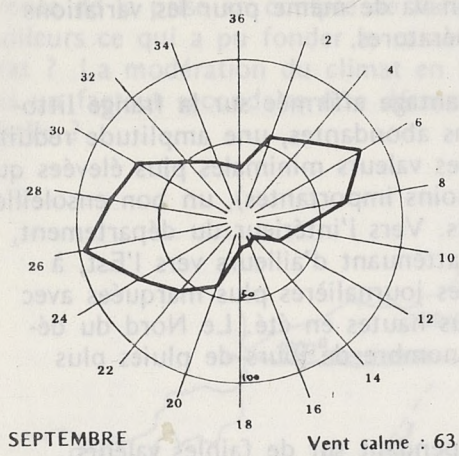
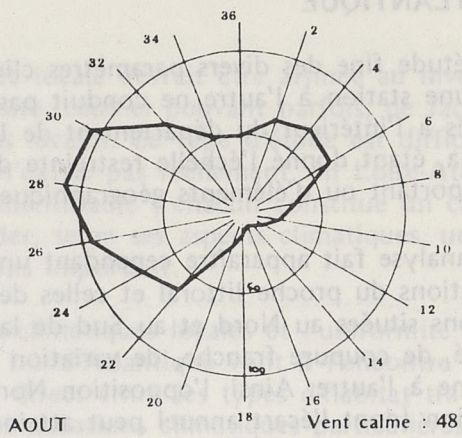
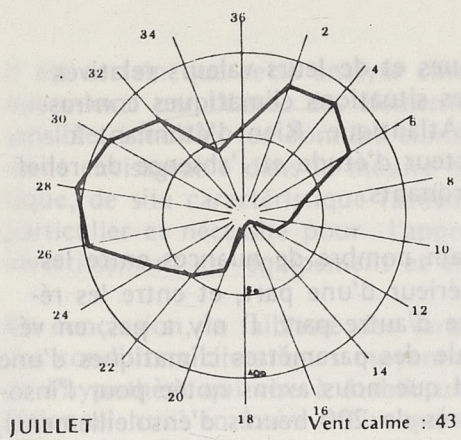


FREQUENCE MOYENNE ANNUELLE DES VENTS : SAINT-NAZAIRE

SAINT-NAZAIRE - Fréquences moyennes pour 1000 des vents $\geq 1\text{m/s}$ suivant les directions (1962-1975)



SAINT-NAZAIRE - Fréquences moyennes pour 1000 des vents > 1m/s suivant les directions (1962-1975)



RÉSULTATS DE L'ANALYSE CLIMATIQUE ET INCIDENCE SUR L'INTÉGRATION CLIMATIQUE DE L'HABITAT TRADITIONNEL EN LOIRE-ATLANTIQUE

L'étude fine des divers paramètres climatiques et de leurs valeurs relatives d'une station à l'autre ne conduit pas à des situations climatiques contrastées à l'intérieur du département de Loire-Atlantique. Rien d'étonnant à cela, étant donné l'échelle restreinte du secteur d'étude et l'absence de relief important ou d'éléments géographiques marquants.

L'analyse fait apparaître cependant un certain nombre de nuances entre les stations du proche littoral et celles de l'intérieur d'une part, et entre les régions situées au Nord et au Sud de la Loire d'autre part. Il n'y a pas, en vérité, de coupure franche, de variation brutale des paramètres climatiques d'une zone à l'autre. Ainsi, l'opposition Nord-Sud que nous avons notée pour l'insolation (dont l'écart annuel peut atteindre près de 200 heures d'ensoleillement), n'est due, en réalité, qu'à une progression constante et régulière de l'insolation du Nord au Sud du département. Il en va de même pour les variations d'Ouest en Est pour les pluies ou les températures.

En définitive, l'influence océanique est davantage affirmée sur la frange littorale. Elle se caractérise par des pluies moins abondantes, une amplitude réduite des variations diurnes de la température (des valeurs minimales plus élevées que vers l'intérieur, et des valeurs maximales moins importantes), un bon ensoleillement mais des vents sensiblement plus forts. Vers l'intérieur du département, on remarque un renforcement des pluies s'atténuant d'ailleurs vers l'Est, à proximité du Maine et Loire, des amplitudes journalières plus marquées avec notamment des températures maximales plus hautes en été. Le Nord du département a une insolation moindre et un nombre de jours de pluies plus important qu'au Sud.

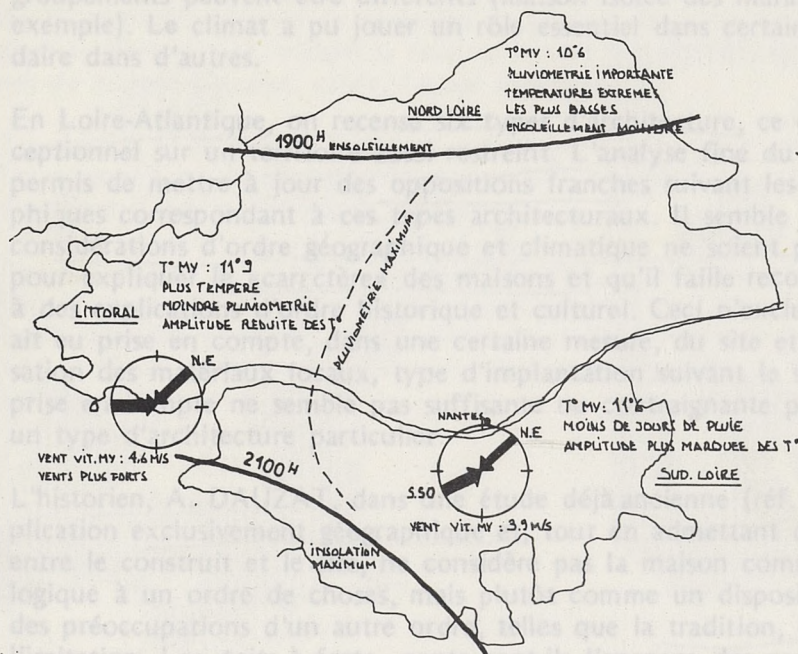
Les variations qu'on a pu relever jouent cependant sur de faibles valeurs excepté pour l'insolation où la variation n'est, malgré tout, pas négligeable. En tout état de cause, elles ne sont pas suffisantes pour constituer des entités climatiques différenciées.

A l'évidence, les résultats obtenus n'ont rien d'exceptionnel et ne modifient pas véritablement l'image ou l'idée qu'on pouvait se faire du climat en Loire-Atlantique, mais ils permettent, pour notre approche, d'appréhender les problèmes d'intégration ou d'insertion climatique de l'habitat, avec une connaissance plus objective des données du climat et déjà de réfuter certaines affirmations ou idées erronées telles que les pentes différentes de toiture dans l'habitat situé au Nord ou au Sud de la Loire, liées à des hauteurs de pluie différentes.

III - LE DÉTERMINISME GÉOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE EN LOIRE-ATLANTIQUE

Il est certain que cette analyse climatique locale devrait être affinée au niveau micro-local par l'étude des éléments du site, ceux-ci pouvant parfois, de façon sensible, modifier les données climatiques locales. Ce type d'étude est difficilement envisageable dans la mesure où il n'existe pas réellement, en Loire-Atlantique, de site caractéristique facilement identifiable ; chacun constitue un cas particulier et nécessite pour l'appréhender, selon ses aspects climatiques, un investissement en équipement et en temps important.

En conclusion, la faiblesse des variations climatiques locales et l'uniformité des conditions climatiques moyennes en Loire-Atlantique vont à l'encontre de l'hypothèse qui vise à établir un lien direct entre les types d'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique et des situations climatiques particulières différentes. Faut-il voir alors dans ces types d'habitat une expression différente de la prise en compte de facteurs climatiques donnés ou rechercher ailleurs ce qui a pu fonder le caractère propre de chacun des types d'habitat ? La modération du climat en Loire-Atlantique ne fait-elle pas de celui-ci un facteur secondaire non déterminant de l'architecture locale traditionnelle ?



PRINCIPALES VARIATIONS CLIMATIQUES EN LOIRE-ATLANTIQUE

RÉSULTATS DE L'ANALYSE CLIMATIQUE ET INCIDENCE SUR L'INTEGRATION CLIMATIQUE DE L'HABITAT TRADITIONNEL EN LOIRE-ATLANTIQUE

Il est certain que cette analyse climatique locale devra être complétée par des études plus précises, notamment au sein de certains secteurs, de façon à mieux saisir les variations climatiques locales. Ce type d'étude est difficile, mais il est indispensable pour mieux saisir les particularités locales et les besoins de l'habitat traditionnel en Loire-Atlantique. L'analyse climatique doit être complétée par des études plus précises, notamment au sein de certains secteurs, de façon à mieux saisir les variations climatiques locales. Ce type d'étude est difficile, mais il est indispensable pour mieux saisir les particularités locales et les besoins de l'habitat traditionnel en Loire-Atlantique.

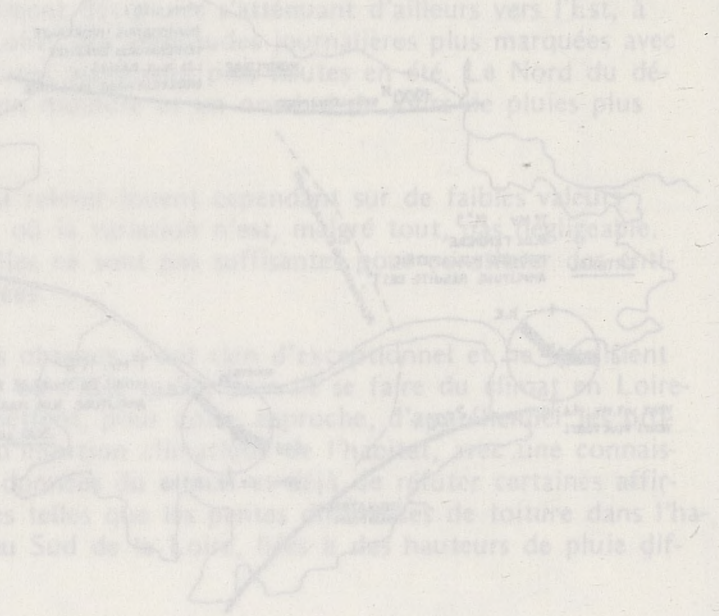
L'analyse climatique doit être complétée par des études plus précises, notamment au sein de certains secteurs, de façon à mieux saisir les variations climatiques locales. Ce type d'étude est difficile, mais il est indispensable pour mieux saisir les particularités locales et les besoins de l'habitat traditionnel en Loire-Atlantique. L'analyse climatique doit être complétée par des études plus précises, notamment au sein de certains secteurs, de façon à mieux saisir les variations climatiques locales. Ce type d'étude est difficile, mais il est indispensable pour mieux saisir les particularités locales et les besoins de l'habitat traditionnel en Loire-Atlantique.

En fait, la modélisation du climat en Loire-Atlantique ne fait-elle pas de celui-ci un climat méditerranéen déterminé par les caractéristiques géographiques de la région ? Elle se caractérise en effet par une amplitude des variations diurnes et saisonnières plus élevée que vers l'intérieur, un bon ensoleillement mais des vents parfois importants. Vers l'intérieur du département, on remarque un ensoleillement nettement d'ailleurs vers l'Est, à proximité du Maine et Loire, les variations journalières plus marquées avec notamment des températures plus élevées en été. Le Nord du département a une pluviométrie plus importante qu'au Sud.

Les variations qu'on a pu relever sont cependant sur de faibles valeurs, excepté pour l'insolation où la variation est, malgré tout, importante. En tout état de cause, elles ne sont pas suffisantes pour expliquer les différences climatiques observées.

A l'évidence, les résultats obtenus ne sont pas véritablement l'habitat traditionnel en Loire-Atlantique, mais ils permettent de poser des problèmes d'intégration ou de réajustement de l'habitat, avec une connaissance plus objective des données. Il ne faut pas rejeter certaines affirmations ou idées erronées telles que les pentes de toiture dans l'habitat situé au Nord ou au Sud ou les hauteurs de pluie différentes.

PRINCIPALES VARIATIONS CLIMATIQUES EN LOIRE-ATLANTIQUE



III - LE DÉTERMINISME GÉOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE EN LOIRE-ATLANTIQUE

D'ores et déjà, compte-tenu de la situation climatique assez homogène sur l'ensemble du département et de la variété des types d'habitations rurales traditionnelles, il apparaît que l'on peut exprimer certaines réserves, au moins pour notre secteur d'étude vis à vis des tentatives d'explication des types d'architecture par les seules contraintes géographiques et climatiques.

Le problème du déterminisme géographique rejoint le débat actuel sur le régionalisme : des différences climatiques ne devraient-elles pas conduire à des solutions architecturales bio-climatiques différentes ? A priori, on peut répondre que oui. Mais on peut aussi mesurer le poids du déterminisme géographique en essayant de voir si le régionalisme climatique recouvre les représentations de l'architecture régionale traditionnelle.

Ainsi, la maison du Sud de la Loire rappelle la maison de type méditerranéen et pourtant il s'agit de deux types climatiques habituellement différenciés et opposés. Est-ce en raison de certaines analogies climatiques des régions Sud-Loire et de la Côte d'Azur (particulièrement l'ensoleillement) ou tout simplement entre l'architecture des deux régions qu'on a attribué un caractère méditerranéen aux régions du Sud de la Loire (Vendée, Charentes). Sans doute pour les deux raisons. Le type architectural est le même mais les formes de groupements peuvent être différents (maison isolée des marais bretons, par exemple). Le climat a pu jouer un rôle essentiel dans certains cas, secondaire dans d'autres.

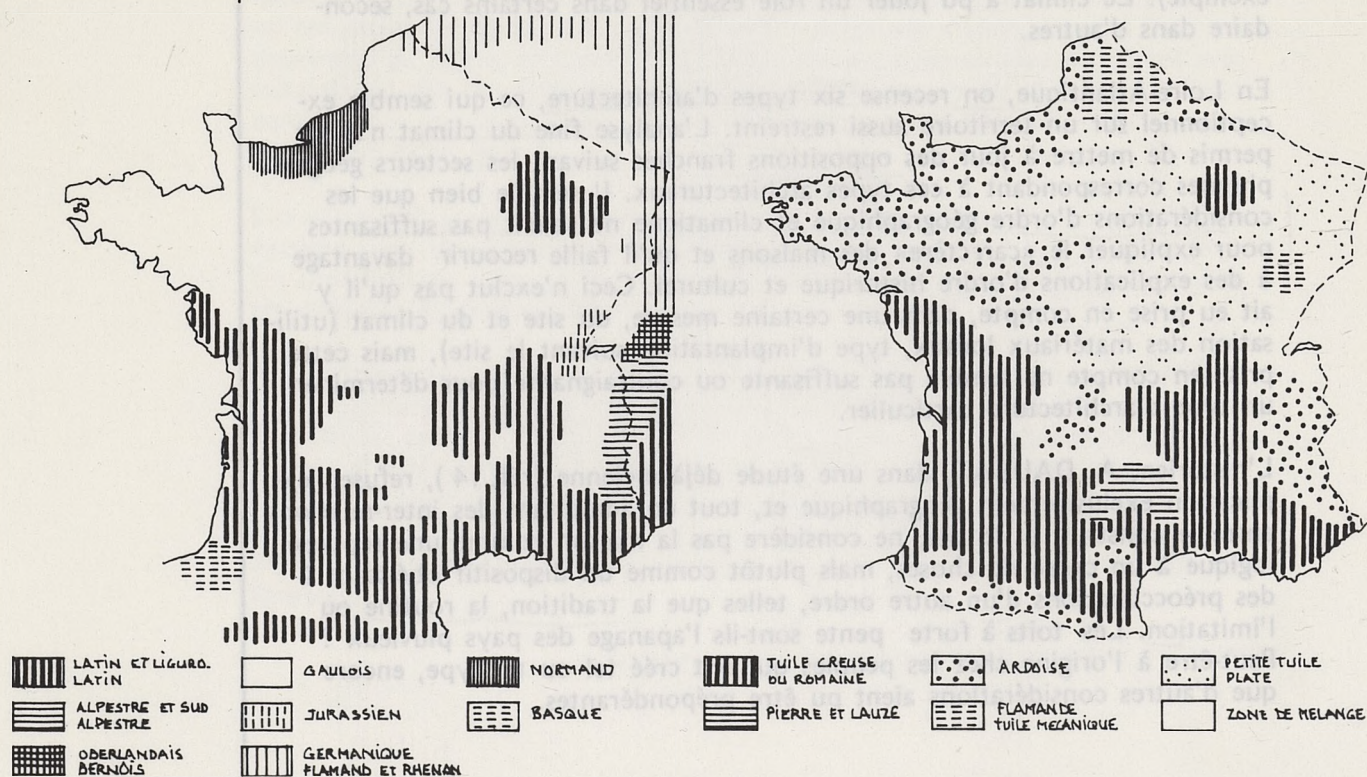
En Loire-Atlantique, on recense six types d'architecture, ce qui semble exceptionnel sur un territoire aussi restreint. L'analyse fine du climat n'a pas permis de mettre à jour des oppositions franches suivant les secteurs géographiques correspondant à ces types architecturaux. Il semble bien que les considérations d'ordre géographique et climatique ne soient pas suffisantes pour expliquer le « caractère » des maisons et qu'il faille recourir davantage à des explications d'ordre historique et culturel. Ceci n'exclut pas qu'il y ait eu prise en compte, dans une certaine mesure, du site et du climat (utilisation des matériaux locaux, type d'implantation suivant le site), mais cette prise en compte ne semble pas suffisante ou contraignante pour déterminer un type d'architecture particulier.

L'historien, A. DAUZAT, dans une étude déjà ancienne (réf. 14), refuse l'explication exclusivement géographique et, tout en admettant des inter-relations entre le construit et le site, ne considère pas la maison comme une réponse logique à un ordre de choses, mais plutôt comme un dispositif obéissant à des préoccupations d'un autre ordre, telles que la tradition, la routine ou l'imitation. Les toits à forte pente sont-ils l'apanage des pays pluvieux ? Peut-être à l'origine chez les peuples qui ont créé tel ou tel type, encore que d'autres considérations aient pu être prépondérantes.

Pour A. DAUZAT, «*les migrations, les conquêtes, l'expansion des civilisations ont produit des résultats qui n'ont rien à voir avec la logique*». Il dresse alors une carte approximative de la répartition des différents types d'habitations en France, étayée par des explications historiques scientifiquement fondées. Cette carte recoupe partiellement la carte des deux principaux types de toits réalisée par le géographe M. BRUNHES (Carte mentionnée d'ailleurs dans l'article de A. DAUZAT). Sur cette carte, deux grandes aires s'opposent : la maison méditerranéenne ou mieux latine, et la maison à toit pointu appelée maison gauloise.

Le domaine privilégié de la maison latine est le midi, mais pas exclusivement, il s'étend de Nice à Bordeaux, remonte la vallée du Rhône à l'Est et rejoint la Saintonge et le Poitou à l'Ouest jusqu'à l'embouchure de la Loire. La Loire au niveau du département de Loire-Atlantique forme donc la limite entre la maison latine et la maison gauloise. La maison latine est une maison de plaine encore qu'elle remonte parfois assez haut dans la montagne. Les caractères de la maison latine sont ceux que nous avons mentionnés précédemment dans la classification des types en Loire-Atlantique pour le modèle latin.

La maison gauloise occupe, en France, une surface légèrement plus grande que la précédente. A la différence de la maison latine qu'on retrouve en Italie et sur une partie de l'Espagne, la maison gauloise est exclusivement française (y compris la Belgique wallonne et la Suisse romande). Le toit de la maison en chaume à l'origine, est remplacé, par la suite, par l'ardoise ou la tuile plate



RÉPARTITION DES TYPES D'HABITATION EN FRANCE
(d'après DAUZAT)

LES DOMINANTES DE TOIT EN FRANCE
(d'après ILLUSTRATION 20 MARS 1939)

suivant les régions. Dans le type primitif, il y a une pièce unique avec l'étable sous le même toit, puis séparation en plusieurs pièces. A. DAUZAT présente d'autres types : la maison alpestre, la maison basque ; et, au Nord, les maisons normande, flamande et alsacienne qui se distinguent du type gaulois.

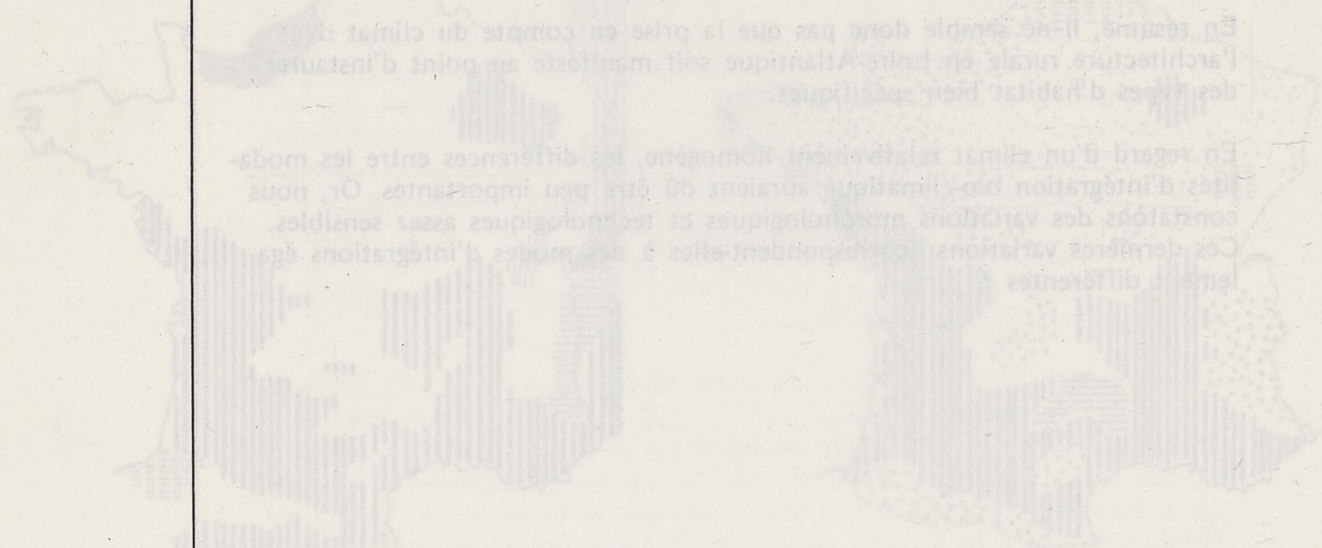
A. DAUZAT conçoit les différents types d'habitations rurales comme *«autant d'alluvions laissées par les peuples qui se sont succédés sur notre sol»*. La maison latine, propagée en Gaule par les Romains avec son foyer au Sud-Est et ses axes d'expansion le long des axes Rhône-Saône et de la Garonne, correspond à la romanisation. Pour la maison gauloise, A. DAUZAT avance l'hypothèse qu'elle a dû former une aire homogène antérieure à celle de la maison latine ; cette dernière l'ayant disloquée partiellement par la suite. Partant de cette hypothèse, il explique historiquement la présence ou l'absence de chacun des deux types selon les différentes régions. La répartition des types d'habitations correspondrait donc à un état de choses qui s'est formé du 1er au IV^e siècle de notre ère et qui s'est stabilisé peu après.

Il ne nous appartient pas ici de confirmer ou de réfuter la véracité de l'argumentation, mais cette approche nous permet tout de même de mieux comprendre la situation qui prévaut en Loire-Atlantique où la maison latine et la maison gauloise coexistent, la première au Sud de la Loire, la seconde au Nord. Il serait légitime d'envisager, qu'au cours des siècles, un modèle importé se transforme en s'adaptant aux conditions locales des régions dans lesquelles il s'est implanté. Or, en dépit d'une certaine adaptation au site, il apparaît que les conditions géographiques et climatiques locales n'ont pas constitué des obstacles sérieux à la viabilité du modèle importé. Ceci explique sans doute cette permanence de caractère de chacun des deux types «historiques» dans le département, malgré la relative variété des secteurs géographiques (zones de marais, coteaux, vallée, façade maritime...).

En résumé, il ne semble donc pas que la prise en compte du climat dans l'architecture rurale en Loire-Atlantique soit manifeste au point d'instaurer des types d'habitat bien spécifiques.

En regard d'un climat relativement homogène, les différences entre les modalités d'intégration bio-climatique auraient dû être peu importantes. Or, nous constatons des variations morphologiques et technologiques assez sensibles. Ces dernières variations correspondent-elles à des modes d'intégrations également différentes ?

suivent les régions. Dans le type primitif, les axes principaux sont les axes de la vallée du Rhône et de la Garonne, correspondant à la maison gauloise. A DAZAT, les axes principaux sont les axes de la vallée du Rhône et de la Garonne, correspondant à la maison gauloise. Pour la maison gauloise, A. DAZAT avance l'hypothèse que les axes principaux sont les axes de la vallée du Rhône et de la Garonne, correspondant à la maison gauloise. Pour la maison gauloise, A. DAZAT avance l'hypothèse que les axes principaux sont les axes de la vallée du Rhône et de la Garonne, correspondant à la maison gauloise.



REPARTITION DES TYPES D'HABITATION EN FRANCE (d'après DAZAT)

LES DOMINANTES DE TOIT EN FRANCE (d'après DAZAT)

1. SELECTION DES ECHANTILLONS

La relative homogénéité du climat dans le département de la Loire-Atlantique nous a amenés à examiner certains types de constructions (au moins pour nos secteurs d'étude) en regard des tentatives d'explication/description/d'analyse des types de constructions dans les zones géographiques et climatiques sans que nous ayons pu distinguer les influences des dispositions d'intégration spatiales des différents types d'habitat. Il nous est cependant apparu utile, dans la suite de l'étude, de maintenir la classification géographique proposée et d'examiner, pour chaque type, à travers ses caractéristiques particulières, la relation existant entre l'architecture et le climat. Cette façon de procéder a pour principal avantage de passer en revue les échantillons représentatifs d'habitat en Loire-Atlantique.

Par ailleurs, nous avons remarqué que, dans le département de la Loire-Atlantique, les constructions sont réparties de façon inégale sur le territoire. Les zones de forte densité de constructions sont les zones littorales, les zones de vallées et les zones de plaines. Les zones de faible densité de constructions sont les zones de hauteurs et les zones de montagnes.

Il nous est donc apparu utile de sélectionner des échantillons de constructions dans les zones de forte densité de constructions, afin de pouvoir étudier les caractéristiques de ces constructions en relation avec le climat. Cette sélection a été faite en tenant compte de la répartition géographique des constructions, de la répartition des types de constructions, de la répartition des zones de forte densité de constructions, de la répartition des zones de faible densité de constructions, de la répartition des zones littorales, des zones de vallées, des zones de plaines, des zones de hauteurs et des zones de montagnes.

Il nous est donc apparu utile de sélectionner des échantillons de constructions dans les zones de forte densité de constructions, afin de pouvoir étudier les caractéristiques de ces constructions en relation avec le climat. Cette sélection a été faite en tenant compte de la répartition géographique des constructions, de la répartition des types de constructions, de la répartition des zones de forte densité de constructions, de la répartition des zones de faible densité de constructions, de la répartition des zones littorales, des zones de vallées, des zones de plaines, des zones de hauteurs et des zones de montagnes.

Il nous est donc apparu utile de sélectionner des échantillons de constructions dans les zones de forte densité de constructions, afin de pouvoir étudier les caractéristiques de ces constructions en relation avec le climat. Cette sélection a été faite en tenant compte de la répartition géographique des constructions, de la répartition des types de constructions, de la répartition des zones de forte densité de constructions, de la répartition des zones de faible densité de constructions, de la répartition des zones littorales, des zones de vallées, des zones de plaines, des zones de hauteurs et des zones de montagnes.

ÉTUDE SUR ÉCHANTILLON DE LA RELATION

SITUATION CLIMATIQUE - TYPE D'HABITAT

Au Sud de la Loire, la situation climatique est caractérisée par un climat tempéré océanique. L'activité vigneronne demeure l'activité principale de ce secteur et le paysage y est relativement homogène. Nous avons retenu la commune de MENNIÈRES pour l'étude des constructions et des villages mais l'analyse thermique a été réalisée sur deux bâtiments situés dans des communes voisines, à MAISON SUR SEVRE, pour l'étude des conditions d'été et AIGREFEUILLE pour celles d'hiver.

La relative homogénéité du climat dans le département de Loire-Atlantique nous a amenés à exprimer certaines réserves (au moins pour notre secteur d'étude), en regard des tentatives d'explication des types d'architecture par les seules contraintes géographiques et climatiques. Sans présager des distinctions importantes dans les dispositions d'intégration climatique des différents types d'habitat, il nous est cependant apparu utile, dans la suite de l'étude, de maintenir la classification «géographique» proposée et d'examiner pour chaque type, à travers ses caractéristiques particulières, la relation climat-architecture. Cette façon de procéder a pour principal avantage de passer en revue les échantillons représentatifs d'habitat en Loire-Atlantique.

L'analyse a été menée suivant deux axes :

- analyse de l'influence et du degré de prise en compte des données climatiques dans l'architecture traditionnelle rurale. L'objectif est ici de mettre au jour, par des séries d'observation ou de relevés, des dominantes, des tendances ou, au contraire, de souligner l'hétérogénéité des dispositions, ceci pour apprécier l'importance de la relation entre le climat et tel ou tel aspect de l'habitat.
- analyse de l'impact réel de la situation climatique sur les constructions afin de constater les effets physiques du climat en regard de leurs caractéristiques d'enveloppe et d'insertion dans le site.

Dans le premier cas, il s'agit de la recherche d'un modèle explicatif renseignant sur le déterminisme climatique et sur la prise en compte différentielle des contraintes du climat suivant les particularismes locaux. Dans le second, c'est une approche quantitative à caractère expérimental, partant de mesures sur une enveloppe réduite à ses caractéristiques matérielles les plus objectives, et, rendant compte du fonctionnement thermique du bâtiment en régime variable.

La question de la dualité de ces deux approches est problématique. Doit-on s'intéresser au processus technico-culturel d'élaboration du bâti en regard du climat ? Doit-on, au contraire, mesurer de manière systématique l'incidence des sollicitations climatiques sur l'objet construit ?

Si l'on fait les deux, quelle est la relation que l'on peut établir entre les deux types d'informations recueillies ?

C'est à ce genre d'interrogation qu'il faut apporter des réponses.

ÉTUDE SUR ÉCHANTILLON DE LA RELATION
SITUATION CLIMATIQUE - TYPE D'HABITAT

I - SÉLECTION DES ÉCHANTILLONS

La deuxième phase de l'étude s'appuie davantage sur une analyse bio-climatique à caractère quantitatif des modèles représentatifs de l'habitation rurale dans le département de Loire-Atlantique. Pour faciliter l'approche proposée dans le premier axe de recherche, il nous a semblé nécessaire de cerner un territoire restreint pour chaque type d'habitat dans lequel serait recensé toutes les habitations rurales. L'échelle de la commune paraissait satisfaisante dans la mesure où elle correspond à un découpage administratif stable dans le temps et sert de support à la collecte d'informations tant au niveau du cadastre qu'à celui des recensements de population et d'activités.

Par ailleurs, il existe, pour le département de Loire-Atlantique, deux documents de grand intérêt qui permettent de restituer l'habitat rural dans le contexte du milieu du XIX^e siècle. Il s'agit de l'Atlas cantonal de Tollenare, qui donne la répartition vers 1850, des landes, forêts, terres labourables, vignes et les noyaux d'habitat pour chaque canton ; et du dictionnaire des lieux habités de la Loire-Inférieure de J.L. PINSON, qui renseigne, commune par commune, sur le nom, la situation, le nombre de maisons et la population de chaque groupement d'habitation. Une carte de synthèse a d'ailleurs été réalisée, à partir de ce dictionnaire, par J. RENARD. Elle met en évidence la densité et la taille des villages selon les diverses régions du département.

Ce premier inventaire statistique au niveau communal conduit ensuite à choisir une construction ou un hameau représentatif de la commune afin d'y effectuer les mesures climatiques en conditions réelles. La sélection des communes est effectuée suivant plusieurs critères qui peuvent être répertoriés comme suit :

- être représentatif d'un type d'habitation rurale du département,
- être proche d'une station climatique locale qui enregistre température et pluviométrie,
- être suffisamment homogène tant au niveau géographique physique qu'au niveau de l'activité économique rurale dominante,
- ne pas avoir subi, du fait d'un remembrement récent, une transformation trop radicale du paysage.

La localisation des stations de mesures météorologiques permet de recouper cinq ou six types d'habitat retenus dans la classification, mais en raison du nombre restreint de ces stations, le choix des communes est relativement limité.

Au Sud de la Loire, la station de LA HAIE FOUASSIERE permet de couvrir l'ensemble du pays de Sèvre et Maine. L'activité vigneronne demeure l'activité principale de ce secteur et le paysage y est relativement homogène. Nous avons retenu la commune de MONNIERES pour l'étude des constructions et des villages mais l'analyse thermique a été réalisée sur deux bâtiments situés dans des communes voisines, à MAISON SUR SEVRE, pour l'étude des conditions d'été et AIGREFEUILLE pour celles d'hiver.

Au Sud de la Loire, les stations météorologiques de PORNIC et d'ARTHON EN RETZ permettent d'appréhender la maison latine de type vendéen du Pays de Retz. Nous avons choisi la commune d'ARTHON EN RETZ située dans la zone centrale de polyculture, laissant de côté le secteur côtier et ses zones de marais plus spécifiques du département de la Vendée.

Au Nord de la Loire, le choix des communes est plus restreint. Hormis la région guérandaise, et le pays briéron où il existe trois stations de mesures (ST NAZAIRE, LA BAULE, MONTOIR DE BRETAGNE), à l'extrémité Nord du département, il n'y a qu'une seule station, SOUDAN.

A l'Ouest, les pays guérandais et briéron sont caractérisés par plusieurs types de paysages et d'activités économiques. Ils correspondent grossièrement du littoral vers l'intérieur : aux secteurs de marais salants, aux secteurs agricoles proprement dits et aux secteurs marécageux de la Brière. Le choix d'une commune d'étude dans cette région est délicat car chaque commune peut présenter des caractéristiques particulières selon sa situation et contenir plusieurs types de paysages. SAINT JOACHIM et SAINT LYPHARD ont servi de support à l'étude de l'habitat des marais de la Brière, tandis que BATZ SUR MER représentait l'habitat lié aux activités des marais salants.

Au Nord du département, dans le pays de la Mée, RUFFIGNÉ est une commune représentative du bocage située à proximité de la station météorologique du SOUDAN.

La sélection retenue reprend les principaux types d'habitat et correspond, historiquement au moins, à des secteurs particuliers d'activités économiques et de paysages géographiques rattachés à la notion de «Pays» (agriculture, sel, tourbe, vigne). Elle tient compte, par ailleurs, des variations climatiques mises au jour lors de l'analyse préliminaire de la situation climatique en Loire-Atlantique.

La liste des communes d'étude a été arrêtée après examen des diverses documentations existantes et des études partielles déjà réalisées dans les divers secteurs géographiques. Compte-tenu de l'importance du travail envisagé pour ce genre d'analyse et d'enquête sur le terrain, nous avons donc limité à cinq le nombre des échantillons en éliminant les représentants des modèles architecturaux hybrides ou mineurs.

A titre d'indication, il est intéressant de citer les échantillons d'habitat rural choisis par le Musée des Arts et Traditions Populaires lors des enquêtes préalables à l'étude de l'habitat en Loire-Atlantique. Au total, vingt deux habitations ont fait l'objet d'un relevé et d'une analyse complète : plus de la moitié (14) sont prises dans cinq communes du département guérandais et briéron (ST JOACHIM, ST LYPHARD, LA CHAPELLE DES MARAIS, GUÉRANDE et HERBIGNAC) ; quatre dans le pays de Retz à ST PERE EN RETZ et CHÉMÉRÉ ; quatre en pays vigneron à LA HAIE FOUASSIERE et à MOUZILLON ; une au GAVRE au centre du département et une sur la vallée de la Loire au Nord, à MAUVES SUR LOIRE.

Notre proposition d'échantillonnage plus restreint au niveau communal couvre cependant l'ensemble du département, hormis la région du GAVRE et le bocage angevin. On peut avancer qu'elle rend assez bien compte :

- des types d'habitat caractéristiques,
- de la variété des paysages,
- de la situation climatique du département.



COMMUNES DANS LESQUELLES DES MONOGRAPHIES D'HABITAT ONT ETE EFFECTUEES PAR LE MUSEE DES ARTS ET TRADITIONS POPULAIRES



SELECTION DES SECTEURS D'ETUDES

Au Sud de la Loire, les stations météorologiques de PORNIC et d'ARTHON EN RETZ permettent d'appréhender le régime latéral de type vendéen du Pays de Retz. Elles sont situées à l'ouest de NANTES, dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.

Au Nord de la Loire, le relief est plus relevé. Hormis la région guérandaise, les stations météorologiques de NANTES (ST NAZAIRE) et de NANTERRE (ST NAZAIRE) sont situées dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.

Le relief est plus relevé, hormis la région guérandaise, les stations météorologiques de NANTES (ST NAZAIRE) et de NANTERRE (ST NAZAIRE) sont situées dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.

Le relief est plus relevé, hormis la région guérandaise, les stations météorologiques de NANTES (ST NAZAIRE) et de NANTERRE (ST NAZAIRE) sont situées dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.

Le relief est plus relevé, hormis la région guérandaise, les stations météorologiques de NANTES (ST NAZAIRE) et de NANTERRE (ST NAZAIRE) sont situées dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.

Le relief est plus relevé, hormis la région guérandaise, les stations météorologiques de NANTES (ST NAZAIRE) et de NANTERRE (ST NAZAIRE) sont situées dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.

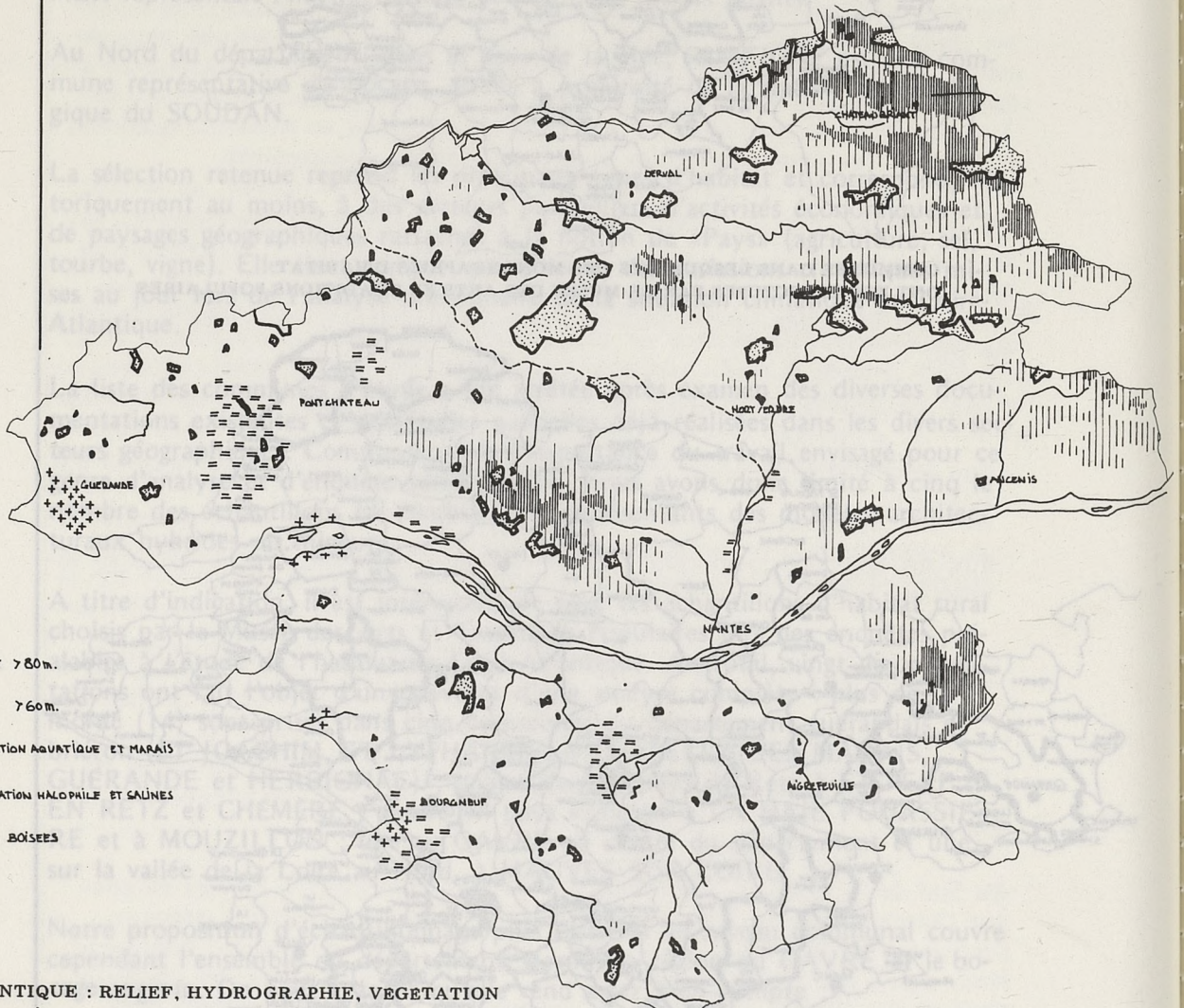
Le relief est plus relevé, hormis la région guérandaise, les stations météorologiques de NANTES (ST NAZAIRE) et de NANTERRE (ST NAZAIRE) sont situées dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.

Le relief est plus relevé, hormis la région guérandaise, les stations météorologiques de NANTES (ST NAZAIRE) et de NANTERRE (ST NAZAIRE) sont situées dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.

Le relief est plus relevé, hormis la région guérandaise, les stations météorologiques de NANTES (ST NAZAIRE) et de NANTERRE (ST NAZAIRE) sont situées dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.

Le relief est plus relevé, hormis la région guérandaise, les stations météorologiques de NANTES (ST NAZAIRE) et de NANTERRE (ST NAZAIRE) sont situées dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.

Le relief est plus relevé, hormis la région guérandaise, les stations météorologiques de NANTES (ST NAZAIRE) et de NANTERRE (ST NAZAIRE) sont situées dans la zone littorale de la baie de Bourgneuf, au pied du socle côtier et ses zones de marais spécifiques du département de la Vendée.



- RELIEF > 80m.
- RELIEF > 60m.
- VEGETATION AQUATIQUE ET MARAIS
- VEGETATION HALOPHILE ET SALINES
- ZONES BOISEES

LOIRE-ATLANTIQUE : RELIEF, HYDROGRAPHIE, VEGETATION

II - MISE EN EVIDENCE DE LA STRUCTURE TECTONIQUE

Bien que l'analyse morphologique ne permette pas de passer de la forme des lignes dans le relief à l'existence d'une structure tectonique.

Notre analyse du milieu géographique (choix du site, implantation, etc.) des villages physiques et géographiques de transition, ouverts.

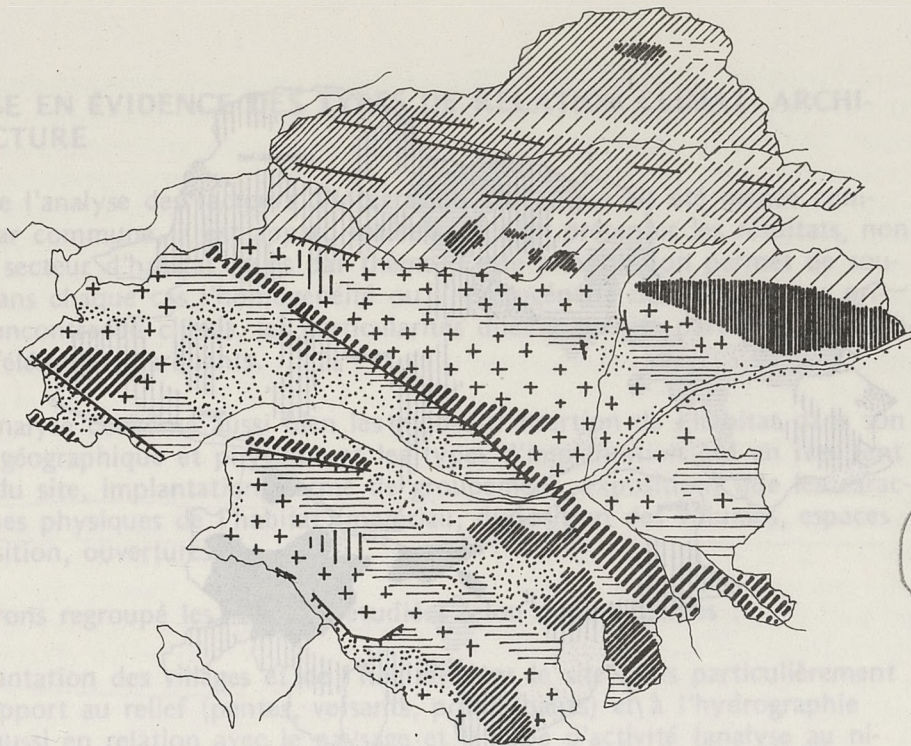
Nous avons regroupé les villages en fonction de leur implantation par rapport au relief (mais aussi en relation avec le niveau de plusieurs communes).

la forme des groupements, assés de villages, à une organisation particulière, type d'activités économiques menées au niveau d'une commune.

l'orientation des villages, des aménagements effectués au niveau d'une commune.

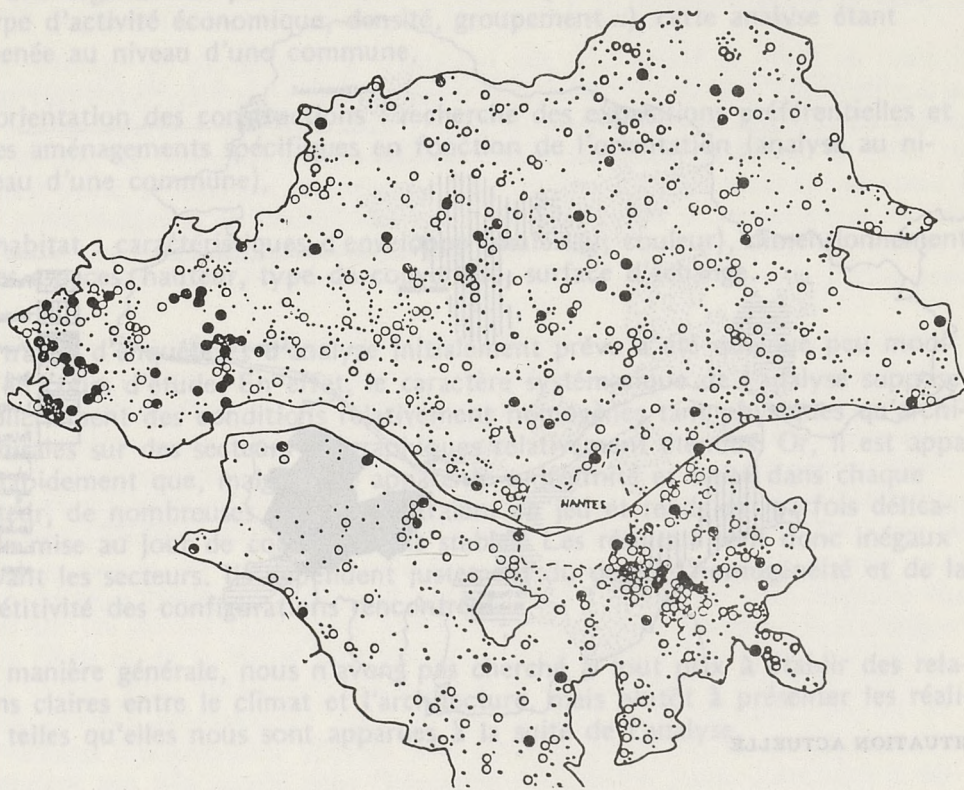
l'habitat, les configurations répétitives des configurations.

De manière générale, nous constatons des relations claires entre le climat et les réalisations telles qu'elles nous sont apparues.



- ALLUVIONS ET MARAIS
- PLIOCÈNE
- CALCAIRES ÉOCÈNES
- CARBONIFÈRE
- SCHISTES SILURIENS
- GRES ET CALCAIRES SILURIENS
- MICASCHISTES
- GRANITE, GRANULITE
- GNEISS
- FAILLES
- COLLINES GRÉSEUSES

LOIRE-ATLANTIQUE : GEOLOGIE

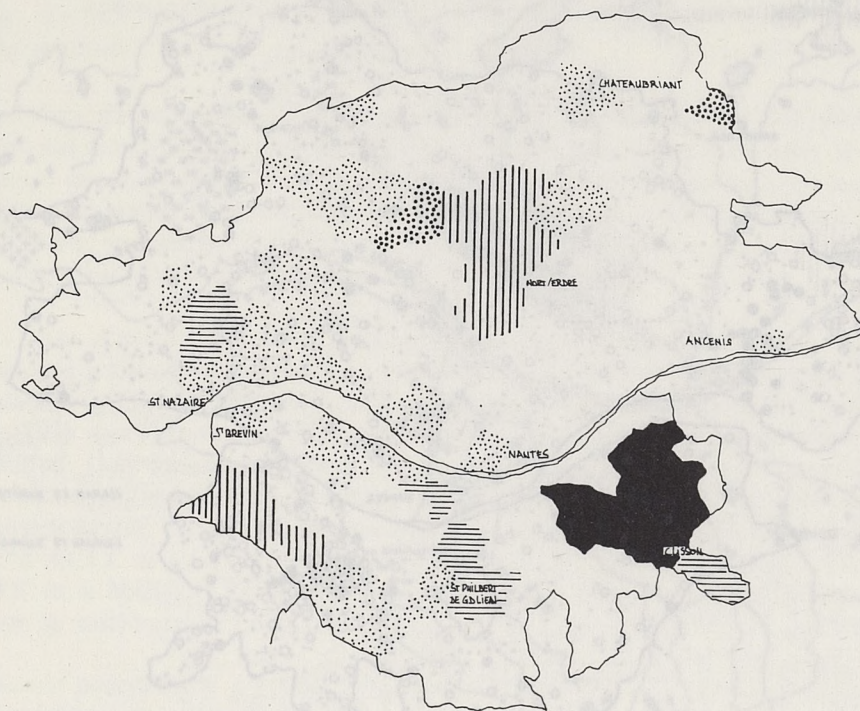


- PLUS DE 50 MAISONS OU MENAGES
- 40 A 50 MAISONS + 200 hab.
- 20 A 40 MAISONS 80 à 200 hab.
- 10 A 20 MAISONS 50 à 200 hab.

LES GROS HAMEAUX OU VILLAGES AU MILIEU DU XIX^e SIECLE (d'après J.L. PINSON)



SITUATION AU DEBUT DU XIXè SIECLE



- PRÉS + 35%
- ▨ TERRES LABOURABLES + 76%
- ▩ VIGNES + 20%
- BOIS ET FORETS + 40%
- ▨ LANDES + 26%
- POLYCLTURE AVEC
 prés 15%
 labour 76%
 vigne 4%
 bois 20%
 landes 20%
 cult. maraich. 20%
 arbres fruitiers 2%

SITUATION ACTUELLE

OCCUPATION DES SOLS EN LOIRE-ATLANTIQUE

II - MISE EN ÉVIDENCE DES TYPES DE RELATION CLIMAT- ARCHITECTURE

Bien que l'analyse des facteurs d'intégration climatique ait été menée commune par commune, il est apparu intéressant d'en présenter les résultats, non pas par secteur d'habitat, mais par thème. Cette présentation permet de souligner dans chaque cas l'homogénéité ou l'hétérogénéité des dispositions prises à l'encontre du climat, les particularités dues à un site particulier ou l'absence d'éléments marquants.

Notre analyse concerne aussi bien les modes d'insertion de l'habitat dans son milieu géographique et physique et les types d'implantation qui en résultent (choix du site, implantation, forme de groupement, exposition) que les caractéristiques physiques de l'habitat (matériau, disposition des volumes, espaces de transition, ouvertures...).

Nous avons regroupé les variables étudiées selon quatre thèmes :

- l'implantation des villages et de l'habitat dans le site, plus particulièrement par rapport au relief (pentes, versants, points hauts) et à l'hydrographie mais aussi en relation avec le paysage et le type d'activité (analyse au niveau de plusieurs communes),
- la forme des groupements : essai de mise au jour des éléments conduisant à une organisation particulière de l'habitat (voies de desserte, exposition, type d'activité économique, densité, groupement...), cette analyse étant menée au niveau d'une commune,
- l'orientation des constructions : recherche des expositions préférentielles et des aménagements spécifiques en fonction de l'orientation (analyse au niveau d'une commune),
- l'habitat : caractéristiques d'enveloppe (matériau, couleur), dimensionnement des espaces, hauteur, type de couverture, surface d'échange.

Le travail d'enquête et d'analyse initialement prévu a été quelque peu modifié en cours d'étude. En effet, le caractère systématique de l'analyse suppose implicitement des conditions relativement homogènes tant physiques qu'architecturales sur des secteurs géographiques relativement étendus. Or, il est apparu rapidement que, malgré une apparente uniformité et unité dans chaque secteur, de nombreuses variables entraînent en jeu et rendaient parfois délicate la mise au jour de configurations stables. Les résultats sont donc inégaux suivant les secteurs. Ils dépendent justement du degré d'homogénéité et de la répétitivité des configurations rencontrées.

De manière générale, nous n'avons pas cherché à tout prix à établir des relations claires entre le climat et l'architecture, mais plutôt à présenter les réalités telles qu'elles nous sont apparues à la suite de l'analyse.

Dans l'ensemble, il a été très difficile d'établir clairement le poids des seuls facteurs climatiques ou géographiques dans les modes d'implantation de l'habitat traditionnel ; parfois l'analyse de l'orientation des bâtiments pouvait s'avérer sans objet comme, par exemple, dans l'habitat dense groupé en gros villages. Nous n'avons pas entrepris l'étude en situation réelle de l'influence du micro-site sur le climat ; le matériel et le temps requis pour ce type de mesures, ainsi que la variété des situations rencontrées, n'auraient d'ailleurs pas permis d'envisager des résultats directement exploitables pour notre étude. Nous avons, en revanche, procédé à de nombreuses séances d'expérimentation en conditions réelles sur l'habitat lui-même et le confort résultant dans la pièce d'habitation.

IMPLANTATION DES VILLAGES DANS LE SITE

Les conditions particulières qui caractérisent un site en regard du climat, des pentes, de la végétation ou de la géologie fournissent des éléments d'appréciation importants quant au choix des implantations pour l'habitat. Sur un même site, l'analyse du climat micro-local pourrait faire apparaître des variations significatives sur les températures, sur le degré de protection ou d'exposition au vent, sur l'humidité ou sur l'ensoleillement. Dès lors, le choix du site peut constituer un des principaux facteurs d'intégration climatique. Peut-on, dans le cas du secteur rural en Loire-Atlantique, isoler certaines règles ou des modalités d'implantation des villages en relation avec les données géographiques et climatiques du site ?

Le pays de Sèvre et Maine

Le pays de Sèvre et Maine doit son originalité à la présence du vignoble et particulièrement aux vins de Muscadet d'appellation contrôlée. Alors que la culture de la vigne se concentrait au départ dans la région nantaise autour des villes et des abbayes, celle-ci s'est regroupée principalement au Sud de la Loire en bordure de deux rivières qui marquent le paysage, la Sèvre Nantaise et son affluent, le Maine. 20 % du territoire total de la région Sèvre et Maine est consacré à la vigne ; dans certaines communes, on peut considérer qu'il y a monoculture.

La prépondérance des petites exploitations et le morcellement extraordinaire du terroir sont les traits fondamentaux du vignoble. La surface moyenne des exploitations, en 1944, se tient entre 5 et 10 ha. Le morcellement est partiellement dû à la présence même de la vigne. La viticulture enrichissante mais utilisant beaucoup de main d'œuvre a réclamé l'établissement d'une population dense cultivant les terres familiales exigues et souvent désarticulées pour répartir les chances climatiques. L'exploitation directe est la règle et, en général, le propriétaire exploite seul avec sa famille. On trouve cependant quelques clos à moitié fruit alors que le bail à complants, forme d'exploitation ancienne, a disparu.

Les conditions climatiques dans ce secteur particulier du département sont-elles particulièrement favorables à la vigne ? «*La région située au Nord de la Loire a un climat assez humide et assez froid, par contre, le Sud où se trouve le vignoble de Sèvre et Maine, a un climat plus sec et plus chaud convenant parfaitement à la production d'un vin de qualité*». Ces observations faites à l'observatoire de NANTES, en 1947, recourent nos résultats de l'analyse climatique, exposée dans la première partie de la recherche. La température moyenne annuelle de 11°5 environ est supérieure à celle du secteur Nord du département et comparable aux températures du littoral ; elle rend compte de températures maximales assez élevées. L'insolation égale à 2000 heures est également très satisfaisante. Les pluies sont rarement excessives et se répartissent en un assez grand nombre de jours. La période hivernale est plus arrosée, mais ce sont surtout les pluies précédant la vendange qui sont les plus redoutées car les grains très serrés de la grappe pourrissent facilement. Le Muscadet redoute également les gelées de printemps qui peuvent anéantir une partie de la récolte.

L'élément dominant de l'habitat vigneron réside dans son groupement en village, parfois de taille importante et dans la densité des constructions. Les constructions isolées comme les métairies conservent d'ailleurs les caractéristiques propres au groupement en raison du nombre important de bâtiments et d'espaces liés aux différentes fonctions nécessaires à l'exploitation de la vigne. En général, d'ailleurs, plusieurs familles y résidaient. La répartition des villages suivant leur taille, réalisée à partir du dictionnaire des lieux habités de PINSON, sur les communes d'AIGREFEUILLE, MONNIERES, MAISON, LA CHAPPELLE HEULIN, MOUZILLON, LE PALLET, LA HAIE FOUASSIERE et SAINT FIACRE donne les résultats suivants :

- 61 hameaux de 1 à 3 ménages soit 30 % de l'ensemble des villages,
- 31 villages de 4 à 5 ménages, soit 15 %,
- 26 villages de 7 à 9 ménages, soit 13 %,
- 42 villages de 10 à 20 ménages, soit 23 %,
- 19 villages de 21 à 40 ménages, soit 9 %,
- 2 villages de plus de 40 ménages.

Les bourgs des différentes communes ne sont pas compris dans cette répartition. Les métairies représentent en nombre environ la moitié des villages et sont réparties assez inégalement suivant les communes.

Nous avons procédé à l'analyse de l'implantation des villages par rapport au relief sur un secteur regroupant le territoire de six communes. Les rivières de la Sèvre et de la Maine sont les deux éléments structurants du paysage ; leurs vallées assez encaissées faisant place le long de leur tracé à de nombreux coteaux généralement assez boisés. Le paysage y est assez vallonné et les versants d'orientations diverses sont occupés par la vigne. Le relief n'est cependant pas très accusé dans l'ensemble : les points hauts culminent à 60 mètres ; les points bas des vallées sont inférieurs à 10 mètres.

L'implantation des villages par rapport au relief ne semble pas très significative. On peut cependant faire quelques observations. La ligne de niveau de 50 mètres semble constituer un seuil au-delà duquel l'implantation des villages est rare. Ceci est particulièrement significatif dans le secteur central de la zone étudiée où l'on note la présence d'un vaste plateau. En revanche, de nombreux villages sont implantés en limite même de cette ligne, donc en haut de versants.

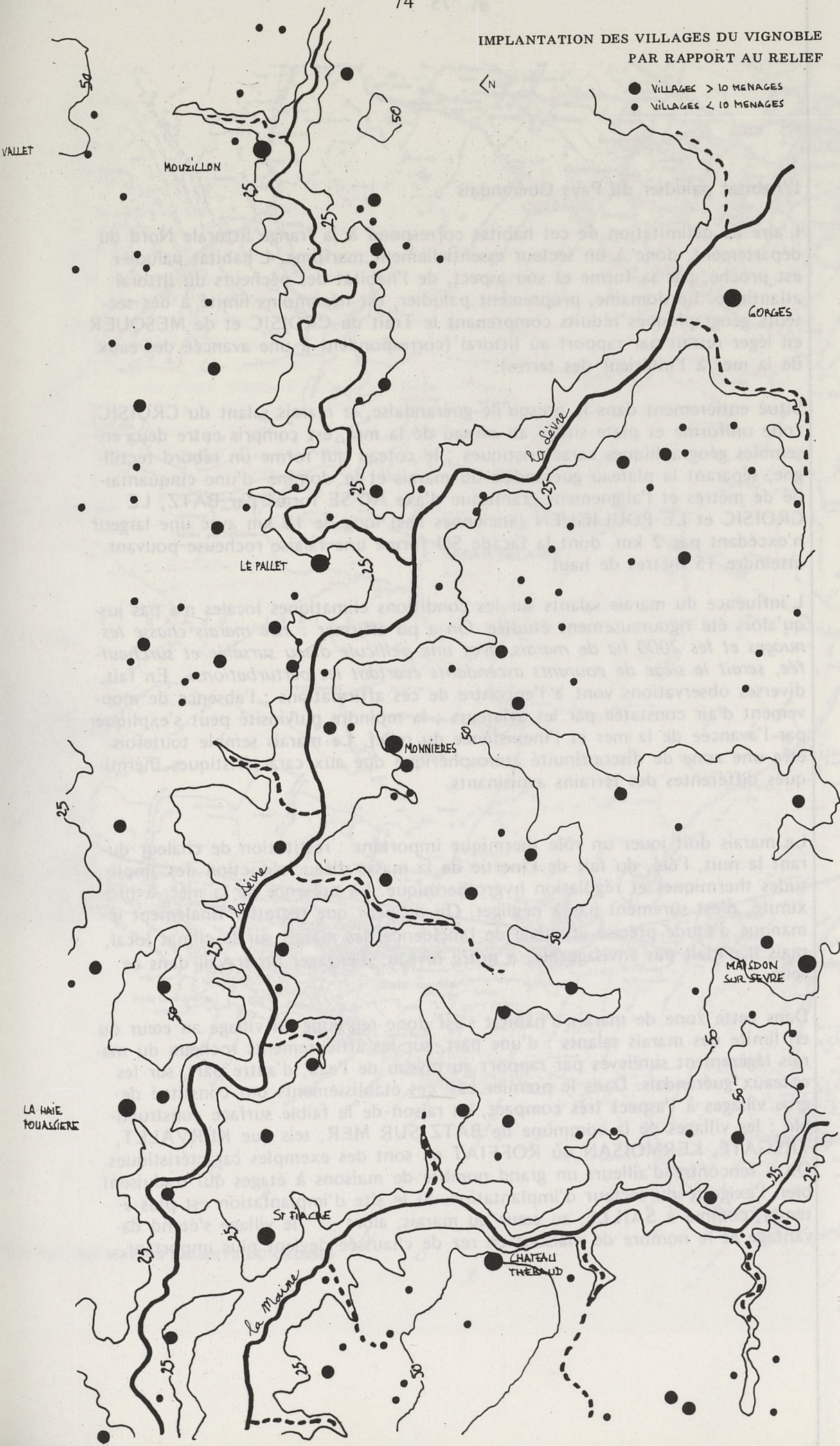
A l'opposé, la ligne de niveau des 25 mètres constitue la limite inférieure d'implantation ; elle correspond à un changement de pente du versant et marque la présence proche de la rivière. De nombreux villages, notamment en bordure Sud de la Sèvre, donc sur des versants Nord, jalonnent cette ligne des 25 mètres. C'est également la limite d'implantation de la vigne. La zone comprise entre ces deux limites semble inégalement sollicitée par l'habitat ; parfois complètement déserte sur la commune de MAISON ou très occupée comme à MONNIERES où de nombreux villages sont situés sur les versants entre 30 et 40 mètres d'altitude.

Dès qu'on s'écarte des vallées principales, le relief devient moins marqué et l'habitat semble assez uniformément réparti (cas de MOUZILLON et de VALLET). La vigne s'étend, quant à elle, dans un secteur géographique assez varié allant d'un paysage de coteaux à un paysage beaucoup plus plat ne conduisant pas à des contraintes strictes d'implantation de l'habitat.

La répartition des villages suivant l'exposition des versants n'est pas caractéristique. Le versant en pente vers le Nord, en bordure de la Sèvre, semble même regrouper un grand nombre de villages, tandis que le versant opposé, exposé au Sud est très faiblement occupé. Une étude de détail, au niveau local, des conditions climatiques, avec enregistrement de mesures à l'appui, serait sans doute nécessaire pour déceler l'existence de variations entre les deux versants. Sans cette investigation fine, toute tentative d'explication demeure sans effet.

En définitive, hormis pour les points hauts du relief et les versants abruptes des coteaux et à proximité des vallées qui constituent des secteurs non investis par les villages, il ne semble pas exister à proprement parler de contraintes pour l'implantation des villages traditionnels dans la zone du vignoble.

IMPLANTATION DES VILLAGES DU VIGNOBLE PAR RAPPORT AU RELIEF



1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0

L'habitat paludier du Pays Guérandais

L'aire de délimitation de cet habitat correspond à la frange littorale Nord du département, donc à un secteur essentiellement maritime. L'habitat paludier est proche, par sa forme et son aspect, de l'habitat des pêcheurs du littoral atlantique. Le domaine, proprement paludier, est néanmoins limité à des secteurs géographiques réduits comprenant le Trait du CROISIC et de MESQUER en léger retrait par rapport au littoral (correspondant à une avancée des eaux de la mer à l'intérieur des terres).

Situé entièrement dans la presqu'île guérandaise, le marais salant du CROISIC, zone uniforme et plate située au niveau de la mer, est compris entre deux ensembles géographiques caractéristiques : le coteau qui forme un rebord rectiligne, séparant la plateau guérandais du marais et le domine d'une cinquantaine de mètres et l'alignement granitique d'axe NO-SE formé par BATZ, LE CROISIC et LE POULIGUEN (anciennes îles) long de 12 km avec une largeur n'excédant pas 2 km, dont la façade SO forme une falaise rocheuse pouvant atteindre 15 mètres de haut.

L'influence du marais salants sur les conditions climatiques locales n'a pas jusqu'alors été rigoureusement étudiée. On a pu affirmer : *«Le marais chasse les nuages et les 2000 ha de marais, avec une pellicule d'eau sursalée et surchauffée, serait le siège de courants ascendants écartant les perturbations»*. En fait, diverses observations vont à l'encontre de ces affirmations : l'absence de mouvement d'air constatée par les aviateurs ; la moindre pluviosité peut s'expliquer par l'avancée de la mer et l'inexistence du relief. Le marais semble toutefois être une zone de discontinuité atmosphérique due aux caractéristiques thermiques différentes des terrains avoisinants.

Le marais doit jouer un rôle thermique important : restitution de chaleur durant la nuit, l'été, du fait de l'inertie de la masse d'eau, réduction des amplitudes thermiques et régulation hygrothermique. La présence de la mer, à proximité, n'est sûrement pas à négliger. On ne peut que regretter finalement le manque d'étude précise et suivie de l'incidence des marais sur le climat local, mais il n'était pas envisageable, à notre niveau, d'engager un travail dans ce sens.

Dans cette zone de marais, l'habitat s'est donc regroupé en village au cœur ou en limite des marais salants : d'une part, sur les affleurements rocheux du marais légèrement surélevés par rapport au niveau de l'eau, d'autre part, sur les coteaux guérandais. Dans le premier cas, ces établissements ont constitué de gros villages à l'aspect très compact, en raison de la faible surface constructible : les villages de la commune de BATZ SUR MER, tels que KERVALET, TRÉGATÉ, KERMOISAN ou ROFFIAT en sont des exemples caractéristiques. On y rencontre d'ailleurs un grand nombre de maisons à étages qui traduisent bien l'exiguïté du secteur d'implantation. Si le site d'implantation est plus étendu, comme à SAILLÉ, au cœur du marais, alors le village s'étend davantage et le nombre de maisons en rez de chaussée devient plus important.

Dans le cas des coteaux, le groupement des habitations, quoique moins important, est conservé, alors que la surface n'est plus comptée. Les conditions de production et d'exploitation du sel ont certainement conditionné un principe de groupement communautaire avec dissociation de l'habitat et des zones de travail. Les éléments naturels dans le choix des implantations ont certes pu jouer un rôle important, en particulier, la recherche d'une certaine protection contre le vent : mais, ce rôle est difficilement quantifiable. En effet, la zone de marais, nue et sans arbre ne présente aucun écran naturel faisant écran au vent et ne ménage donc pas d'espace particulièrement protégé. Ainsi, dans les zones basses, sur les îlots rocheux, seule la masse des constructions et le groupement peut faire obstacle aux effets du vent. Sur les coteaux, l'habitat en hameau, situé sur le versant SO, donc exposé aux vents dominants les plus forts, est souvent adossé à une végétation de haies ou protégé par des murets de pierres pouvant faire écran et brise-vent et ménager ainsi, sous le vent, des zones plus abritées. Là encore, il aurait été intéressant de mesurer l'impact de ces dispositions sur les modifications du climat local.

Les sites d'implantation de l'habitat paludier ne sont pas en eux-mêmes révélateurs d'une prise en compte des facteurs climatiques. La limitation même des secteurs possibles d'implantation due à la présence du marais et la nécessité d'être à proximité de celui-ci, conditionnent le choix des sites.



L'habitat du marais briéron

La Grande Brière constitue, avec le marais de DONGES, une zone importante de marais dont les caractéristiques géographiques et physiques ont fortement influencé les types d'établissement humain et les modes de vie. Ce secteur géographique situé entre la Loire et la Vilaine, au pied du Sillon de Bretagne, forme une cuvette comblée de matériaux récents d'où émergent des îlots de roches anciennes. Inondable une grande partie de l'année, ce secteur particulier a pu jouer un rôle attractif en raison de l'accès difficile qui en faisait un site naturel de défense.

La principale route de direction Nord-Sud joignant LA CHAPELLE DES MARAIS à MONTOIR détermine deux zones de marais : à l'Est, le marais de DONGES, d'une superficie de 7 800 ha environ où les îles sont nombreuses et de dimension parfois considérable ; à l'Ouest, la Brière proprement dite, 6 000 ha de propriété indivise des habitants des communes avoisinantes ; le relief y est très peu marqué et n'offre que de très rares possibilités d'implantation. C'est ce second secteur de la Brière, classé depuis octobre 1970 en Parc Naturel Régional, que nous avons analysé.

Les sites d'habitat peu nombreux en Brière sont localisés dans une série d'îles qui s'étalent du Nord-Ouest au Sud-Est, entre CAMER et SAINT MALO DE GUERSAC. La commune de SAINT JOACHIM, au centre, en compte plusieurs aux caractéristiques d'implantation identique : île de Pendille, de Fedrun, de Mazin, d'Aignac, de Menac, de Bais et de la Lande. Ces îles, de surface restreinte au relief inexistant ne dépassent pas la cote de 6 mètres au centre dans les secteurs les plus hauts. Elles sont reliées entre elles par une voie de circulation et sont cernées par les canaux et les marais.



L'exiguïté des îles, la rareté de la terre, les ressources tirées du marais ont fortement modelé le type d'organisation spatiale de l'habitat et le mode de structure agraire. L'île est découpée en secteurs d'activités précises. Un canal, la curée cerne totalement l'île et donne accès au marais sur lequel on se déplace en chaland noir. A une distance variant entre 60 et 120 mètres, une route fait le tour de l'île en suivant ses contours. Son tracé correspond grossièrement aux lignes de niveau de 2 à 2,5 mètres. Cette route marque la limite de la zone inondable, le secteur compris entre la route et la curée est inondable en hiver.

Il n'y a pas de groupement en hameau ou village à l'intérieur de l'île, puisque les maisons se sont implantées à peu près uniformément le long de la route et généralement du côté de l'intérieur de l'île vers la zone centrale qui est réservée aux cultures. Nous reviendrons sur ce type d'implantation annulaire de l'habitat briéron dans l'analyse des formes de groupement, mais, déjà, on peut dire que le besoin de libérer au maximum les espaces cultivables, rares en Brière, dans les parties non inondables de l'île constituait un impératif majeur qui a pu conduire à cette disposition particulière de l'habitat.

Les contraintes d'insertion climatique pour l'implantation du village dans l'île deviennent, dans ce cas, secondaires. Bien que l'implantation retenue en bordure de l'île bénéficie des effets d'écran et de protection fournis par les herbes hautes, les roseaux et les arbres situés en bordure du marais (situation plus favorable qu'au centre de l'île, nu et sans arbre, donc davantage exposé aux vents), il ne semble pas que le souci d'une forte protection soit l'élément le plus décisif dans le choix de l'implantation. Les contraintes purement économiques d'exploitation de la terre sont plus décisives.

L'habitat du pays de Retz

Le secteur du pays de Retz est compris entre la Loire et le marais breton. Il constitue une région géographique au relief très peu marqué, sans cours d'eau important. Il se caractérise par un semis de hameaux très peu dense, les villages rencontrés dès le XIX^e siècle sont de petite taille. La ferme isolée est plus fréquente dans cette région que dans les autres parties du département et la répartition de l'habitat correspond étroitement à une structure foncière où la grande propriété domine largement.

Le cas est très net sur la commune de CHÉMÉRÉ où l'on compte, en 1850, 5 petits villages contre 48 métairies dont 15 appartenant à un seul propriétaire. A ARTHON EN RETZ, commune que nous avons sélectionnée dans l'échantillonnage, la situation est quelque peu différente puisque le nombre des villages y est aussi important que celui des métairies. L'implantation des villages est assez lâche sur le territoire et ne présente pas de caractéristiques particulières vis à vis du site.

L'habitat du pays de la Mée

Le secteur géographique que nous avons étudié recouvre six communes du Nord du département, présentant une certaine homogénéité tant du point de vue de l'habitat que des types d'activités agricoles. Ce sont : RUFFIGNÉ, SION LES MINES, LUSANGER, ST AUBIN DES CHATEAUX, ST VINCENT DES LANDES et LOUISFERT ; la commune de RUFFIGNÉ ayant été plus particulièrement analysée.

Zone de faible relief, le paysage y est néanmoins continuellement vallonné. Les points hauts atteignent 85 à 90 mètres dans le Nord du secteur d'étude, mais ne dépassent pas 65 à 75 mètres dans le Sud. Les minimum sont, de l'ordre de 40 à 50 mètres suivant les endroits. Deux petites rivières, affluents de la Vilaine, structurent l'ensemble formant deux vallées principales d'axe Est-Ouest : la Chère au Nord, la Cône Rau au Sud. De nombreux ruisseaux les alimentent, constituant ainsi de nombreux versants de faible pente. Des lambeaux de forêt subsistent, principalement au Nord en limite de RUFFIGNÉ avec la forêt de Nuaille et au centre, sur LUSANGER, avec la forêt de Dommaiche. Le paysage agraire est soit de type bocager au finage plus ou moins dense et clos de haies (comme à RUFFIGNÉ), soit de type « openfield » (gagnerie) formé par un groupement de parcelles, généralement petites et en lanières, dont l'ensemble est clos.

L'analyse cartographique des principaux éléments du relief (points hauts, bassins versants, cours d'eau) et de la localisation des villages et métairies pour les six communes, a permis de dégager certaines tendances quant au choix du site d'implantation. La taille du groupement (métairie, hameau ou village) ne semble pas avoir d'incidence sur le type d'implantation. Deux éléments du site paraissent jouer un rôle prépondérant :

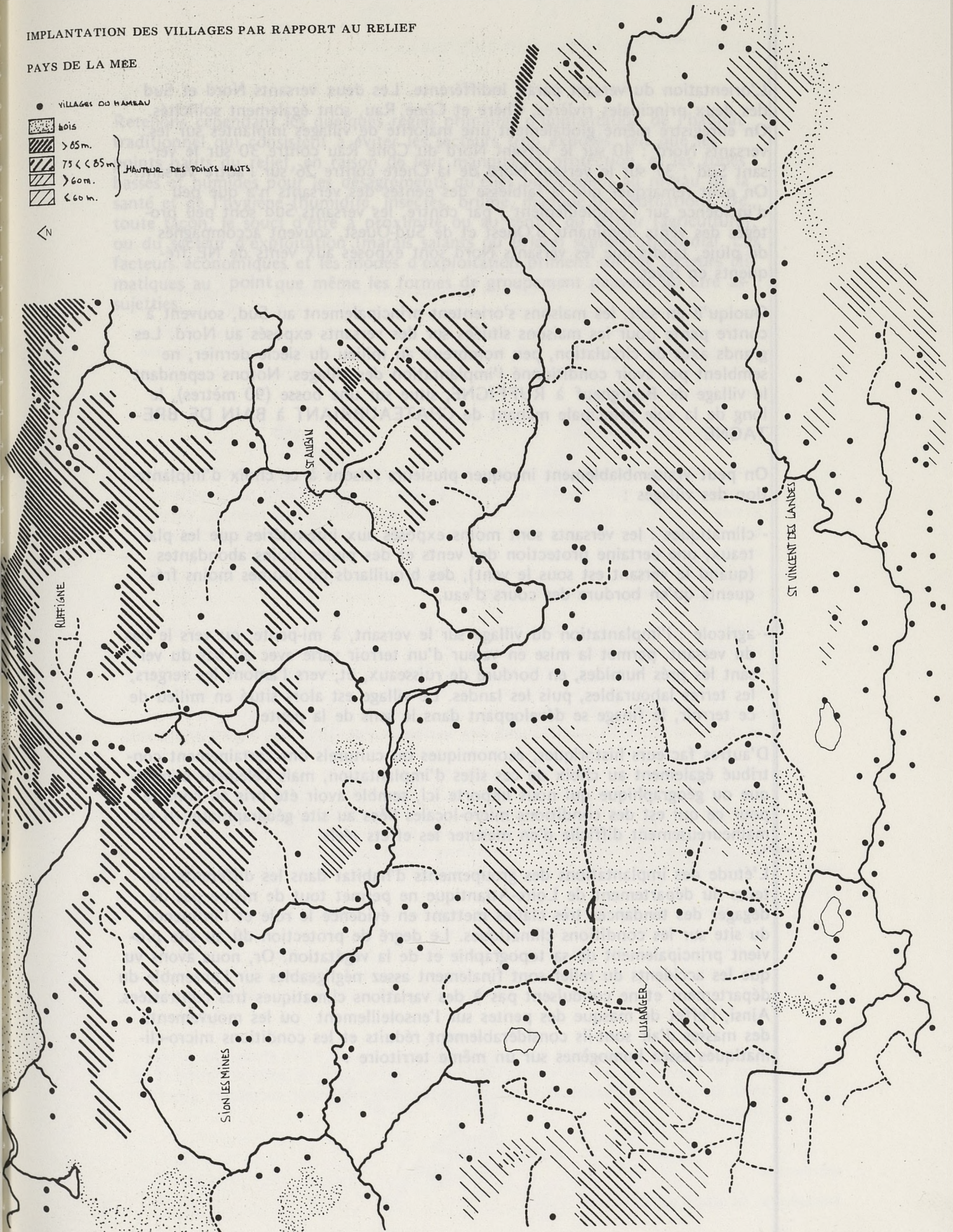
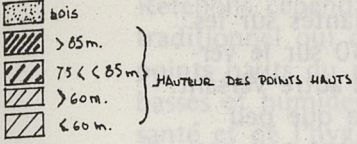
- les cours d'eau constituent des lignes d'attraction pour l'habitat ; de nombreux villages sont situés à moins de 500 mètres du lit des rivières et des ruisseaux,
- les points hauts du relief ont par contre un effet inverse vis à vis de l'habitat, puisqu'on enregistre pratiquement aucun villages dans les secteurs les plus hauts. Ils sont le site privilégié des moulins à vent (26 dans notre secteur d'étude en 1850).

Les villages se répartissent donc assez uniformément le long des cours d'eau dans les parties médianes et basses des versants, rarement en partie haute. Ainsi, dans la zone Nord, au relief plus marqué, la ligne de niveau d'implantation des villages se situe autour de 75 mètres ; au Sud, où les points hauts dépassent rarement 80 mètres, la ligne d'implantation est moins élevée et toujours inférieure à 65 mètres. L'habitat s'établit donc sur les versants quelque soit la hauteur du relief.

IMPLANTATION DES VILLAGES PAR RAPPORT AU RELIEF

PAYS DE LA MEE

● VILLAGES DE HAMEAU



L'orientation du versant paraît indifférente. Les deux versants Nord et Sud des deux principales rivières, Chère et Cône Rau, sont également sollicités. On enregistre même globalement une majorité de villages implantés sur les versants Nord : 40 sur le versant Nord du Cône Rau contre 30 sur le versant Sud ; 37 sur le versant Nord de la Chère contre 26 sur l'autre versant. On peut remarquer que la faiblesse des pentes des versants n'a que peu d'incidence sur l'ensoleillement ; par contre, les versants Sud sont peu protégés des vents dominants d'Ouest et de Sud-Ouest, souvent accompagnés de pluie, tandis que les versants Nord sont exposés aux vents de NE fréquents en hiver.

Quoiqu'il en soit, les maisons s'orientent principalement au Sud, souvent à contre pente pour les maisons situées sur des versants exposés au Nord. Les grands axes de circulation, peu nombreux au milieu du siècle dernier, ne semblent pas avoir conditionné l'implantation des villages. Notons cependant le village de Bourgneuf à RUFFIGNÉ, situé sur une bosse (90 mètres), le long de la voie principale menant de CHATEAUBRIANT à BAIN DE BRETAGNE.

On peut vraisemblablement invoquer plusieurs raisons à ce choix d'implantation des villages :

- climatiques : les versants sont moins exposés aux intempéries que les plateaux, une certaine protection des vents et des pluies moins abondantes (quand le versant est sous le vent), des brouillards ou brumes moins fréquents qu'en bordure des cours d'eau,
- agricole : l'implantation du village sur le versant, à mi-pente, ou vers le bas du versant, permet la mise en valeur d'un terroir varié avec au bas du versant les prés humides, en bordure de ruisseaux, et, vers l'amont les vergers, les terres labourables, puis les landes. Le village est alors situé en milieu de ce terroir, le finage se développant dans le sens de la pente.

D'autres facteurs historiques, économiques ou culturels ont certainement contribué également au choix de ces sites d'implantation, mais l'élément climatique ou géographique qui nous importe ici, semble avoir été pris en compte pour ce qui est des conditions micro-locales liées au site géographique. Il est malheureusement difficile d'en mesurer les effets réels.

L'étude des implantations des groupements d'habitat dans les différents secteurs du département de Loire-Atlantique ne permet tout de même pas de dégager des tendances très claires mettant en évidence le rôle et l'influence du site sur les conditions climatiques. Le degré de protection dû au site provient principalement de sa topographie et de la végétation. Or, nous avons vu que les accidents du relief sont finalement assez négligeables sur l'ensemble du département et ne conduisent pas à des variations climatiques très contrastées. Ainsi, l'effet de masque des pentes sur l'ensoleillement ou les mouvements des masses d'air sont-ils considérablement réduits et les conditions micro-climatiques assez homogènes sur un même territoire .

Retenons cependant les quelques règles primaires d'implantation de l'habitat traditionnel qui consistent à éviter les secteurs trop exposés, tels que les points hauts du relief, en raison de leur manque de protection, et les zones basses et humides pour les désagréments qu'elles provoquent au niveau de la santé et de l'hygiène (humidité, insectes, brume, manque de ventilation). De toute façon, le souci d'être à proximité ou au centre du terroir (agriculture), ou du secteur d'exploitation (marais salants ou Brière) semble primordial. Les facteurs économiques et les modes d'exploitation priment sur les facteurs climatiques au point que même les formes de groupement peuvent lui être assujetties.

FORME DES GROUPEMENTS DES VILLAGES

La structure et l'organisation des constructions dans les villages traditionnels en Loire-Atlantique rendent-elles compte de préoccupations d'ordre climatique ? Peut-on relever des configurations ou des agencements des bâtiments qui produisent une amélioration sensible du confort vis à vis des conditions extérieures en site dégagé ? Ces configurations, si elles existent, sont-elles représentatives des types de groupements rencontrés dans les divers secteurs d'habitat ?

Pour répondre à ces questions, le premier travail a consisté à analyser les formes de groupement et à en dégager les principales caractéristiques. C'est ensuite, et seulement sur les cas qui présentaient une relative homogénéité, qu'on a pu tenter d'étudier les effets des configurations sur le micro-climat résultant. Nous avons procédé, secteur par secteur, sur les communes retenues comme échantillons, au relevé des différents hameaux et villages en se référant à une situation antérieure à 1850 grâce à la consultation des anciens cadastres communaux.

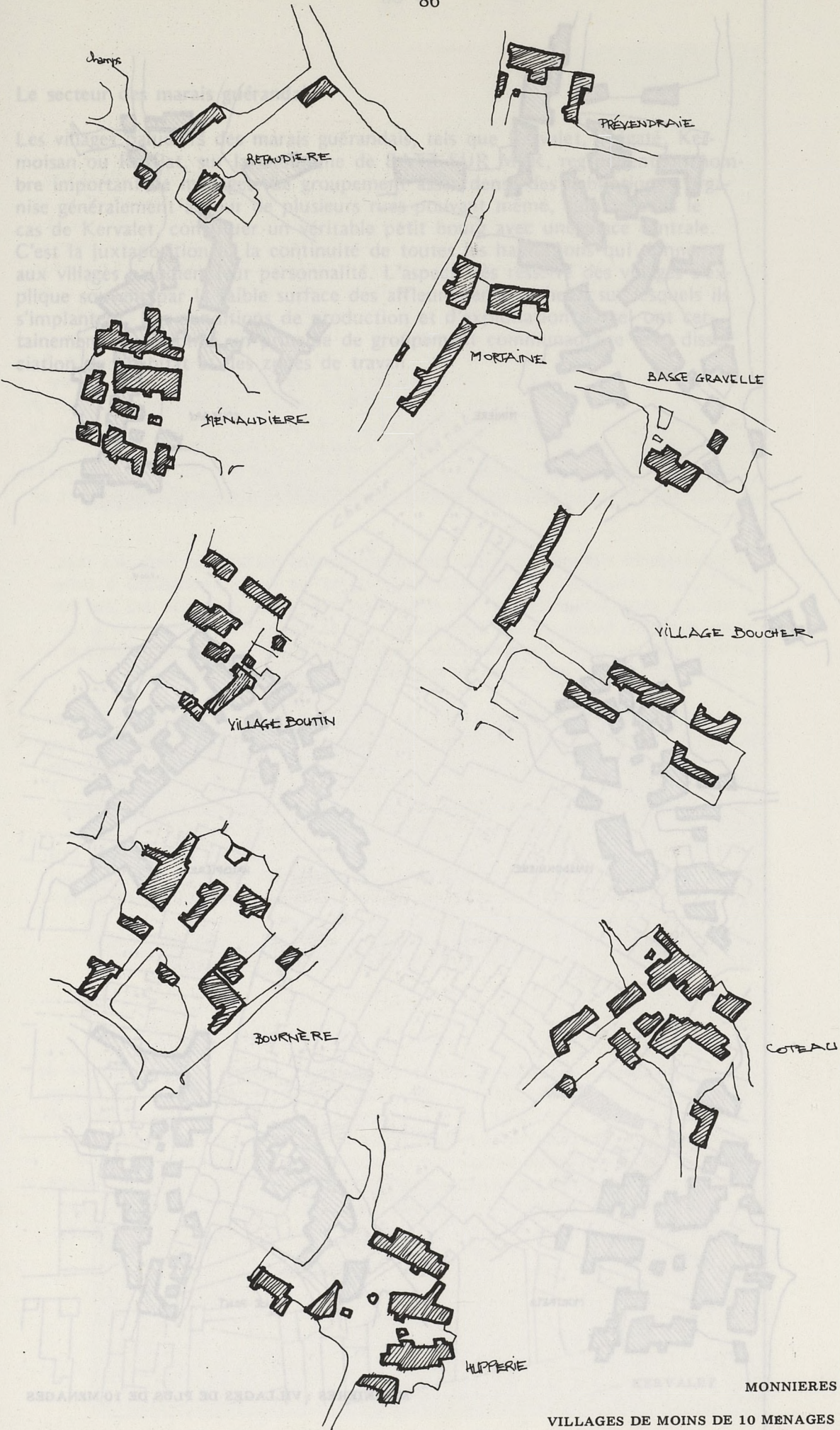
Le secteur du vignoble

Nous avons vu précédemment que l'habitat vigneron est généralement groupé et que la taille des villages, quoique variable, est importante par rapport au autres régions du département. Les villages supérieurs à 10 ménages représentent en effet plus du tiers des villages. L'examen des formes de groupement a été effectué sur la commune de MONNIERES (soit plus d'une vingtaine de villages). L'analyse n'a pas permis de dégager des règles claires d'agencement des constructions au sein du village.

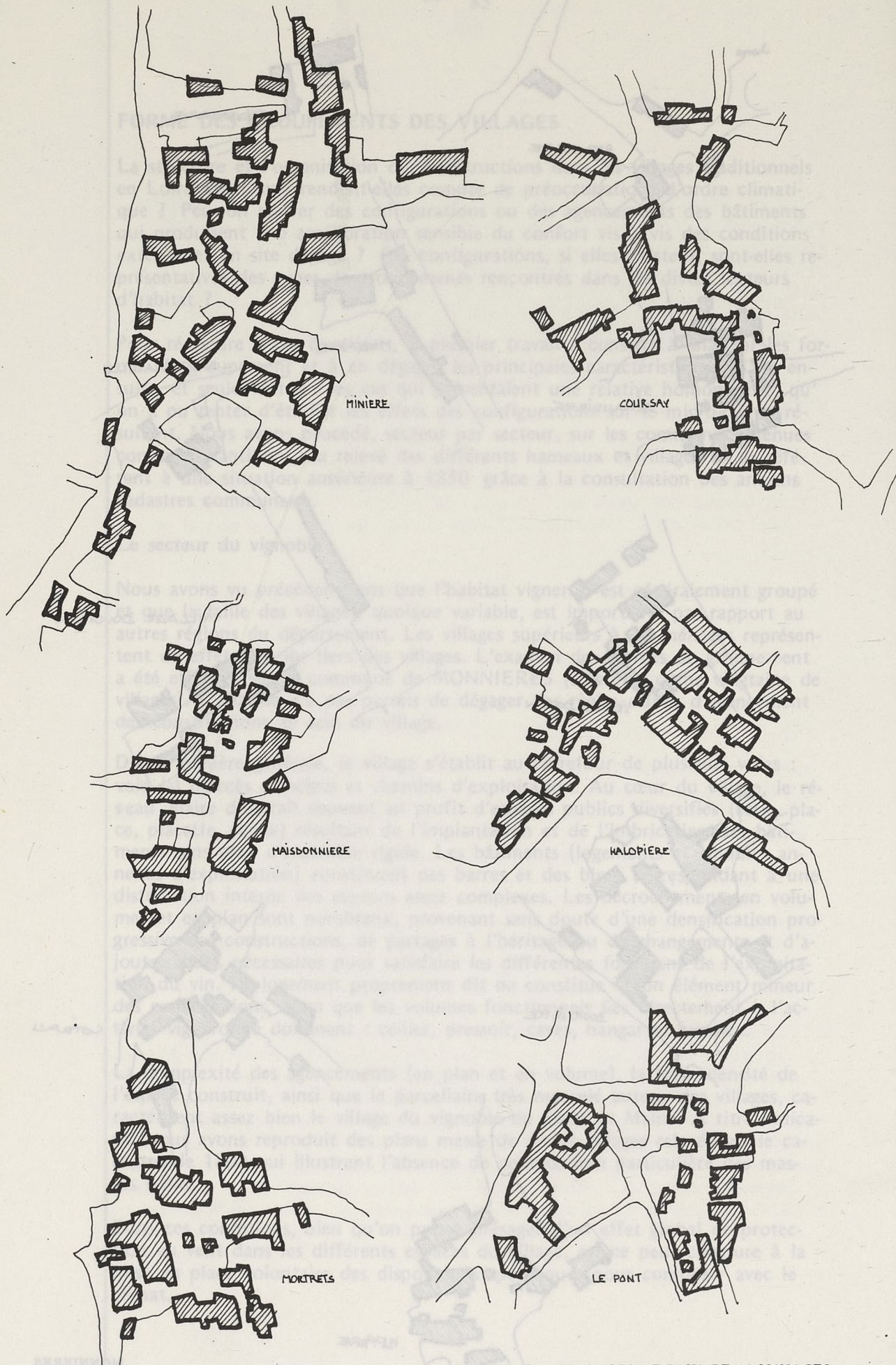
D'une manière générale, le village s'établit au carrefour de plusieurs voies : voie (s) d'accès principal et chemins d'exploitation. Au cœur du village, le réseau viaire disparaît souvent au profit d'espaces publics diversifiés (cour, place, placette, ruelle) résultant de l'implantation et de l'imbrication des bâtiments sans plan d'ensemble rigide. Les bâtiments (logements et volumes annexes d'exploitation) constituent des barres et des blocs correspondant à une distribution interne des espaces assez complexes. Les décrochements en volumes et en plan sont nombreux, provenant sans doute d'une densification progressive des constructions, de partages à l'héritage ou de changements et d'ajouts rendus nécessaires pour satisfaire les différentes fonctions de l'exploitation du vin. Le logement proprement dit ne constitue qu'un élément mineur des constructions, alors que les volumes fonctionnels liés directement à l'activité vigneronne dominent : cellier, pressoir, caves, hangar et remise...

La complexité des agencements (en plan et en volume), la forte densité de l'espace construit, ainsi que le parcellaire très morcelé autour des villages, caractérisent assez bien le village du vignoble du Sèvre et Maine. A titre indicatif, nous avons reproduit des plans masse de divers villages relevés sur le cadastre de 1809 qui illustrent l'absence de composition particulière des masses bâties.

Dans ces conditions, bien qu'on puisse présager d'un effet global de protection au vent dans les différents espaces du village, on ne peut conclure à la mise en place volontaire des dispositions spécifiques pour composer avec le climat.



VILLAGES DE MOINS DE 10 MENAGES



MONNIÈRES : VILLAGES DE PLUS DE 10 MENAGES

Le secteur des marais guérandais

Les villages paludiers des marais guérandais, tels que Kervalet, Trégaté, Ker-moisan ou Roffiat, sur la commune de BATZ SUR MER, regroupent un nombre important de ménages. Le groupement assez dense des habitations s'organise généralement autour de plusieurs rues pouvant même, comme dans le cas de Kervalet, constituer un véritable petit bourg avec une place centrale. C'est la juxtaposition et la continuité de toutes les habitations qui donnent aux villages paludiers leur personnalité. L'aspect très resserré des villages s'explique souvent par la faible surface des affleurements rocheux sur lesquels ils s'implantent. Les conditions de production et d'exploitation du sel ont certainement conditionné un principe de groupement communautaire avec dissociation de l'habitat et des zones de travail.



Il existe en effet une répartition spatiale bien définie des activités paludières. Ainsi, le logement est situé hors du domaine d'exploitation du marais et se regroupe en village en périphérie de celui-ci. Les bâtiments d'exploitation et de conservation du sel, les salorges, ne sont pas contigus aux habitations mais se concentrent en dehors du village, aux abords immédiats du marais. Des constructions de plus petites dimensions viennent s'annexer à l'habitation servant d'abri aux outils d'entretien du jardin potager ou à quelques animaux. L'ensemble habitat, annexes et jardin potager constitue l'unité domestique d'habitation et, aux différents éléments, correspondent des volumes et des secteurs propres. La parcelle de terrain englobant l'unité d'habitation est le plus fréquemment enclose de murets de pierres dont la hauteur est variable. Le volume construit du logement proprement dit est situé en tampon entre la circulation principale, la rue du village et le potager. Il occupe la totalité d'un des côtés de la parcelle, sans souci d'orientation. Sur ce volume, viennent se greffer les volumes annexes, du côté du jardin potager. La parcelle est généralement de forme étroite et allongée.

Le groupement s'établit alors par juxtaposition des maisons le long des rues. Les façades principales des habitations donnent sur la rue, conférant à celle-ci une certaine ordonnance et un certain rythme, alors qu'à l'arrière les volumes annexes, moins hauts, s'imbriquent de façon parfois complexes. L'ensemble présente alors une silhouette caractéristique de bloc qu'on a parfois qualifiée de «forteresse contre le vent du large»

La description que nous avons faite du village vient d'observations effectuées sur le village de Kervalet. Les autres villages paludiers ne présentent pas toujours la même rigueur d'agencement en rues et places, mais le caractère compact et dense du village demeure, s'opposant à l'étendue plate des marais. Il est intéressant de noter, par ailleurs, que la végétation est quasiment inexistante autour du village et que seul l'effet d'agencement des masses construites, bâtiments, murets ou talus peut conduire à une situation de protection intéressante. Il semble qu'il y ait eu de la part des habitants une volonté de se protéger du vent : les murets et les talus construits en fond de parcelle en bordure du marais sont à cet égard significatifs.

Une analyse aérodynamique du village de Kervalet, réalisée par un membre de l'équipe, a permis de quantifier et de matérialiser le comportement du village vis à vis des vents dominants de SO. L'expérimentation a été menée en soufflerie à couche limite sur une maquette du village et de son environnement au 1/175. La méthode de simulation, grâce aux mesures ponctuelles, rend ainsi compte des zones de survitesse ou de turbulence à l'intérieur du village par rapport à une situation observée en amont du vent, en site dégagé. Les points de mesures, au nombre de 55, couvrent les différents espaces du village, publics comme les rues ou les places, ou privés comme les jardins.



L'analyse des coefficients de survitesse (rapport entre vitesse en un point du village et une vitesse de référence en aval en site dégagé) permet d'effectuer un découpage du village en trois zones.

Dans la zone face au vent, donc directement exposée au vent du SO, l'écoulement perd peu de sa vitesse. Le coefficient de survitesse est proche de l'unité, mais en général inférieur pour la majorité des points. Il est possible qu'une partie de l'écoulement décolle du sol pour passer au-dessus du village. Cependant, cette zone exposée s'arrête en amont des premières maisons situées en périphérie du village à l'Ouest ou au Sud, en raison vraisemblablement de la forte densité des murs qui ceinturent les jardinets et font effet de brise-vent. L'analyse expérimentale des brise-vents montre, en effet, que la vitesse du vent décroît dans la zone d'attaque, en amont du brise-vent et que cette zone est fonction de la porosité et de la hauteur du brise-vent.

La simulation a mis en évidence dans cette même zone l'effet d'engouffrement du vent dans la rue d'accès au village (phénomène d'entonnoir), produisant des coefficients de survitesse supérieurs à 1.

La seconde zone matérialise l'effet «canalisateur» des rues. Les coefficients de survitesse sont inférieurs à l'unité (compris entre 0,50 et 0,70). Aucun obstacle ne s'oppose à l'écoulement du vent ; les maisons sont parfaitement alignées le long des rues et ne présentent pas d'éléments en saillie. Les rues bénéficient alors d'une relative protection due à l'effet de masque global du village.




Les secteurs de très faible vitesse ($\leq 0,30$) recouvrent grossièrement l'ensemble des jardins et courettes entourés de murs (1,50 à 2,00 mètres).

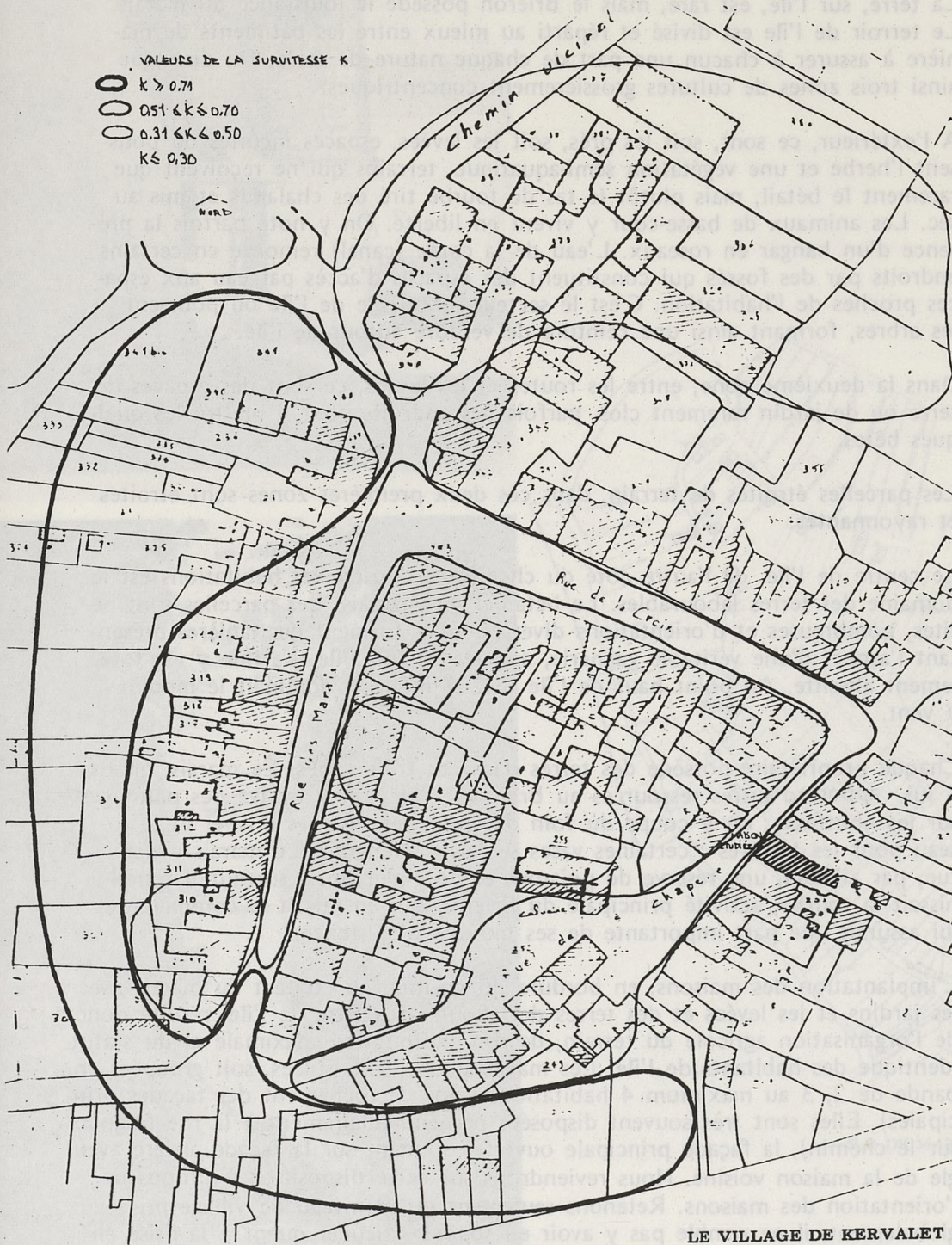
Le vent reprend sa vitesse progressivement en aval du village, dans la zone sous le vent. En définitive, le village bénéficie d'une très bonne protection d'ensemble au vent de SO. Seuls quelques secteurs dégagés situés au vent ou dans les rues sont davantage exposés. Il est vraisemblable que pour les vents de NE, l'effet de protection soit identique et même sensiblement meilleur en raison de la situation des constructions alignées en barre au vent, ce qui évite l'effet d'engouffrement direct du vent dans les rues du village.

D'une manière générale, aux zones de faible vitesse de vent, sont associées des turbulences plus importantes traduisant bien la discontinuité de l'écoulement du vent face à la multiplicité des obstacles.

La simulation aérodynamique, bien que réalisée ici sur une configuration précise, permet de tirer des enseignements généraux transposables à d'autres situations : densité et compacité des constructions, éléments de protection comme les brise-vents, orientation et longueur des rues, protection en amont du village...

Dans le cas de Kervalet, les résultats de la simulation montrent certes l'effet positif de la configuration dense du village et des aménagements spécifiques des parcelles, mais ils ne doivent pas faire oublier les contraintes physiques du site (espace limité) et le type de l'organisation du village qui conduisent, en eux-mêmes, à adopter une disposition de ce genre.

- VALEURS DE LA SURVITESSE K
-  $K > 0.71$
 -  $0.51 \leq K \leq 0.70$
 -  $0.31 \leq K \leq 0.50$
 - $K \leq 0.30$



LE VILLAGE DE KERVALET

Le secteur des îles de Brière

A l'inverse des villages du marais guérandais, l'habitat briéron des îles se répartit uniformément tout autour de l'île, en bordure de la voie de desserte. Le type d'implantation annulaire de l'habitat rend bien compte des modes d'occupation de l'espace et des sols ainsi que des différentes activités des habitants.

La terre, sur l'île, est rare, mais le Briéron possède la jouissance du marais. Le terroir de l'île est divisé et réparti au mieux entre les bâtiments de manière à assurer à chacun une part de chaque nature de terre. On distingue ainsi trois zones de cultures grossièrement concentriques.

A l'extérieur, ce sont, soit les prés, soit les levées, espaces incultes où poussent l'herbe et une végétation semi-aquatique, terrains qui ne reçoivent que rarement le bétail, mais plutôt le tas de tourbe tiré des chalands et mis au sec. Les animaux de basse-cour y vivent en liberté. On y note parfois la présence d'un hangar en roseaux. L'eau de la curée (canal) remonte en certains endroits par des fossés qui constituent des espaces d'accès par eau aux espaces proches de l'habitation. C'est le secteur inondable de l'île où poussent les arbres, formant ainsi une ceinture de verdure autour de l'île.

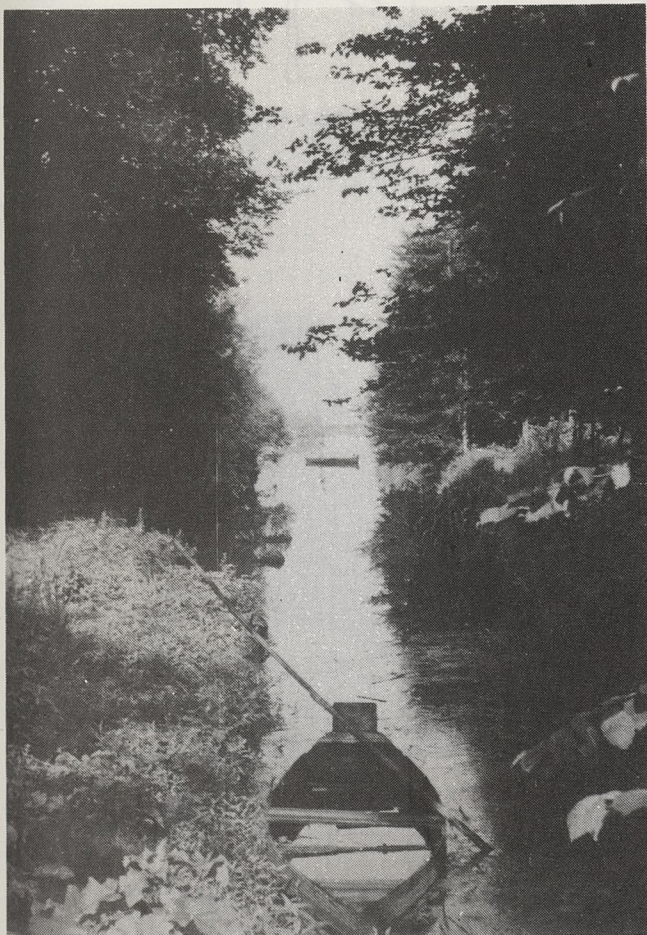
Dans la deuxième zone, entre les routes et les levées, ce sont des espaces de terre ou de jardin rarement clos, parfois des endroits pour y mettre les quelques bêtes.

Les parcelles étroites de terrain, dans ces deux premières zones sont étroites et rayonnantes.

Le centre de l'île, de l'autre côté du chemin et derrière les habitations est le domaine des terres labourables. Le bétail n'y va jamais. Les parcelles sont petites, nombreuses et d'orientations diverses. Elles forment des lanières présentant l'aspect d'une véritable gagnerie, appelée parfois l'île. La haie y est totalement absente. Au point haut de l'île (6 à 7 mètres), dominait le moulin à vent.

Chaque propriétaire possède des terres dans ces trois zones. Le marais, quant à lui, apporte d'autres ressources au Briéron : l'été, on y trouve des pâturages sur les « buttes » ; on y coupe du foin dur pour les réserves d'hiver et le roseau pour les toitures ; certaines vases servaient d'engrais. Le marais constitue, par ailleurs, une réserve de poissons et de gibier, mais surtout il fournissait la tourbe, activité principale du Briéron qui en faisait le commerce et lui assurait une part importante de ses moyens d'existence.

L'implantation des maisons, en bordure du chemin, au contact du marais avec les jardins et les levées et des terres de labours au centre de l'île, résulte donc de l'organisation agricole du terrain, de son exploitation maximale et du statut identique des habitants de l'île. Les maisons sont, soit isolées, soit groupées en bande de 2, 3 au maximum 4 habitations (sans décrochement des façades principales). Elles sont très souvent disposées perpendiculairement à la rue (pignon sur le chemin), la façade principale ouverte, donnant sur la façade arrière aveugle de la maison voisine. Nous reviendrons sur cette disposition à propos de l'orientation des maisons. Retenons seulement qu'au niveau du village pris globalement, il ne semble pas y avoir eu souci particulier quant à la prise en compte des facteurs climatiques, même si les habitations placées à proximité des masses boisées périphériques de l'île peuvent prétendre bénéficier d'un certain effet de protection aux vents.



ILE DE MAZIN : PLAN D'ENSEMBLE

Le secteur des îles de Brière

À l'inverse des villages du marais grandaigle, l'habitat ne s'est pas réparti uniformément tout autour de l'île, en bordure de la voie de desserte. Le type d'implantation annulaire de l'habitat tend donc à disparaître. L'occupation de l'espace et des sols ainsi que des différentes activités des habitants.

La terre, sur l'île, est rare, mais le bétail n'est pas rare.

Le terroir de l'île est divisé et réparti en parcelles.

Il est nécessaire à chacun une part de terre pour assurer sa subsistance.

Ainsi trois zones de cultures grossières.

À l'extérieur, ce sont, soit les prés, soit les champs.

On y trouve l'herbe et une végétation qui sert à nourrir

essentiellement le bétail, mais aussi à produire

Le pays de la Mée

Les villages de RUFFIGNÉ ont servi de support à l'analyse des formes de groupement d'habitat du pays de la Mée. En ce qui concerne la morphologie même des villages, il ne semble pas y avoir, à quelques exceptions près, de composition ou d'agencement clairs des maisons autour d'une place, d'une voie de desserte ou de tout autre élément structurant. Un simple examen des plans masse de village est significatif à cet égard. Les villages de RUFFIGNÉ sont, dans l'ensemble, de structure lâche, ils sont même parfois composés de blocs de bâtiments isolés les uns par rapport aux autres (Gicquelais, Entrehaie, par exemple).



de la maison voisine. Nous reviens

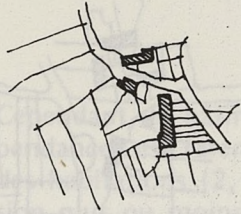
à l'orientation des maisons. Retenons que

globalement, il ne semble pas y avoir

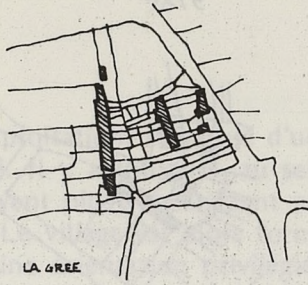
compte des facteurs climatiques, même

des masses bâties périphériques de l'île.

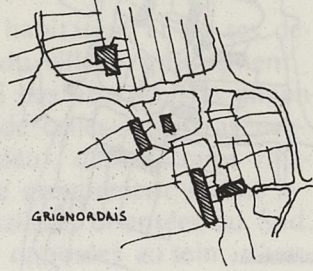
Un effet de protection aux vents.



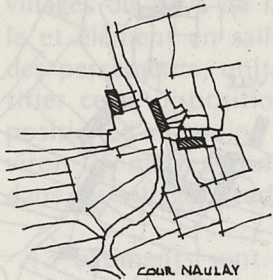
GÉRAUDAIS



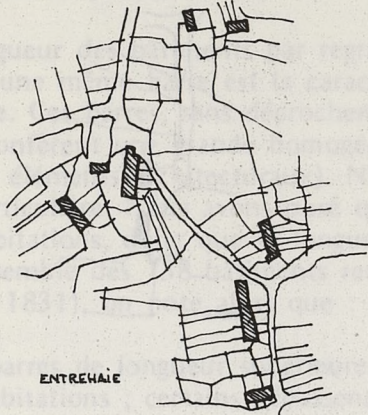
LA GREE



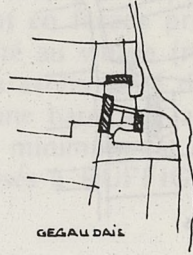
GRIGNORDAIS



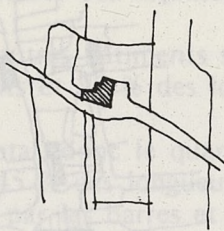
COUR NAULAY



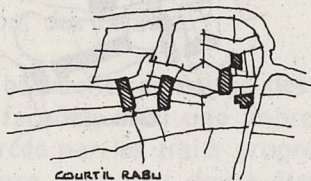
ENTREHAIE



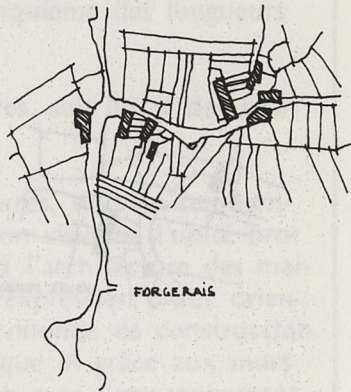
GEGAUDAIS



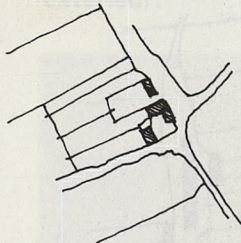
COUR JUBE



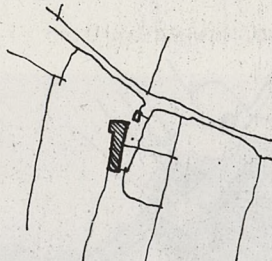
COURTEL RABU



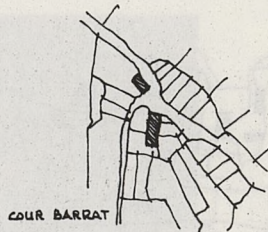
FORGERAIS



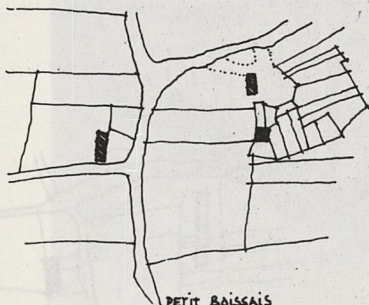
GRAND BOISSAIS



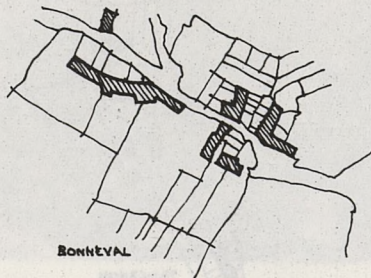
BAS BONNEVAL



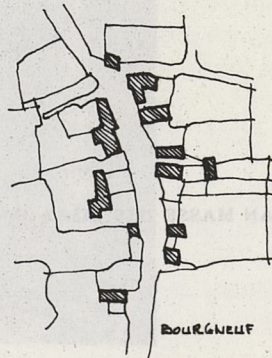
COUR BARRAT



PETIT BOISSAIS



BONNEVAL

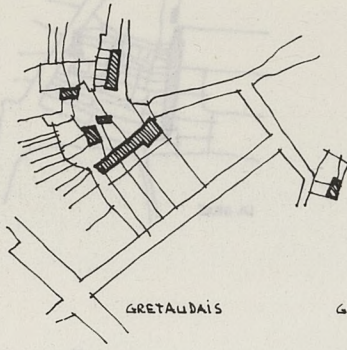


BOURGNEUF

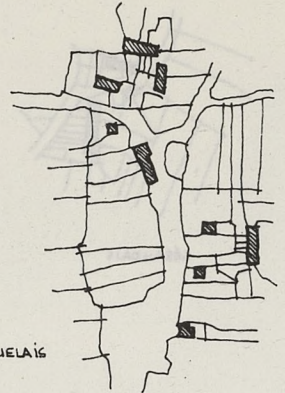




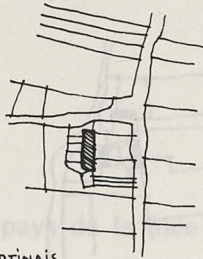
GUIBERDAIS



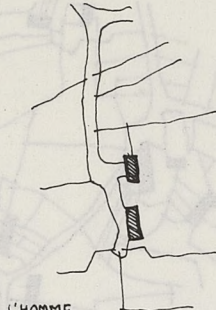
GRETAUDOIS



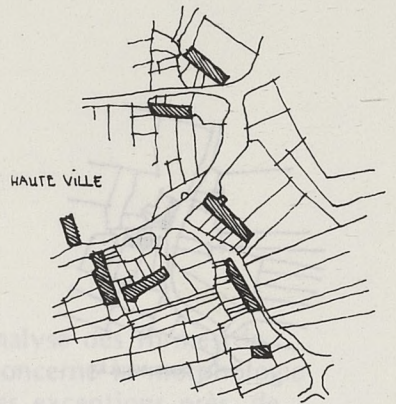
GICQUELAÏS



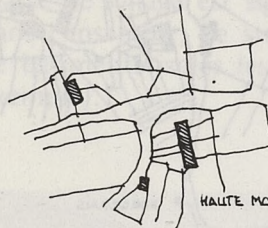
MARTINAÏS



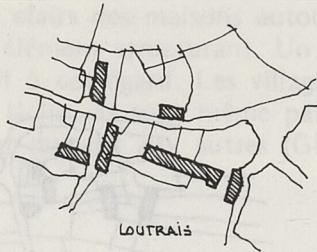
L'HOMME



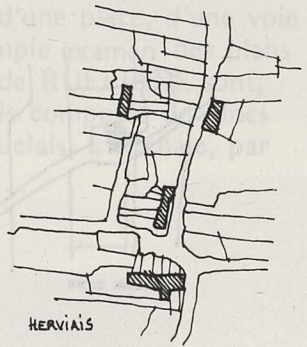
HAUTE VILLE



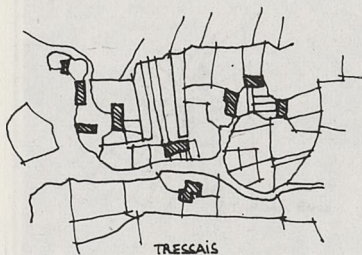
HAUTE MORAÏC



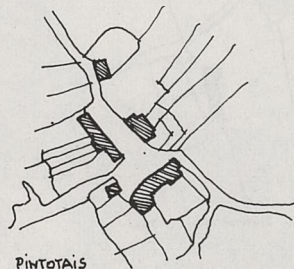
LOUTRAÏS



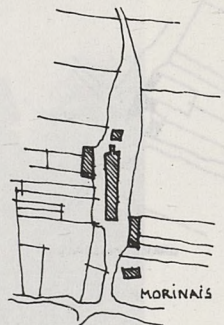
HERVIAÏS



TRESSAÏS



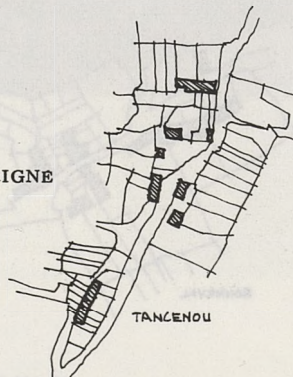
PINTOTAÏS



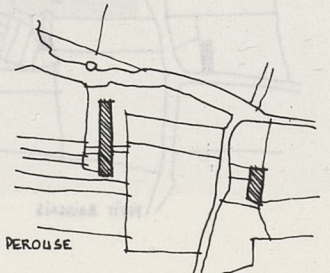
MORINAÏS



PLAN MASSE DES VILLAGES DE RUFFIGNE



TANCENOÛ



PEROUSE

Cependant, le bâtiment d'exploitation, composé d'une habitation et de ses dépendances est rarement isolé. Il y a toujours, au sein du village, groupement des habitations (2, 3 et souvent plus) constituant ainsi des «barres» de dimension plus ou moins grande. Le village est alors formé de celles-ci sans agencement apparemment rigide. Une orientation privilégiée peut, dans certains villages (souvent de moindre taille), déterminer le mode de groupement : c'est le cas de la Grée ou de la Morinais avec leurs barres parallèles orientées au Sud. Mais plus couramment, les expositions des barres sont opposées au sein d'un même village (Pintotais, Loutrais, Haute Ville).

Le développement en longueur des bâtiments par regroupement des habitations (mitoyenneté) dans une même barre est la caractéristique principale des villages du pays de la Mée. Ces barres, sans décrochement en façade principale et élément en saillie, confèrent une grande homogénéité au village (rythme des percements, unité des éléments architecturaux). Nous avons tenté de quantifier cette disposition particulière. Nous avons posé qu'une barre est la juxtaposition d'au moins 3 habitations, donc que sa longueur minimum est d'environ 25 mètres. Sur l'ensemble des 138 bâtiments recensés à RUFFIGNÉ, dans les villages (cadastre 1831), on note alors que :

- 13 bâtiments sont des barres de longueur supérieure à 35 mètres, donc groupant au moins 5 habitations ; certains dépassent d'ailleurs 50 mètres. Ils représentent 10 % des bâtiments, mais plus du cinquième des longueurs cumulées des façades,
- 25 autres bâtiments sont des barres de 25 à 35 mètres, soit 16 % des bâtiments et 22 % des longueurs des façades.

Au total, donc le quart des bâtiments constitue des barres, tout en représentant 45 % des longueurs de façades, d'où une impression visuelle d'unité produite par les barres et renforcée par les traits propres à l'architecture des maisons. Cette disposition en barre peut sans doute être l'expression d'une orientation privilégiée alliée à la recherche d'une certaine économie de construction. Elle réduit de toutes façons, d'un point de vue thermique et grâce aux murs mitoyens, les surfaces d'échanges des pièces d'habitation avec l'environnement extérieur.



ORIENTATION DES CONSTRUCTIONS

L'orientation des constructions peut constituer un des facteurs passifs important de l'intégration climatique ; faire face au soleil ou se protéger des vents dominants sont des options majeures qui fixent les possibilités d'exposition. Il importe donc de déterminer dans l'habitat rural en Loire-Atlantique, s'il existe une orientation privilégiée et d'en mesurer les effets, soit au niveau des espaces extérieurs, soit au niveau de l'habitat proprement dit. La notion d'orientation dans l'habitat traditionnel a une signification claire dans la mesure où les maisons n'ouvrent que sur deux façades ; les deux autres étant des pignons aveugles ou mitoyens.

Dans les villages groupés du vignoble ou des marais salants, l'orientation des constructions y est quelconque et résulte seulement de l'orientation des rues ou du découpage interne du village. Il en est de même dans les villages du pays de Retz où les maisons sont alignées le long des voies de circulation ou de desserte, leurs façades ouvertes donnant sur la rue.

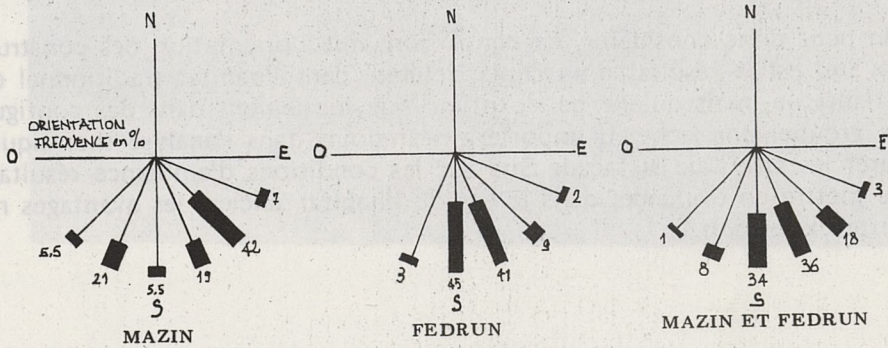
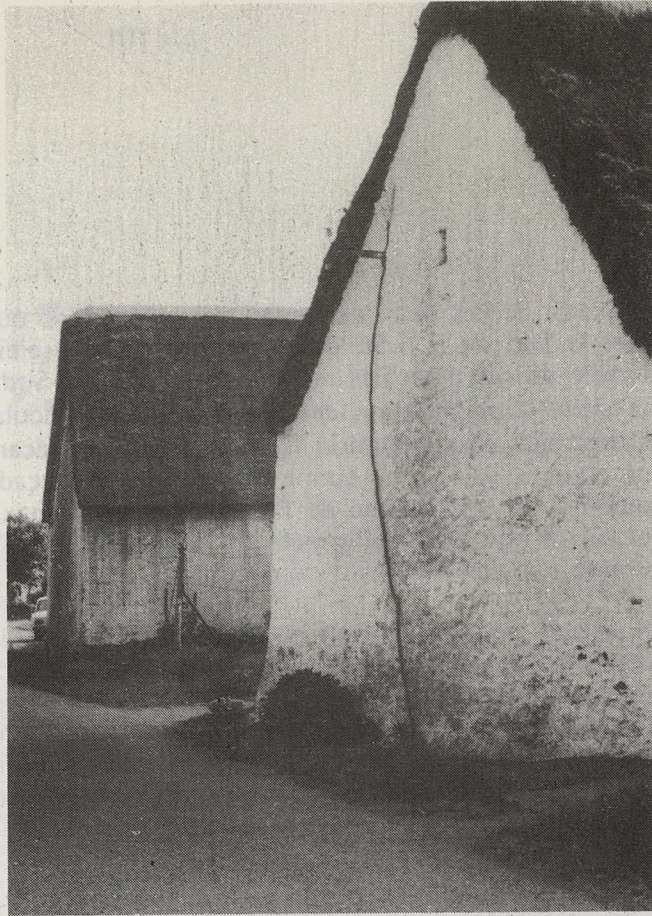
En revanche, l'orientation peut s'exprimer clairement dans le cas des villages briérons des îles de marais. Leur tissu d'habitat discontinu permet une liberté de choix d'exposition. C'est également le cas des villages du pays de la Mée où l'habitat en bande domine. On observe d'ailleurs souvent une façade aveugle marquant bien alors la volonté de s'ouvrir suivant une exposition plutôt qu'une autre (à moins que des contraintes parcellaires ou foncières particulières n'y oblige).

Nous avons donc procédé au relevé statistique des orientations sur deux îles du marais et sur les villages de la commune de RUFFIGNÉ, grâce au relevé sur cadastre et à des observations systématiques réalisées sur place.

Un premier examen des plans cadastraux des îles de Fedrun et de Mazin en Brière fait apparaître qu'en majorité, les maisons sont placées perpendiculairement à la route qui ceinture l'île : «village annulaire, pignon sur route, de façon à ménager le passage vers la gagerie cultivée, de l'autre vers le marais». D'après cette affirmation, l'orientation des maisons serait donc déterminée essentiellement par le tracé de la route ; un chemin d'axe Nord-Sud donnant alors une exposition Sud des maisons. L'analyse systématique de l'orientation des maisons permet d'apporter quelques précisions.

Dans l'île de Mazin, 39 sur les 42 maisons recensées, soit la quasi totalité, sont placées perpendiculairement à la rue. L'orientation des maisons, prise sur la perpendiculaire à la façade principale (façade ouverte) est comprise totalement entre les secteurs E.SE et SO avec une majorité des maisons exposée dans les secteurs compris entre le Sud et l'Est. Les principaux secteurs d'orientation sont dans l'ordre SE, S.SE et S.SO. Cette orientation très affirmée vers le Sud correspond à une bonne exposition au soleil et vraisemblablement à une protection correcte des vents d'Ouest dominants sur le littoral. Dans le cas de Mazin, le tracé elliptique de la route de desserte des habitations n'entre pas en opposition avec ces orientations préférentielles puisque les grands axes du tracé sont Nord-Sud. Il est significatif d'ailleurs que les maisons situées parallèlement à la route se situent aux deux extrémités Nord et Sud du tracé de celle-ci ; l'implantation perpendiculaire entraînerait alors une exposition NE de la façade (ensoleillement réduit) ou bien Ouest (exposition au vent).

Dans l'île de Fedrun, la situation n'est pas différente. En effet, les secteurs d'orientation des maisons sont encore plus affirmés. 86 % des façades font face aux deux secteurs Sud et S.SE. Sur 118 maisons, 23 sont parallèles à la route, quand la direction de celle-ci s'écarte assez franchement de l'axe Nord-Sud et prend une direction Est-Ouest.



FREQUENCE DES ORIENTATIONS

A partir de ces deux exemples, il semble donc que l'orientation des maisons vers le Sud ou le S.SE est primordiale et que c'est principalement la forme allongée de ces deux îles le long de l'axe Nord-Sud qui confère à l'ensemble cette unité d'implantation des bâtiments perpendiculaires à la route de desserte. Cette règle d'implantation fonctionnelle étant écartée quand l'axe de la rue ne conduit pas à une bonne orientation des façades. Le tracé de la route, quant à lui, est dessiné de façon à libérer le maximum de terres au centre, et suit à peu près uniformément le contour de l'île. Il n'est donc pas conditionné par des critères d'exposition.

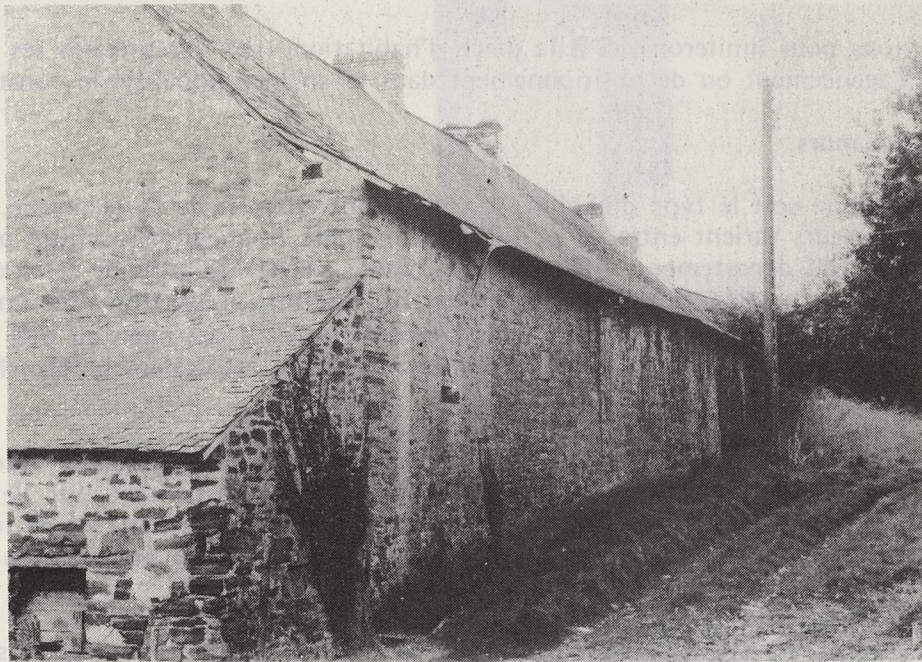
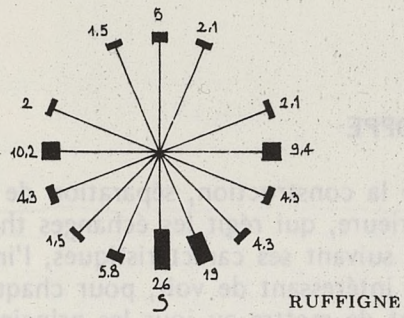
Il semble donc qu'il y ait eu une certaine volonté de placer les pignons des maisons sur rue, pour des raisons de commodité de passage dans les différents terrains de l'exploitation, mais que cette mesure ne s'effectue pas au détriment d'une bonne exposition. Ceci paraît confirmé par l'examen d'autres îles de plus grande dimension et de moindre densité de construction, où avec un tracé de rue moins allongé, ces deux types d'implantation, perpendiculaire et parallèle, sont nettement plus mêlés alors que l'orientation marquée vers le Sud demeure.

Dans le secteur du pays de la Mée, on a souvent souligné la mono-orientation des constructions vers le Sud. L'exploitation des résultats sur la commune de RUFFIGNÉ ne confirme pas totalement cette tendance. L'exposition Sud des façades semble toutefois être privilégiée. Ainsi, 50 % des bâtiments ont des façades exposées entre les secteurs SE et SO ; près de 55 % des longueurs de façades si l'on veut tenir compte de la longueur des barres. C'est dire que même les barres les plus longues ne sont pas systématiquement ouvertes au Sud. Si on ne considère que les barres, 63 % de celles-ci sont comprises entre les secteurs S.SO et S.SE ; le tiers est franchement Sud.

La taille du village semble avoir une incidence sur l'orientation résultante des bâtiments. En effet, dans les hameaux de moins de 4 ménages, près des trois quarts des habitations sont exposés au Sud, au S.SE ou au S.SO. La proportion n'est que de 60 % pour les villages de 4 à 6 ménages, 50 % pour les villages de 7 à 9 ménages et inférieurs à 50 % pour les villages de plus de 10 ménages. Les contraintes liées au parcellaire, au problème foncier ou à la densification ne sont sans doute pas étrangères à cet état de fait dans les plus gros villages.

Quand l'exposition est Sud, alors les façades Nord sont généralement aveugles, appentis ou constructions annexes venant parfois s'y appuyer.

On peut donc considérer, en conclusion, que l'orientation des constructions au Sud est le résultat d'un choix délibéré dans l'habitat traditionnel en Loire-Atlantique, mais qu'elle ne s'exprime que localement dans des configurations de groupement lâche. Il importera néanmoins dans l'analyse thermique de mesurer les effets de la façade Sud sur les conditions d'ambiance résultante afin de mettre en évidence, dans le cas de l'habitat ancien les avantages réels de cette exposition.



LES CARACTÉRISTIQUES D'ENVELOPPE

C'est, en dernier ressort, l'enveloppe de la construction, séparation de l'ambiance extérieure et de l'ambiance intérieure, qui régit les échanges thermiques entre ces deux milieux, et qui module, suivant ses caractéristiques, l'incidence des sollicitations du climat. Il est donc intéressant de voir, pour chaque type d'habitat, comment celle-ci est traitée et de mettre au jour les principales oppositions ou variantes suivant les types.

Nous nous limiterons ici à la pièce d'habitation, une fois précisés ses modes d'agencement ou de positionnement dans le volume global de la construction.

Les murs

Quelque soit le type d'habitat, les murs sont épais et de forte inertie. Les épaisseurs varient entre 50 et 80 cm. Les murs en moellons (schisté pour le Nord du département, granit pour le marais salant), hourdis de terre et d'argile ou de sable ne sont généralement pas enduits, présentant alors une tonalité grise. Seul l'habitat du marais briéron des îles a des murs en pisé enduit et peint à la chaux. La maison du pays de Retz, est également blanche surtout à proximité du marais breton.

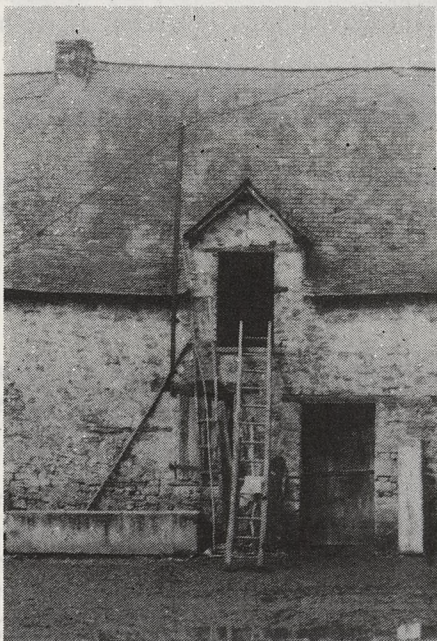
Les maisons n'étant généralement pas isolées, mais mitoyennes ou accolées en barre, ne présentent que deux façades directement en contact avec l'extérieur. La pièce d'habitation est rectangulaire de surface 25 à 30 m² et de hauteur sous plafond 2,50 à 2,70 m, donc une surface d'échange pour les murs relativement réduite d'environ 30 m² pour les deux façades.

Finalement, seule la tonalité du mur (gris ou blanc) diffère suivant les types d'habitat. Les qualités thermiques des différents murs étant, somme toute, comparables (conductivité, capacité calorifique) malgré la variété des pierres utilisées dans chaque secteur.

Les ouvertures

Les ouvertures, dans l'habitat traditionnel, sont peu nombreuses et de faible dimension. La pièce d'habitation comporte une porte d'accès (à 2 vantaux dans la hauteur), anciennement pleine ou vitrée dans le battant supérieur, associée avec une petite fenêtre rectangulaire souvent placée sous le même linteau (pays de la Mée). Un volet extérieur permet d'occulter la fenêtre la nuit. Ces ouvertures sont placées sur la façade principale. Dans le cas d'une orientation Sud, la façade Nord est généralement aveugle. Pour les autres orientations, la façade opposée à la façade principale comporte souvent une autre porte pleine permettant de sortir sur l'extérieur à l'arrière de la maison.

La pièce d'habitation reste donc généralement sombre et l'effet des apports solaires directs par les ouvertures est négligeable, même quand celles-ci sont exposées au Sud. Il n'y a pas de différence significative en ce qui concerne la taille et le nombre d'ouvertures suivant les types d'habitat.



La tourne
 antique :
 de 42 à
 de la Mée
 l'assur de
 l'ouverture Carc
 par Guilan-
 posés en re-
 La
 sientes
 gage,
 du sud de la
 la couver-
 en ar-
 d'absor-
 ble masse-
 de tem-
 solante gr-
 et le vol-
 d'air

physiques
 im-
 et
 levée
 par
 prin-
 des
 sont
 uti-
 pente
 si-
 princ-
 Une échelle
 par-

La toiture

Il existe trois types de toiture dans l'habitat ancien en Loire-Atlantique :

La toiture à deux pans en ardoises qui nécessite une forte pente de 45 à 55°, c'est le type de couverture du Nord du département : pays de la Mée, pays Guérandais, pays d'Ancenis.

La toiture à deux pans en chaume, également très pentue ; l'épaisseur de chaume est importante, allant de 30 à 50 cm. Ce type de couverture caractéristique de l'habitat du marais de la Brière et en partie du pays Guérandais utilise les roseaux et les joncs du marais. Les gerbes sont posées en recouvrement sur une ossature de charpente formée de perches de bois. La toiture nécessite un entretien important et des remises en état fréquentes pour conserver son étanchéité.

La toiture à deux pans en tuiles rondes creuses posées sur un voligeage. C'est la toiture de la maison latine à faible pente (25 à 35°) du Sud de la Loire : pays de Retz et pays du vignoble.

Ce sont des toitures à faible inertie ne possédant pas, hormis pour la couverture de chaume, des caractéristiques isolantes importantes. La toiture en ardoise, de faible épaisseur et de couleur noire constitue une surface d'absorption au rayonnement solaire et répercute donc, en raison de sa faible masse et de sa conductivité, les effets radiatifs extérieurs et les variations de température extérieure. La toiture en tuile est sans doute davantage isolante grâce à la couche d'air relativement immobile comprise entre les toits et le voligeage. Dans tous les cas, cependant, la toiture est le siège d'infiltrations d'air non négligeables.

Il y a donc une opposition très nette entre les propriétés thermophysiques des murs et de la toiture : forte inertie d'une part, donc amortissement important des amplitudes de variations extérieures ; faible inertie et isolation mauvaise d'autre part, entraînant des déperditions importantes en hiver et des surchauffes en été.

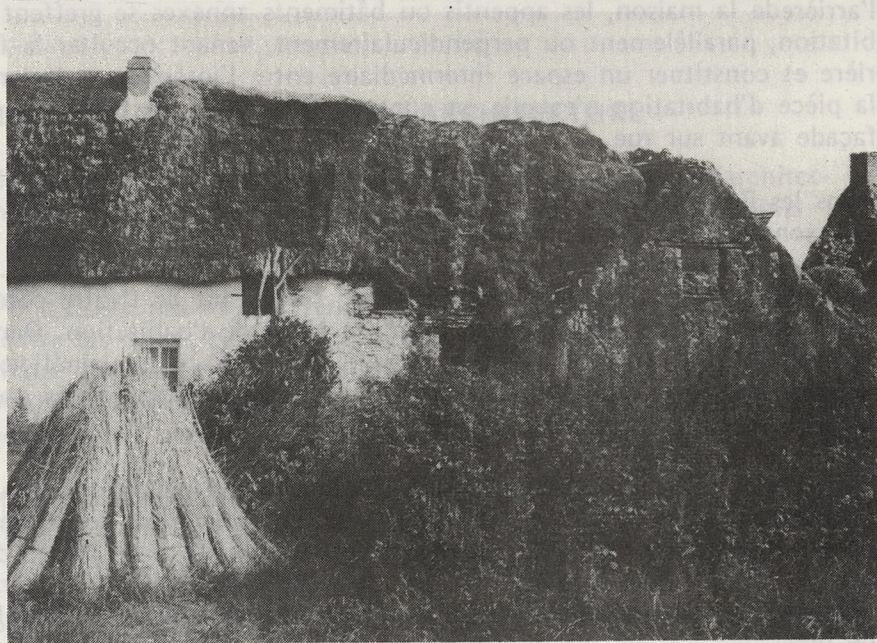
Le sol

La maison est posée directement sur le sol, parfois légèrement surélevée. Traditionnellement, le sol de la pièce d'habitation est toujours en terre battue.

Situation de la pièce d'habitation dans le volume construit

La pièce d'habitation occupe généralement la largeur totale du bâtiment principal. Cependant, certains agencements des volumes annexes produisent des effets de protection réels.

Ainsi, dans le pays de la Mée (où les habitations jointives dans une barre sont majoritairement exposées au Sud), la façade Nord aveugle est fréquemment utilisée pour l'adjonction de pièces annexes avec une légère cassure de la pente du toit. En outre, la pièce d'habitation est toujours surmontée d'un grenier situé directement sous la toiture ; l'accès au grenier se fait sur la façade principale par une ouverture pratiquée dans la toiture formant lucarne. Une échelle extérieure permet d'y monter. Le grenier était utilisé pour engranger une partie des récoltes ou des réserves de nourriture.



Les bâtiments agricoles proprement dits, grange ou étables, étaient souvent situés parallèlement à la barre des habitations face à celles-ci. Dans cette disposition, la pièce d'habitation a une surface d'échange avec l'extérieur très réduite : le grenier et les bâtiments en appentis au Nord constituent des espaces tampons tandis que le mur Sud, en contact direct avec l'ambiance extérieure, bénéficie des apports solaires.

La maison du village paludier présente, dans un contexte différent, des dispositions équivalentes à celles du pays de la Mée. Suivant la dimension de la parcelle sur rue, les habitations sont à rez-de-chaussée ou à étage mais comportent toujours un grenier. La façade principale donne sur la rue et n'a donc pas d'exposition préférentielle. La liaison entre la rue et le potager se fait par un couloir dallé, cloisonné qui servait souvent de passage pour les animaux domestiques. La pièce d'habitation est située directement; à côté de ce passage, s'éclairant ainsi sur la rue. Un escalier à vis ou balance, placé dans le couloir donne accès à l'étage supérieur (chambre) et au grenier. A l'arrière de la maison, les appentis ou bâtiments annexes se greffent sur l'habitation, parallèlement ou perpendiculairement, venant occulter la façade arrière et constituer un espace intermédiaire entre l'intérieur et le jardin. Ainsi, la pièce d'habitation n'est-elle en contact direct avec l'extérieur que par sa façade avant sur rue.

Dans les îles de Brière, les habitations au rez-de-chaussée surmonté d'un grenier sont alignées par deux ou trois. La façade avant exposée vers le Sud donne sur la façade Nord aveugle des maisons de la rangée suivante. Les annexes sont très souvent dissociées de la maison, se plaçant de l'autre côté du chemin ; parfois elles s'adosent à la façade Nord de l'habitation. Dans un groupement de trois maisons, seule la maison située au centre bénéficie de 2 murs pignons mitoyens, tandis que les maisons situées aux extrémités ont un pignon aveugle en contact direct avec l'extérieur.

Dans ces trois types d'habitat, la pièce d'habitation n'est donc jamais placée directement sous la toiture. Le plancher traditionnel était constitué, comme dans le pays de la Mée, d'un mélange de paille et de terre armée par des tiges de bois, le tout reposant sur une poutraison de solives. Ce plancher ancien, aux caractéristiques isolantes certaines, est remplacé par les planchers de bois.

Au Sud de la Loire, les habitations anciennes sont généralement sans étage. Dans le pays de Retz, les maisons sont basses et les pièces d'habitation alternent avec les espaces propres à l'exploitation, dans un même alignement. L'espace d'habitation lui-même ouvre sa façade principale sur la rue ou le chemin de desserte ; l'autre façade est fréquemment percée d'une porte.

Dans le pays de vignoble, les agencements denses des constructions dans le village ne permettent pas d'enregistrer des dispositions très homogènes de la pièce d'habitation. Dans les petites exploitations, le cellier, dépendance principale de l'habitation, est souvent construit dans le prolongement de l'exploitation. Ce n'est jamais une cave. Le cellier est une construction indépendante dans les plus grosses exploitations. La cour de ferme avec les bâtiments autour n'apparaît que dans les grandes exploitations (domaine). Dans ce cas, la maison principale d'habitation comporte un étage.

Dans ces deux derniers types d'habitat, la pièce d'habitation est nettement moins protégée vis à vis des sollicitations extérieures. Les effets de l'inertie forte des murs risquent d'être considérablement réduits par l'importance de la surface d'échange de la toiture.

Les enduits intérieurs de la pièce d'habitation sont peints en blanc (badigeonnage à la chaux). Signalons par ailleurs que le mode de chauffage utilisé se limitait à la cheminée avec un foyer largement ouvert adossé au mur pignon de l'habitation. Le combustible devait être différent suivant les secteurs : bois abondant dans le bocage du Nord du département, tourbe dans le marais briéron, sarments, ceps de vigne et bois dans le vignoble. Dans le marais salant, le combustible pouvait être le bois transporté des secteurs avoisinants ou des branchages en provenance du marais.

L'INTENSITÉ DE LA RELATION CLIMAT-ARCHITECTURE

L'analyse précédente sur les facteurs d'intégration climatique dans l'architecture traditionnelle rurale en Loire-Atlantique met en évidence deux points importants :

- d'une part, il n'existe pas de différences sensibles imputables aux données du climat, entre les divers types d'habitat du département. Le comportement thermique des maisons et la situation de confort résultante dans la pièce d'habitation, seraient donc très comparables. L'analyse thermique en situation réelle devrait permettre de préciser cette affirmation.
- d'autre part, les caractéristiques d'intégration climatique de l'habitat ne sont pas très affirmées et ne permettent que rarement de mettre en relation directe telle ou telle disposition avec une contrainte climatique particulière.

Le premier point ne doit pas surprendre en raison de la relative homogénéité de la situation climatique dans le secteur d'étude. Le climat ne constituerait donc pas un élément de différenciation des types d'habitat tels qu'ils ressortent de la classification retenue au départ. On a bien relevé, au cours de l'analyse, certaines particularités, mais elles ne sont pas spécifiques d'un type d'habitat. Ce sont principalement :

- la couleur des murs, gris ou blanc, selon qu'ils sont en pierres apparentes ou enduits et peints à la chaux,
- la pente des toitures et leur couleur : noire pour l'ardoise, rouge brique pour la tuile,
- le nombre d'étages du bâtiment et la présence ou non d'un grenier : rez-de-chaussée dans le pays de Retz, parfois avec un grenier dans le vignoble, rez-de-chaussée avec grenier dans le pays de la Mée et en Brière, un étage dans les villages dense du marais salant,

- la présence d'annexes en façade arrière ; cette disposition n'est d'ailleurs pas systématique, même dans le pays de la Mée où elle domine.

Ces variations ont, à priori, des incidences sur les valeurs de température et l'intensité des échanges et des déperditions, encore faut-il en mesurer l'importance.

Au niveau des caractéristiques d'insertion d'habitat dans le site, on peut relever la tendance d'orientation au Sud des façades principales, dans le cas de l'habitat groupé mais de tissu lâche (les barres du pays de la Mée, l'habitat des îles de Brière).

En ce qui concerne l'implantation du hameau ou du village, les différences proviennent davantage des données géographiques locales ; de toutes façons, le souci de ne pas s'implanter dans les secteurs les plus exposés (vent, sol humide, brumes) demeure.

Mais indépendamment des types d'habitat envisagés comme uniques dans leurs relations au climat, la prise en compte du climat dans l'habitat traditionnel en Loire-Atlantique est-elle réelle et comment s'exprime-t-elle ? Les éléments de réponse que nous avons pu mettre au jour ne permettent pas d'identifier de relation précise et claire entre l'habitat et le climat. Ainsi, aucun dispositif contre la pluie pourtant fréquente n'a été envisagé (auvent, débord de toiture) ; la recherche d'une protection au vent ne s'exprime pas de façon marquée. La forte inertie de la construction, qui provient plus des matériaux employés que d'une nécessité climatique, constitue-t-elle une bonne réponse à la situation climatique ou évite-t-elle seulement les effets extérieurs du climat ?

Au niveau du site d'implantation, du choix de l'orientation, il est, sans doute possible, de reconnaître une volonté de protection ou d'exposition ; au niveau de la forme du groupement et de la densité, si les effets sont globalement positifs, il est plus délicat d'affirmer que cela résulte d'une décision d'ordre purement climatique.

Faut-il voir tout simplement dans ces résultats l'expression d'un climat non contraignant, tout au moins non fortement typé et ne nécessitant pas de réponse particulière ?

Quel est le comportement d'un tel habitat face au climat de Loire-Atlantique ? L'analyse thermique en condition réelle de l'habitat doit nous permettre de mesurer l'impact de la situation climatique sur les constructions et de mettre à jour le rôle des différents éléments de l'enveloppe et des principales dispositions rencontrées.

III - ÉTUDE QUANTITATIVE DU COMPORTEMENT THERMIQUE DE L'HABITAT EN SITUATION RÉELLE

L'analyse thermique de l'habitat en condition réelle permet seule d'apprécier objectivement la situation de « confort » dans l'ambiance intérieure en regard des caractéristiques thermophysiques des éléments constitutifs de l'enveloppe et de leur agencement.

Il est nécessaire, en effet, de dépasser le niveau des considérations théoriques et de rendre compte, au moyen d'expérimentations in situ, d'un éventuel écart entre les effets escomptés et les effets réellement enregistrés. La situation thermique résultante n'est somme toute que le reflet des conditions climatiques extérieures instables et des interactions simultanées qu'elles entretiennent avec les différentes parties de l'enveloppe. L'étude analytique, élément par élément, ne constitue qu'une approche fragmentée et partielle excluant toute combinatoire d'effets.

ORGANISATION DE LA CAMPAGNE DE MESURES

La préparation et la mise au point de la campagne de mesures a nécessité de régler un certain nombre de problèmes concernant :

- *la recherche d'échantillons d'habitat dans les communes préalablement sélectionnées recouvrant les divers secteurs géographiques du département.* Le nombre restreint de constructions traditionnelles encore en état et n'ayant pas subi de transformations importantes a parfois conduit à choisir une habitation dans une commune limitrophe de celle qui avait été analysée. L'accord des propriétaires des maisons retenues n'a pas toujours été obtenu (indisponibilité de l'habitation, troubles engendrés par l'installation et le fonctionnement des appareils, ou tout simplement une certaine méfiance), restreignant quelque peu le choix d'échantillons représentatifs. Finalement, nous avons retenu cinq habitations qui, bien qu'elles ne réunissent pas toujours tous les éléments caractéristiques du type d'habitat considéré (notamment au niveau de l'environnement), rendent compte assez bien des architectures rurales étudiées.
- *la constitution de l'équipement de mesures :* achat de matériel, location, test et mise en état des appareils, ainsi que la définition des paramètres mesurés pour une bonne appréhension du comportement thermique du local.
- *le choix et la durée des périodes de mesures.* Initialement, nous avons prévu d'effectuer des séries de mesures durant les saisons climatiques extrêmes d'hiver et d'été, soit janvier et juillet. Compte tenu des impératifs du calendrier de l'étude, des délais de livraison ou de disponibilité du matériel et du temps nécessaire à la sélection des échantillons et aux rencontres avec les propriétaires, les deux campagnes se sont déroulées au mois de septembre et au mois de février et au mois de mars, donc en fin d'été et en fin d'hiver.

Le mois de septembre 1979 s'est d'ailleurs avéré très satisfaisant, en raison d'un déficit en pluie et d'une insolation particulièrement élevée. Par ailleurs, la température de l'air, moins élevée à cette période qu'en plein été, permettait davantage de mesurer l'impact des irradiances solaires sur l'habitat, tout n'étant pas uniformément chaud. L'hiver 1980 a, quant à lui, été très doux, excepté une semaine en décembre et janvier. Dès lors, les conditions climatiques enregistrées en mars se sont révélées satisfaisantes, excepté pour la durée thermique d'insolation (12 heures au lieu de 8 à 9 en plein hiver) et pour l'intensité du rayonnement solaire plus importante à cette époque. Quoiqu'il en soit, les résultats obtenus à ces deux périodes de l'année rendent compte, de manière suffisamment explicite, du comportement annuel et saisonnier de l'habitation.

Le temps minimum de la campagne de mesures a été fixé à une semaine ; temps nécessaire pour établir un certain historique des conditions météorologiques et apprécier correctement les délais de réponse du bâtiment. L'enregistrement des mesures s'est fait en continu, à raison d'une scrutation des différentes valeurs mesurées par heure.

Pour réaliser cette campagne de mesures, l'idéal aurait été de procéder simultanément aux mesures dans les différents échantillons d'habitat afin de mettre en évidence :

- les variations entre les stations climatiques dans les différents secteurs d'étude durant une même période de temps,
- les réactions différentielles des divers habitats à des conditions climatiques identiques (ou considérées comme telles grâce au recalage possible).

Ceci impliquait la multiplication de l'équipement et des moyens en personnel important pour la mise en place, le contrôle et la surveillance des appareils. Cette solution n'a donc pas été retenue et nous avons procédé à une expérimentation en séquence, semaine après semaines, des différents types d'habitat. La comparaison entre les résultats de chaque échantillon est toutefois possible dans la mesure où la situation de référence est connue et où déjà certaines règles de comportement peuvent être mises au jour.

L'expérimentation s'est limitée à la pièce d'habitation dont le comportement thermique est mis en relation avec les données climatiques du site dégagé immédiatement à proximité des constructions. Ainsi, comme nous l'avons déjà signalé, l'influence du micro-site sur les données climatiques n'a pas été analysée ; elle pourrait d'ailleurs, à elle seule, faire l'objet d'une recherche particulière.

LES APPAREILS DE MESURE

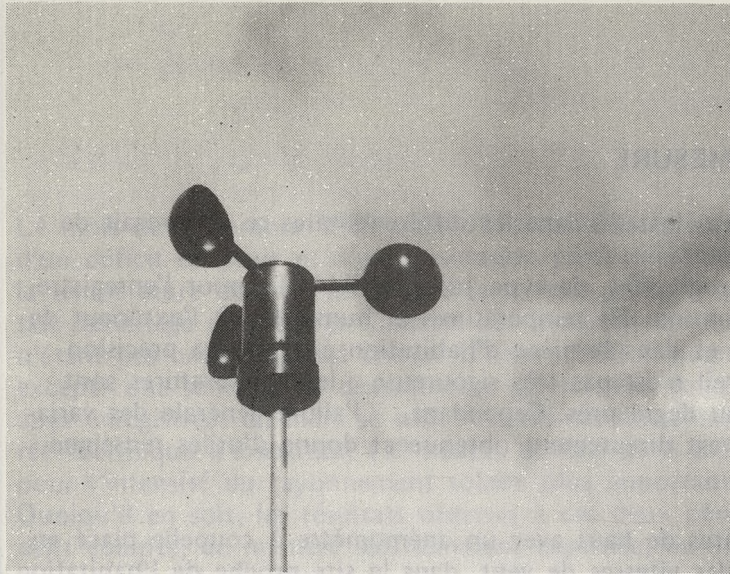
L'équipement de mesures installé dans les différents sites se composait de :

- deux thermobaro-hygrographes, de type Jules RICHARD, pour l'enregistrement graphique en continu des températures et humidités, à l'extérieur de l'habitation sous abri et dans la pièce d'habitation étudiée. La précision d'un tel type d'appareil n'est pas très rigoureuse ; les températures sont bonnes au demi ou au degré près. Cependant, l'allure générale des variations de température est directement obtenue et donne d'utiles renseignements.
- un pylone de 10 mètres de haut avec un anémomètre à coupelle placé en tête pour la mesure des vitesses de vent, dans le site proche de l'habitation.
- des sondes pour l'enregistrement des températures ambiantes et des parois, constituées par des thermocouples dont les forces électromotrices sont enregistrées sur une centrale de mesures SCHLUMBERGER de 30 voies. La précision obtenue est de l'ordre du quart de degré. Le principe de fonctionnement est le suivant : la centrale de mesures enregistre entre deux thermocouples une différence de tension proportionnelle à l'écart de température entre les deux points mesurés. Pour obtenir des températures vraies, il suffit donc de se fixer une température de référence.

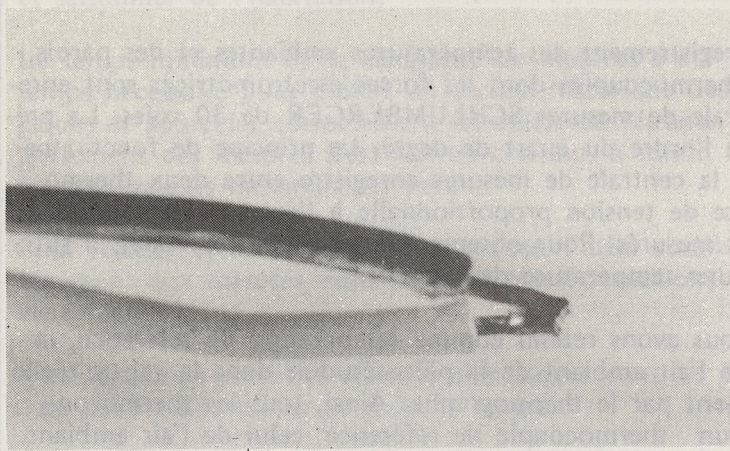
Dans le cas présent, nous avons retenu comme température de référence, la température variable de l'air ambiant de la pièce étudiée dont la valeur réelle est donnée graphiquement par le thermographe. Ainsi, tous les thermocouples sont connectés à un thermocouple de référence, celui de l'air ambiant. A chaque instant, on connaît donc l'écart de température entre un thermocouple quelconque et le thermocouple de référence. La valeur vraie est obtenue en ajoutant cet écart à la valeur de la température de l'air ambiant enregistrée graphiquement. La manipulation introduit une certaine erreur au niveau de la valeur exacte d'une température en raison d'une lecture délicate et de l'imprécision des valeurs enregistrées sur le thermographe.

Au cours de la campagne de mesures, nous avons pallié cet inconvénient en introduisant, en température de référence, un capteur qui, à la différence du thermocouple, cède une valeur de température absolue. Sous réserve d'un bon étalonnage, le capteur réduit sérieusement les marges d'erreur. La température de référence est donc obtenue au même instant que les écarts entre les divers thermocouples et avec une valeur juste.

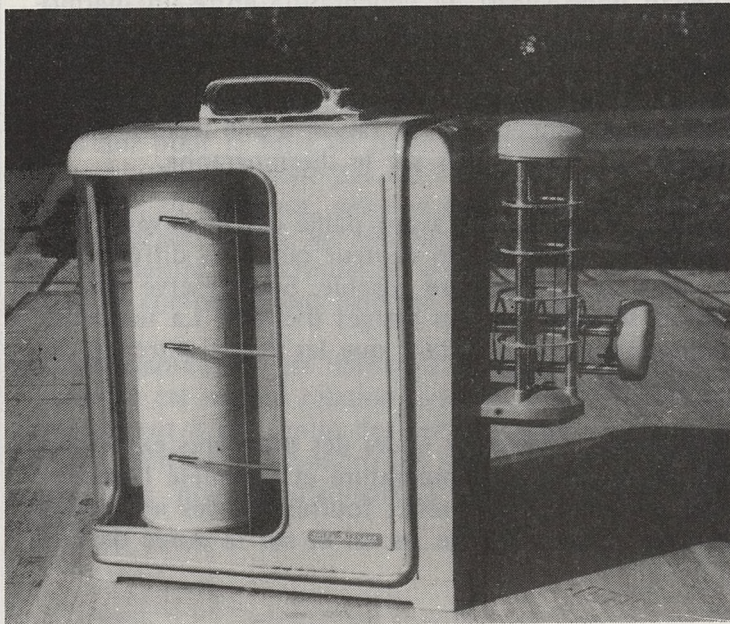
Nous avons, forts de l'expérience acquise au cours des premières expérimentations, multiplié les points de mesures de température et complété l'équipement en campagne d'hiver par un pyrhanomètre, fournissant des indications précises sur la valeur du rayonnement solaire au sol et sur la durée de l'insolation.



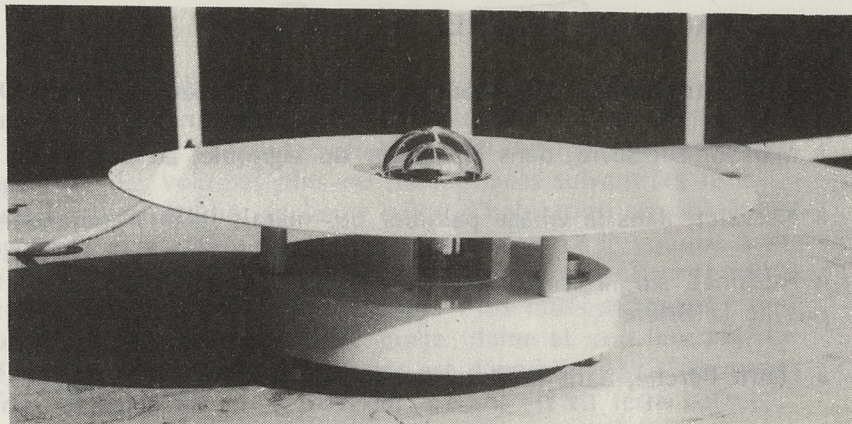
L'ANEMOMETRE A COUPELLES



SONDE THERMOCOUPLE



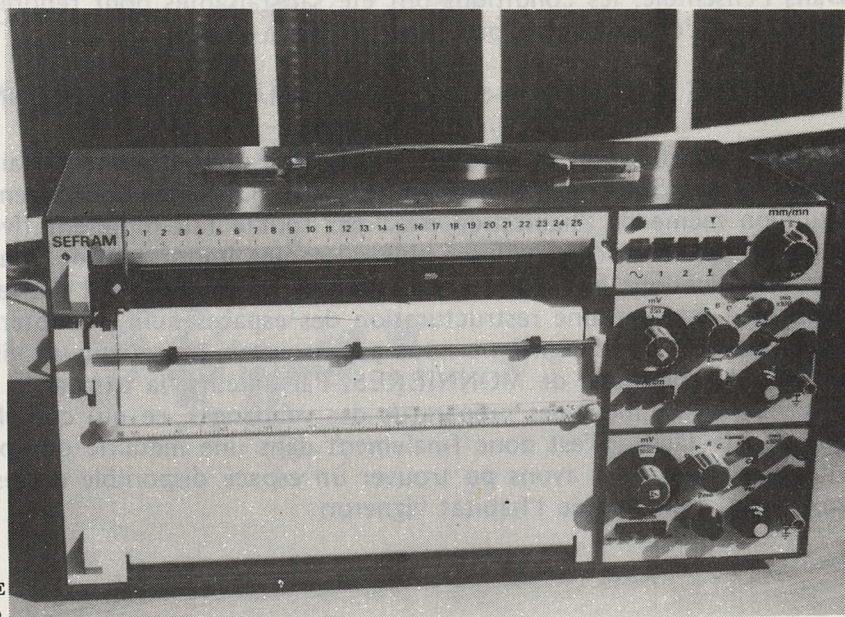
LE THERMO-BARO-HYGROGRAPHE
(Type Jules RICHARD)



LE PHYRANOMETRE



LA CENTRALE DE MESURES
SCHLUMBERGER (30 VOIES)



ENREGISTREUR GRAPHIQUE
(2 VOIES)

LA CAMPAGNE DE MESURES DE SEPTEMBRE 1979

Cinq échantillons ont été retenus pour cette période de mesures :

- à Maisdon-sur-Sèvre, dans le secteur du vignoble, au Sud de la Loire,
- à Kervalet, dans le village paludier des marais salants guérandais,
- à Kerhinet, sur la commune de St Lyphard, en bordure Ouest du Marais de la Brière,
- à Haute-Perche, dans la commune d'Arthon-en-Retz,
- à la Morinais, commune de Ruffigné, dans la secteur du pays de la Mée.

Les mesures se sont poursuivies du lundi 3 septembre 1979 jusqu'au dimanche 7 octobre, à raison d'une semaine par échantillon. La situation climatique du mois de septembre a été la suivante :

- une température moyenne normale ; le temps a été généralement chaud pendant la première quinzaine du mois de septembre, s'est rafraîchi dès la troisième décade.
- un important déficit de la pluviométrie (20 mm de moyenne pour le département contre 74 en moyenne normale ; 6 jours de pluie contre 14).
- une insolation importante durant les deux premières décades avec de belles journées ensoleillées (à Nantes, 221 heures d'insolation en septembre 1979 contre 175 heures en moyenne).
- des brumes et des brouillards fréquents le matin.

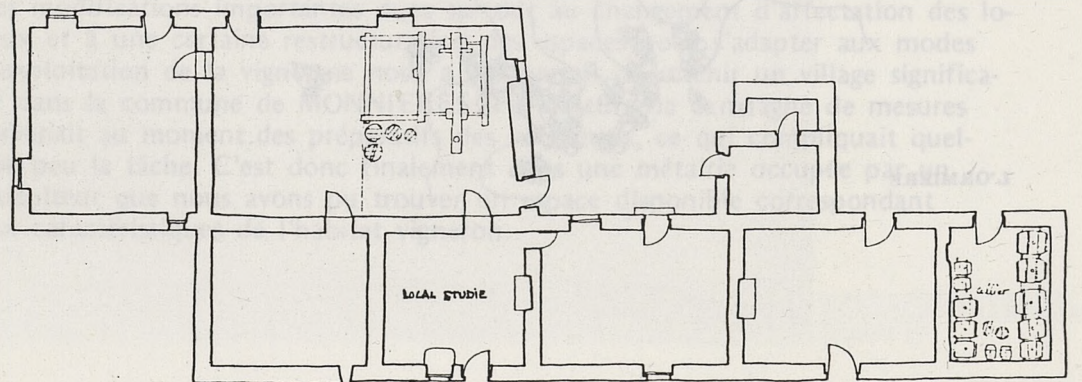
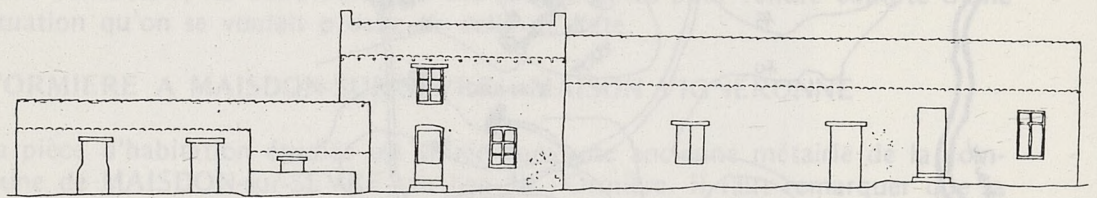
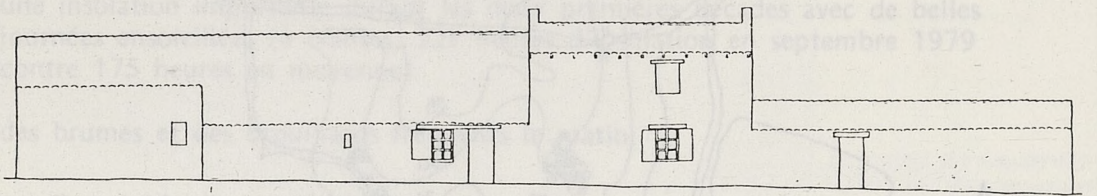
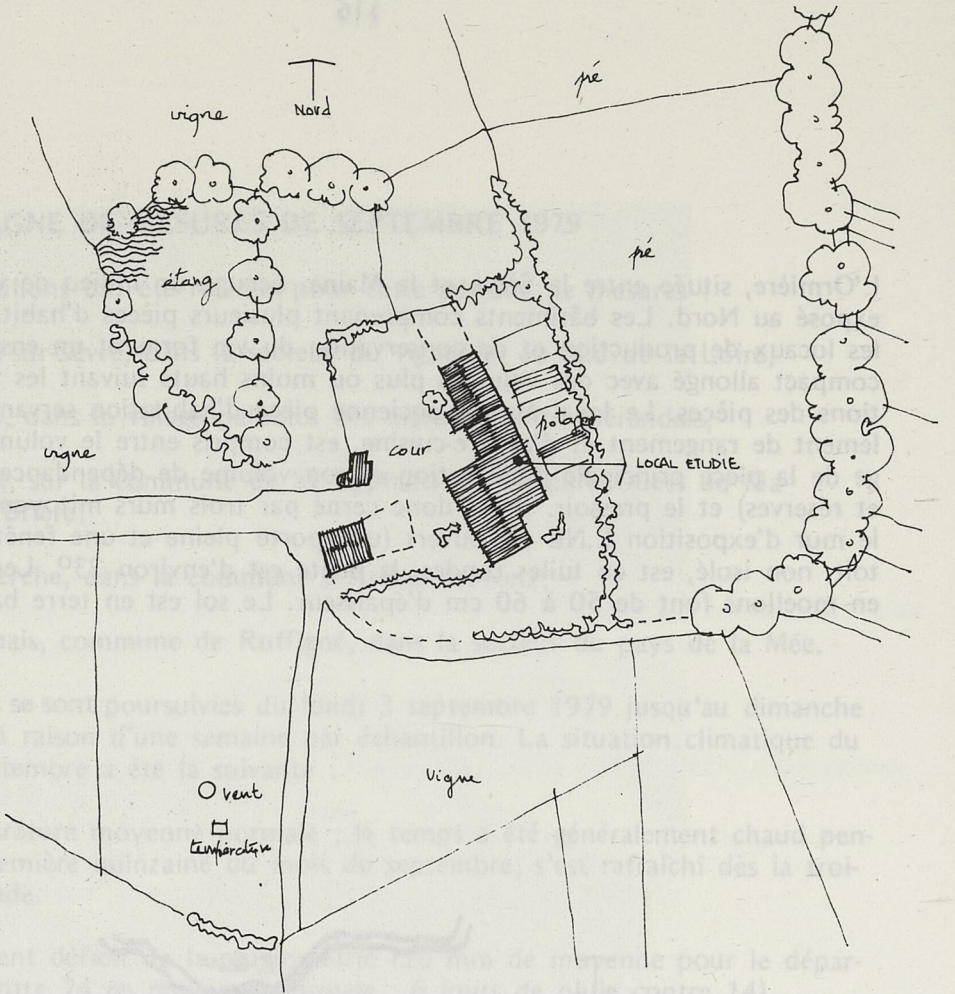
Dans l'ensemble, les conditions ont été satisfaisantes pour rendre compte d'une situation qu'on se voulait proche de celle de l'été.

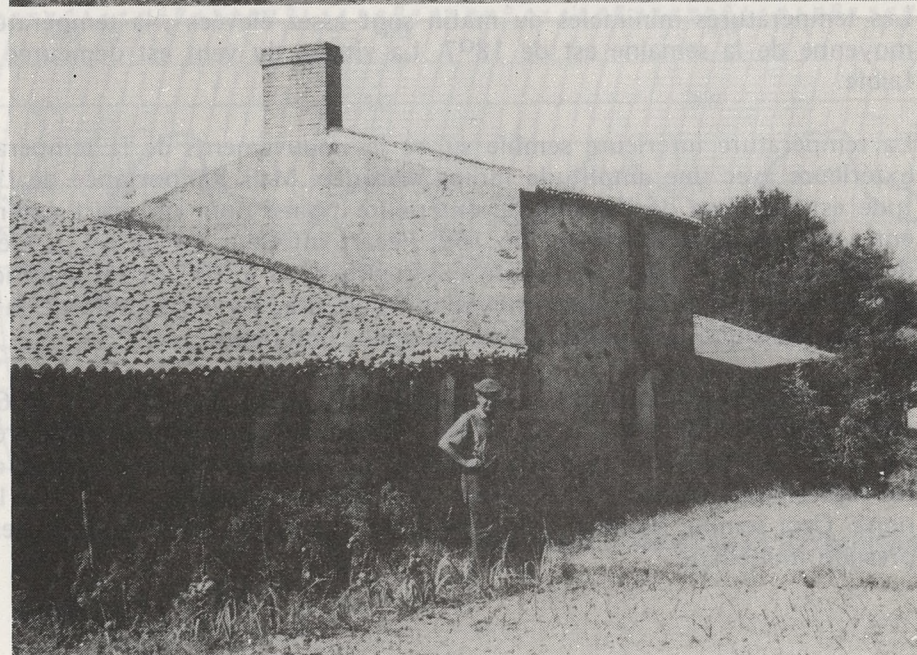
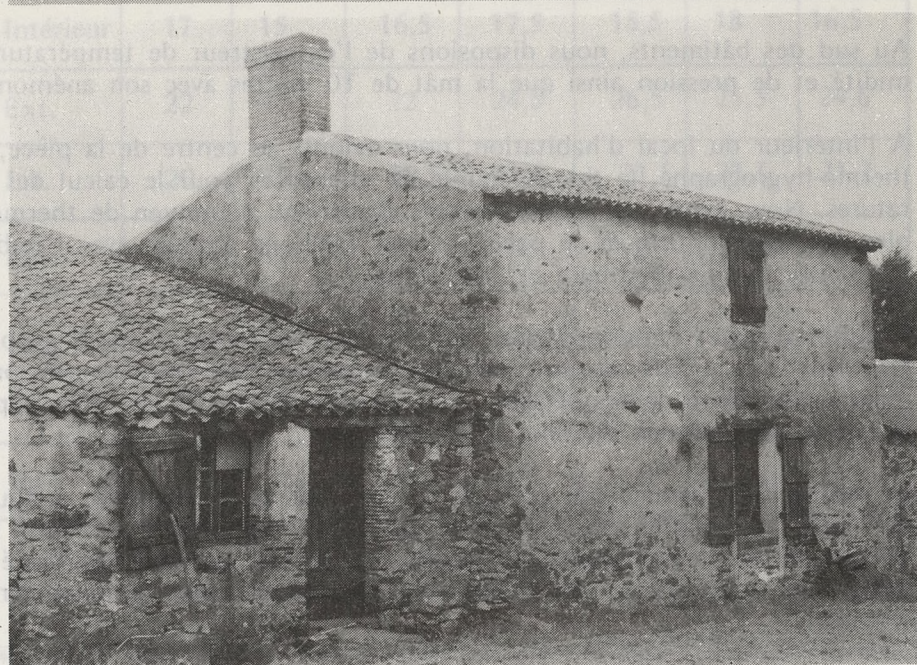
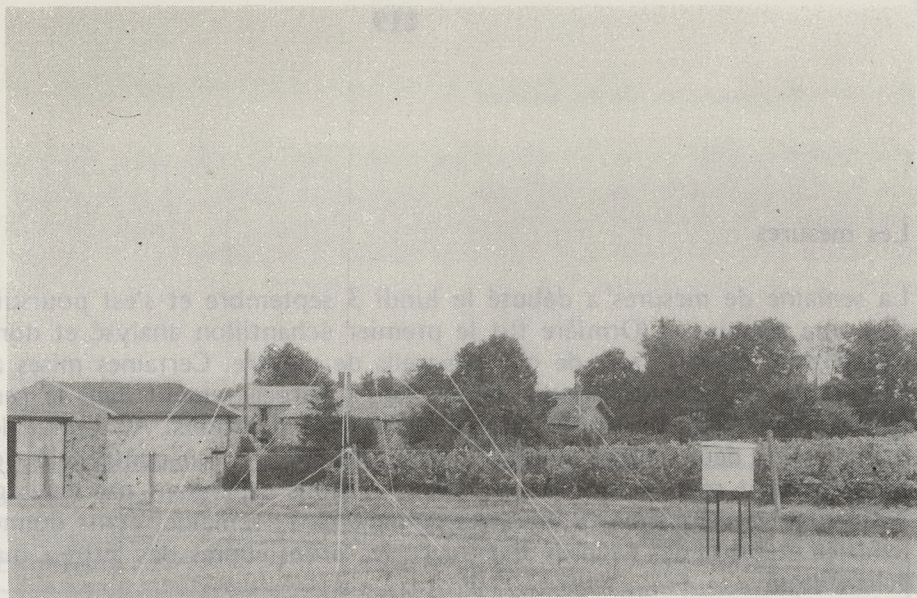
L'ORMIERE A MAISDON-SUR-SEVRE : MAISON VIGNERONNE

La pièce d'habitation étudiée est située dans une ancienne métairie de la commune de MAISDON-sur-SEVRE, au lieu-dit l'Ormière. Il faut remarquer que la situation même de l'habitation n'est pas tout à fait représentative des conditions d'implantation en villages plus ou moins importants de l'habitat vigneron. Les modifications importantes dues surtout au changement d'affectation des locaux et à une certaine restructuration des espaces pour s'adapter aux modes d'exploitation de la vigne, ne nous a pas permis de retenir un village significatif dans la commune de MONNIERES. Par ailleurs, la campagne de mesures survenait au moment des préparatifs des vendanges, ce qui compliquait quelque peu la tâche. C'est donc finalement dans une métairie occupée par un viticulteur que nous avons pu trouver un espace disponible correspondant aux caractéristiques de l'habitat vigneron.

L'Ormière, située entre la Sèvre et la Maine, occupe un milieu de versant exposé au Nord. Les bâtiments comprenant plusieurs pièces d'habitation et les locaux de production et de conservation du vin forment un ensemble compact allongé avec des volumes plus ou moins hauts suivant les fonctions des pièces. Le local étudié, ancienne pièce d'habitation servant actuellement de rangement et d'arrière-cuisine, est compris entre le volume à étage de la pièce principale d'habitation et son volume de dépendances (caves et réserves) et le pressoir. Il est donc cerné par trois murs mitoyens ; seul le mur d'exposition E.NE est ouvert (une porte pleine et une fenêtre). Le toit, non isolé, est en tuiles rondes, la pente est d'environ 23° . Les murs en moellons font de 50 à 60 cm d'épaisseur. Le sol est en terre battue.







Les mesures

La semaine de mesures a débuté le lundi 3 septembre et s'est poursuivie durant une semaine. L'Ormière fut le premier échantillon analysé et donc l'occasion d'un premier test de nos appareils de mesure. Certaines mises au point nécessaires et quelques ennuis mécaniques d'enregistrement dans la centrale de mesures ont perturbé le bon déroulement des opérations. Au terme de la semaine, seuls deux jours complets de mesures (jours non consécutifs de surcroît) se sont révélés exploitables. Nous n'avons cependant pas envisagé de poursuivre la campagne de mesures au-delà de la semaine, étant donné le calendrier établi et les accords fixés avec les propriétaires des autres maisons échantillons.

Au sud des bâtiments, nous disposons de l'enregistreur de température, d'humidité et de pression ainsi que la mâts de 10 mètres avec son anémomètre.

A l'intérieur du local d'habitation, nous avons, au centre de la pièce, un thermo-hygrographe, le thermocouple de références pour le calcul des températures. Nous avons par ailleurs relevé, également au moyen de thermocouples, les températures de la paroi du mur E.NE en contact avec l'ambiance extérieure (parois intérieure et extérieure).

L'exploitation et l'interprétation des résultats a soulevé quelques problèmes en raison, d'une part, du nombre trop restreint de mesures, d'autre part, du manque de relevé de température pour certains éléments de l'enveloppe, telle que la face interne du toit, en particulier.

Le temps de la semaine de mesures fut généralement ensoleillé, surtout l'après-midi ; les matins étant souvent couverts et légèrement brumeux. L'allure sinusoïdale des températures extérieures traduit une certaine régularité du temps (les températures maximales étant cependant assez variables dans la semaine).

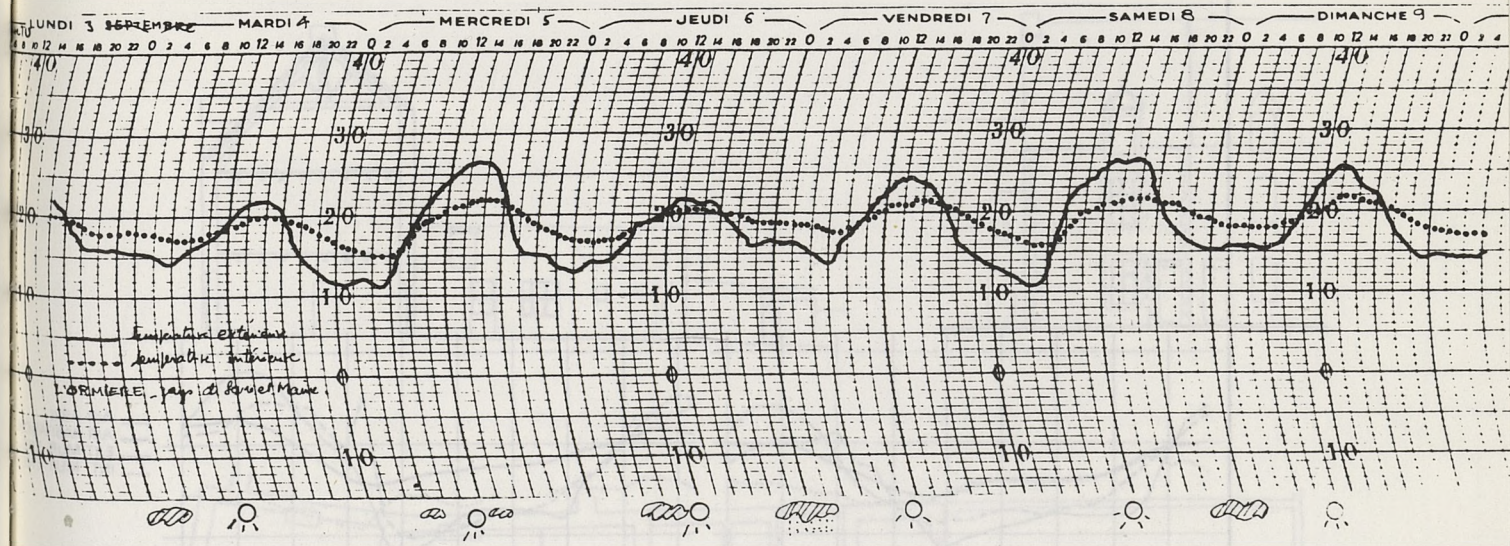
Les températures minimales du matin sont assez élevées ; la température moyenne de la semaine est de 18° . La vitesse du vent est demeurée assez faible.

La température intérieure semble suivre les mouvements de la température extérieure avec une amplitude moins marquée. Mais l'importance de l'amplitude est fonction de l'amplitude extérieure ; ainsi pour un écart extérieur entre minimum et maximum de 16° , l'écart intérieur est de 6° , il n'est que de 3° ou 4° pour une amplitude extérieure de 8 à 10° . Il est significatif d'ailleurs que la température moyenne intérieure, sur l'ensemble de la semaine, est identique à la température moyenne extérieure.

Les températures minimales extérieures s'obtiennent aux environs de 6 h du matin, donc au moment du lever du soleil ; les maxima ont lieu entre 15 et 16 h. A l'intérieur du local d'habitation, on retrouve ces extrêmes à des heures légèrement décalées, soit 16 ou 17 h pour les maxima, 7 h pour les minima. Ceci semble signifier que la réponse aux sollicitations extérieures est presque immédiate.

KERVALET, A BATZ-SUR-MER - MAISON PALLADIENNE

| TEMPERATURES | | M. 4 SEP. | M. 5 | J. 6 | V. 7 | S. 8 | D. 9 | MOY. |
|------------------|-----------|-----------|------|------|------|------|------|------|
| MINIMUM | Extérieur | 14 | 11 | 13 | 14 | 10,5 | 15 | 12,9 |
| | Intérieur | 17 | 15 | 16,5 | 17,5 | 15,5 | 18 | 16,5 |
| MAXIMUM | Ext. | 22 | 27 | 22 | 24,5 | 26,5 | 25,5 | 24,6 |
| | Int. | 20 | 22 | 20,5 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,2 |
| MOYENNE | Ext. | 18 | 19 | 17,5 | 19,2 | 18,5 | 20,2 | 18,7 |
| | Int. | 18,5 | 18,5 | 18,5 | 19,5 | 18,5 | 19,2 | 18,8 |
| AMPLITUDE DIURNE | Ext. | 8 | 16 | 9 | 10,5 | 16 | 10,5 | |
| | Int. | 3 | 6 | 4 | 4 | 6 | 3,5 | |



TEMPERATURE INTERIEURE ET EXTERIEURE

Le rôle des murs et de la toiture

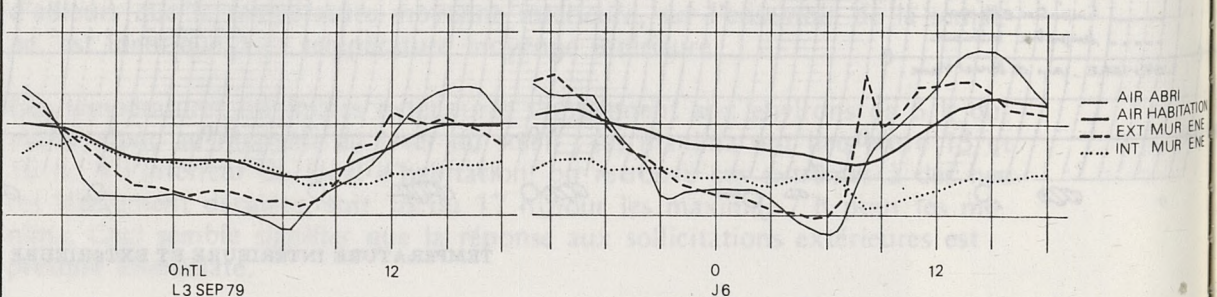
Les températures du nu extérieur du mur E.NE suivent assez rigoureusement les températures de l'air extérieur. L'exposition même du mur réduit considérablement les effets de l'irradiation solaire directe ; le mur se réchauffe tout de même plus vite que l'air le matin quand il est directement insolé dès 8 ou 9 h. Ce réchauffement, mis en évidence par le graphique des températures, n'est cependant pas très affirmé en raison de l'état du ciel assez nuageux le matin des deux journées de mesures (mardi et vendredi).

L'intérieur du mur N.NE a des amplitudes de température plus faible (20⁵ au maximum) ; il est toujours inférieur ou égal à l'air de la pièce et il suit ses variations.

Pour les autres murs, on peut supposer une température assez stable en raison de leur position dans l'ensemble du bâtiment.

Le manque de mesures et donc de répétitivité ne permet pas d'envisager avec précision les phénomènes d'échanges thermiques dans le local. Il est, par exemple, difficile d'apprécier le comportement général du mur N.NE. Il semble toutefois que les murs jouent le rôle de régulateur thermique pour l'ambiance intérieure et que l'incidence du toit dans le bilan global du local ne soit pas négligeable. En effet, les fluctuations de l'air intérieur se produisent à peu près en même temps que celles de l'air extérieur : le faible décalage pouvant être dû à la résistance thermique du toit. Ceci expliquerait l'égalité des températures moyennes intérieure et extérieure. Il aurait fallu, pour déterminer plus précisément l'impact du toit, procéder à des mesures de température à différentes hauteurs dans la pièce (stratification des couches d'air). Les infiltrations par le bas de la porte et la fenêtre ont pu aussi contribuer à la relative instabilité de la température intérieure.

De façon générale, le local d'habitation étudié se caractérise par une réponse assez directe, quoique atténuée, aux conditions de l'ambiance extérieure, due sans doute au manque d'homogénéité des éléments de l'enveloppe, notamment des caractéristiques thermo-physiques différentes du toit vis à vis des murs.



ENREGISTREMENT HORAIRE DES TEMPERATURES : MAISON

KERVALET, A BATZ-SUR-MER : MAISON PALUDIERE

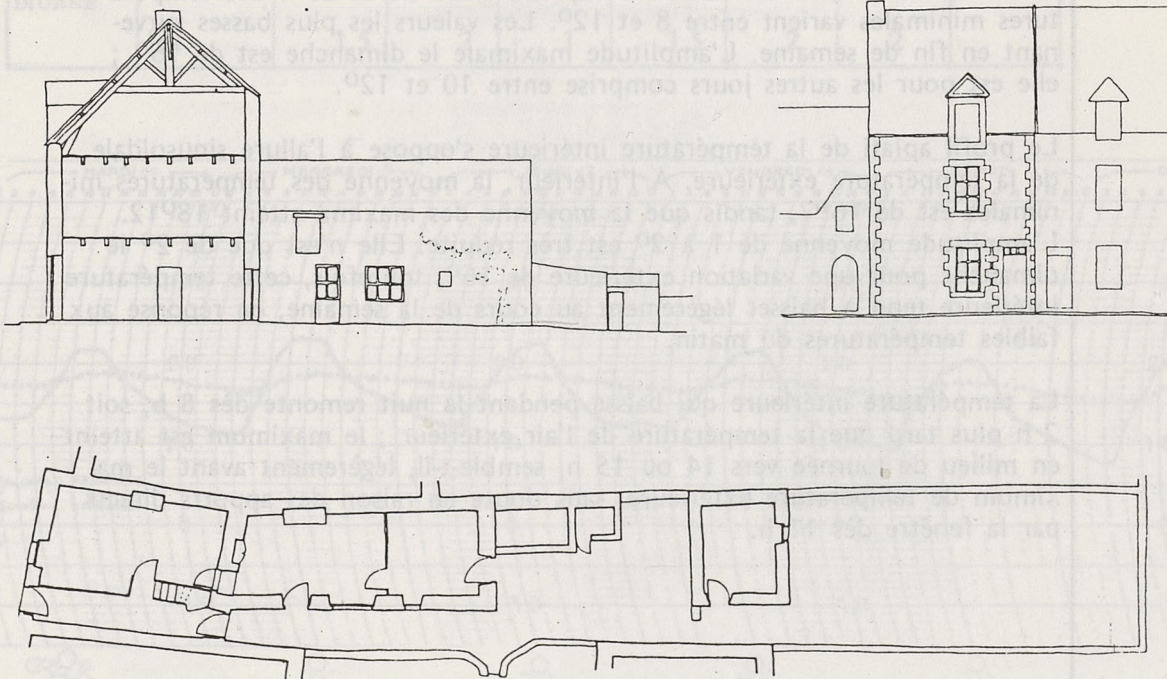
Le site retenu est celui de Kervalet, gros village de paludiers comportant une centaine de maisons (141 personnes en 1850) situé sur une proéminence rocheuse au sud du marais et dont l'altitude ne dépasse pas 10 mètres. Il domine ainsi légèrement au Nord-Ouest les marais salants (altitude 0 mètre) et au Sud la frange littorale.

Le village de Kervalet est assez représentatif des formes de groupement et de l'habitat paludier tel que nous avons pu le décrire précédemment. Il a déjà fait l'objet d'études partielles de la part de groupes d'enseignants et d'étudiants, de l'U.P. d'Architecture de NANTES, en particulier sur la simulation du vent en soufflerie et sur l'analyse typologique de l'habitat.

Le village s'organise suivant une disposition triangulaire de trois rues sur le bord desquelles prennent place les maisons alignées. Un bloc central construit avec l'église occupe l'espace central. Sa silhouette arrondie dont les extrémités se perdent dans le paysage confère à celui-ci un certain profil aérodynamique.

L'habitation, sur laquelle nous avons procédé aux mesures durant une semaine, du lundi 10 au dimanche 16 septembre, est située en bordure de la rue de l'Eglise, d'axe Sud-Ouest. Située du côté Est de la rue, elle présente les caractéristiques suivantes :

- donnant sur la rue, la maison d'habitation avec au rez-de-chaussée la pièce commune et un passage cloisonné pour l'accès au jardin, un étage de chambre et un grenier (habitation en hauteur sur une parcelle étroite et en longueur),
- perpendiculairement à celle-ci, un bâtiment annexe avec rez-de-chaussée et comble ayant servi de pièce d'habitation, ménageant un couloir extérieur dallé entre le logement proprement dit, la cour et le potager,
- des bâtiments annexes en mitoyenneté et le potager entouré de murets.



Le bâtiment est adjacent sur la rue à deux autres. Plan, coupe et élévations illustrent la distribution et l'affectation des locaux et des espaces. Actuellement, ce local est inoccupé ; il sert d'annexe et de salle d'exposition à un artisan potier. Il n'a que très peu été utilisé durant la semaine de mesures.

Les mesures

Nous avons choisi de prendre les données concernant les conditions climatiques extérieures dans le jardin même de l'habitation, situé en fond de parcelle à l'Est. Il nous semblait ainsi rendre mieux compte de la situation climatique vraie à l'intérieur du village. Malheureusement, le recalage avec les conditions climatiques du marais, hors du village, n'a pas été possible en raison du manque de matériel et de la difficulté de liaison avec la centrale de mesures située dans l'habitation même.

Les mesures effectuées à l'intérieur de l'habitation ont intéressé les trois pièces du rez-de-chaussée ; la pièce d'habitation, dans la partie la plus ancienne, donnant sur la rue, l'autre pièce d'habitation attenante dans le bâtiment perpendiculaire, qui communique par un passage ouvert avec la première, et, enfin, le local annexe placé en continuité mais totalement fermé. L'ambiance de référence a été prise dans le local du milieu qui possède une façade exposée S.SO avec une fenêtre. Des thermocouples étaient placés également sur les deux murs extrêmes d'orientation S.SE sur la cour et O.NO sur la rue.

La semaine de mesures a eu lieu du lundi 10 au dimanche 16 septembre. Le temps fut généralement beau et ensoleillé avec des vents faibles. Le diagramme de température extérieur illustre bien cette séquence de journées ensoleillées.

Température extérieure et température intérieure

Les températures maximales extérieures sont relativement constantes durant la semaine avec des valeurs comprises entre 20 et 23°. Les températures minimales varient entre 8 et 12°. Les valeurs les plus basses surviennent en fin de semaine. L'amplitude maximale le dimanche est de 16° ; elle est pour les autres jours comprise entre 10 et 12°.

Le profil aplati de la température intérieure s'oppose à l'allure sinusoidale de la température extérieure. A l'intérieur, la moyenne des températures minimales est de 16°⁰⁷, tandis que la moyenne des maxima atteint 18°¹². L'amplitude moyenne de 1 à 2° est très réduite. Elle n'est que de 2° le dimanche pour une variation extérieure de 16°, toutefois, cette température intérieure tend à baisser légèrement au cours de la semaine, en réponse aux faibles températures du matin.

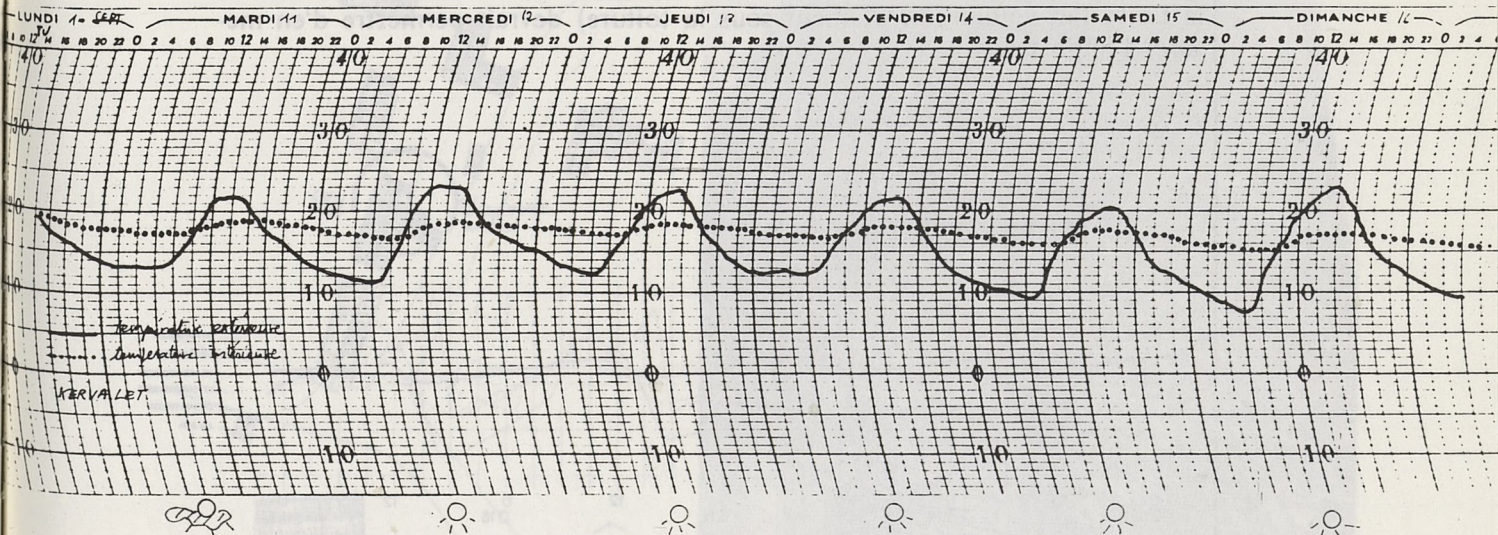
La température intérieure qui baisse pendant la nuit remonte dès 8 h, soit 2 h plus tard que la température de l'air extérieur ; le maximum est atteint en milieu de journée vers 14 ou 15 h, semble-t-il, légèrement avant le maximum de température extérieure, sans doute en raison des apports directs par la fenêtre dès 11 h.

KERHINET, A SAINT-LYPHARD - MAISON BRIERON

Donc, en résumé, une température intérieure supérieure de 1 à 2° à la température moyenne extérieure mais qui suit le mouvement moyen extérieur au jour le jour. La transmission des flux de chaleur solaire par les murs explique vraisemblablement la linéarité et la pente faible de la température intérieure.

Pour les deux autres pièces, les températures sont sensiblement égales ; la pièce fermée donnant sur le jardin étant toutefois plus froide de 1° durant la nuit en raison des pertes plus importantes tandis que la pièce d'habitation donnant sur rue est légèrement plus chaude la nuit (+ 0,5 à 1°). Durant la journée, la pièce centrale doit donc chauffer par le passage l'air de la rue ; la nuit, l'effet est inversé, le mur de la rue étant chauffé tardivement.

| TEMPERATURES | | M. 11 SEP. | M. 12 | J. 13 | V. 14 | S. 15 | D. 16 | MOY. |
|------------------|-----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| MINIMUM | Extérieur | 12,5 | 11 | 12 | 12 | 9 | 7 | 10,6 |
| | Intérieur | 17,5 | 17 | 17,5 | 17 | 16 | 15,5 | 16,7 |
| MAXIMUM | Ext. | 22,5 | 23,5 | 22,5 | 22 | 20 | 23 | 22,2 |
| | Int. | 19 | 19 | 18,5 | 18,5 | 18 | 17,5 | 18,4 |
| MOYENNE | Ext. | 17,5 | 17,2 | 16,7 | 17 | 14,5 | 15 | 16,4 |
| | Int. | 18,2 | 18 | 18 | 17,7 | 17 | 16,5 | 17,6 |
| AMPLITUDE DIURNE | Ext. | 10 | 12,5 | 10,5 | 10 | 11 | 16 | |
| | Int. | 1,5 | 2 | 1 | 1,5 | 2 | 2 | |



TEMPERATURE INTERIEURE ET EXTERIEURE

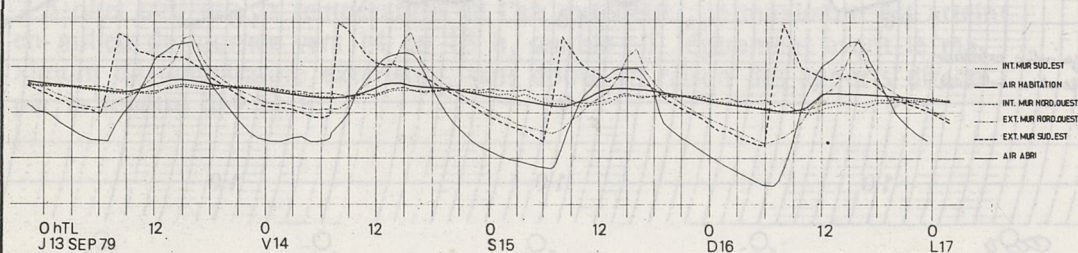
Les températures des murs

Le mur E.SE, du côté jardin, est chauffé directement par le soleil dès son lever, jusqu'à environ 8 ou 9 heures. Il monte donc en température nettement plus vite que l'air extérieur, après quoi il redescend et semble se stabiliser entre 12 et 15 heures, puis décroître à nouveau avec la température de l'air à laquelle il demeure supérieure pendant la nuit (faible convection et rayonnement vers la voûte céleste réduit par l'environnement construit avoisinant). Le régime de température du mur semble donc cohérent sauf entre 15 et 17 ou 18 heures où sa température, au lieu de croître ou de se maintenir, en raison de la température de l'air extérieur plus élevée, commence à décroître alors que les conditions intérieures sont inchangées (maintien de la température intérieure et de la température de la paroi intérieure du mur). Il faut alors admettre que le mur perde sa chaleur par rayonnement à l'extérieur vers d'autres corps plus froids (le mur nord du bâtiment mitoyen ou des murs O.NO des annexes ?).

L'intérieur du mur assez stable en température se maintient au niveau de la température de l'air ambiant intérieur. La nuit, cependant, sa température devient supérieure à celle de l'air et l'apport calorifique réduit transmis depuis l'extérieur, évite à la pièce de descendre trop en température (perte de 1° en 8 heures). Le mur de 65 cm d'épaisseur joue donc un rôle thermique important dans le cycle jour-nuit.

Le phénomène est identique pour le mur de la façade sur rue. Le cycle est le suivant : dès le lever du soleil, la température du mur non irradié monte en même temps que celle de l'air, mais moins vite. Entre 15 et 16 heures, l'effet de l'irradiation directe augmente la température de surface du mur qui dépasse alors celle de l'air extérieur ; enfin, elle décroît à la tombée du jour et atteint son minimum avant le coucher du soleil. Durant la nuit, sa température est supérieure à celle de l'air (pertes radiatives réduites).

Le bilan de la face interne du mur de la rue est positif de 20 heures à 9 heures du matin. Sa surface est plus chaude que celle de l'air, donc contribue à amortir les effets de refroidissement nocturnes par infiltration et les parois vitrées ; elle est plus froide que l'air durant la journée de 10 heures à 20 heures. Le phénomène d'emmagasinement et de restitution de chaleur, ici assez clairement exprimé, permet donc au local d'être moins sensible aux variations diurnes des températures. Nous n'avons pu, dans cet exemple, mesurer l'impact de l'étage supérieur du grenier dans le bilan obtenu. L'analyse comparative de la maison de Kervalet avec les maisons du Sud de la Loire (au volume directement sous la toiture) devrait permettre d'en mesurer l'importance.

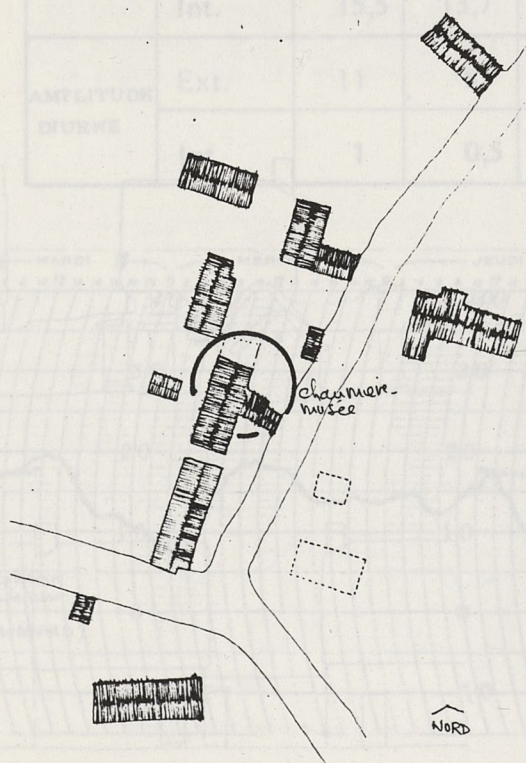


KERHINET, A SAINT-LYPHARD : MAISON BRIÉRONNE

Il ne nous a pas été possible de disposer d'une ancienne maison d'habitation dans les îles de Mazin ou de Fedrun. Ces deux îles, les plus typiques du Parc, sont les plus touristiques et sujettes à des règlements architecturaux assez stricts. Il en résulte, peut-être, une certaine méfiance des habitants pour le genre de manipulation que nous envisagions d'effectuer. Les dirigeants du Parc Régional de Brière ont donc mis à notre disposition une ancienne chaumière, à l'intérieur du village de Kérhinet, situé sur la commune de SAINT-LYPHARD, en bordure Ouest du Marais de la Brière. Ce village, en cours de restauration, abritera diverses activités culturelles et artisanales. La chaumière étudiée sert actuellement de musée et reconstitue l'intérieur de l'habitat traditionnel briéron.

Le village rural briéron a une structure de groupement beaucoup moins affirmée que le village îlien ; la tendance d'exposition vers le Sud y est moins marquée et les maisons sont indifféremment en pierres hourdies de terre avec ou sans enduit badigeonné à la chaux. Néanmoins, les autres caractéristiques spécifiques de l'habitat briéron des îles sont conservées : module de base d'une pièce d'habitation avec porte et fenêtre généralement groupées, groupement en bande de plusieurs habitations, toiture importante en chaume abritant le grenier, façade Nord aveugle...

La chaumière-musée étudiée comprend l'habitation principale et l'ex-habitation accolée avec, devant celle-ci, l'aire ; en angle avec la façade principale, l'écurie et la soue à cochons ; à l'arrière, un bâtiment annexe. La façade principale est orientée à l'Ouest tandis que les dépendances ouvrent au Sud. La façade arrière Est est percée comme la façade principale d'une fenêtre et d'une porte d'accès. La chaumière (en l'état actuel) a son mur pignon exposé au Sud ; l'autre mur pignon est mitoyen. Les murs sont en pierres sans enduit de 60 à 75 cm. La maison comprend une seule pièce d'habitation et, à l'étage, sous le toit, le grenier. La toiture en chaume d'épaisseur 30 à 35 cm, est en roseaux de Brière mélangés de joncs. Le sol est en terre battue et les enduits des murs intérieurs badigeonnés à la chaux.

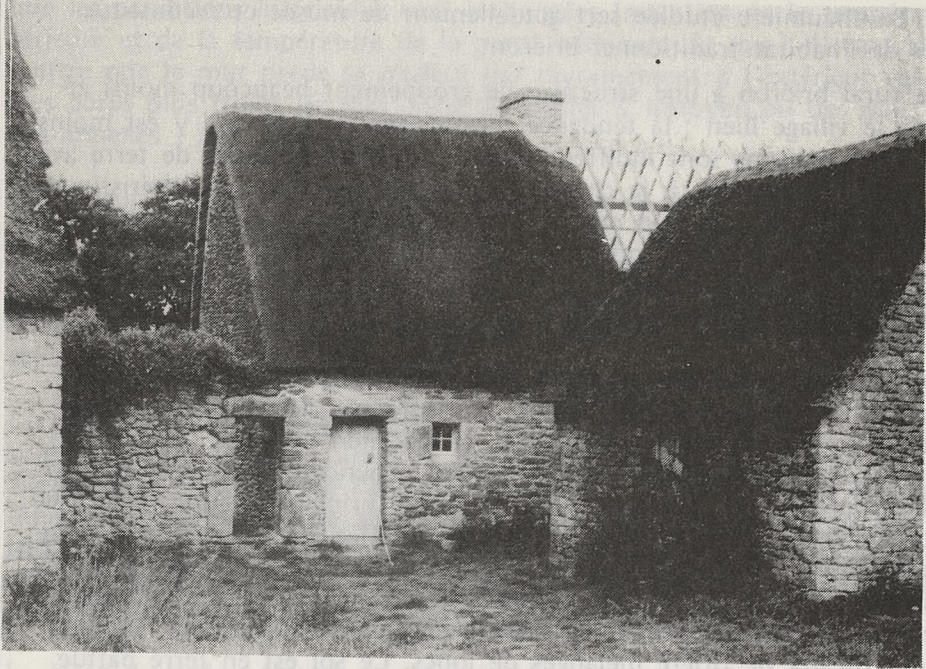


KERHINET

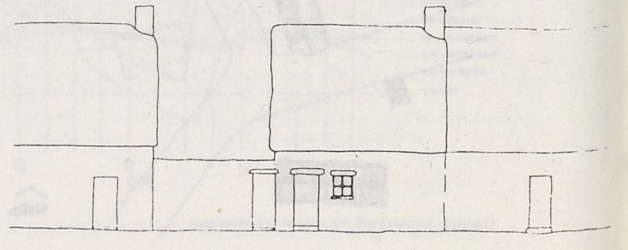
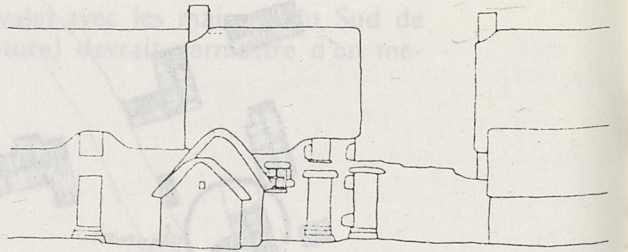
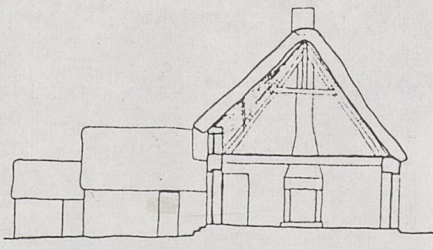
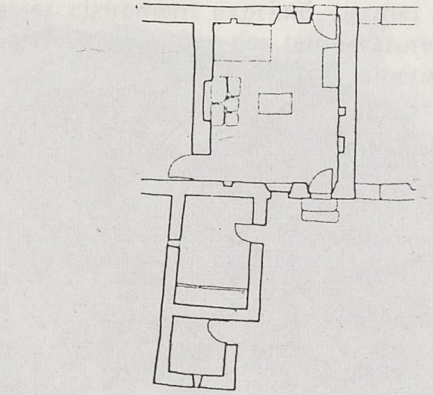


KERHINEF, A SAINT-LYPHARD : MAISON BRETONNE

Il s'agit d'une maison traditionnelle bretonne, construite en pierre de taille et recouverte d'un toit en chaume. La maison est située dans le village de Saint-Lyphard, dans le département de la Mayenne. Elle est caractérisée par son toit à double versant très prononcé, qui sert à protéger les murs de la pluie et du vent. La maison est divisée en plusieurs pièces, dont une grande salle à manger et une cuisine. Elle est entourée d'un jardin et d'un verger.



La maison est construite en pierre de taille et recouverte d'un toit en chaume. Elle est caractérisée par son toit à double versant très prononcé, qui sert à protéger les murs de la pluie et du vent. La maison est divisée en plusieurs pièces, dont une grande salle à manger et une cuisine. Elle est entourée d'un jardin et d'un verger.

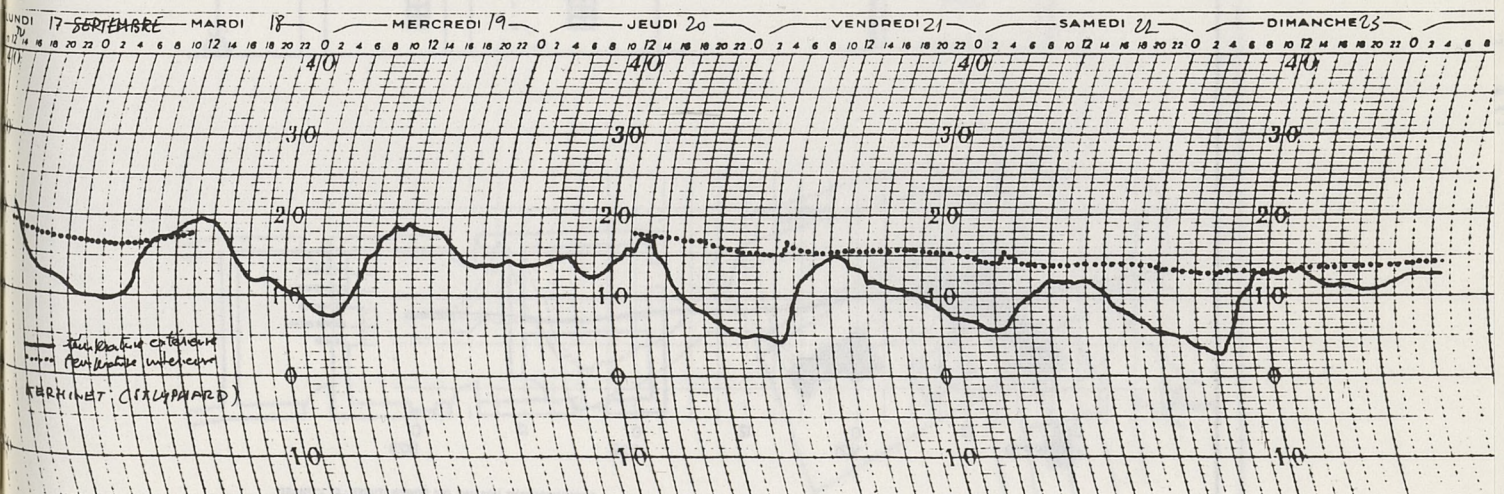


KERHINEF

Le local est resté inoccupé durant toute la durée des mesures qui s'est déroulée du lundi 17 septembre au dimanche 23. En raison d'une panne dans l'enregistrement de la température intérieure, survenue dès le mardi, nous n'avons pu disposer que des 3 jours de mesures du jeudi après-midi au lundi matin. Les moyennes sont donc légèrement faussées et les types de temps mal établis. Pendant ces trois jours, le temps a été assez instable, caractérisé par de nombreux passages nuageux et quelques pluies.

La température moyenne extérieure en fin de semaine est inférieure à 10° , en raison de maximums peu élevés (inférieurs à 15°). La température intérieure de la pièce d'habitation est en revanche nettement plus élevée (14° en moyenne) et se caractérise par des écarts diurnes très faibles de l'ordre du degré. Elle est sensible cependant à la baisse de température d'ensemble d'une journée puisqu'elle a diminué de près de 2° entre le vendredi midi et le samedi midi. Du jeudi au dimanche, la température est restée supérieure à la température extérieure grâce à l'énergie accumulée dans les murs dans les jours ou les semaines précédentes.

| TEMPERATURES | | V. 21 SEP. | S. 22 | D. 23 | MOY. |
|------------------|-----------|------------|-------|-------|------|
| MINIMUM | Extérieur | 1 | 6,5 | 3 | 4,5 |
| | Intérieur | 15 | 13,5 | 12,5 | 13,6 |
| MAXIMUM | Ext. | 15 | 12,5 | 14 | 13,8 |
| | Int. | 16 | 14 | 14 | 14,6 |
| MOYENNE | Ext. | 9,5 | 9,5 | 7,5 | 9,2 |
| | Int. | 15,5 | 13,7 | 13,2 | 14,1 |
| AMPLITUDE DIURNE | Ext. | 11 | 6 | 11 | |
| | Int. | 1 | 0,5 | 1,5 | |



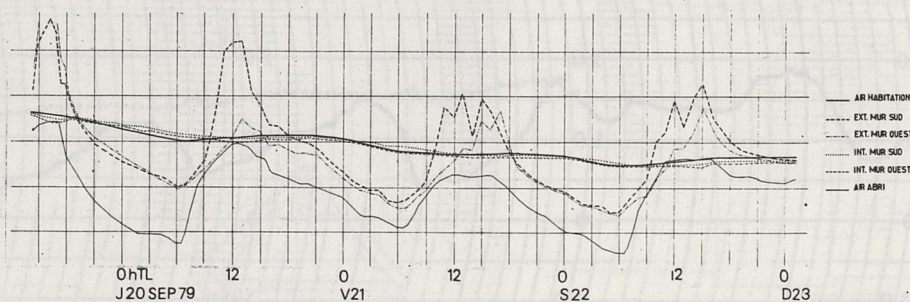
TEMPERATURE INTERIEURE ET EXTERIEURE

A cela, il faut ajouter l'effet de restitution vers l'intérieur de la chaleur reçue quotidiennement par les murs. C'est principalement le cas du mur Sud dans la journée du vendredi par exemple. En effet, dès 10 heures du matin, le mur s'échauffe rapidement sous l'effet des rayons solaires tandis qu'au même moment, la température du nu intérieur du mur devient inférieure à la température de l'air ambiant. Dès midi, l'irradiation diminue et le mur se refroidit, par convection au contact de l'air extérieur, d'autant que celui-ci est resté frais. Vers 20 heures, le soir, le phénomène s'inverse et le nu intérieur du mur devient plus chaud que l'air ambiant donc retarde son refroidissement nocturne. Le flux de chaleur accumulée par le mur s'est donc restitué totalement, pertes par l'extérieur et transmission de chaleur vers l'intérieur.

Le mur Ouest, dans le même jour de vendredi, n'a pas joué le même rôle. Sous l'effet d'une irradiation faible en début d'après-midi, il s'échauffe légèrement, puis se refroidit rapidement en soirée. Pendant le même temps, l'air intérieur est resté plus chaud que la face interne du mur. La nuit, le phénomène ne s'inverse pas et le mur continue toujours à perdre par l'extérieur, contribuant alors à baisser la température de l'air intérieur. Ce comportement serait identique pour le mur Sud dans le cas d'une journée non ensoleillée. Dans ces conditions, le mur ne joue qu'un rôle de retardateur et s'oppose par sa masse à la baisse de température provoquée par la chute de température extérieure. Ceci explique que la température interne a pu se maintenir durant les trois jours de mesures, continuellement au dessus de la température extérieure.

La température du grenier est beaucoup plus fluctuante et répond davantage aux sollicitations de l'extérieur : grenier plus chaud le jour quand la journée est belle ; plus frais, la nuit, en raison des nombreuses infiltrations par la toiture.

Le comportement thermique de la chaumière est tout à fait comparable à celui de la maison de Kervalet, mais les conditions climatiques extérieures défavorables ont permis de mettre à jour, non seulement le cycle de transmission jour-nuit, mais aussi l'effet d'accumulation des murs durant de longues périodes s'opposant ainsi à un refroidissement rapide général. Néanmoins, dans notre exemple, la température intérieure est restée faible, 14⁰ en moyenne sans jamais dépasser 16⁰, donc bien inférieure à la norme de 18⁰ qui a cours actuellement.



ENREGISTREMENT HORAIRE DES TEMPERATURES : ST LYPHARD

HAUTE PERCHE A ARTHON-EN-RETZ : MAISON DU PAYS DE RETZ

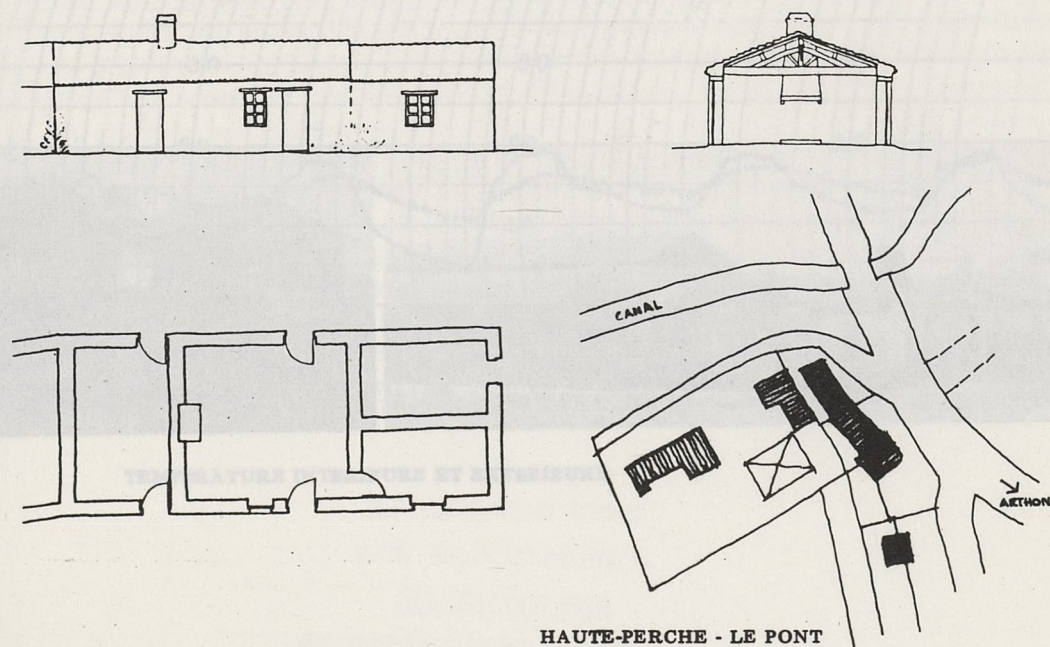
Le village de Haute-Perche est situé au Nord-Ouest du bourg d'ARTHON, à proximité d'un canal. La pièce d'habitation dans laquelle nous avons procédé aux mesures fait partie d'une barre comprenant plusieurs maisons, à la sortie du village.

L'environnement naturel est donc assez dégagé ; le site est plat et ouvert sans écrans de végétation. En revanche, l'environnement construit a été quelque peu modifié au début du siècle par la construction de bâtiments d'exploitation agricole, parallèlement à la façade O.SO de la barre et à une très faible distance. Cependant, l'incidence sur l'ensoleillement direct de la façade O.SO n'a pas été sensible durant la période de mesures (soleil suffisamment haut dans le ciel). En revanche, le « couloir » créé entre les deux bâtiments a pu donner lieu à des conditions d'ambiance différentes de l'ambiance extérieure (stagnation de l'air, réduction des mouvements d'air).

La façade principale correspondant à l'accès est exposée à l'E.NE ; la façade arrière à l'O.SO ne comporte que des portes de sortie vers l'extérieur. La pièce d'habitation est en mitoyenneté avec deux autres locaux. De construction traditionnelle, le local se caractérise par la faible dimension de ses ouvertures (une fenêtre en façade E.NE et une porte pleine), le sol en terre battue et le volume directement au contact de la couverture en tuiles romaines. La cheminée est positionnée dans le pignon Sud. Notons tout de suite que la perméabilité de l'enveloppe aux infiltrations ne sont pas négligeables (bas des deux portes-fenêtres et toiture). Les murs d'épaisseur de 50 cm sont en pierre et recouverts d'un enduit badigeonné à la chaux. Dans notre échantillon, les enduits sont altérés et ne subsistent que sur la façade E.NE.

Le local ne fut que rarement utilisé durant la semaine de mesures ; il sert actuellement de remise. La cheminée est occasionnellement utilisée pour la cuisson d'aliments pour les bêtes. Les mesures commencées le lundi 24 septembre ont duré une semaine et nous disposons de 5 jours consécutifs de mesures.

A l'extérieur, en site dégagé, nous avons placé le thermobarohygrographe et l'anémomètre. A l'intérieur, nous avons enregistré les températures suivantes : parois intérieures et extérieures du mur Est et du mur Ouest, paroi intérieure du mur mitoyen Nord, face interne de la toiture (voligeage en bois).



HAUTE-PERCHE - LE PONT

Les résultats des mesures

Les conditions météorologiques de la semaine de mesures ont été satisfaisantes : temps généralement ensoleillé surtout l'après-midi avec peu de vent, temps couvert le matin, notamment en fin de semaine.

L'examen des températures extérieures fait apparaître des maxima en début d'après-midi entre 14 et 15 heures, mais les minima sont davantage dispersés : en milieu de nuit, 2, 3 ou 5 heures du matin, correspondant alors à des ciels couverts (réduction des pertes vers l'atmosphère) ou vers 6 heures 30, au lever du soleil, dans le cas des nuits claires (jeudi et vendredi par exemple).

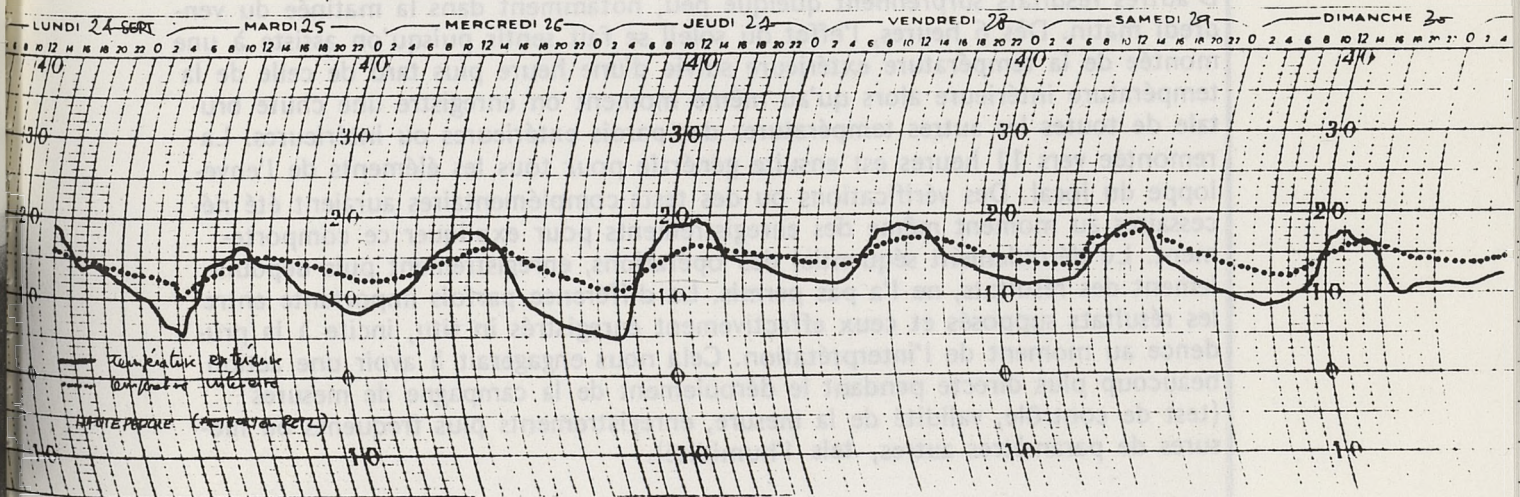
Les températures maximales sont comprises entre 18 et 20°, donc inférieures à celles du début du mois de septembre et les températures minimales sont situées autour de 10°. Signalons la nuit fraîche de mercredi à jeudi. La température moyenne de la semaine est d'environ 13°5.

La température de l'air intérieur de la pièce d'habitation fluctue, mais dans des conditions moindres. Les maxima restent toutefois faibles de 16 à 18°, soit 2° de moins qu'à l'extérieur ; les minima étant plus variables et pouvant devenir très faibles (nuit de mercredi à jeudi). Le local se caractérise par une température moyenne dans la semaine assez faible de 14°5, soit seulement 1° de plus que la température moyenne extérieure ; les amplitudes diurnes de 4 à 6° sont importantes, comparées aux amplitudes extérieures.

La superposition des deux courbes de température intérieure et extérieure montre, comme dans le cas de l'échantillon du vignoble, une répercussion assez immédiate à l'intérieur de l'habitation, des variations de la température extérieure. A une amplitude marquée à l'extérieur, correspond une amplitude forte à l'intérieur et les températures extrêmes intérieures et extérieures ne sont que très légèrement décalées (1 ou 2 heures). Les éléments constituant l'enveloppe du local dans son ensemble ou un des éléments de l'enveloppe en particulier ne semblent donc pas constituer un écran thermique aux sollicitations extérieures.



| TEMPÉRATURES | | M. 26 SEP. | J. 27 | V. 28 | S. 29 | D. 30 | MOY. |
|---------------------|-----------|------------|-------|-------|-------|-------|------|
| MINIMUM | Extérieur | 8 | 4,5 | 11,5 | 11 | 8 | 8,6 |
| | Intérieur | 12 | 10,5 | 14 | 13,5 | 12 | 12,4 |
| MAXIMUM | Ext. | 18 | 19,5 | 19 | 19 | 18 | 18,7 |
| | Int. | 16 | 16,5 | 17 | 17,5 | 16 | 16,6 |
| MOYENNE | Ext. | 13 | 12 | 15,2 | 15 | 13 | 13,6 |
| | Int. | 14 | 13,5 | 15,5 | 15,5 | 14 | 14,5 |
| AMPLITUDE DIURNE | Ext. | 10 | 15 | 7,5 | 8 | 10 | |
| | Int. | 4 | 6 | 3 | 4 | 4 | |



TEMPÉRATURE INTERIEURE ET EXTERIEURE

UNITE PÉDAGOGIQUE
 D'ARCHITECTURE N° 3
 BIBLIOTHÈQUE
 2 av. de Paris 78000 VERSAILLES

Les températures des murs et de la toiture

Le mur extérieur O.SO enregistre un maximum de température vers 15 heures. Ce pic qui peut atteindre 30° , s'amorce dès 11 heures ou midi, heure à laquelle le soleil l'irradie directement et cesse vers 17 heures, 18 heures, quand le soleil décline à l'horizon. Dans la soirée, la température du nu extérieur du mur chute avec la température extérieure.

La face interne de ce même mur en contact avec l'ambiance intérieure enregistre des variations plus faibles de l'ordre de 5 à 6° , mais non négligeables et même un peu surprenantes, compte-tenu de la masse de matériau dans le mur. Ces variations semblent suivre avec un certain retard les variations de la température extérieure, les minima se produisant le matin vers 6 heures, puis le mur interne se réchauffe progressivement comme la température intérieure et atteint un seuil maximum de 14° à 15° entre 16 heures et 19 heures pour se refroidir ensuite. Il ne semble pas y avoir de déphasage significatif entre les températures des faces interne et externe du mur.

Le mur extérieur E.NE de la façade principale devrait se réchauffer dès le lever du soleil, or, cela ne se produit, et, encore faiblement, que le matin du mardi et du jeudi où, à 8 heures, la température du nu extérieur est plus chaude que celle de l'air. Ceci est vraisemblablement dû à la faible insolation directe matinale (couverture nuageuse et brume). Les maxima ont encore lieu en milieu de journée.

La température intérieure du nu intérieur du mur E.NE est déphasée d'environ une demi-journée ; les maxima se produisant en fin de journée vers 20 heures, après quoi, durant la nuit, la température est supérieure à la température ambiante intérieure. Ceci semble indiquer une progression du flux de l'extérieur vers l'intérieur, telle que l'effet soit ressenti une douzaine d'heures plus tard. Le mur E.NE, pourtant de mêmes caractéristiques que le mur O.SO, aurait donc un comportement différent qui s'explique mal.

D'autres résultats surprennent quelque peu, notamment dans la matinée du vendredi matin. Dès 6 heures, l'effet du soleil se fait sentir puisqu'on assiste à une montée de la température extérieure suivie d'une heure plus tard de celle de la température intérieure alors qu'au même moment on enregistre une chute brutale de toutes les autres températures des parois extérieures ou intérieures. La remontée vers 11 heures est ensuite générale pour tous les éléments de l'enveloppe du local. Des vérifications ou des tests complémentaires auraient été nécessaires au moment même des enregistrements pour expliquer ce comportement. Le déroulement séquentiel des opérations, enregistrement puis dépouillement des résultats, ne l'a pas permis. La différence parfois importante entre les résultats supposés et ceux effectivement enregistrés in situ, incite à la prudence au moment de l'interprétation. Cela nous engagerait à avoir une action beaucoup plus directe pendant le déroulement de la campagne de mesures (test de contrôle, validité de la mesure, enregistrements plus fréquents ou mesures de paramètres autres, tels l'humidité).

UNITÉ PÉDAGOGIQUE

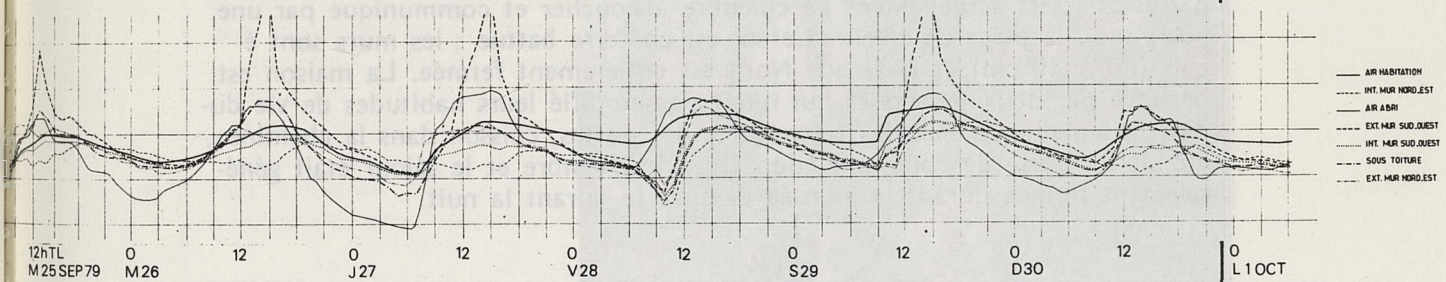
D'ARCHITECTURE N° 3

BIBLIOTHÈQUE

2 av. de Paris, 78000 VERSAILLES

Quant à la face interne de la toiture, sa température suit, avec un décalage d'une à deux heures, la température extérieure qu'elle dépasse parfois. Son amplitude est d'ailleurs très importante, pouvant atteindre 8 à 10°. C'est dans le bâtiment un élément à réponse rapide qui peut avoir une incidence importante sur les variations internes instantanées de la température intérieure.

Le local, d'une manière générale, a un comportement thermique équivalent au local étudié dans le pays de la vigne. Une campagne de mesures complémentaire en période hivernale semble nécessaire si l'on veut appréhender mieux l'ensemble des phénomènes mis en avant durant la campagne d'été. Ceci est vrai, en particulier, si l'on veut mettre en évidence les rôles, apparemment opposés des murs et de la toiture, dans le bilan thermique global résultant.

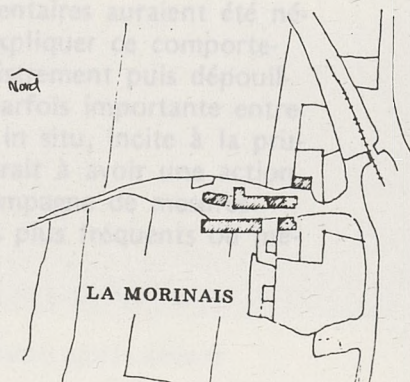
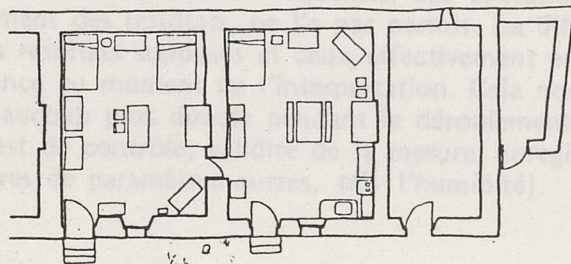
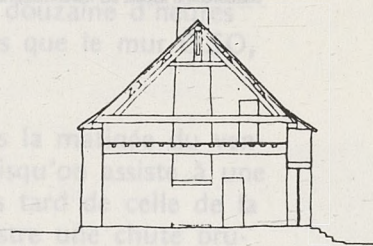
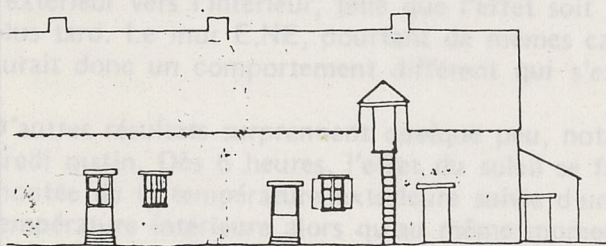


ENREGISTREMENT HORAIRES DES TEMPERATURES - ARTHON

LA MORINAIS A RUFFIGNÉ : PAYS DE LA MÉE

La campagne de mesures s'est déroulée durant la semaine du lundi 1er octobre au dimanche 7 octobre. La maison d'habitation étudiée est située dans une barre d'orientation Sud, au village de la Morinais, à l'extrémité Est de la commune de RUFFIGNÉ. L'échantillon ainsi sélectionné possède les caractéristiques mises en avant dans l'enquête statistique ; à savoir : localisation du village sur un versant exposé Sud, une grande barre d'habitation d'environ 45 mètres également exposée Sud ; enfin, un habitat non transformé conservant l'aspect et les éléments traditionnels (façade Sud ouverte, portes et fenêtres associées, cheminée en pignon, pièces d'habitation jointives, murs en pierre non enduits, grenier sur toute la longueur de la barre et toiture en ardoises). Le village est resté à peu près intact, sauf dans la partie Ouest où il a été modifié par adjonction de nouveaux bâtiments.

La pièce d'habitation analysée est située pratiquement au premier tiers de la barre. Elle sert actuellement de chambre à coucher et communique par une porte avec la pièce de séjour. Le sol est en terre battue ; les murs sont épais (60 à 80 cm) et la façade Nord est entièrement fermée. La maison est occupée par deux personnes qui n'ont pas modifié leurs habitudes de vie durant la semaine de mesures (ouvertures des portes, cuisson dans la cheminée, etc...). La porte de communication entre la chambre et le séjour était généralement fermée durant la journée et ouverte durant la nuit.



UNITÉ PÉDAGOGIQUE

D'ARCHITECTURE N° 3

BIBLIOTHÈQUE

2, rue de Paris, 78000 VERSAILLES

éléments mesurés. La liaison du nivel se surélève automatiquement la se spider
 tant cependant faible,
 A l'extérieur, dans le potager au sud de l'habitation et en site suffisamment
 désolé, nous avons disposé le point de l'antennomètre. Les thermomètres
 topographiques sont placés sur des poteaux en bois au lieu de se surélever
 dans le jardin. On a également placé un thermomètre au-dessus de la porte
 A l'intérieur, des sondes de températures ont été placées aux différents
 points de la pièce afin d'obtenir

Pendant la semaine la température
 particulièrement élevée est celle
 au cours de laquelle la température
 n'a pas dépassé 17°C. Les
 thermomètres ont été placés
 dans les pièces suivantes :
 - dans la chambre à coucher
 - dans la cuisine
 - dans le salon
 - dans le jardin
 - dans le potager
 - dans le grenier
 - dans le sous-sol

| TEMPERATURES | |
|-------------------|---------|
| MOYENNE | Ext. 17 |
| Chambre à coucher | 18.5 |
| Cuisine | 18.5 |
| Salon | 18.5 |
| Jardin | 18.5 |
| Potager | 18.5 |
| Grenier | 18.5 |
| Sous-sol | 18.5 |



degré de l'air au moyen d'un
 thermomètre directement la température
 relative ne s'élève pas que
 dans le local au vif.
 Les thermomètres sont placés dans une pièce
 qui doit rendre compte de la
 température ainsi qu'un thermo-
 mètre de la pièce de la cour voi-
 sinité de la chambre.

Éléments mesurés

A l'extérieur, dans le potager au Sud de l'habitation et en site suffisamment dégagé, nous avons disposé le mât avec l'anémomètre ainsi que le thermobarohygraphe placé sous abri.

A l'intérieur, des sondes de températures ont été placées sur les différentes parois de la pièce afin d'obtenir au même moment l'ensemble des températures de surface. Nous avons donc :

- un thermocouple sur la paroi intérieure du mur Nord fermé,
- un thermocouple sur la paroi intérieure du mur Ouest, mur mitoyen avec l'habitation adjacente (inoccupée et sans fermeture)
- un thermocouple sur la paroi intérieure du mur mitoyen Est avec la pièce de séjour,
- un thermocouple sur les deux faces internes et externes du mur Sud,
- un thermocouple sur la face interne du plancher de séparation avec le grenier.

La température de référence était prise au centre de la pièce au moyen d'un thermocouple. Un capteur permettait en plus d'obtenir directement la température vraie de l'air ambiant intérieur ; le thermographe ne servant alors que d'indicateur et de moyen de visualisation de la réponse du local aux variations extérieures. Pour comparaison, un thermocouple placé dans une sphère noire était également placé au centre de la pièce pour rendre compte de la température résultante (t° air et t° radiante des parois) ainsi qu'un thermocouple pour la mesure de la température ambiante de la pièce de séjour voisine (occupée de jour et de nuit avec utilisation intermittente de la cheminée).

La campagne a duré une semaine et les enregistrements automatiques sur l'ensemble des thermocouples et capteur sont effectués toutes les heures. Nous avons pu disposer d'une série de mesures complètes du mardi 2 octobre dans l'après-midi au lundi 8 octobre, le matin, soit cinq jours consécutifs de mesures.

Le temps de la semaine de mesures

L'état du temps a quelque peu varié durant la semaine et le diagramme de température d'air extérieur et de l'hygrométrie est, à cet égard, assez significatif. La situation changeante, chaque jour, ôte tout caractère de périodicité aux échanges thermiques journaliers. On peut noter les variations suivantes :

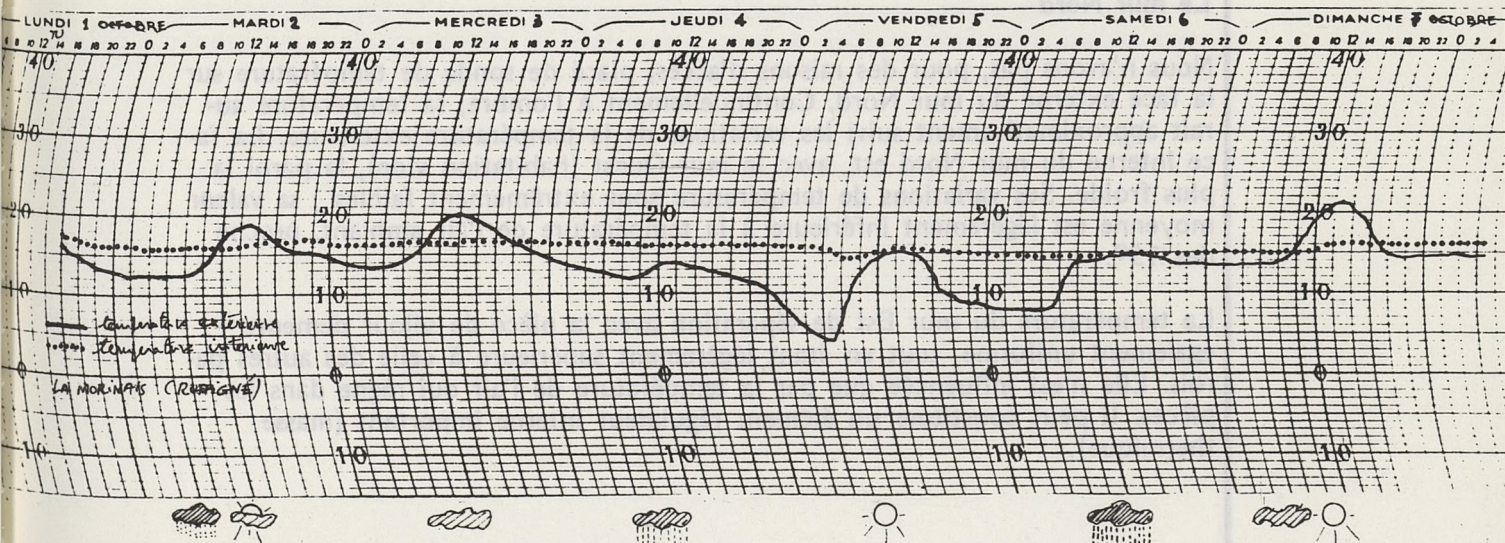
- en début de semaine, jusqu'à mercredi, un temps couvert à très nuageux, mais sans pluie, temporairement peu nuageux avec vent faible d'Est à Sud-Est correspondant à des températures minimales relativement élevées (supérieures ou égales à 12°) assez uniformes durant la nuit (rayonnement vers l'atmosphère réduit par la couverture nuageuse). Les températures maximales sont légèrement inférieures à 20° ,
- jeudi, le temps couvert et pluvieux avec des vents faibles d'Ouest est marqué par une amplitude faible de la température diurne,
- dégagement du ciel dans la nuit de jeudi à vendredi, suivi d'une journée ensoleillée avec un ciel clair à peu nuageux. On remarque alors la montée

rapide de la température extérieure dès le lever du soleil. Le maximum restant cependant faible,

- du samedi jusqu'au dimanche matin, un ciel couvert persiste avec des pluies. La température extérieure est alors très stable entre 13° et 15°. Le soleil réapparaît en milieu de journée du dimanche où l'on enregistre le maximum de température.

Pendant la semaine et malgré le temps assez changeant, la température de la pièce est restée particulièrement stable autour de 16° avec une légère baisse au cours de la semaine. L'amplitude journalière de la température intérieure n'a que rarement excédé 1° et ceci quelque soit l'amplitude diurne des températures extérieures. En outre, la température intérieure est restée constamment supérieure à celle de l'extérieur dès le mercredi en soirée jusqu'au dimanche. Il n'y a donc pas d'effet immédiat des variations de la température extérieure sur l'ambiance intérieure. En revanche, l'hygrométrie dans l'habitation est stable mais élevée (80 %), et prend la valeur moyenne enregistrée à l'extérieur.

| TEMPERATURES | | M. 3 OCT. | J. 4 | V. 5 | S. 6 | D. 7 | MOYE. |
|------------------|-----------|-----------|------|------|------|------|-------|
| MINIMUM | Extérieur | 13,5 | 12 | 4 | 8 | 13 | 10,1 |
| | Intérieur | 17 | 16 | 15 | 15 | 15,5 | 15,7 |
| MAXIMUM | Ext. | 20,5 | 13,5 | 15 | 16 | 21,5 | 17,3 |
| | Int. | 18 | 17 | 16 | 15,5 | 17,5 | 16,8 |
| MOYENNE | Ext. | 17 | 12,7 | 9,5 | 12 | 17,2 | 13,7 |
| | Int. | 17,5 | 16,5 | 15,5 | 15,2 | 16 | 16,2 |
| AMPLITUDE DIURNE | Ext. | 7 | 1,5 | 11 | 8 | 8,5 | |
| | Int. | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 2 | |



TEMPERATURE INTERIEURE ET EXTERIEURE

On peut, d'ores et déjà, mettre en avant la forte inertie du bâtiment, du moins son fort pouvoir de régulation dû aux caractéristiques thermiques des différents éléments de l'enveloppe.

Le mur Sud

En maçonnerie ou pierres, son épaisseur d'environ 80 cm est considérable. Sa température de surface extérieure suit parfaitement les conditions d'ensoleillement liées à l'état du ciel :

- le mercredi, journée couverte, la température suit à peu près la courbe de température extérieure ; même comportement le jeudi et le samedi. Durant les nuits, la température reste légèrement supérieure à celle de l'air extérieur,
- à l'inverse, le vendredi et le dimanche, journées assez ensoleillées, dès 9 ou 10 heures du matin, la température du mur Sud croît rapidement, dépassant entre 12 et 16 heures la température de 30° (maximum de 36° le vendredi). Ensuite, il se refroidit, le soir, mais d'autant plus lentement que le ciel est couvert (réduction des pertes radiatives vers le ciel).

On pourrait donc s'attendre à deux comportements possibles ou plutôt à deux effets possibles sur la pièce d'habitation de ces deux types de temps, dans le cas où la pointe de chaleur reçue par le mur se transmet à l'intérieur.

Or, durant la journée ensoleillée du vendredi, il ne semble pas y avoir d'impact de l'irradiation captée par le mur Sud sur la paroi interne de celui-ci. En effet, la température de surface du mur à l'extérieur est minimum le matin à 6 heures puis atteint son maximum en milieu de journée. Pendant le même temps, la surface interne du mur en contact avec l'ambiance intérieure reste stable entre 1 heure du matin et 10 heures (avec une température de 15° proche de celle de l'air ambiant). On enregistre ensuite une légère baisse de 10 à 16 heures et la température devient inférieure à 15° pour remonter ensuite. La variation de température sur la face interne reste constamment inférieure au degré (comprise entre 14°05 et 15°05). Il n'y a donc pas d'apport de chaleur par le mur ; d'ailleurs, la température intérieure du mur ne dépasse jamais celle de l'air ambiant et ne peut donc pas participer au réchauffement de celui-ci. Donc, ensoleillé ou pas, le mur Sud n'agit pas dans la thermo-régulation au niveau d'un cycle journalier.

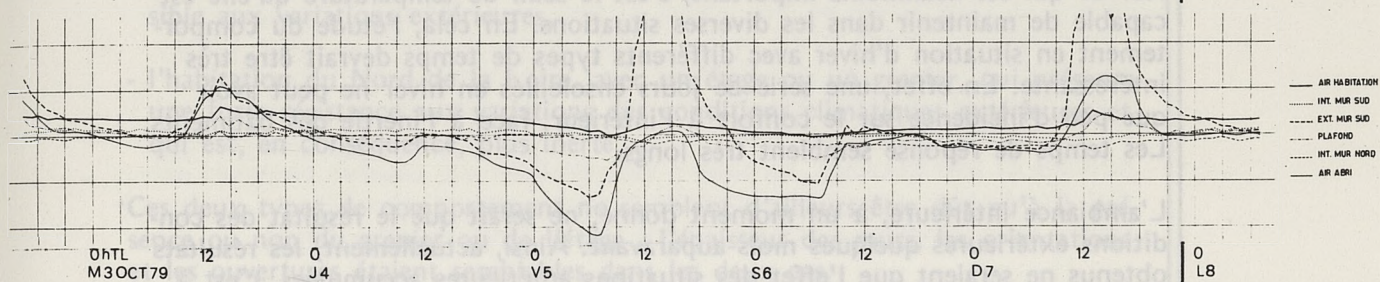
Le mur Nord

Nous n'avons pas, pour des raisons d'accès, placé de sonde de température sur la face externe du mur Nord. Continuellement à l'ombre, sa température aurait approximativement suivi les variations de la température extérieure. La face interne du mur Nord est, avec le mur Ouest (habitation vide), la paroi la plus froide. Ses variations de température sont extrêmement faibles ; sa valeur moyenne est légèrement inférieure à la température de l'air ambiant, proche des 15°.

La température du mur Est de séparation avec la pièce de séjour demeure également uniforme, tout en étant légèrement supérieure à celle des autres parois. Elle n'est influencée que par la température de l'air qui règne dans les pièces. Il peut constituer un élément régulateur interne important (masse thermique).

Le plafond

Le plancher en bois sépare la pièce d'habitation du grenier. Le volume du grenier est légèrement ventilé en raison de la liaison non étanche entre la couverture et les murs de façades. Par ailleurs, il est directement soumis aux variations de température des ardoises de la toiture. La sonde de température placée sur la face interne du plancher met en évidence une certaine fluctuation de sa température en relation avec les variations de la température extérieure.



ENREGISTREMENT HORAIRE DES TEMPERATURES : RUFFIGNE

Sa température ne dépasse cependant qu'en de rares occasions la température de l'air de la pièce.

La nuit, c'est nettement le plus froid. Son amplitude est toute de même restreinte, de l'ordre de 3° (3°5 le vendredi).

La pièce d'habitation étudiée se caractérise donc, sur le plan thermique, par sa grande stabilité et son faible pouvoir de réponse aux sollicitations extérieures. Ce qui est néanmoins important, c'est le seuil de température qu'elle est capable de maintenir dans les diverses situations. En cela, l'étude du comportement en situation d'hiver avec différents types de temps devrait être très intéressante. En effet, une série de jours ensoleillés en hiver ne peut avoir que peu d'incidence sur le confort à l'intérieur, face à l'inertie des bâtiments. Les temps de réponse semblent très longs.

L'ambiance intérieure, à un moment donné, ne serait que le résultat des conditions extérieures quelques mois auparavant. Ainsi, actuellement, les résultats obtenus ne seraient que l'effet des situations antérieures accumulées, c'est à dire d'une situation d'été, aux conditions moyennes pour cette année.

Le comportement observé semble dû en grande partie :

- à la faiblesse des surfaces d'échange avec l'extérieur ; seul le mur Sud est directement exposé avec ses ouvertures ; le mur Nord est aveugle et les deux autres sont des murs mitoyens, donc de séparation avec des ambiances intérieures équivalentes ; le grenier, quant à lui, joue le rôle d'espace tampon,
- à la masse des matériaux mis en jeu dans la construction, qui réduisent énormément l'amplitude des sollicitations, et, à l'effet de régulation des murs mitoyens intérieurs soumis seulement aux variations de l'ambiance intérieure.

Il est, par ailleurs, intéressant de souligner que les portes ou au moins la partie haute de celles-ci, sont constamment ouvertes durant la journée, sans pour autant introduire d'effets à long terme dans le bilan thermique du local comme si les murs jouaient alors un rôle de stabilisateur.

Des trois types d'habitations étudiés avec étage ou comble, celui-ci semble le plus caractéristique, du moins le plus typé. Une campagne de mesures en hiver sur ce même type serait tout à fait souhaitable.

LA CAMPAGNE DE MESURES DE FÉVRIER-MARS 1980

L'analyse quantitative de l'impact de la situation climatique, en situation d'été, sur les divers échantillons d'habitat permet, dès maintenant, d'opposer deux types d'habitation avec un comportement thermique différent :

- l'habitation du pays de la vigne et du pays de Retz, dont le volume habitable est directement au contact de la toiture, est caractérisée par des variations plus marquées de la température intérieure et est donc davantage sensible aux variations extérieures,
- l'habitation du Nord de la Loire, avec un étage ou un grenier, qui présente une forte résistance aux variations des conditions climatiques extérieures et qui est, en conséquence, plus inerte.

Ces deux types de comportement ne semblent d'ailleurs être dûs qu'à la présence ou non du grenier ou de l'étage ; l'épaisseur des murs, les orientations et les ouvertures étaient semblables dans les deux cas.

Nous avons donc réduit à deux le nombre d'échantillons dans la campagne de mesures d'hiver : maison basse au Sud-Loire, maison avec grenier du Nord-Loire. Afin d'être dans les conditions de similitude correcte (notamment au niveau de l'orientation), nous avons dû rechercher un nouvel échantillon de maison au Sud de la Loire. Nous avons finalement procédé aux mesures sur :

- l'habitation de la Morinais, à RUFFIGNÉ, échantillon déjà analysé en situation d'hiver,
- et une ancienne pièce d'habitation située à la Basse Poterie, dans la commune d'AIGREFEUILLE (secteur du vignoble).

Sur ces deux échantillons, nous avons intensifié le nombre des mesures et réalisé une analyse plus complète et détaillée des bilans thermiques résultants. La période de mesures a été étendue à deux ou trois semaines, de façon à obtenir différentes séquences de type de temps et de s'assurer du caractère répétitif des phénomènes.

A la Morinais, la campagne de mesures s'est déroulée du 1er au 20 février 1980 ; à la Basse Poterie, du 18 mars au 16 avril 1980.

LA MORINAIS - RUFFIGNÉ

Nous avons repris, pour la campagne d'hiver, le même échantillon que celui étudié en condition d'été. Le nombre de points de mesures a cependant été augmenté afin de combler certaines informations manquantes lors de la première expérimentation.

Les éléments mesurés

L'équipement de mesures installé sur le site de la Morinais, se composait de :

- deux thermobarohygrographes, types Jules RICHARD, pour l'enregistrement graphique en continu des températures et de l'humidité : l'un, situé à l'extérieur de l'habitation au site dégagé et sous abri, donne la température de l'air extérieur, l'autre, placé dans le local étudié, indiquait la valeur de la température de l'air ambiant intérieur. Des enregistreurs autonomes de ce type, étalonnés au préalable, permettent de comparer de façon permanente : les variations relatives des températures d'air extérieur et intérieur, leurs amplitudes et leur décalage. La simple superposition des courbes obtenues permet de visualiser rapidement certains phénomènes, tels que l'inertie du bâtiment ou l'influence du rayonnement solaire à travers les vitrages,
- deux capteurs de température, dont la tension enregistrée en volts est directement proportionnelle à la température absolue. Ils enregistraient la température vraie de l'air extérieur sous abri (en même temps que l'enregistreur graphique) et la température d'un corps isolé placé dans le local servant de température de référence. Cette dernière sert à déterminer les températures vraies des divers éléments de l'enveloppe grâce à un thermocouple de référence, placé également dans le corps isolé et branché en différentiel avec tous les thermocouples. En regard de la campagne de mesures précédentes, les températures enregistrées ont donc été obtenues avec une meilleure précision,
- 16 thermocouples placés sur les différents éléments de l'enveloppe pour l'analyse des températures et parois et des ambiances :
 - le mur Sud, en contact avec l'extérieur et directement soumis au rayonnement solaire (5 thermocouples). En plus des températures de surface interne et externe, 3 thermocouples ont été placés à 5 cm, 10 cm et 15 cm à l'extérieur du mur. Ces thermocouples à différentes profondeurs dans le mur permettaient de rendre compte du cheminement du flux de chaleur à travers la masse de celui-ci et de mesurer le déphasage et l'amortissement de la paroi,
 - le mur Est, mitoyen entre le local étudié (chambre) et la pièce principale d'habitation (occupée pendant la campagne) ; 2 thermocouples pour les températures de surface interne et externe du mur,
 - le mur Ouest, mitoyen entre le local étudié et une ancienne pièce d'habitation utilisée pendant la période de mesures pour l'élevage des canards ; seule la température de la face interne (côté local étudié) est enregistrée,

- . le mur Nord totalement aveugle, en contact direct avec l'extérieur ; 1 thermocouple sur chaque face de la paroi,
- . le sol en terre battue : un thermocouple pour la température de surface,
- . un thermocouple sur la face interne (côté local) du plancher de séparation du local avec le grenier,
- . les températures d'air ambiant : dans le local étudié, dans la pièce d'habitation voisine mitoyenne et dans le grenier,
- . la température résultante tenant compte de la température radiante des parois ; le thermocouple était placé dans une sphère creuse peinte en noir,
- . un thermocouple était utilisé pour mesurer la température équivalente (air-soleil) sur la face du mur Sud,
- à l'extérieur de l'habitation, nous avons procédé à l'enregistrement de données complémentaires :
 - . la température d'air sous abri à proximité du mur Sud (à 50 cm environ),
 - . la vitesse du vent près du mur Sud grâce à un anémomètre situé à 1 m 50 du sol,
 - . la valeur de l'énergie solaire globale incidente sur un plan horizontal, en site dégagé ; les variations instantanées du rayonnement étaient traduites automatiquement sur un enregistreur papier,
 - . la vitesse et la direction du vent en site proche dégagé étaient données par un anémomètre et une girouette placée en tête d'un pylone de 10 m de haut ; vitesse et direction sont enregistrées en continu sur deux traceurs papier autonomes.

La centrale de mesures enregistrait les valeurs de chaque thermocouple et des capteurs, tandis qu'une minuterie déclenchait l'impression des différentes températures toutes les heures.

Les deux thermobarohygrographes ont fonctionné du jeudi 31 janvier au mercredi 20 février (soit 3 semaines). La chaîne de saisie de mesures a été utilisée pendant une semaine du mardi 12 février au lundi 18 février, permettant de contrôler l'ensemble des températures de l'enveloppe du local.

Signalons tout de suite que les valeurs anémométriques n'ont pas été exploitées ; la comparaison des vitesses en site dégagé (à 10 m) et à proximité du mur (à 1,50 m) n'a pu être effectuée en raison des modes d'enregistrement différents (en continu en site dégagé, valeur horaire en site proche) et du caractère tout à fait fluctuant de l'intensité des vitesses de vents. L'appréciation du degré de protection ou d'exposition du bâtiment au vent suivant les directions aurait nécessité la mise en place d'un équipement plus adapté et des séquences d'enregistrement plus longues et répétées.

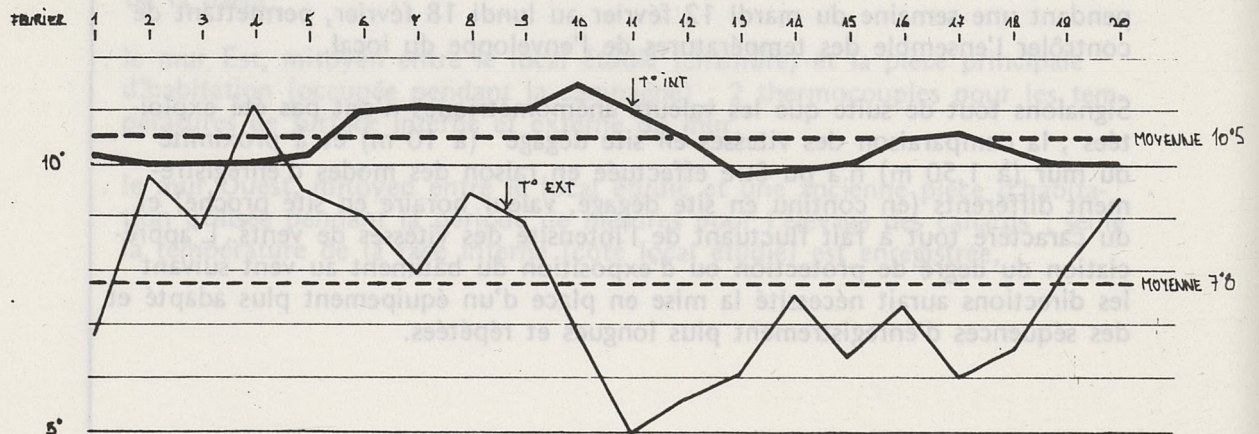
Les températures d'air extérieur et d'air ambiant du local

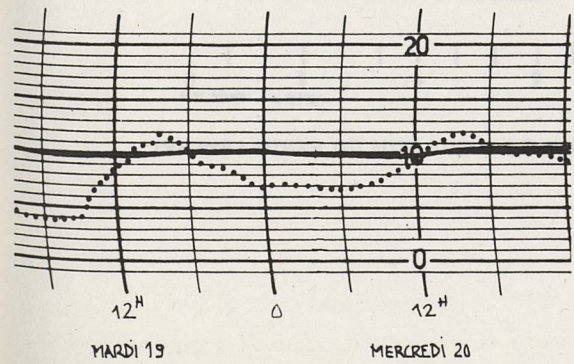
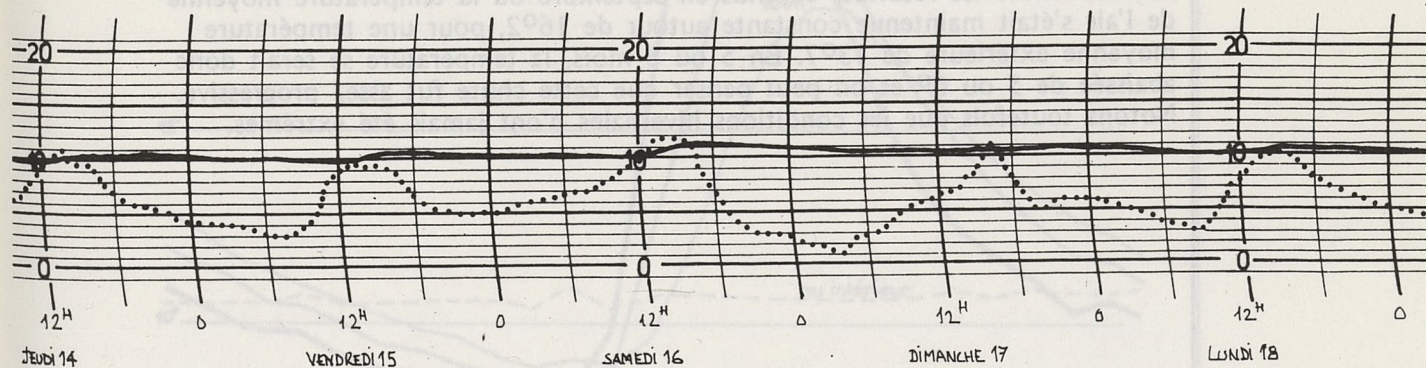
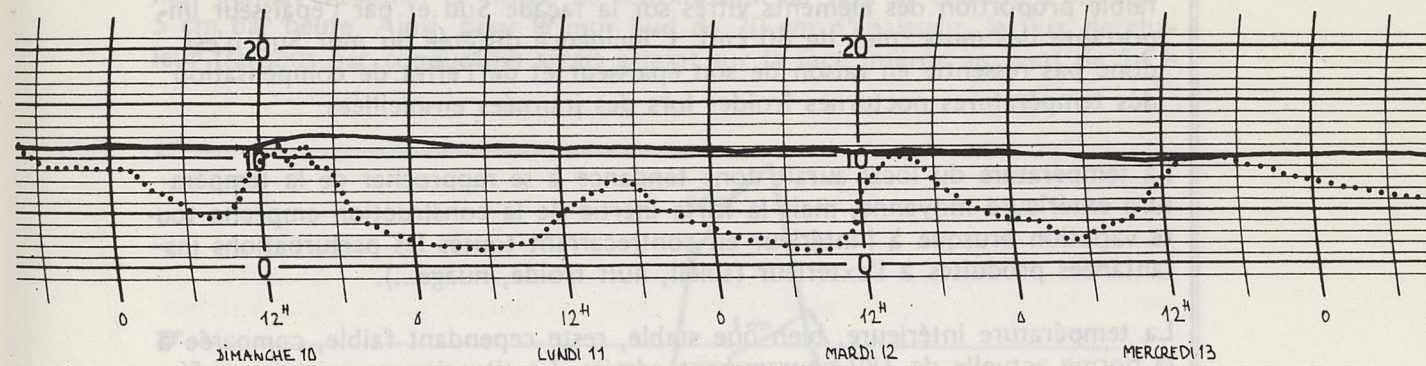
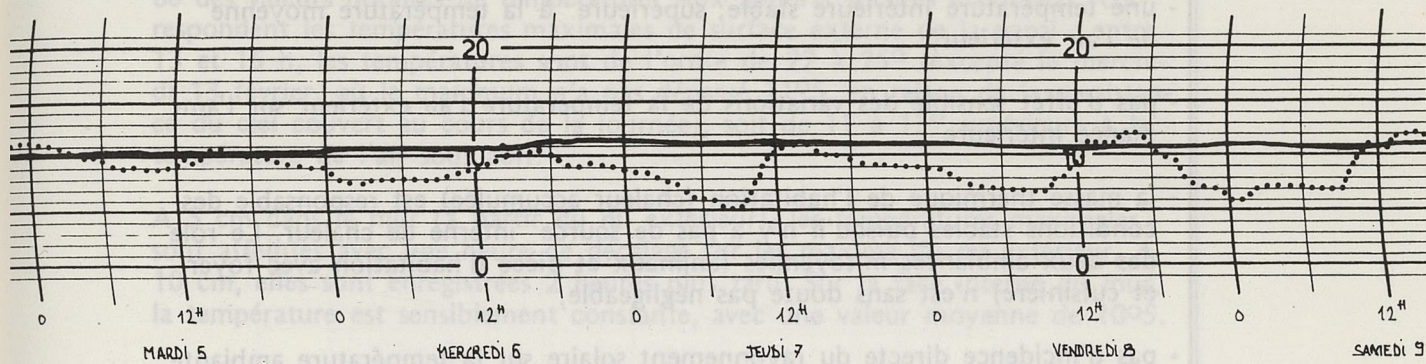
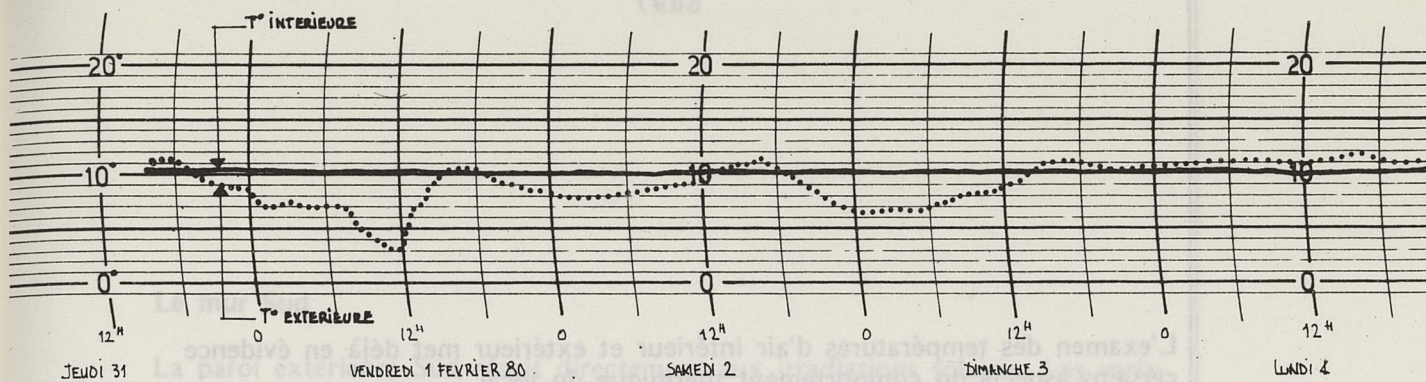
Durant les trois semaines d'enregistrement graphique des températures, l'air ambiant du local étudié s'est maintenu à un niveau particulièrement stable, légèrement au dessus de 10° . Pendant le même temps, la température extérieure oscillait, mais l'amplitude des variations est restée faible (de l'ordre de 6 à 7°). L'air extérieur sous abri prenait une valeur moyenne inférieure à 8° . Les valeurs maximales excédaient rarement 11° , et, d'une manière générale, la température extérieure est restée constamment inférieure à celle du local. Les valeurs minimales extérieures ont été relativement élevées pour la saison (supérieures à 3°). Le temps était variable (pluie, brume, soleil intermittent), pas franchement frais durant la nuit.

Ces valeurs graphiques ne sont qu'approchées. Les mesures horaires effectuées durant la semaine d'enregistrement sur la chaîne de mesures permettent de préciser la situation globale :

- durant cette semaine, la moyenne hebdomadaire des températures maximales d'air extérieur était de 12° ; celle des minima de $4^{\circ}5$ d'où une valeur moyenne (maxi + mini / 2) de $8^{\circ}25$. En fait, en tenant compte des valeurs de température tri-horaire, la température moyenne de l'air ne dépassait pas $7^{\circ}5$,
- l'air intérieur du local variait entre 10 et 12° ; sa valeur moyenne obtenue également à partir des valeurs tri-horaires, était de $11^{\circ}1$ (supérieures de $3^{\circ}6$ à celle de l'air extérieur). On remarque une légère augmentation de la température de l'air ambiant du local entre 14 et 16 heures (élévation de $0,5$ ou 1°) correspondant au maximum de la température extérieure. Il semble que cette augmentation de température soit davantage causée par les infiltrations (par l'extérieur ou par la pièce d'habitation mitoyenne), que par l'effet des apports solaires par la fenêtre (de faible surface),
- la température résultante (boule noire) n'était pas différente de la température de l'air ambiant ; il n'y avait donc pas d'incidence positive des températures radiantes des parois sur la température ressentie dans le local. Nous verrons d'ailleurs que les températures de parois sont très proches de celles de l'air.

Durant la semaine de mesures, les valeurs globales du rayonnement solaire au sol n'ont que rarement excédé les $2\ 000$ wh/m² jour (valeur maximale théorique au sol, $2\ 900$ wh/m² jour), soit des valeurs théoriques pour le mur Sud d'environ $7\ 800$ wh/m² jour. L'ensoleillement a donc été correct, surtout l'après-midi.





L'examen des températures d'air intérieur et extérieur met déjà en évidence certains aspects du comportement thermique du local :

- une température intérieure stable, supérieure à la température moyenne de l'air extérieur,
- pas d'effet sensible des variations de la température d'air extérieur sur l'ambiance intérieure,
- la masse thermique de l'habitation (chaleur accumulée) est responsable des conditions stables puisqu'il n'y a pas de source interne de chaleur. Le rôle des deux ambiances mitoyennes (animaux et pièce d'habitation avec foyer et cuisinière) n'est sans doute pas négligeable,
- pas d'incidence directe du rayonnement solaire sur la température ambiante du local, même au cours de journées bien ensoleillées. Ceci s'explique par la faible proportion des éléments vitrés sur la façade Sud et par l'épaisseur importante des murs (plus de 60 cm). L'incidence différée du mur Sud n'est donc pas ressentie en raison de son épaisseur et de l'effet de compensation des températures nocturnes froides lors des journées ensoleillées.

La température du local aurait donc tendance à se rapprocher de la température extérieure moyenne, mais la forte inertie de la construction empêche toute variation brusque à l'intérieur en contrecarrant toutes les perturbations instantanées produites à l'extérieur (soleil, nuit froide, nuage...).

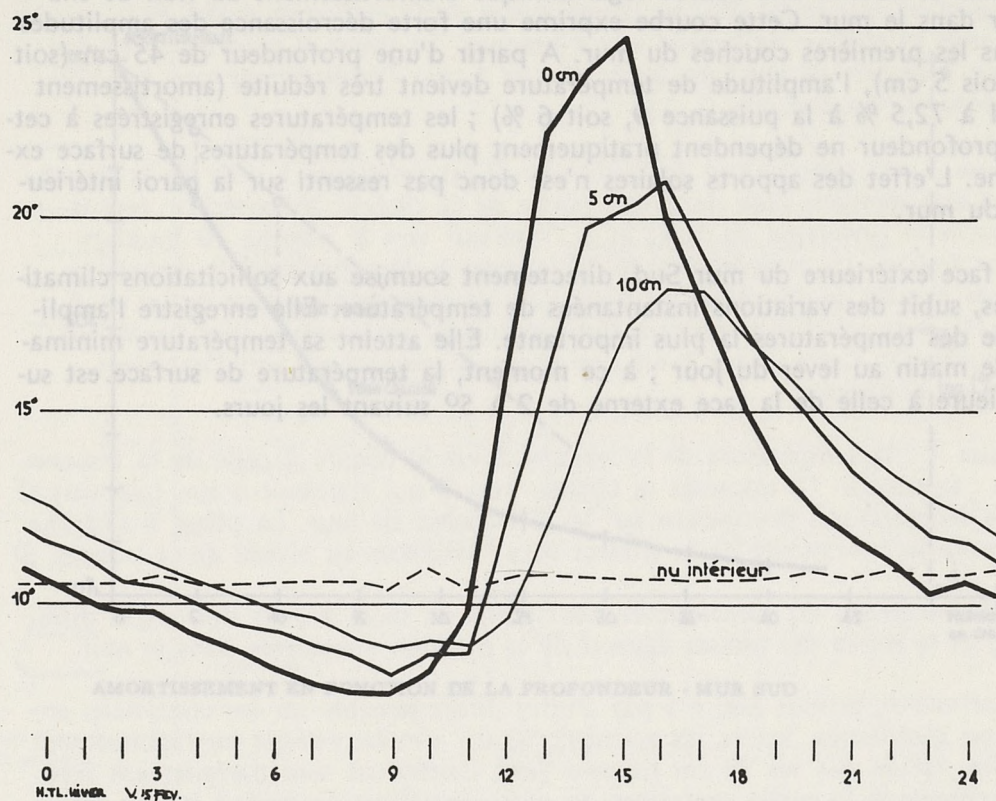
La température intérieure, bien que stable, reste cependant faible, comparée à la norme actuelle de 18° couramment admise. La situation enregistrée en février confirme les résultats obtenus en septembre où la température moyenne de l'air s'était maintenue constante autour de 16°2, pour une température moyenne extérieure de 13°7. En 5 ou 6 mois, la température se serait donc abaissée de 5 ou 6° et on peut penser que cette chute fut assez progressive. Notons toutefois que les conditions hivernales n'ont jamais été extrêmes.

Le mur Sud

La paroi extérieure Sud réagit directement aux irradiations solaires. Les variations de température sont instantanées, d'où l'allure assez pointue de la courbe des valeurs horaires de température. Aux apports solaires maximaux correspondent les températures maximales de surface externe de la paroi ; entre 13 et 15 h, les températures sont de l'ordre de 22 à 25° (excepté le mercredi 13 février, où le maximum n'a pas dépassé 11°05, en raison de la persistance du ciel couvert au cours de la journée), soit de 11 à 13° supérieure à la température de l'air sous abri.

A 5 cm dans le mur (à partir du nu extérieur), les températures maximales sont atteintes avec une heure de décalage sur les maxima du nu extérieur. A 10 cm, elles sont enregistrées 2 heures plus tard. Sur la face interne du mur, la température est sensiblement constante, avec une valeur moyenne de 10°05.

Le décalage entre les températures maximales à diverses profondeurs dans le mur permet d'estimer la vitesse de transmission du flux de chaleur à environ 5 cm par heure. Ainsi, pour le mur Sud de 70 cm d'épaisseur, le flux de chaleur transmis par conduction serait atteint sur la face interne au bout de 14 h.



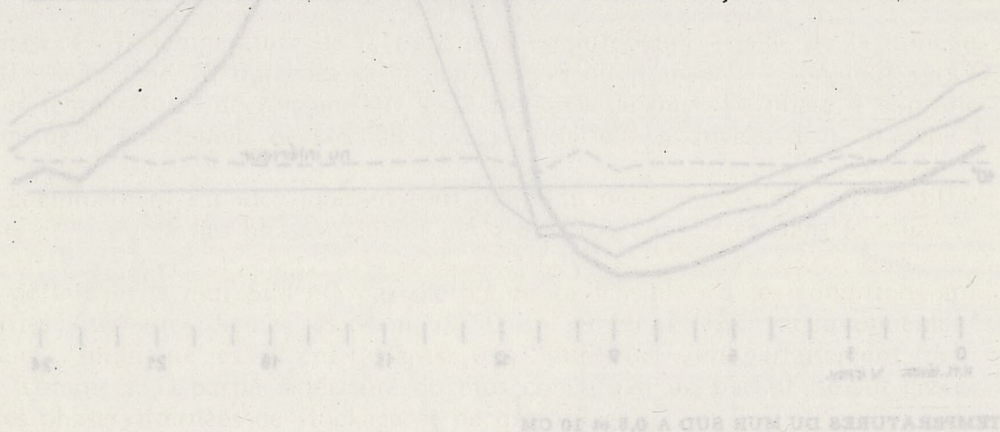
TEMPÉRATURES DU MUR SUD A 0,5 et 10 CM

Ce décalage des valeurs maximales s'accompagnant d'une chute de température à l'intérieur du mur, on peut, en comparant l'amplitude des températures extrêmes enregistrée à 0,5 et 10 cm dans le mur, calculer l'amortissement du flux thermique à travers le mur, en fonction de l'épaisseur. Les rapports des diverses amplitudes effectués jour par jour font apparaître une certaine homogénéité rendant possible un calcul moyen au niveau de la semaine. On obtient alors :

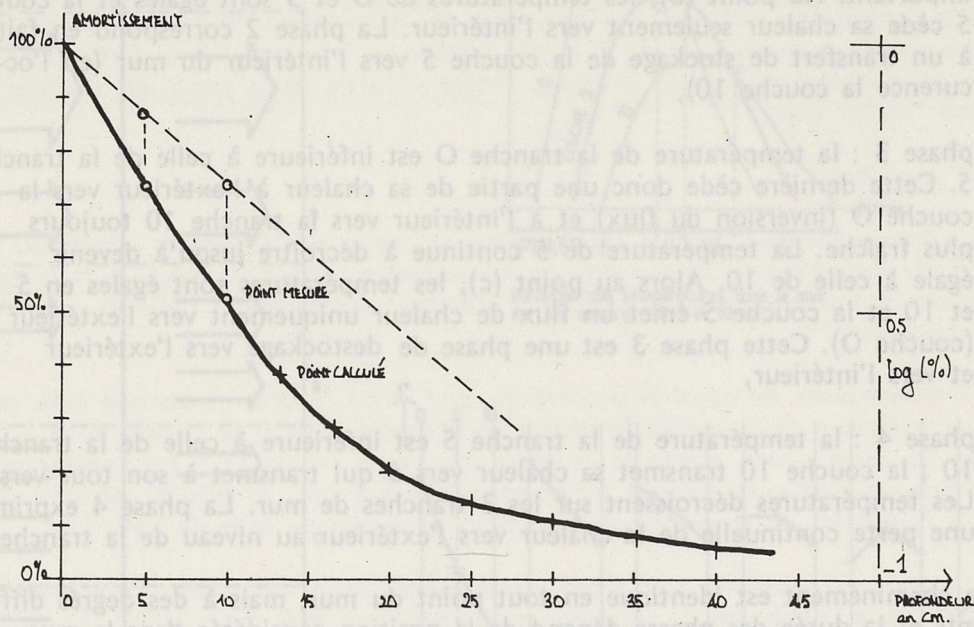
- à 5 cm, un amortissement de 72,5 % exprimant donc que l'amplitude des températures à 5 cm, comparée à l'amplitude maximale sur la face externe du mur, n'est plus que 72,5 %,
- à 10 cm, l'amortissement est de 53 % (soit 53 % de l'amplitude maximale).

L'amortissement est normalement constant dans le mur. Les valeurs réelles obtenues l'illustrent bien : en effet, à 10 cm, l'amplitude n'est plus que de 53 % de l'amplitude à 5 cm ($72,5 \times 72,5 = 53$ %). On peut alors extrapoler les résultats et obtenir une courbe logarithmique d'amortissement du flux de chaleur dans le mur. Cette courbe exprime une forte décroissance des amplitudes dans les premières couches du mur. A partir d'une profondeur de 45 cm (soit 9 fois 5 cm), l'amplitude de température devient très réduite (amortissement égal à 72,5 % à la puissance 9, soit 6 %) ; les températures enregistrées à cette profondeur ne dépendent pratiquement plus des températures de surface externe. L'effet des apports solaires n'est donc pas ressenti sur la paroi intérieure du mur.

La face extérieure du mur Sud, directement soumise aux sollicitations climatiques, subit des variations instantanées de température. Elle enregistre l'amplitude des températures la plus importante. Elle atteint sa température minimale le matin au lever du jour ; à ce moment, la température de surface est supérieure à celle de la face externe de 2 à 5° suivant les jours.



| PROFONDEUR DANS LE MUR | | M. 12 F. | J. 14 | V. 15 | S. 16 | D. 17 | MOY. |
|------------------------|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0 | T° MAX. | 22,5 | 25,1 | 24,7 | 24,4 | 21,5 | |
| | T° MIN. | 6,1 | 8,5 | 7,6 | 9,6 | 7,8 | |
| 0 | AMPLITUDE | 16,4 | 16,6 | 17,1 | 14,8 | 13,7 | |
| 5 | T° MAX. | 18,9 | 20,2 | 21 | 20,6 | 17,5 | |
| | T° MIN. | 6,6 | 8,6 | 8,1 | 9,8 | 8,1 | |
| 5 | AMPLITUDE | 12,3 | 11,6 | 12,9 | 10,8 | 9,4 | |
| 5 | AMORTISS. | 75 % | 70 % | 75 % | 73 % | 69 % | 72,5 % |
| 10 | T° MAX. | 16,2 | 17,7 | 18,2 | 17,6 | 15,4 | |
| | T° MIN. | 7,0 | 8,7 | 8,8 | 9,9 | 8,7 | |
| 10 | AMPLITUDE | 9,2 | 9,0 | 9,4 | 7,7 | 6,7 | |
| 10 | AMORTISS. | 56 % | 54 % | 55 % | 52 % | 49 % | 53 % |



AMORTISSEMENT EN FONCTION DE LA PROFONDEUR - MUR SUD

Ceci met bien en évidence l'inversion du sens du flux de chaleur qui, au cours de la nuit, transite de l'intérieur vers l'extérieur faisant suite à la phase de stockage de la chaleur emmagasinée dans le mur pendant la période des apports solaires. D'ailleurs, ce phénomène d'inversion se produit à divers degrés et à différents moments dans le mur, dès que se réduit l'intensité des apports solaires et que baisse la température d'air extérieur. On peut schématiser les échanges ou le cheminement de la chaleur à l'intérieur du mur en considérant les trois premières tranches du mur correspondant à 0,5 et 10 cm et en analysant les flux de chaleur reçus et transmis au niveau de la couche intermédiaire de 5 cm :

- phase 1 : la tranche 0 s'échauffant de plus en plus sous l'effet du rayonnement solaire transmet un flux de chaleur vers la couche 5 plus froide qui s'échauffe à son tour avec un certain délai et un amortissement. La couche 5 transmet une partie du flux vers la couche 10 plus froide. Elle atteint son maximum alors même que la couche 0 se refroidit et que la couche 10 continue à s'échauffer. A cet instant (a), le flux reçu par la couche 5 est égal au flux qu'elle cède. La phase 1 constitue une phase de stockage au niveau de la couche 5,
- phase 2 : la couche 0 continue à se refroidir, émettant un flux de chaleur vers la couche 5 de plus en plus faible. La tranche 5, bien que se refroidissant, continue de transmettre vers la tranche 10, mais le flux transmis est plus important que le flux reçu. Les températures des tranches 0 et 5 tendent à s'équilibrer alors que l'écart de température entre 5 et 10 est encore important. Au point (b), les températures de 0 et 5 sont égales et la couche 5 cède sa chaleur seulement vers l'intérieur. La phase 2 correspond en fait à un transfert de stockage de la couche 5 vers l'intérieur du mur (en l'occurrence la couche 10),
- phase 3 : la température de la tranche 0 est inférieure à celle de la tranche 5. Cette dernière cède donc une partie de sa chaleur à l'extérieur vers la couche 0 (inversion du flux) et à l'intérieur vers la tranche 10 toujours plus fraîche. La température de 5 continue à décroître jusqu'à devenir égale à celle de 10. Alors au point (c), les températures sont égales en 5 et 10 et la couche 5 émet un flux de chaleur uniquement vers l'extérieur (couche 0). Cette phase 3 est une phase de destockage vers l'extérieur et vers l'intérieur,
- phase 4 : la température de la tranche 5 est inférieure à celle de la tranche 10 ; la couche 10 transmet sa chaleur vers 5 qui transmet à son tour vers 0. Les températures décroissent sur les 3 tranches de mur. La phase 4 exprime une perte continue de la chaleur vers l'extérieur au niveau de la tranche 5.

Ce cheminement est identique en tout point du mur, mais à des degrés différents et la durée des phases dépend de la position considérée dans le mur.

En définitive, le mur Sud n'a pas d'effet direct sensible sur les conditions ambiantes intérieures. Seules les premiers 50 cm semblent réagir au rayonnement solaire, tandis que les 20 cm restants (vers l'intérieur) sont parfaitement inertes (comme si la partie extérieure du mur constituait un parfait isolant grâce à ses phases alternées de stockage et de destockage).

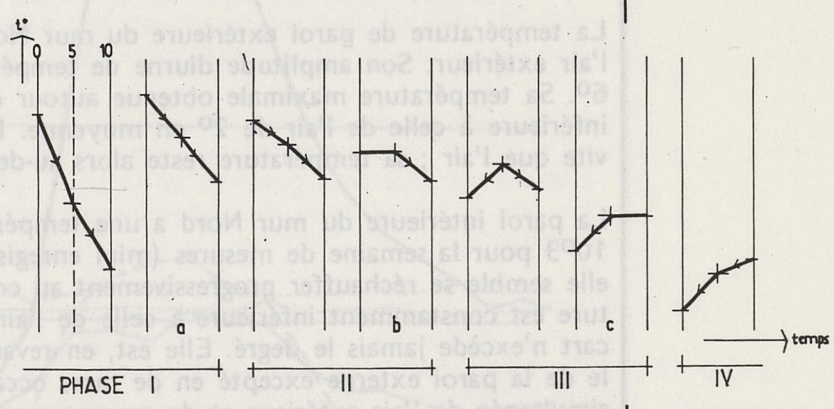
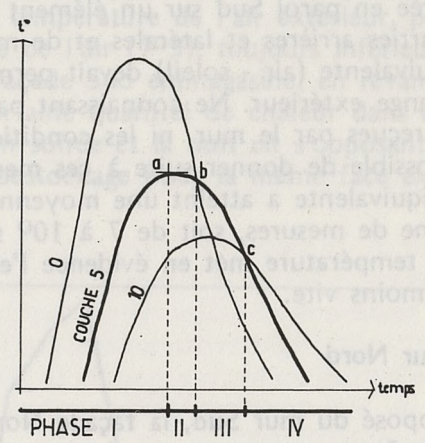
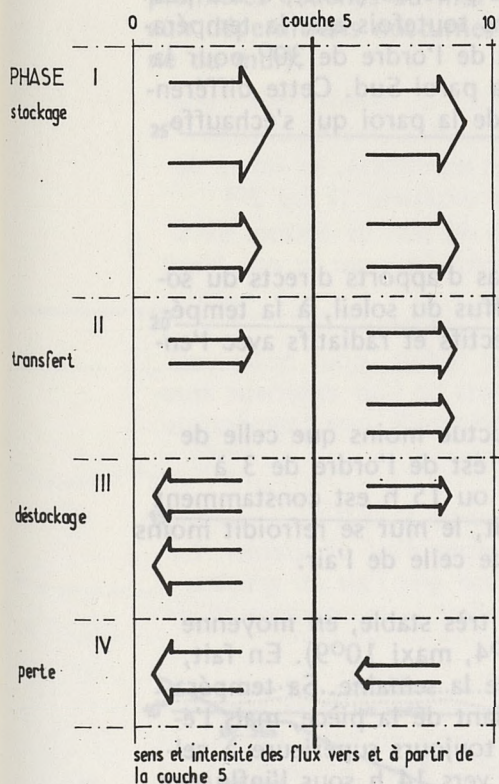
La température extérieure proche du mur Sud est sensiblement plus élevée que celle du mur Nord. En fait, l'énergie absorbée par le mur Sud est en partie échangée avec l'air ambiant extérieur proche du mur. Dans quelle mesure les variations saisonnières de température de paroi se reproduisent-elles au niveau des couches ? Des échanges thermiques en continu existent nécessairement pour mettre en évidence les échanges concrets sur la paroi et les couches de matériaux. Notons seulement que l'air est généralement plus chaud que la paroi. Cette constatation est importante car elle modifie la correspondance l'ambiance extérieure proche de l'habitation (en ce qui concerne l'échange de chaleur) et peut constituer un des arguments en faveur de la façade over-

En fait, l'incidence thermique des murs Nord-Sud est au Sud. Les variations de température de paroi sont sensiblement plus élevées que celles du mur Nord. En fait, l'énergie absorbée par le mur Sud est en partie échangée avec l'air ambiant extérieur proche du mur. Dans quelle mesure les variations saisonnières de température de paroi se reproduisent-elles au niveau des couches ? Des échanges thermiques en continu existent nécessairement pour mettre en évidence les échanges concrets sur la paroi et les couches de matériaux. Notons seulement que l'air est généralement plus chaud que la paroi. Cette constatation est importante car elle modifie la correspondance l'ambiance extérieure proche de l'habitation (en ce qui concerne l'échange de chaleur) et peut constituer un des arguments en faveur de la façade over-

En fait, l'incidence thermique des murs Nord-Sud est au Sud. Les variations de température de paroi sont sensiblement plus élevées que celles du mur Nord. En fait, l'énergie absorbée par le mur Sud est en partie échangée avec l'air ambiant extérieur proche du mur. Dans quelle mesure les variations saisonnières de température de paroi se reproduisent-elles au niveau des couches ? Des échanges thermiques en continu existent nécessairement pour mettre en évidence les échanges concrets sur la paroi et les couches de matériaux. Notons seulement que l'air est généralement plus chaud que la paroi. Cette constatation est importante car elle modifie la correspondance l'ambiance extérieure proche de l'habitation (en ce qui concerne l'échange de chaleur) et peut constituer un des arguments en faveur de la façade over-

En fait, l'incidence thermique des murs Nord-Sud est au Sud. Les variations de température de paroi sont sensiblement plus élevées que celles du mur Nord. En fait, l'énergie absorbée par le mur Sud est en partie échangée avec l'air ambiant extérieur proche du mur. Dans quelle mesure les variations saisonnières de température de paroi se reproduisent-elles au niveau des couches ? Des échanges thermiques en continu existent nécessairement pour mettre en évidence les échanges concrets sur la paroi et les couches de matériaux. Notons seulement que l'air est généralement plus chaud que la paroi. Cette constatation est importante car elle modifie la correspondance l'ambiance extérieure proche de l'habitation (en ce qui concerne l'échange de chaleur) et peut constituer un des arguments en faveur de la façade over-

En fait, l'incidence thermique des murs Nord-Sud est au Sud. Les variations de température de paroi sont sensiblement plus élevées que celles du mur Nord. En fait, l'énergie absorbée par le mur Sud est en partie échangée avec l'air ambiant extérieur proche du mur. Dans quelle mesure les variations saisonnières de température de paroi se reproduisent-elles au niveau des couches ? Des échanges thermiques en continu existent nécessairement pour mettre en évidence les échanges concrets sur la paroi et les couches de matériaux. Notons seulement que l'air est généralement plus chaud que la paroi. Cette constatation est importante car elle modifie la correspondance l'ambiance extérieure proche de l'habitation (en ce qui concerne l'échange de chaleur) et peut constituer un des arguments en faveur de la façade over-



PRINCIPE DES TRANSFERTS DE CHALEUR DANS LE MUR SUD

Le mur Sud est soumis à une incidence thermique plus élevée que le mur Nord. Les variations de température de paroi sont sensiblement plus élevées que celles du mur Nord. En fait, l'énergie absorbée par le mur Sud est en partie échangée avec l'air ambiant extérieur proche du mur. Dans quelle mesure les variations saisonnières de température de paroi se reproduisent-elles au niveau des couches ? Des échanges thermiques en continu existent nécessairement pour mettre en évidence les échanges concrets sur la paroi et les couches de matériaux. Notons seulement que l'air est généralement plus chaud que la paroi. Cette constatation est importante car elle modifie la correspondance l'ambiance extérieure proche de l'habitation (en ce qui concerne l'échange de chaleur) et peut constituer un des arguments en faveur de la façade over-

La température extérieure proche

Prise sous abri, à 50 cm du mur Sud, la température extérieure proche varie comme la température extérieure en site dégagé, mais avec une amplitude plus marquée en raison des valeurs maximales plus élevées.

La nuit, elle est supérieure d' $1/2$ à 1° à l'air extérieur, alors que le jour, pendant les périodes ensoleillées, l'écart peut atteindre de 3 à 7° .

En fait, l'énergie absorbée par le mur Sud est en partie échangée avec l'air ambiant extérieur proche contribuant ainsi à élever sa température et à réduire d'autant celle du mur. Dans quelle mesure, les variations subites de température de parois se répercutent-elles au niveau de l'air proche ? Des enregistrements en continu seraient nécessaires pour mettre en évidence les échanges convectifs sur la paroi et leur incidence sur les couches d'air immédiatement à proximité. Notons seulement que l'air est généralement plus chaud près de la paroi Sud car elle bénéficie des apports de chaleur du mur quand celui-ci est irradié. Cette constatation est importante car elle modifie le confort dans l'ambiance extérieure proche de l'habitation (en contact direct avec l'espace de séjour) et peut constituer un des arguments en faveur de la façade ouverte au Sud.

La température équivalente

Mesurée en paroi Sud sur un élément plan de surface parfaitement isolé dans ses parties arrières et latérales et de même tonalité que le mur, la température équivalente (air - soleil) devait permettre de quantifier le coefficient global d'échange extérieur. Ne connaissant pas parfaitement et en continu les irradiances reçues par le mur, ni les conditions extérieures proches (vent), il n'a pas été possible de donner suite à ces mesures. Signalons toutefois que la température équivalente a atteint une moyenne des maxima de l'ordre de 30° pour la semaine de mesures, soit de 7 à 10° supérieure à la paroi Sud. Cette différence de température met en évidence l'effet d'inertie de la paroi qui s'échauffe donc moins vite.

Le mur Nord

A l'opposé du mur Sud, la façade Nord ne reçoit pas d'apports directs du soleil. Sa face externe est soumise au rayonnement diffus du soleil, à la température de l'air extérieur, ainsi qu'aux échanges convectifs et radiatifs avec l'environnement.

La température de paroi extérieure du mur Nord fluctue moins que celle de l'air extérieur. Son amplitude diurne de température est de l'ordre de 3 à 6° . Sa température maximale obtenue autour de 14 ou 15 h est constamment inférieure à celle de l'air de 2° en moyenne. La nuit, le mur se refroidit moins vite que l'air ; sa température reste alors au-dessus de celle de l'air.

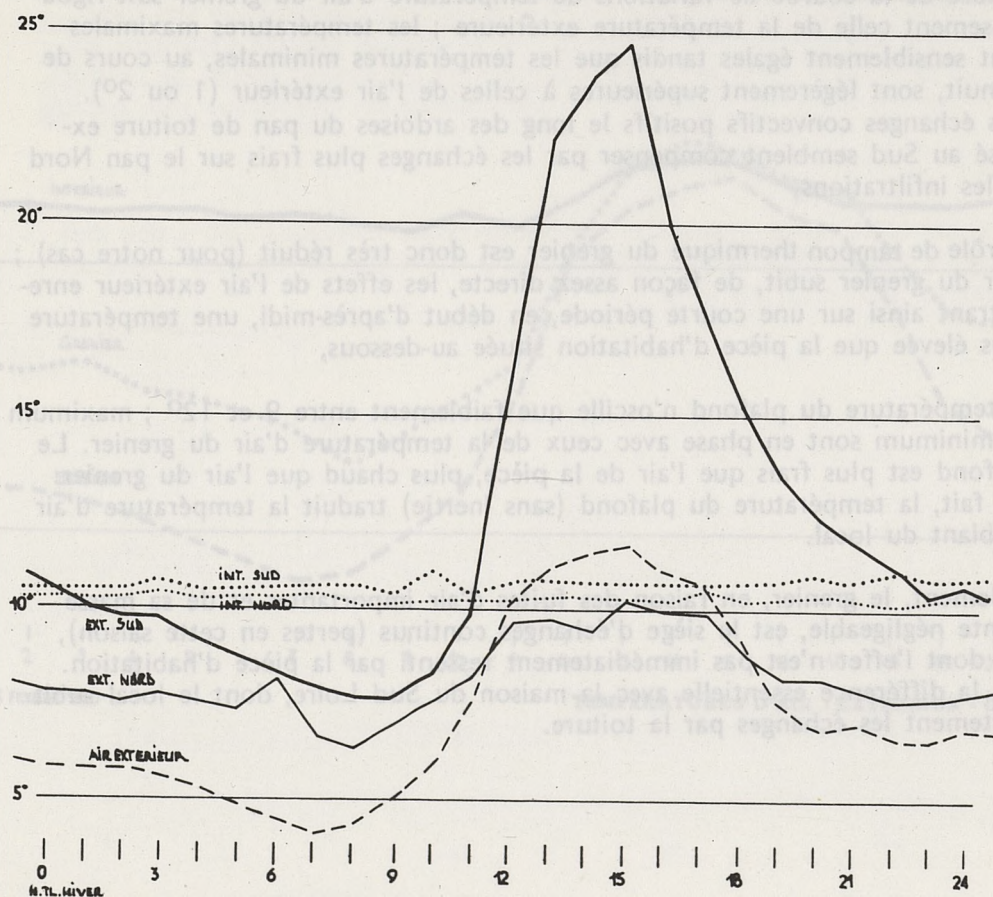
La paroi intérieure du mur Nord a une température très stable, en moyenne $10^{\circ}3$ pour la semaine de mesures (mini enregistré $9^{\circ}4$, maxi $10^{\circ}9$). En fait, elle semble se réchauffer progressivement au cours de la semaine. Sa température est constamment inférieure à celle de l'air ambiant de la pièce, mais l'écart n'excède jamais le degré. Elle est, en revanche, toujours supérieure à celle de la paroi externe excepté en de rares occasions vers 14 h sous l'influence simultanée de l'air extérieur et du rayonnement solaire diffus. En fait, l'effet du rayonnement diffus semble tout à fait négligeable, puisque jamais la température de paroi extérieure n'excède celle de l'air. Les conditions d'ambiance à proximité du mur Nord sont d'ailleurs nettement moins favorables que dans le cas du mur Sud (maintien d'une certaine humidité, ombre portée constante, température plus fraîche).

La chaleur transite donc dans le mur Nord de l'intérieur vers l'extérieur, sauf en début d'après-midi où les températures des surfaces s'équilibrent autour de 10°. La face interne est maintenue en température par l'air ambiant légèrement plus chaud et par les apports radiatifs de grande longueur d'onde des parois Est et Ouest également plus chaudes.

Le mur Nord, ne bénéficiant à aucun moment d'apport de chaleur pour la face externe, est donc le siège de déperditions continues. C'est la paroi la plus froide du local.

Pourtant, il semblerait, au vu des températures des faces internes des murs Sud et Nord, que les effets résultants sur l'ambiance intérieure soient identiques pour les deux murs. En effet, la paroi intérieure Sud a une température de 1/2 degré seulement supérieure à la paroi intérieure Nord, et leurs températures sont sensiblement constantes. L'incidence du rayonnement solaire sur la façade Sud n'aurait donc pas d'action directe positive sur la température de paroi interne et donc sur l'air intérieur (la température de paroi est constamment inférieure à celle de l'air ambiant). L'air de la pièce réchauffe donc également les parois intérieures Nord et Sud.

En fait, l'incidence thermique différente des murs Nord et Sud sur le bilan global du local résulte des valeurs de températures prises sur la face externe des murs. Alors que, dans le cas de la façade Sud, on assiste à une montée en température non négligeable sous l'effet du rayonnement solaire, la façade Nord subit seulement les fluctuations de température de l'air extérieur, prenant une valeur moyenne proche de celle de l'air (7°5), toujours inférieure à la température de la face interne. La façade Sud emmagasine, en revanche, durant la journée, grâce au soleil, une certaine quantité de chaleur dans les premières couches du mur qu'elle cède en soirée et la nuit en s'opposant aux déperditions nocturnes (stockage et destockage pour la même face externe du mur).



TEMPERATURES DE SURFACE - MURS NORD ET SUD

L'action du mur Sud, non perceptible sur la face interne de la paroi Sud et sur l'air ambiant intérieur, est cependant positive, car elle permet finalement de réduire considérablement les pertes par l'extérieur. En même temps, le mur Sud constitue un élément régulateur qui empêche toute modification rapide des conditions thermiques d'ensemble du local. Le mur Nord, quant à lui, joue un rôle négatif puisqu'il perd continuellement de l'énergie vers l'extérieur ; seule sa masse amortit les amplitudes extérieures.

Il était donc nécessaire, pour notre étude, de procéder à une analyse fine des températures intérieures du mur Sud sous peine d'occulter le rôle et les avantages de celui-ci.

Le plafond et le grenier

Le grenier, présenté généralement comme un espace tampon important surtout quand il était utilisé pour la mise en réserve des denrées et des récoltes, ne réduit, dans notre expérimentation, que de façon minimale, l'amplitude des variations de la température extérieure.

Le grenier recouvre totalement le local étudié et constitue un volume important, vide de tout élément pouvant jouer le rôle d'isolant. Par ailleurs, les infiltrations, au niveau des ardoises et des égoûts de toiture, sont loin d'être négligeables. Les murs pignons mitoyens constituent sa seule inertie. Seul, un plancher de bois, sur solives, sépare le grenier du local étudié.

L'analyse des différentes températures (air extérieur, air ambiant, grenier, plancher) donne les résultats suivants :

- l'allure de la courbe de variations de température d'air du grenier suit rigoureusement celle de la température extérieure ; les températures maximales sont sensiblement égales tandis que les températures minimales, au cours de la nuit, sont légèrement supérieures à celles de l'air extérieur (1 ou 2°). Les échanges convectifs positifs le long des ardoises du pan de toiture exposé au Sud semblent compenser par les échanges plus frais sur le pan Nord et les infiltrations,
- le rôle de tampon thermique du grenier est donc très réduit (pour notre cas) ; l'air du grenier subit, de façon assez directe, les effets de l'air extérieur enregistrant ainsi sur une courte période, en début d'après-midi, une température plus élevée que la pièce d'habitation située au-dessous,
- la température du plafond n'oscille que faiblement entre 9 et 12° ; maximum et minimum sont en phase avec ceux de la température d'air du grenier. Le plafond est plus frais que l'air de la pièce, plus chaud que l'air du grenier. En fait, la température du plafond (sans inertie) traduit la température d'air ambiant du local.

Finalement, le grenier, en raison des fuites d'air importantes et de sa masse isolante négligeable, est le siège d'échanges continus (pertes en cette saison), mais dont l'effet n'est pas immédiatement ressenti par la pièce d'habitation. C'est la différence essentielle avec la maison du Sud Loire, dont le local subit directement les échanges par la toiture.

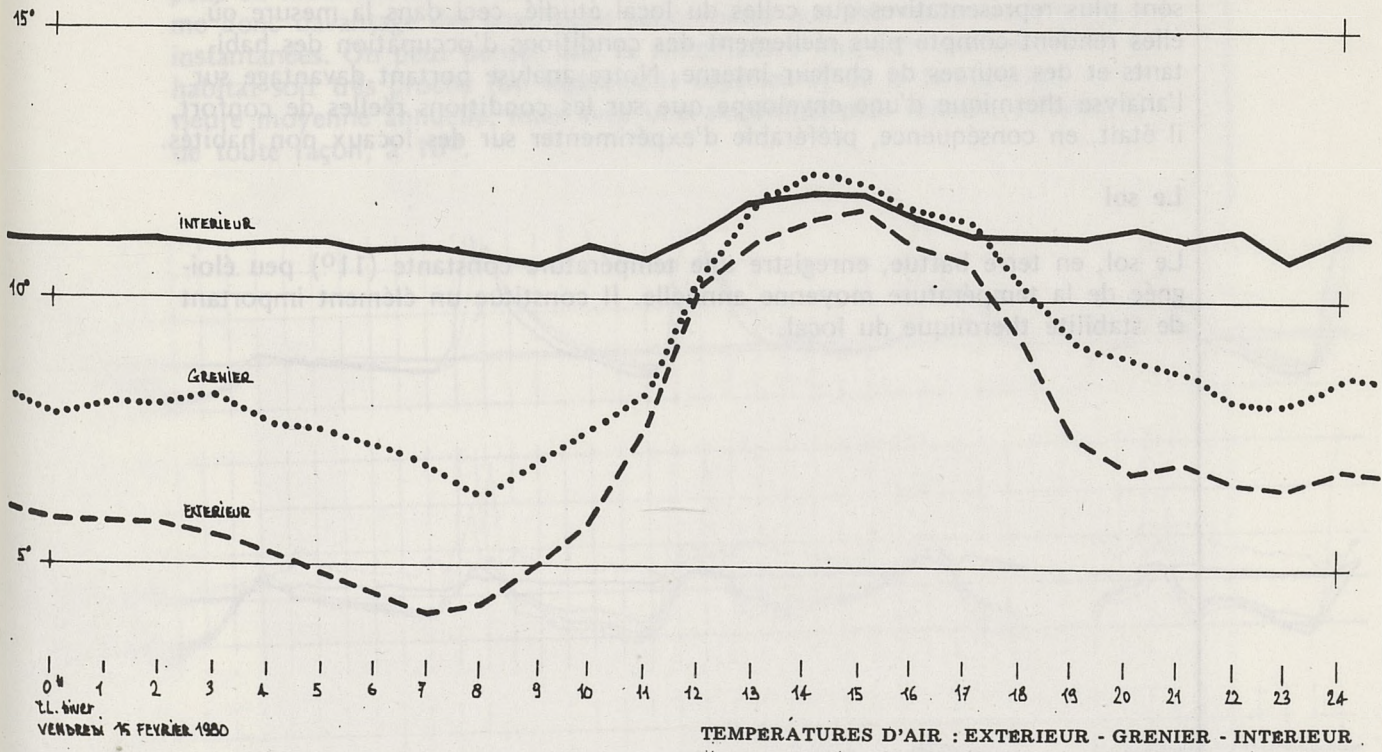
Synthèse de bilan thermique

Le mur moyen Ouest

Le mur moyen Est... La température de surface interne du mur Est (côté local étudié) est stable autour de 17°C, donc également plus chaude que l'ambiance. Sur l'autre face, la température fluctue davantage sous l'effet de la température de l'air de la pièce d'habitation (12°C à 14°C en moyenne) aux heures 08 et 20 sans...

La température ambiante de la pièce d'habitation moyenne varie entre 12°C et 14°C. Les températures de surface interne et externe du mur sont respectivement de 17°C et 12°C. Les températures de surface interne et externe du mur sont respectivement de 17°C et 12°C.

Le mur moyen Est... La température de surface interne du mur Est (côté local étudié) est stable autour de 17°C, donc également plus chaude que l'ambiance. Sur l'autre face, la température fluctue davantage sous l'effet de la température de l'air de la pièce d'habitation (12°C à 14°C en moyenne) aux heures 08 et 20 sans...



0h
21. hiver
VENDREDI 15 FEVRIER 1980

TEMPERATURES D'AIR : EXTERIEUR - GRENIER - INTERIEUR

Le mur mitoyen Ouest

Le mur sépare la pièce d'habitation d'une autre pièce d'habitation utilisée pendant la semaine de mesures pour l'élevage des canards. La température de paroi interne s'est maintenue rigoureusement constante durant toute la semaine de mesures. Sa valeur de 12° (température de paroi la plus élevée du local), résulte de la température ambiante du local adjacent, parfaitement étanche aux infiltrations d'air et maintenue grâce à la chaleur animale autour de 14° . Cette constatation est importante, car, traditionnellement, la juxtaposition (parfois sans séparation importante) de la pièce d'habitation et de l'étable était une configuration courante dans les secteurs d'élevage.

Le mur mitoyen Est

Le mur Est est le mur de séparation du local étudié avec une pièce de séjour habitée. Une porte permet la communication entre les deux pièces.

La température de surface interne du mur Est (côté local étudié) est stable, autour de $11^{\circ}5$, donc également plus chaude que l'ambiance. Sur l'autre face, la température fluctue davantage sous l'effet de la température de l'air de la pièce d'habitation ($12^{\circ}5$ à 13° en moyenne).

La température ambiante de la pièce d'habitation mitoyenne varie, quant à elle, de façon irrégulière et instantanée en fonction des habitudes de vie des occupants : baisse de température en milieu de journée en raison de l'ouverture continuelle de la porte d'entrée ; augmentation de température pendant les périodes de cuisson et de préparation des repas ; mise en marche du feu de bois le matin au réveil... La température demeure toujours supérieure à la pièce étudiée. En fait, les conditions thermiques de cette pièce d'habitation sont plus représentatives que celles du local étudié, ceci dans la mesure où elles rendent compte plus réellement des conditions d'occupation des habitants et des sources de chaleur interne. Notre analyse portant davantage sur l'analyse thermique d'une enveloppe que sur les conditions réelles de confort, il était, en conséquence, préférable d'expérimenter sur des locaux non habités.

Le sol

Le sol, en terre battue, enregistre une température constante (11°) peu éloignée de la température moyenne annuelle. Il constitue un élément important de stabilité thermique du local.

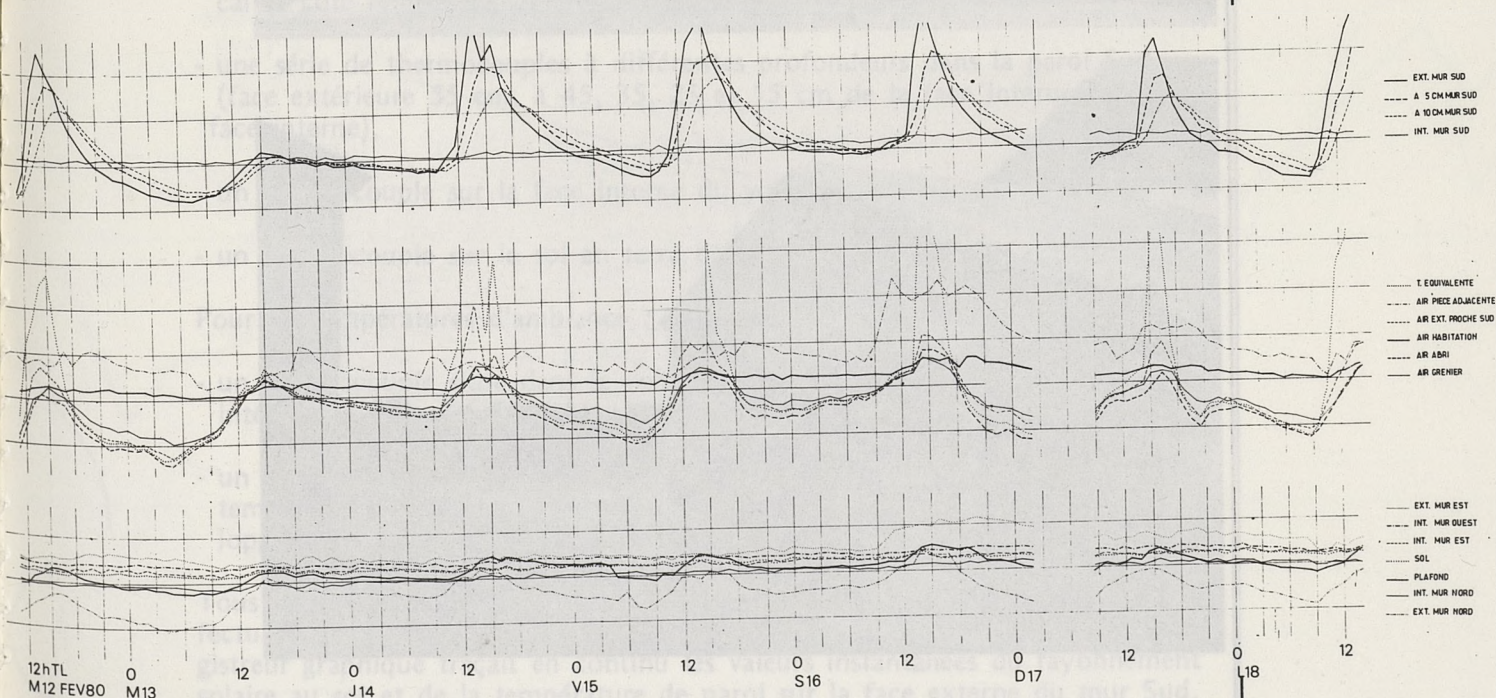
Synthèse du bilan thermique

L'analyse thermique du local a permis de mettre en évidence sa forte inertie qui, liée à une faible surface d'échange avec l'extérieur, s'oppose à toute variation brusque de l'ambiance intérieure et constitue un frein à son refroidissement comme à son réchauffement.

La température stable de l'air ambiant traduit bien cette situation. Les éléments de l'enveloppe intérieure ne sont soumis à aucune fluctuation :

- les 2 murs mitoyens Est et Ouest stables autour de $11^{\circ}5$ à 12° , plus chauds que l'air, participent au maintien des conditions existantes en compensant les pertes par le mur Nord et à moindre degré par le grenier,
- les 2 murs Nord et Sud, légèrement plus froids que l'ambiance, stables également, avec des valeurs de températures des parois internes respectivement de 10° et $10^{\circ}5$; le mur Sud, grâce aux apports solaires, réduit considérablement les pertes,
- le plafond, légèrement plus fluctuant (10 à $12^{\circ}5$) mais dans des limites comprises entre 2 et 3° , exprime le rôle d'amortissement joué par le grenier.

La température de l'air ambiant avec une valeur de 11° prend grossièrement la valeur moyenne des températures de paroi. Il n'y a donc pas d'effet radiatif des parois ni de réponse directe du local au rayonnement solaire. La masse de matériau amortit et rend insensible le local aux variations extérieures à l'échelle de la journée et même de la semaine. Le temps de réponse dans un tel habitat est donc très long et seule une succession de journées identiques peut en modifier les conditions internes. Le bilan thermique du local exprime donc davantage des conditions saisonnières que des variations diurnes ou instantanées. On peut penser que la température moyenne annuelle d'un tel habitat soit très proche (ou légèrement supérieure) de la température extérieure moyenne annuelle, mais avec une amplitude plus réduite, inférieure, de toute façon, à 10° .



LA BASSE POTERIE - AIGREFEUILLE

Le local que nous avons analysé ne constitue pas, à proprement parler, une pièce d'habitation, mais il en présente toutes les caractéristiques. C'est en fait un local annexe situé à l'extrémité Ouest d'une barre d'habitation de métairie, anciennement occupée par plusieurs familles. Les dépendances, situées à l'Est et à l'Ouest perpendiculairement aux habitations, délimitent une vaste cour intérieure. L'orientation au Sud du local et l'enduit blanc du mur Sud ont été les éléments déterminants du choix. L'enveloppe du local est définie comme suit :

- une façade orientée plein Sud contenant la porte d'accès ; le mur en moellons est enduit et blanchi à la chaux,
- un pignon Ouest en maçonnerie apparente de tonalité grise, en contact direct avec l'extérieur,
- le pignon Est est mitoyen avec la maison d'habitation,
- le mur Nord est également en moellons et sépare le local d'une remise comprise sous la même toiture.



Le sol est en terre battue. La toiture en tuiles posée sur voliges est à deux pans ; l'axe du faîtage est parallèle aux façades Nord et Sud. Le local ne contient pas d'autres ouvertures que la porte d'accès ; l'absence de fenêtre ne devrait pas modifier sensiblement les résultats, étant donné le peu d'importance qu'elle joue dans le bilan thermique d'ensemble. Les dimensions du local sont comparables à celles d'une pièce d'habitation. Le volume à rez-de-chaussée est directement au contact de la toiture. Les murs ont une épaisseur moyenne de 55 cm.

Situation des appareils de mesures

A l'extérieur, en site dégagé :

- un thermobarohygrographe pour l'enregistrement graphique en continu de la température d'air sous abri,
- un pyranomètre pour l'enregistrement, en continu également, des irradiances solaires globales au sol.

A l'extérieur, à proximité immédiate (50 cm) de la façade Sud :

- un capteur de température d'air sous abri,
- un anémomètre,
- un capteur de température équivalente sur le mur Sud de couleur blanche.

Sur les parois du local :

- un thermocouple mesurant la température de paroi intérieure du mur Est mitoyen,
- un thermocouple sur les faces internes et externes des murs Nord (côté local et côté remise) et Ouest (côté local, côté extérieur),
- une série de thermocouples à différentes profondeurs dans la paroi Sud (face extérieure 55 cm, à 45, 35, 25 et 15 cm de la face interne, sur la face interne),
- un thermocouple sur la face interne du voligeage,
- un thermocouple sur le sol en terre battue.

Pour les températures d'ambiance :

- un thermocouple situé dans le volume pour la température d'air ambiant intérieur ainsi qu'un thermobarohygrographe,
- un thermocouple placé dans une boule noire pour l'enregistrement de la température résultante (air et effet radiatif des parois internes de l'enveloppe).

Tous les thermocouples capteurs étaient reliés à la chaîne de mesures qui effectuait une scrutation par intervalle d'une heure. En complément, un enregistreur graphique traçait en continu les valeurs instantanées du rayonnement solaire au sol et de la température de paroi sur la face externe du mur Sud.

Les températures de l'air extérieur et de l'air ambiant du local

L'examen des courbes de température d'air extérieur et intérieur produit par les enregistreurs graphiques durant un mois (19 mars au 16 avril) permet de mettre en évidence les points suivants :

- la température moyenne (maxi + mini /2) de l'air extérieur sous abri a été de 9° ; celle de l'air ambiant du local de $10^{\circ}4$. La différence de $1^{\circ}5$ ne peut être due qu'à la chaleur emmagasinée dans la construction même,
- les variations journalières de la température moyenne de l'air extérieur sont répercutées, sans délai, sur la température intérieure. Seule l'amplitude des variations est diminuée,
- au cours de la journée, la température intérieure subit une augmentation en phase avec celle de l'air extérieur (à un léger décalage près). Cette augmentation est d'autant plus sensible que le maximum de l'air extérieur est élevé. La fluctuation diurne de l'air intérieur semble se produire sous l'effet combiné des infiltrations et de la chaleur rayonnée par la toiture en tuiles. Les infiltrations ne sont généralement pas négligeables par la toiture ; la porte du local a souvent été ouverte durant la journée alors que la nuit elle est toujours fermée.

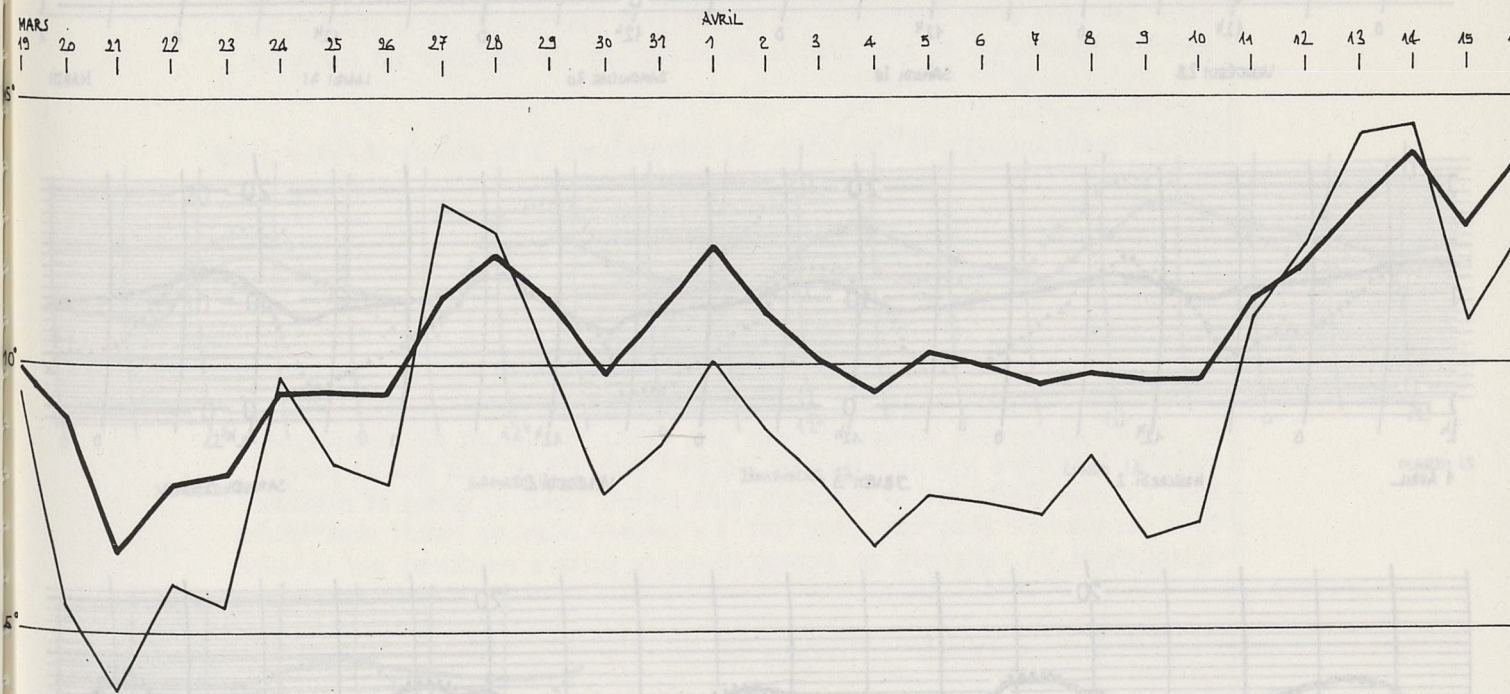
Donc, à l'inverse de la maison du Nord du département, la forte inertie des murs ne semble pas jouer totalement son rôle, en raison d'éléments de la construction moins opaques à la transmission des flux de chaleur avec l'extérieur (toit, infiltrations). Notons toutefois qu'à cette période de l'année, les effets seraient plutôt positifs puisqu'ils conduisent au moins le jour à une élévation de température de l'air intérieur (qui reste basse en moyenne).

L'enregistrement horaire des mesures par la centrale fournit des valeurs de température plus précises durant une huitaine de jours (5 au 13 avril). Il apparaît ainsi que :

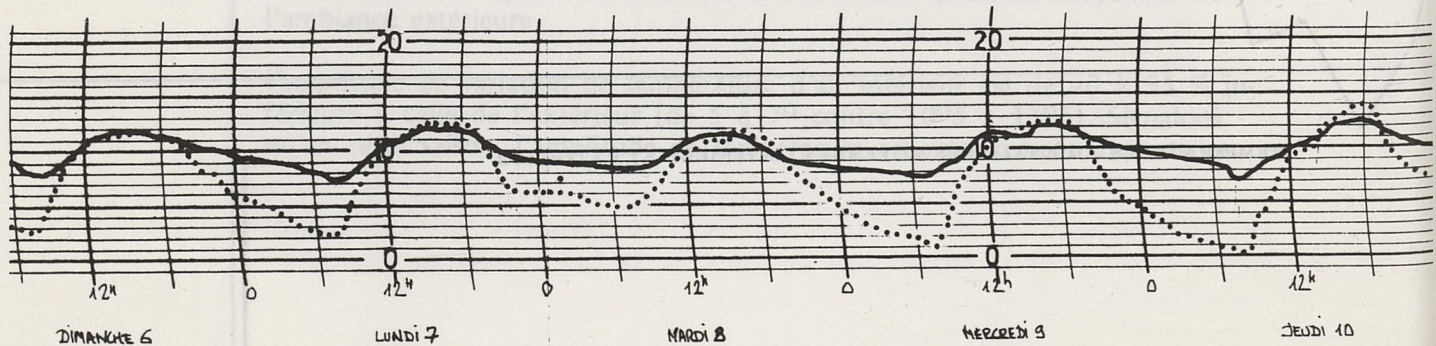
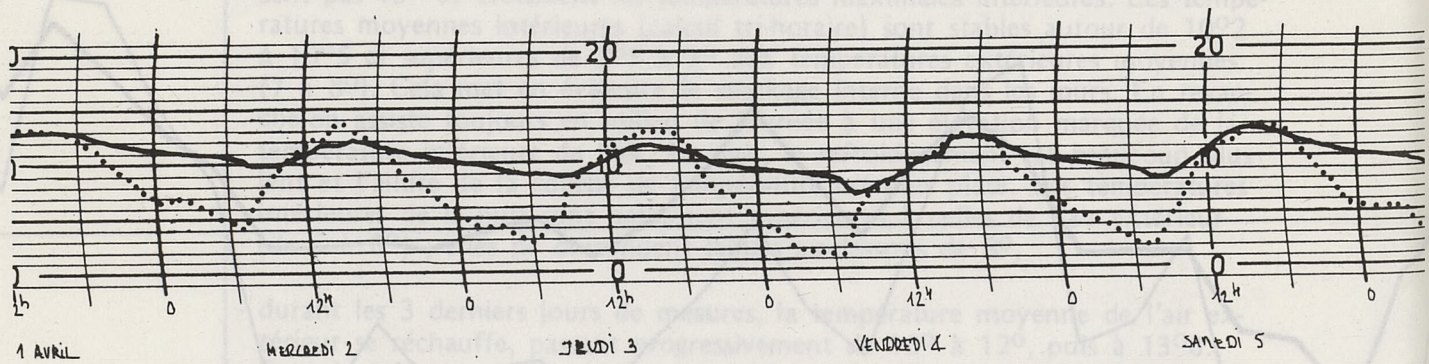
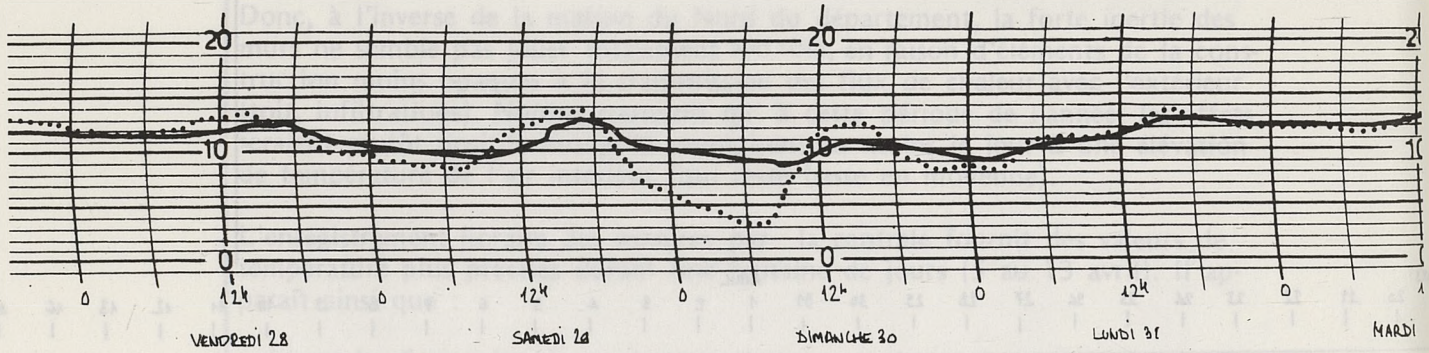
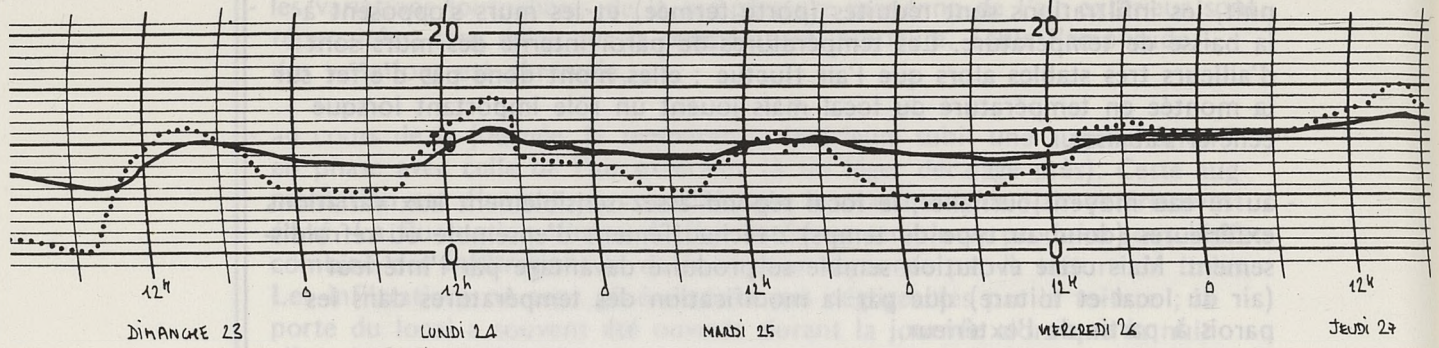
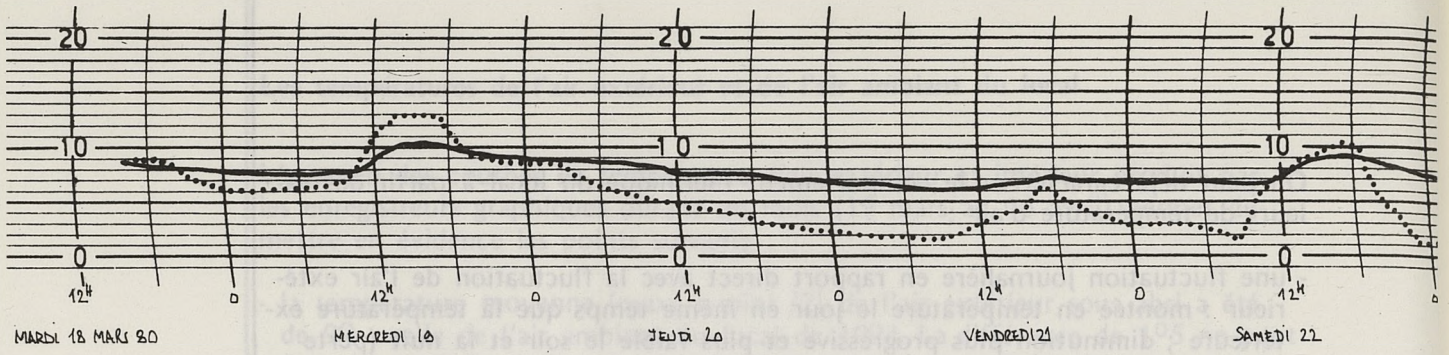
- durant les 6 premiers jours, les températures extérieures maximales ne dépassent pas 13° et avoisinent les températures maximales intérieures. Les températures moyennes intérieures (calcul tri-horaire) sont stables autour de $10^{\circ}2$ à $10^{\circ}5$ et supérieures de $2^{\circ}5$ à 3° aux températures extérieures moyennes (7 à 8°). Cela met en évidence le stockage interne dans les murs. En revanche on assiste toujours en milieu de journée à une élévation marquée de la température intérieure de l'air. La nuit, le refroidissement est beaucoup plus lent et l'allure de la courbe de température est plus plate. Les températures intérieures de la nuit sont nettement supérieures à celles de l'air extérieur (de 5 à 8°) ; elles ne descendent jamais au-dessous de 8° ,
- durant les 3 derniers jours de mesures, la température moyenne de l'air extérieur se réchauffe, passant progressivement de 10° à 12° , puis à $13^{\circ}8$. Dans le même temps, la température de la pièce évolue de 12 à 13° , puis à 14° . Le local répond donc immédiatement aux variations moyennes de l'ambiance extérieure,
- l'amplitude de variation de température d'air intérieur est de 40 à 55 % inférieure à celle de l'extérieur (de 5 à 7° contre $10^{\circ}5$ à $13^{\circ}5$). Signalons qu'en cette saison, l'amplitude de température est relativement importante.

On peut déjà caractériser le comportement thermique du local à partir des valeurs de température d'air :

- une fluctuation journalière en rapport direct avec la fluctuation de l'air extérieur : montée en température le jour en même temps que la température extérieure ; diminution plus progressive et plus faible le soir et la nuit (perte de 1 à 2° entre 21 h et 6 h du matin). Le jour, les infiltrations importantes (porte ouverte, toiture) sont responsables de la montée en température ; la nuit, les infiltrations sont réduites (porte fermée) et les murs s'opposent à la baisse de température. Les températures de paroi interne des murs sont d'ailleurs très stables alors que l'air fluctue ; elles n'ont donc pas d'effet sur la montée en température du local mais jouent un rôle important lorsque celle-ci s'abaisse,
- au niveau moyen journalier, le local répond assez sensiblement aux variations extérieures (donc au type de temps) : réchauffement d'ensemble ou refroidissement. Mais cette évolution semble se produire davantage par l'intérieur (air du local et toiture) que par la modification des températures dans les parois à partir de l'extérieur.



TEMPERATURES JOURNALIERES MOYENNES : INTERIEUR ET EXTERIEUR

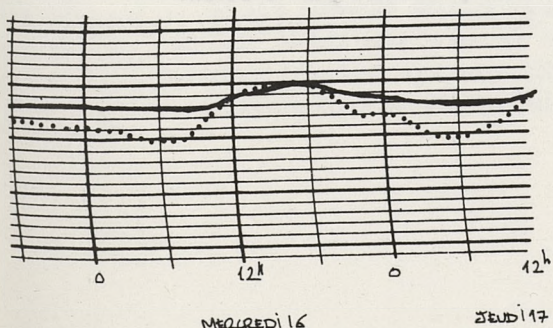
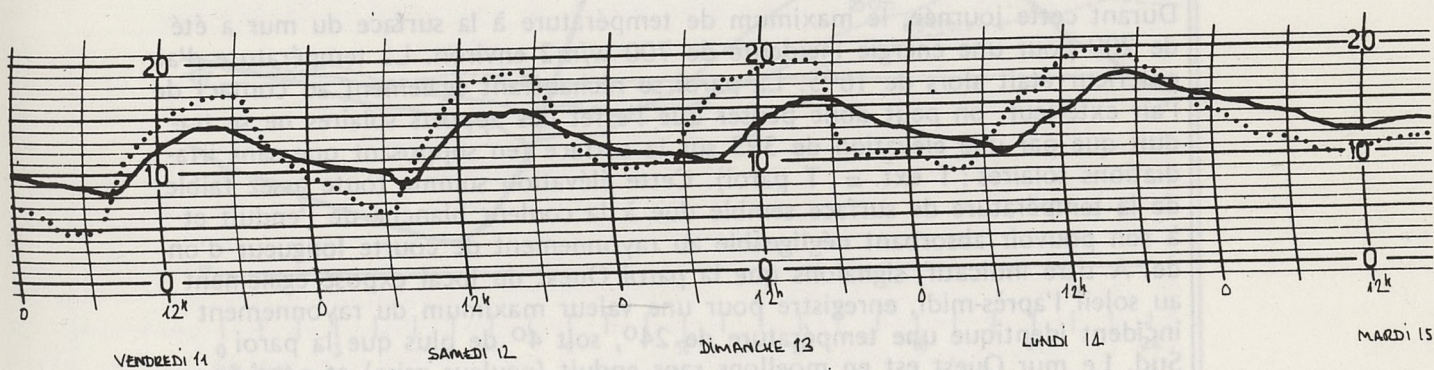


Les différents thermocouples placés à l'intérieur du mur et sur les deux faces permettent d'étudier la transmission du flux de chaleur dans la masse même de la paroi.

La température de surface externe varie avec les apports solaires, la température de l'air extérieur proche et les mouvements d'air au voisinage de la surface de la paroi (pierre, aspect extérieur blanc).
 Durant la période de mesures, la vitesse de l'air à proximité de la paroi est demeurée très faible, ne dépassant qu'à de très rares occasions 2 à 3 m/s. Il n'a donc pas été possible de mettre en évidence, par les mesures, l'impact du vent sur les effets convectifs et les températures de surface de la paroi sud.

En revanche l'enregistrement graphique simultané de la température de surface de la paroi sud et du rayonnement global au sol montre la variation immédiate de la température en réponse à une modification de la valeur du rayonnement incident. Donc, au cours d'une journée ensoleillée mais avec de nombreux passages nuageux (cas le plus fréquent durant la campagne de mesures), la température de surface extérieure peut enregistrer des pics et varier franchement d'une heure à l'autre ; le mur sud est donc chauffé par le soleil très irrégulièrement produisant des effets alternés de transmission vers l'intérieur ou l'extérieur dans les premières couches de la paroi.

Durant la journée très ensoleillée du vendredi 11 avril, la température de surface varie très progressivement avec l'énergie solaire incidente. On remarque cependant un décalage entre le maximum de l'énergie incidente et le maximum de température atteint par le mur ; ceci est dû à l'effet d'inertie de la paroi qui cède immédiatement par conduction une partie de la chaleur aux couches intérieures du mur proche de la surface. Ce décalage est d'environ 1 h 30.



TEMPERATURES D'AIR INTERIEUR ET EXTERIEUR

Le mur Sud

Les différents thermocouples placés à l'intérieur du mur et sur les deux faces permettent d'étudier la transmission du flux de chaleur dans la masse même de la paroi.

La température de surface externe varie avec les apports solaires, la température de l'air extérieur proche et les mouvements d'air au voisinage de la surface en relation avec les propriétés de la paroi (pierre, aspect extérieur blanc). Durant la période de mesures, la vitesse de l'air à proximité de la paroi est demeurée très faible, ne dépassant qu'à de très rares occasions 2 à 3 m/s. Il n'a donc pas été possible de mettre en évidence, par les mesures, l'impact du vent sur les effets convectifs et les températures de surface de la paroi Sud.

En revanche, l'enregistrement graphique simultané de la température de surface du mur et du rayonnement global au sol montre la variation immédiate de la température en réponse à une modification de la valeur du rayonnement incident. Donc, au cours d'une journée ensoleillée mais avec de nombreux passages nuageux (cas le plus fréquent durant la campagne de mesures), la température de surface extérieure peut enregistrer des pics et varier franchement d'une heure à l'autre ; le mur Sud est donc chauffé par le soleil très irrégulièrement produisant des effets alternés de transmission vers l'intérieur ou l'extérieur dans les premières couches de la paroi.

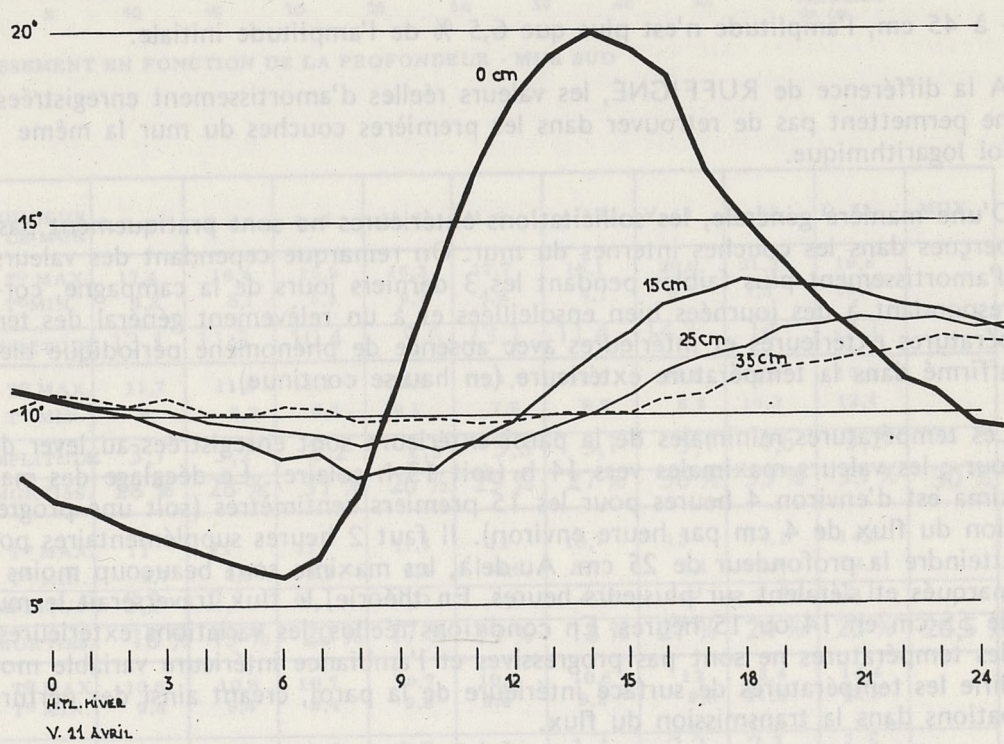
Durant la journée très ensoleillée, du vendredi 11 avril, la température de surface varie très progressivement avec l'énergie solaire incidente. On remarque cependant un décalage entre le maximum de l'énergie incidente et le maximum de température atteint par le mur : ceci est dû à l'effet d'inertie de la paroi qui cède immédiatement par conduction une partie de la chaleur aux couches intérieures du mur proche de la surface. Ce décalage est d'environ 1 h 30.

Durant cette journée, le maximum de température à la surface du mur a été de 20° pour une énergie incidente de 700 w/m² environ. La température d'air extérieur était alors de 16°5. La paroi se réchauffant également au contact de l'air extérieur, on peut donc penser que l'effet des apports solaires ne se traduit que par une élévation de 3°5 sur la surface (en supposant que sans irradiations solaires : $T_{\text{ext.}} = T_{\text{paroi}}$). Cette élévation somme toute assez faible de la température de surface semble due à la couleur blanche de l'enduit et à son pouvoir absorbant négligeable au rayonnement de courte longueur d'onde. A titre indicatif, signalons que la paroi Ouest du local exposé également au soleil l'après-midi, enregistre pour une valeur maximum du rayonnement incident identique une température de 24°, soit 4° de plus que la paroi Sud. Le mur Ouest est en moellons sans enduit (couleur grise) et possède donc un pouvoir absorbant plus fort. La couleur blanche réduit donc considérablement les variations de températures de surface produites par le soleil.

Une partie de la chaleur absorbée par la paroi sud est ensuite échangée avec l'extérieur (rayonnement de grande longueur d'onde vers l'environnement extérieur, convection); une autre partie est transmise progressivement dans l'épaisseur du mur par conduction. L'analyse de cette transmission du flux de chaleur à l'intérieur du mur par l'étude de la répartition des températures à différentes profondeurs dans le mur montre un fort amortissement de l'amplitude des variations extrêmes de température (maxi - mini) et un décalage important associé aux différents valeurs maximales. Cet amortissement est fonction des caractéristiques thermophysiques du matériau (essentiellement capacité calorifique et conductivité) et de l'épaisseur.

Les valeurs d'amortissement calculées jour par jour (rapport entre amplitude extrême de variation de température sur la surface externe du mur et l'amplitude à une profondeur x) permettent d'obtenir des valeurs moyennes.

- à 15 cm, l'amplitude n'est plus que 30 % de l'amplitude initiale.
- à 25 cm, l'amplitude n'est plus que 21 % de l'amplitude initiale.
- à 35 cm, l'amplitude n'est plus que 11,5 % de l'amplitude initiale.



TEMPERATURES DANS LE MUR SUD A 0,15 - 25 et 35 CM

température de surface interne de la paroi. Cette dernière, très stable, fluctue légèrement sous l'influence des échanges convectifs avec l'air ambiant intérieur. La face interne du mur est donc indépendante des variations extérieures.

Une partie de la chaleur absorbée par la paroi Sud est ensuite échangée avec l'extérieur (rayonnement de grande longueur d'onde vers l'environnement extérieur, convection) ; une autre partie est transmise progressivement dans l'épaisseur du mur par conduction. L'analyse de cette transmission du flux de chaleur à l'intérieur du mur par l'étude de la répartition des températures à différentes profondeurs dans le mur montre un fort amortissement de l'amplitude des variations extrêmes de température (maxi - mini) et un décalage important associé aux différentes valeurs maximales. Cet amortissement est fonction des caractéristiques thermophysiques du matériau (essentiellement capacité calorifique et conductivité) et de l'épaisseur.

Les valeurs d'amortissement calculées jour par jour (rapport entre amplitude extrême de variation de températures sur la surface externe du mur et l'amplitude à une profondeur x) permettent d'obtenir des valeurs moyennes.

Ainsi :

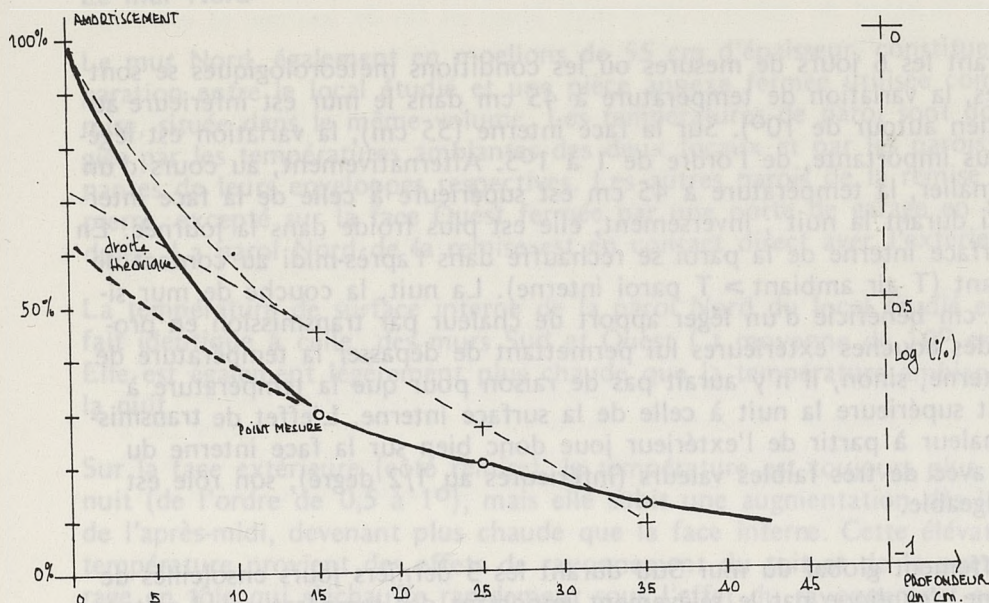
- à 15 cm, l'amplitude n'est plus que 30 % de l'amplitude initiale,
- à 25 cm, l'amplitude n'est plus que 21 % de l'amplitude initiale,
- à 35 cm, l'amplitude n'est plus que 11,5 % de l'amplitude initiale,
- à 45 cm, l'amplitude n'est plus que 6,5 % de l'amplitude initiale.

A la différence de RUFFIGNÉ, les valeurs réelles d'amortissement enregistrées ne permettent pas de retrouver dans les premières couches du mur la même loi logarithmique.

D'une manière générale, les sollicitations extérieures ne sont pratiquement pas perçues dans les couches internes du mur. On remarque cependant des valeurs d'amortissement plus faibles pendant les 3 derniers jours de la campagne, correspondant à des journées bien ensoleillées et à un relèvement général des températures extérieures et intérieures avec absence de phénomène périodique bien affirmé dans la température extérieure (en hausse continue).

Les températures minimales de la paroi extérieure sont enregistrées au lever du jour ; les valeurs maximales vers 14 h (soit 13 h solaire). Le décalage des maxima est d'environ 4 heures pour les 15 premiers centimètres (soit une progression du flux de 4 cm par heure environ). Il faut 2 heures supplémentaires pour atteindre la profondeur de 25 cm. Au-delà, les maxima sont beaucoup moins marqués et s'étalent sur plusieurs heures. En théorie, le flux traverserait le mur de 55 cm en 14 ou 15 heures. En conditions réelles, les variations extérieures des températures ne sont pas progressives et l'ambiance intérieure variable modifie les températures de surface intérieure de la paroi, créant ainsi des perturbations dans la transmission du flux.

En définitive, l'échauffement de surface de la paroi Sud ne modifie pas la température de surface interne de la paroi. Cette dernière, très stable, fluctue légèrement sous l'influence des échanges convectifs avec l'air ambiant intérieur. La face interne du mur est donc indépendante des variations extérieures.



AMORTISSEMENT EN FONCTION DE LA PROFONDEUR - MUR SUD

| PROFONDEUR DANS LE MUR | | S. 5 AV. | D. 6 | L. 7 | M. 8 | M. 9 | J. 10 | V. 11 | S. 12 | D. 13 | MOY. |
|------------------------|-----------|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0 cm | T° MAX. | 17,4 | 16,4 | 15,5 | 16,3 | 17,7 | 16,1 | 20,0 | 21,3 | 19,8 | |
| | T° MIN. | 4,3 | 5,1 | 5,1 | 6,7 | 4,6 | 4,7 | 5,7 | 7,3 | 10,7 | |
| | AMPLITUDE | 13,1 | 11,3 | 10,4 | 9,6 | 13,1 | 11,4 | 14,3 | 14 | 9,1 | |
| 15 cm | T° MAX. | 11,7 | 11,5 | 11,5 | 11,6 | 11,7 | 11,3 | 13,5 | 14,9 | 15,6 | |
| | T° MIN. | 8 | 8,3 | 8,3 | 9,1 | 7,9 | 8,2 | 8,4 | 10,3 | 12,4 | |
| | AMPLITUDE | 3,7 | 3,2 | 3,2 | 2,5 | 3,8 | 3,1 | 5,1 | 4,6 | 3,2 | |
| | AMORTISS. | 28 % | 28 % | 31 % | 26 % | 29 % | 27 % | 36 % | 33 % | 35 % | 30 % |
| 25 cm | T° MAX. | 11 | 11 | 11 | 11,1 | 11 | 10,7 | 13 | 14,1 | 14,8 | |
| | T° MIN. | 8,7 | 8,9 | 8,9 | 9,5 | 8,5 | 8,7 | 9,1 | 10,8 | 12,7 | |
| | AMPLITUDE | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 1,6 | 2,5 | 2,0 | 3,9 | 3,3 | 2,1 | |
| | AMORTISS. | 18 % | 19 % | 20 % | 17 % | 19 % | 18 % | 27 % | 24 % | 23 % | 20,5 % |
| 35 cm | T° MAX. | 10,6 | 10,6 | 10,7 | 10,7 | 10,5 | 10,6 | 12 | 13,4 | 14,4 | |
| | T° MIN. | 9,4 | 9,4 | 9,4 | 9,8 | 9,4 | 9,2 | 9,8 | 11,3 | 12,9 | |
| | | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 2,2 | 2,1 | 1,5 | |
| | | 9 % | 11 % | 13 % | 9 % | 8 % | 12 % | 15 % | 15 % | 16 % | 12 % |

Une partie de la chaleur absorbée par la paroi Sud est ensuite échangée avec l'extérieur (rayonnement de grande longueur d'onde vers l'environnement extérieur, convection) ; une autre partie est transmise progressivement dans l'épaisseur du mur par conduction. L'importance de cette transmission du

Ainsi, durant les 6 jours de mesures où les conditions météorologiques se sont maintenues, la variation de température à 45 cm dans le mur est inférieure au 1° (maintien autour de 10°). Sur la face interne (55 cm), la variation est légèrement plus importante, de l'ordre de 1 à $1^{\circ}5$. Alternativement, au cours d'un cycle journalier, la température à 45 cm est supérieure à celle de la face interne, et ceci durant la nuit ; inversement, elle est plus froide dans la journée. En fait, la surface interne de la paroi se réchauffe dans l'après-midi au contact de l'air ambiant ($T_{\text{air ambiant}} > T_{\text{paroi interne}}$). La nuit, la couche de mur située à 45 cm bénéficie d'un léger apport de chaleur par transmission en provenance des couches extérieures lui permettant de dépasser la température de surface interne, sinon, il n'y aurait pas de raison pour que la température à 45 cm soit supérieure la nuit à celle de la surface interne. L'effet de transmission de chaleur à partir de l'extérieur joue donc bien sur la face interne du mur mais avec de très faibles valeurs (inférieures au $1/2$ degré), son rôle est donc négligeable.

Le réchauffement global du mur Sud durant les 3 derniers jours ensoleillés de la campagne s'explique par le relèvement important des températures. Les températures minimales extérieures ne s'abaissent pas au-dessous de 10° , soit la température moyenne à l'intérieur du mur. L'effet est donc globalement positif par rapport à l'état précédent d'où le réchauffement de l'ensemble du mur ; la chaleur emmagasinée dans le mur étant supérieure à celle qui est cédée.

Finalement, l'effet positif du mur Sud est de retarder et d'amoindrir, grâce aux cycles de stockage et de déstockage, les variations instantanées des conditions extérieures, ceci en contrariant les échanges par transmission dans le mur entre l'ambiance intérieure et l'environnement extérieur. Rappelons toutefois la faible capacité du mur à absorber l'énergie solaire en raison de sa couleur blanche évitant ainsi la montée en température du mur sous l'effet du soleil ; situation qu'il serait préférable d'éviter en période hivernale.

Le mur Nord

Le mur Nord, également en moellons de 55 cm d'épaisseur, constitue une séparation entre le local étudié et une pièce annexe fermée utilisée comme remise, située dans le même volume. Les températures de paroi sont donc régies par les températures ambiantes des deux locaux et par les parois rayonnantes de leurs enveloppes respectives. Les autres parois de la remise sont en pierre, excepté sur la face Ouest fermée par une porte de garage en tôle ondulée. La paroi Nord de la remise est en contact direct avec l'extérieur.

La température de surface interne de la paroi Nord du local étudié est tout-à-fait identique à celle des murs Sud et Ouest (t moyenne de 10° environ). Elle est également légèrement plus chaude que la température ambiante durant la nuit.

Sur la face extérieure (côté remise), la température est toujours plus fraîche la nuit (de l'ordre de $0,5$ à 1°), mais elle subit une augmentation dès le début de l'après-midi, devenant plus chaude que la face interne. Cette élévation de température provient des effets de rayonnement du toit et de la porte de garage en tôle qui s'échauffe rapidement sous l'effet du rayonnement solaire.

La température d'air ambiant dans la remise, bien qu'en moyenne plus faible que celle de la pièce étudiée, atteint des valeurs maximales bien supérieures (jusqu'à 18° en milieu d'après-midi). Le local annexe est donc plus froid la nuit (moindre isolation par la porte Ouest), mais plus chaud l'après-midi, subissant donc des amplitudes de température plus marquées que la pièce d'habitation.

En moyenne donc, les pertes par le mur Nord sont considérablement réduites par la présence de l'espace tampon de la remise dont la température moyenne est supérieure de 2° à celle de l'air extérieur.

Le mur Est

Mur mitoyen avec la maison principale, la paroi Est est en moyenne l'élément le plus chaud de l'enveloppe du local. Sa température de surface interne varie entre 11 et $11,5$ avec une légère oscillation en milieu de journée comme pour les autres murs. Sa température moyenne plus élevée provient de l'air ambiant plus chaud des pièces mitoyennes (habitées). Son maximum est légèrement inférieur au maximum de l'air ambiant durant la première partie de la semaine.

Le mur Est participe donc la plupart du temps au réchauffement de l'ambiance intérieure du local (pertes de chaleur de la maison habitée vers le local).

Le mur Ouest

Le mur Ouest se comporte également comme le mur Sud. Il est irradié directement par le soleil du début d'après-midi jusqu'en fin de journée et est donc soumis à des fluctuations de sa température de surface.

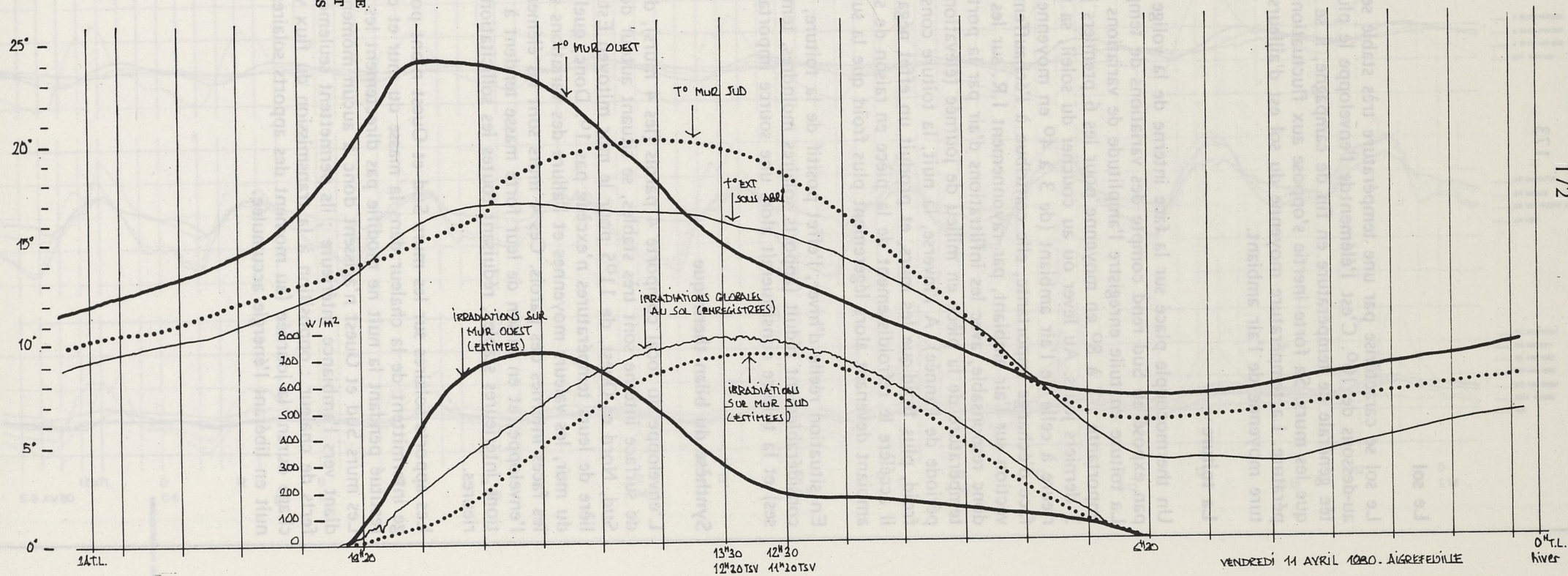
Au cours des journées bien ensoleillées, les températures maximales de surface externe dépassent celles du mur Sud. Ainsi, le vendredi 11 avril, on enregistre 24° contre 20° pour le mur Sud. La valeur du rayonnement incident sur la face Ouest est pourtant identique dans ce cas à celui de la face Sud, et la température d'air extérieur est relativement établie à ce moment. En fait, la maçonnerie brute sans enduit (couleur grise) du mur Ouest a un pouvoir absorbant au rayonnement solaire plus important. Il est néanmoins surprenant de constater que l'élévation maximale de température de surface par rapport à l'air n'atteint pas 8° alors qu'à RUFFIGNÉ, dans des conditions de rayonnement incident comparables, l'élévation des températures toujours par rapport à l'air extérieur s'échelonnait entre 10 et 15°. Peut-être est-ce dû à une conduction plus importante du mur dans le cas d'AIGREFEUILLE accentuant la transmission du flux vers l'intérieur du mur et/ou d'un coefficient d'absorption plus faible ?

Là encore, comme dans le mur Sud, il n'y a pas de répercussion sensible des effets extérieurs sur la face interne du mur Ouest. La variation de température de surface interne a la même allure que celle du mur Sud, malgré l'effet plus tardif des apports solaires sur la paroi extérieure. C'est dire que le pic de température enregistré à l'extérieur avec 4 heures de décalage sur le mur Sud ne se transmet pas à l'intérieur ou du moins que ses effets ne sont pas nettement ressentis. La température de surface interne du mur Ouest subit comme sur les autres murs une légère élévation de température en milieu de journée en raison de l'air ambiant qui s'échauffe et du rayonnement de la toiture.

En fait, si on s'intéresse aux températures moyennes de surface interne et externe de la paroi durant les 6 premiers jours, on enregistre des valeurs moyennes identiques sur les deux faces (proches de 10°), exprimant alors un flux global de transmission nul entre intérieur et extérieur. Le mur est équivalent à un isolant parfait pour l'ambiance intérieure. Le mur Ouest n'apporte pas de gain à l'intérieur, les phases de stockage compensent les phases de déstockage. On obtient la même réponse que le mur Sud. Les comportements des murs Ouest et Sud sont légèrement différents pendant les 3 jours qui suivent puisque les températures moyennes de surface sont continuellement en hausse, en réponse à des journées plus chaudes.

En situation extrême d'hiver, le mur Ouest ne bénéficierait que très faiblement des apports solaires (course azimutale du soleil réduite), tandis que le mur Sud serait vraisemblablement autant irradié.

TEMPERATURES DE SURFACE EXTERNE
DES MURS SUD ET OUEST
ET IRRADIATIONS GLOBALES



Le sol

Le sol se caractérise par une température très stable se situant en moyenne au-dessous de 10° . C'est l'élément de l'enveloppe le plus frais. Durant la montée générale de température en fin de campagne, il se réchauffe moins vite que les murs. Sa forte inertie s'oppose aux fluctuations intérieures de la température. La température moyenne du sol est d'ailleurs proche de la température moyenne de l'air ambiant.

La toiture

Un thermocouple placé sur la face interne de la volige (côté local), sur le pan exposé au Sud rend compte des variations de température de la toiture. La toiture en tuile enregistre l'amplitude de variations de température la plus importante : 7 à 8° en moyenne pour les 6 premiers jours, plus de 10° les 3 derniers jours. Au lever ou au coucher du soleil, sa température est supérieure à celle de l'air ambiant (de 3 à 4° en moyenne). Du fait de sa surface d'échange importante, elle contribue à l'échauffement du local, par convection sur l'air ambiant, par rayonnement I.R. sur les autres parois. Elle est donc responsable, avec les infiltrations d'air par la porte, de l'élévation de température de la pièce en milieu de journée (élévation bénéfique à cette période de l'année). A l'inverse, la nuit, la toiture constitue un élément froid, plus froid que les murs, et produit un effet négatif dans la mesure où il accélère le refroidissement de la pièce en raison de sa faible inertie ; l'air ambiant devenant alors légèrement plus froid que la surface des murs.

En situation réelle d'hiver, l'effet positif de la toiture, durant la journée serait considérablement réduit (apports solaires moindres, températures minimales basses) et la toiture constituerait alors une source importante de déperditions.

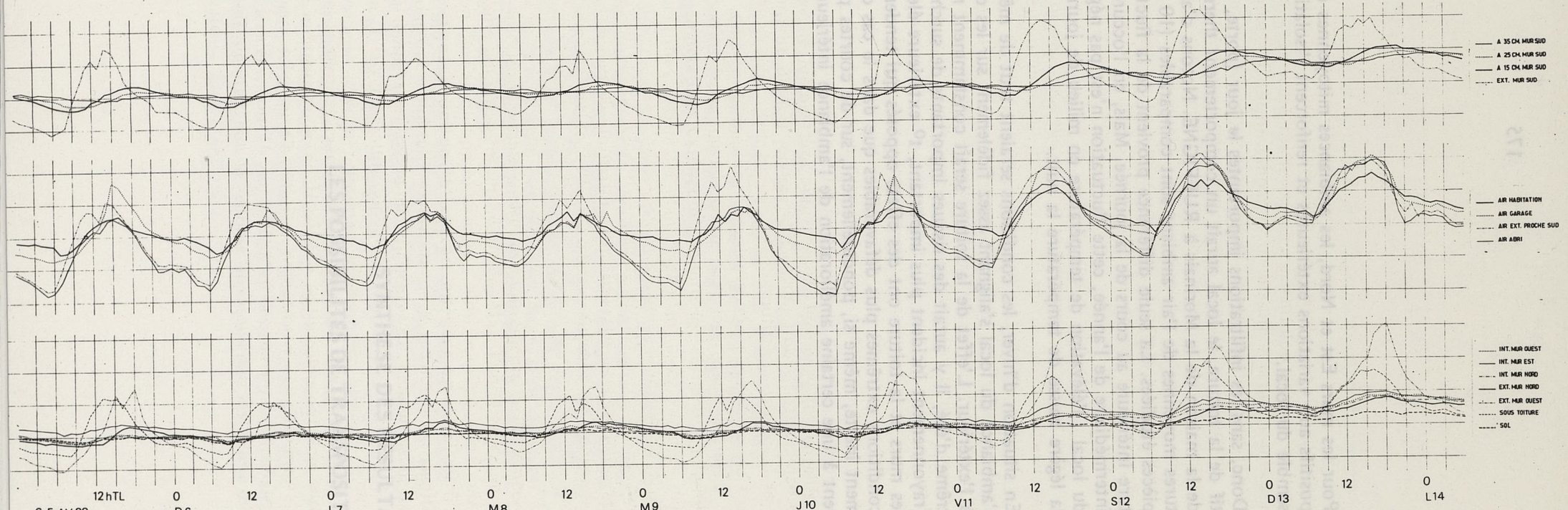
Synthèse du bilan thermique

L'enveloppe du local comporte 4 parois (les 4 murs), dont les températures de surface interne sont très stables, se situant autour de 10° pour les murs Sud, Nord et Ouest, de $11^{\circ}5$ pour le mur mitoyen Est. L'amplitude journalière de leurs températures n'excède pas 1° . Donc, quelque soit l'exposition du mur, les valeurs moyennes et l'allure des variations sont identiques sur les faces internes des parois. Ces 4 murs sont les éléments régulateurs de l'enveloppe, et en raison de leur forte masse tendent à maintenir des conditions intérieures stables, réduisant toutes les sollicitations climatiques extérieures.

Les apports solaires sur les murs Sud et Ouest n'ont pour effet qu'un stockage intermittent de la chaleur dans la masse du mur et cet apport de chaleur restitué pendant la nuit ne modifie pas directement les conditions intérieures. Les murs Sud et Ouest n'agissent donc à aucun moment comme élément radiant vers l'ambiance intérieure ; ils permettent seulement de réguler les transferts de chaleur : opposition à la transmission du flux vers l'intérieur par stockage durant la journée (au moment des apports solaires), vers l'extérieur la nuit en libérant l'énergie accumulée.

ENREGISTREMENT HORAIRES DES TEMPERATURES : AGRICULTURE

S.5 AV.80



Pour les murs Est et Nord, les ambiances mitoyennes constituent des écrans positifs aux variations extérieures et renforcent l'isolation thermique de l'ensemble du local.

Donc, sans les infiltrations importantes le jour (porte, toiture) et l'effet radiatif de la toiture, le local aurait un comportement thermique identique à celui de la maison de la Morinais à RUFFIGNÉ. Notons d'ailleurs que les températures moyennes de l'air ambiant sont comparables (10 à 10⁰⁵) dans les deux pièces étudiées. La seule différence provient de la fluctuation de la température intérieure au cours de la journée. Mais, en l'occurrence, en cette saison intermédiaire de l'année, cette fluctuation n'est pas négative pour l'ambiance du local : l'élévation de température en milieu de journée compense en partie la légère baisse de température la nuit.

En situation d'hiver, les conditions seraient tout de même moins favorables, l'ambiance du local s'alignant assez fidèlement sur les conditions qui ont cours à l'extérieur. L'effet de la toiture serait constamment négatif. En période extrême d'été, il y aurait des risques importants de surchauffe par la toiture (rayonnement incident plus important, t⁰ extérieure élevée). En conclusion, les murs et la toiture ont des effets opposés qui tendent à développer des conditions extrêmes plus défavorables que dans le cas d'une maison totalement inerte, même si, ponctuellement, sur de courtes périodes, ils concourent à une certaine amélioration de l'ambiance intérieure.

I - SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les principaux résultats enregistrés au cours de l'étude permettent-ils de conclure à la bonne intégration climatique de l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique ? Sans vouloir prendre une position catégorique, on peut tout de même constater, que le climat constitue un facteur secondaire qui n'a pas véritablement modelé ou contraint l'architecture traditionnelle au point de rendre la manifestation de sa prise en compte évidente dans l'habitat. Nous n'avons d'ailleurs pu, que dans de rares occasions (principalement à propos des orientations), observer véritablement des choix climatiques délibérés. Il est toujours délicat d'isoler une variable unique, ceci dans la mesure où l'habitat est l'expression d'une multitude de contraintes, dont les effets combinés peuvent masquer la raison d'être d'une disposition. Mais, le fait est que les conditions climatiques relativement stables sur l'ensemble du département n'ont pas induit de configurations homogènes et uniformes. On peut donc avancer que le climat n'a pas joué un rôle considérable.

Comme nous l'avons déjà signalé, mais c'est une donnée importante du problème, le climat local de la Loire-Atlantique n'est pas très sévère. Il n'impose pas, en conséquence, des contraintes dont la « non-satisfaction » conduirait à une situation particulièrement désagréable du point de vue du confort. Les conditions moyennes d'hiver et d'été sont relativement modérées ; seules les valeurs extrêmes (surtout hivernales) peuvent être critiquées. Les températures extérieures ne sont ni très basses, ni très élevées et les amplitudes journalières sont réduites. L'ensoleillement est faible, d'où l'absence de dispositifs de protection ou de captage. Le vent et la pluie paraissent être les facteurs prépondérants du climat local. Mais, il est encore, malgré le nombre important de jours de pluie dans l'année, aucune mesure de protection au niveau de l'habitat ne semble envisagée. Tout au plus peut-on signaler la présence des coyaux dans les toitures en ardoises qui protègent, grâce à une inflexion de la toiture en bas de pente, de retenir les eaux plus loin et d'éviter ainsi les dégradations en pied de mur.

Face à cette situation climatique tempérée, les éléments de l'adaptation au climat manquent nécessairement de « caractère », ne permettant pas de dégager des modalités claires d'intégration climatique dans l'habitat rural ancien. Pourtant, la diversité des types d'habitat rencontrés à l'intérieur du département laissait à penser qu'elle était l'expression de conditions climatiques différentes. Nous avons vu qu'il n'en était rien en raison des faibles variations climatiques dans le secteur géographique et du comportement thermique finalement assez identique des maisons.

D'un point de vue thermique et de l'adaptation au site, l'habitat de Loire-Atlantique est très homogène. La maison compacte et massive avec de petites ouvertures, rarement isolée, se retrouve du Nord au Sud. Son aspect différent suivant les types provient d'éléments d'incidence climatique (couleur, orientation, etc.) et de l'importance de l'activité économique... La prise de l'analyse des comportements thermiques de l'habitation provient de la volumétrie même de la pièce d'habitation suivant qu'elle est surmontée d'un grenier (ou d'un étage) ou directement située sous la toiture. La toiture, augmentant la surface d'échange, introduit au niveau journalier des variations de température plus importantes dans l'ambiance.

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

LES POSSIBILITÉS DE TRANSPOSITION

Pour les murs Est et Nord, les ambiances moyennes constituent des écrans positifs aux variations extérieures et renforcent l'isolation thermique de l'ensemble du local.

Donc, sans les infiltrations importantes le jour (porte, toiture) et l'effet radiatif de la toiture, le local aurait un comportement thermique identique à celui de la maison de la Morinais à RUFFIGNE. Notons d'ailleurs que les températures moyennes de l'air ambiant sont comparables (10 à 10⁹⁵) dans les deux pièces étudiées. La seule différence provient de la fluctuation de la température intérieure au cours de la journée. Mais, en l'occurrence, en cette saison intermédiaire de l'année, cette fluctuation n'est pas négative pour l'ambiance du local : l'élévation de température en milieu de journée compense en partie la légère baisse de température la nuit.

En situation d'hiver, les conditions seraient tout de même moins favorables, l'ambiance du local s'alignant assez fidèlement sur les conditions qui ont cours à l'extérieur. L'effet de la toiture serait constamment négatif. En période extrême d'été, il y aurait des risques importants de surchauffe par la toiture (rayonnement incident plus important, T° extérieure élevée). En conclusion, les murs et la toiture ont des effets opposés qui tendent à développer des conditions extrêmes plus défavorables que dans le cas d'une maison totalement inerte, même si, ponctuellement, sur de courtes périodes, ils concourent à une certaine amélioration de l'ambiance intérieure.

I - SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les principaux résultats enregistrés au cours de l'étude permettent-ils de conclure à la bonne intégration climatique de l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique ? Sans vouloir prendre une position catégorique, on peut tout de même constater, que le climat constitue un facteur secondaire qui n'a pas véritablement modelé ou contraint l'architecture traditionnelle au point de rendre la manifestation de sa prise en compte évidente dans l'habitat. Nous n'avons d'ailleurs pu, que dans de rares occasions (principalement à propos des orientations), observer véritablement des choix climatiques délibérés. Il est toujours délicat d'isoler une variable unique, ceci dans la mesure où l'habitat est l'expression d'une multitude de contraintes, dont les effets combinés peuvent masquer la raison d'être d'une disposition. Mais, le fait est que les conditions climatiques relativement stables sur l'ensemble du département n'ont pas induit de configurations homogènes et uniformes. On peut donc avancer que le climat n'a pas joué un rôle considérable.

Comme nous l'avons déjà signalé, mais c'est une donnée importante du problème, le climat local de la Loire-Atlantique n'est pas très sévère. Il n'impose pas, en conséquence, des contraintes dont la «non satisfaction» conduirait à une situation particulièrement désagréable du point de vue du confort. Les conditions moyennes d'hiver et d'été sont relativement modérées ; seules les valeurs extrêmes (surtout hivernales) peuvent être critiques. Les températures extérieures ne sont ni très basses, ni très élevées et les amplitudes journalières sont réduites. L'ensoleillement est faible, d'où l'absence de dispositifs de protection ou de captage. Le vent et la pluie paraissent être les facteurs prépondérants du climat local. Mais, là encore, malgré le nombre important de jours de pluie dans l'année, aucune mesure de protection au niveau de l'habitat ne semble envisagée. Tout au plus peut-on signaler la présence des coyaux dans les toitures en ardoises qui permettent, grâce à une inflexion de la toiture en bas de pente, de rejeter les eaux plus loin et d'éviter ainsi les dégradations en pied de mur.

Face à cette situation climatique tempérée, les éléments de l'adaptation au climat manquent nécessairement de «caractère», ne permettant pas de dégager des modalités claires d'intégration climatique dans l'habitat rural ancien. Pourtant, la diversité des types d'habitat rencontrés à l'intérieur du département laissait à penser qu'elle était l'expression de conditions climatiques différentes. Nous avons vu qu'il n'en était rien en raison des faibles variations climatiques dans le secteur géographique et du comportement thermique finalement assez identique des maisons.

D'un point de vue thermique et de l'adaptation au site, l'habitat de Loire-Atlantique est très homogène. La maison compacte et massive avec de petites ouvertures, rarement isolée, se retrouve du Nord au Sud du département ; son aspect différent suivant les types provient d'éléments qui n'ont pas réellement d'incidence climatique (couleur, matériau, groupement, paysage, signes de l'activité économique...). La principale distinction observée à partir de l'analyse des comportements thermiques de l'habitation provient de la volumétrie même de la pièce d'habitation suivant qu'elle est surmontée d'un grenier (ou d'un étage) ou directement située sous la toiture. La toiture, augmentant la surface d'échange, introduit au niveau journalier des variations de température plus importantes dans l'ambiance.

D'une manière générale, les caractéristiques thermiques identiques de l'habitat en Loire-Atlantique (notamment la masse thermique) conduisent à des conditions de confort comparables. Les valeurs réelles de température assez faibles, le taux d'humidité relativement important et l'absence de rayonnement direct à l'intérieur rendent d'ailleurs le confort quelque peu précaire.

Ces résultats sont à mettre en relation avec le mode de vie des habitants orienté vers l'extérieur où les activités économiques agricoles priment sur les fonctions courantes actuelles de l'habitat. Le souci d'économie semble constant, s'exprimant par la sobriété, parfois l'austérité de l'architecture et par la faible place accordée à l'espace d'habitation.

En définitive, la faiblesse des contraintes climatiques, face aux facteurs économiques, culturels, historiques ou techniques n'a pas créé les conditions favorables à la mise en place d'une architecture très typée vis à vis du climat. L'intégration climatique de l'habitat traditionnel relève d'ailleurs plus d'une volonté de protection que d'adaptation aux conditions climatiques existantes.

II - LES ÉLÉMENTS TRADITIONNELS DE L'INTÉGRATION CLIMATIQUE ET LEURS POSSIBILITÉS DE TRANSPOSITION

Malgré le manque apparent de dispositions types ou de configurations dominantes dans l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique, il est possible de retrouver certains principes d'intégration, du moins certaines caractéristiques thermiques, qui mettent bien en évidence les éléments bio-climatiques de l'habitat ancien du département.

Ce sont principalement : la recherche de protection pour réduire les déperditions, le choix des orientations et l'inertie thermique des constructions. Il est vrai que certains de ces éléments sont rendus nécessaires pour des raisons autres que bio-climatiques (par exemple, inertie et technique de construction en maçonnerie). Il est également vrai que l'incidence thermique sur le confort résultant n'est pas aussi forte qu'on pourrait le penser (orientation au Sud par exemple) ; mais il est intéressant, au niveau de la définition des principes et des possibilités d'intégration, de voir quels renseignements on peut tirer de l'habitat ancien pour résoudre le problème actuel de l'intégration climatique.

A cet effet, il faut signaler que la question de l'intégration climatique se pose actuellement en des termes très différents. On ne cherche plus à maintenir par différents moyens des conditions viables pour exercer ses activités courantes, mais plutôt à satisfaire des normes de confort préalablement établies. Maintenir naturellement ou artificiellement des températures intérieures de 18°C ou 20°C dans l'habitation a des implications beaucoup plus fortes sur la conception de l'habitat que de chercher à se protéger des conditions extrêmes désagréables du climat. Ceci s'exprime d'ailleurs bien dans l'habitat traditionnel dans la mesure où, en ce qui concerne la pièce d'habitation, les dispositifs pour tirer profit du climat sont nettement moins fréquents que ceux mis en place pour s'en protéger.

Les éléments traditionnels de l'intégration climatique, même partiellement repris, tels qu'ils sont présentés comme modèles et réutilisés à l'heure actuelle, constituent souvent, dans leur cadre propre, des réponses incomplètes et pas toujours efficaces. Au niveau des principes, ils demeurent valables, mais ils nécessitent d'être adaptés en fonction des conditions climatiques locales, des possibilités technologiques actuelles et des modes de vie. C'est à cette condition qu'il est possible de les intégrer dans une problématique bio-climatique actuelle différente.

LES DÉPERDITIONS

Pour limiter les déperditions, l'habitat traditionnel ne bénéficiait pas des procédés courants d'isolation largement utilisés actuellement. L'absence d'isolation est alors compensée par un ensemble de règles et de dispositions qui contribuent à minimiser les pertes thermiques et sont d'ailleurs directement applicables aujourd'hui.

La forme compacte de l'habitation réduit considérablement la surface d'échange avec l'extérieur. L'espace de vie est limité à une pièce, où se concentrent toutes les activités, partagée par un nombre parfois important d'occupants. La pièce d'habitation, pour des raisons d'économie, semble d'ailleurs secondaire par rapport aux espaces et aux bâtiments nécessaires à l'activité économique. Elle n'est ainsi jamais isolée mais s'inscrit dans un ensemble qui constitue en quelque sorte un environnement «protecteur».

La mitoyenneté des habitations ou des bâtiments d'exploitation supprime deux façades d'échange avec l'extérieur et permet d'obtenir deux murs épais à l'intérieur de l'habitation dont le rôle de volant thermique est intéressant. Sur les deux façades restantes, les ouvertures sont peu nombreuses, parfois inexistantes quand l'orientation est défavorable (exposition Nord).

La construction de bâtiments annexes accolés à la pièce d'habitation contribue aussi à réduire les échanges thermiques avec l'extérieur. Ces espaces «tampons» qui diminuent l'amplitude des variations de température extérieures, sont généralement placés au Nord des pièces d'habitation. Parfois, dans les bandes d'habitation jointives, ils sont adossés au pignon exposé.

Rappelons que nous n'avons rencontré aucun espace tampon au Sud de l'habitation. Ceci met bien en évidence le souci de protection qui est recherchée de préférence à la récupération des énergies gratuites d'origine solaire, nécessitant la mise en place de dispositifs vitrés.

Le grenier, situé immédiatement au-dessus de l'habitation, joue également un rôle très important, surtout quand il était utilisé pour stocker les denrées, les récoltes ou le foin. Nous avons vu comment l'absence de grenier pouvait modifier sensiblement les conditions intérieures du local et, malgré la forte inertie, produire des variations de température assez immédiates. Le grenier, dans l'habitat actuel, n'existe plus comme tel ; les combles sont aménagés et la seule possibilité est de placer une isolation dans la toiture.

Il est intéressant tout de même de rappeler que la toiture, surface d'échange importante, a parfois un rôle positif sur les conditions ambiantes intérieures. Nous l'avons noté au cours de l'expérimentation sur la maison sans grenier d'AIGREFEUILLE. En effet, au cours des passages ensoleillés, la couverture s'échauffe rapidement devenant le siège d'échanges convectifs avec l'air ambiant qu'il contribue à réchauffer et d'échanges radiatifs de grande longueur d'onde avec les éléments intérieurs de l'enveloppe. La nuit, en revanche, ou lors de journées non ensoleillées, la toiture non isolée est la cause de déperditions importantes. On pourrait tirer profit de cette situation, notamment dans le cas des toitures en ardoise de la région Nord-Loire (où la pente importante de la toiture permet en hiver un rayonnement incident important et où l'ardoise de couleur noire est un bon absorbeur), en plaçant directement sous la couverture des capteurs à air. Ceux-ci serviraient au réchauffement de l'air du local. La surface des capteurs étant isolée, les déperditions ne seraient pas augmentées. En été, on pourrait refroidir le local en puisant l'air frais la nuit à l'extérieur et en le réinjectant dans le local. Cette disposition a l'avantage de conserver intact le volume des combles, tout en réalisant un capteur sans vitrage dont le matériau de couverture constitue l'absorbeur.

Il est bien évident que l'ensemble de ces solutions traditionnelles de protection, donc de limitation des échanges avec l'extérieur, peut, dans certains cas, être remplacé par une simple isolation. Néanmoins, compte tenu de la variété des espaces dans l'habitat actuel, l'agencement, le positionnement et les orientations de ceux-ci permettent de réaliser, sans surcoût particulier, des économies d'énergie tout en adaptant les conditions ambiantes résultantes aux exigences propres aux fonctions et aux activités qui s'y déroulent.

Enfin, et c'est un point qu'il nous a été difficile d'apprécier quantitativement, la prise en compte du site, l'implantation ou les formes de groupement prennent une large part dans la constitution d'un environnement «protecteur». Elles peuvent modifier, parfois sensiblement, les conditions climatiques extérieures. Le manque de dispositions répétitives ou d'homogénéité observé sur l'habitat traditionnel en Loire-Atlantique provient sans doute de la multiplicité des conditions géographiques (chaque cas étant particulier). Il ne permet pas, en conséquence, de tirer des enseignements pratiques. Des études directes sur le site ou en maquette par des procédés de simulation sont seules capables de donner des indications précises sur l'impact de telle ou telle implantation et sur les mesures envisageables pour améliorer la situation climatique.

L'ORIENTATION

L'analyse thermique en situation de l'habitat traditionnel n'a pas permis d'établir clairement le réel avantage de l'orientation au Sud de la façade principale. En effet, l'incidence positive du stockage intermittent de la chaleur dans le mur Sud qui réduit les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur ne produit pas d'effet sensible immédiat au niveau de l'ambiance intérieure. L'épaisseur importante du mur s'oppose à la transmission du flux de chaleur jusqu'à l'intérieur et empêche tout effet radiatif vers l'ambiance. On peut alors considérer que le mur, au cours d'une journée ensoleillée, se comporte globalement comme un isolant ; l'énergie stockée le jour et réémise vers l'extérieur la nuit compense les pertes au travers de la paroi. L'inertie thermique joue, en plus, comme pour le mur Nord, son rôle de tampon thermique.

Dans ces conditions, la situation de confort de l'habitation est davantage l'expression des conditions extérieures de température que des effets radiatifs solaires. L'inertie de la façade Sud liée à la faiblesse des surfaces vitrées ne permet donc ni apport direct important au travers des vitrages, ni apport radiatif différé sur la face interne du mur.

L'énergie solaire ne semble donc pas utilisée efficacement si on considère qu'en situation d'hiver notamment, les apports directs instantanés seraient nécessaires pour élever la température ambiante de l'habitation au cours de la journée. Le stockage intermittent de la chaleur dans le mur devient alors secondaire ne relevant pas d'une décision délibérée d'exposition et de captage du soleil.

Il est permis d'ailleurs de se demander si une habitation traditionnelle avec des façades Est et Ouest n'offrirait pas finalement des conditions intérieures de températures équivalentes à un local avec façades Sud et Nord. Les façades Est et Ouest bénéficieraient d'apports solaires moindres, en hiver, que ceux de la façade Sud, mais toutes les deux seraient néanmoins insolées. En été, aucun risque de surchauffe ne serait à craindre en raison de la forte inertie du bâtiment et des petites ouvertures en façades.

La couleur de surface des parois extérieures n'a pas non plus une incidence considérable ; elle peut contribuer à élever la quantité de chaleur stockée dans les premières couches du mur mais ne modifie pas le comportement thermique d'ensemble du mur. Tout au plus permet-elle de réduire un peu plus les pertes la nuit au travers de la paroi.

L'orientation Sud serait-elle sans effet, alors que dans de nombreux cas, elle semble recherchée ? La façade Nord totalement aveugle, alors qu'une petite ouverture ne modifierait pas franchement les conditions intérieures, n'exprime-t-elle pas une volonté de s'ouvrir au Sud ? Il semble que l'effet positif de la façade ouverte au Sud se manifeste davantage au niveau de l'espace extérieur proche du mur Sud qu'au niveau de l'espace intérieur de l'habitation proprement dit. La surface externe du mur Sud devient sous l'effet du soleil une paroi chaude, plus chaude que l'air extérieur et qui, comme nous l'avons vu, peut élever sensiblement la température de l'air proche. Pour la mesure du confort, il aurait été intéressant de déterminer la température résultante, à proximité du mur afin de fixer la part des échanges radiatifs. Ainsi, au cours de journées ensoleillées ou seulement de soleil intermittent, le mur Sud mais également le sol est directement chauffé, contribuant ainsi à créer un espace en contact direct avec l'habitation, dont le niveau de confort peut, en hiver, être supérieur à celui de l'habitation, à condition toutefois de maîtriser les effets du vent. Pour la région, la protection des vents de Nord-Est, vents les plus froids en hiver, mais souvent le signe de journées ensoleillées, est assurée, du moins à proximité de la façade Sud, par l'orientation des bâtiments.

N'oublions pas que l'espace extérieur attenant à l'habitation était très utilisé par les habitants comme prolongement de l'espace de séjour. Sur le mur Sud vient s'accrocher la vigne ou les plantes grimpantes ; le banc accolé au mur permet d'y séjourner agréablement ; la toilette s'effectuait souvent dehors et diverses autres activités y prenaient place (séchage, repos, casse-croûte, rencontre...).

A l'inverse la façade Nord est constamment à l'ombre la majeure partie de l'année. Les ombres portées par le bâtiment maintiennent des conditions de température beaucoup plus fraîches et fixent l'humidité. Pour les façades Est et Ouest, l'ensoleillement est assez réduit en hiver et nécessite d'utiliser alternativement des espaces Est le matin et Ouest l'après-midi.

Une configuration fréquente dans le pays de la Mée et à moindre degré, dans les îles de la Brière, met bien en évidence l'intérêt de l'espace extérieur au Sud. Dans les barrés d'habitations jointives exposées au Sud, des bâtiments agricoles ou annexes sont souvent placés en face des habitations délimitant un espace rue qui bénéficie de l'ensoleillement et des apports solaires sur la paroi Sud tout en ménageant une certaine protection contre les vents dominants de S.O et N.E. Cette disposition, avant tout fonctionnelle, possède des qualités de confort thermique réelles cadrant bien avec le mode de vie extérieure des habitants.

S'ouvrir au soleil et profiter directement à l'extérieur de conditions climatiques satisfaisantes semble donc marquer davantage l'habitat traditionnel que le choix d'une façade Sud pour améliorer les conditions ambiantes intérieures. A ce niveau, l'orientation vers le Sud de la façade principale demeure une contrainte importante dans l'habitat actuel puisqu'elle permet un prolongement intéressant des espaces de vie à l'extérieur (terrasses, galerie, balcon...). Elle implique la résolution des problèmes des masques à l'ensoleillement et certains dispositifs brise-vent pour les vents dominants de Sud-Ouest.

Quant à la façade Sud elle-même, son traitement dans le contexte actuel et compte-tenu des conditions climatiques existantes doit être totalement différent de la façade traditionnelle. Utiliser la masse de matériaux d'un mur pour y stocker la chaleur et la restituer la nuit paraît inadapté dans la mesure où l'amplitude des températures d'air entre le jour et la nuit n'est pas très forte et, le besoin de chaleur est nécessaire dans la journée. Même le système mur Trombe avec récupération de chaleur immédiate et restitution différée ne se prête pas bien aux conditions locales en raison du faible ensoleillement hivernal. Rappelons qu'en hiver, la fraction d'insolation est inférieure à 30 %. En définitive, les façades ouvertes vitrées au Sud semblent préférables car elles permettent les gains directs instantanés et peuvent s'accompagner avantageusement d'un dispositif de stockage interne utilisable la nuit. Le problème d'occultation et de protection des vitrages doit cependant être résolu (volets isolants, double vitrage...), pour réduire les déperditions nocturnes et compenser l'effet négatif des journées sans soleil.

En raison de la diversification des espaces dans l'habitat actuel, les orientations sont souvent multiples dans une même habitation impliquant un traitement spécifique pour chaque exposition. L'orientation affecte de toutes façons les températures de surface et peut alors modifier les conditions thermiques intérieures.

De nombreux autres facteurs inter-agissent en même temps que l'orientation : couleur, épaisseur de la paroi, résistance thermique et capacité calorifique principalement. Ainsi dans le cas d'une couleur blanche (couleur fréquemment employée dans l'habitat actuel), l'orientation est sans importance ; en effet, la température de l'air ambiant extérieur est prépondérante face au rayonnement solaire (faible pouvoir d'absorption des couleurs claires). Pour des murs foncés, le rayonnement solaire est dominant vis à vis de la température extérieure.

Les propriétés thermophysiques des matériaux employés conditionnent finalement les flux de chaleur. Ainsi, l'influence de l'orientation devient très réduite quand capacité thermique et résistance thermique sont élevées. En définitive, seule la prise en compte simultanée de ces différents paramètres, en relation avec les données climatiques, permet d'apprécier réellement le bien fondé de telle ou telle orientation. Dans l'habitation traditionnelle, la différenciation thermique des façades suivant leur orientation n'existe pas, si ce n'est vis à vis des espaces extérieurs.

L'INERTIE THERMIQUE

Les bâtiments traditionnels possèdent une forte inertie. Les structures lourdes et l'épaisseur importante des murs permettent d'aplanir les variations de température extérieure à l'intérieur du logement. Nous avons vu comment ce fort pouvoir d'amortissement rend, en fait, la maison insensible aux effets bénéfiques instantanés du soleil. Le logement ne réagit alors qu'aux conditions moyennes extérieures et plus particulièrement aux températures d'air extérieur. Ainsi, le bâtiment acquiert des conditions intérieures stables et assez uniformes au cours d'une saison puis modifie lentement son régime, avec un certain retard, au fur et à mesure que changent les conditions climatiques saisonnières. Les températures minimales intérieures sont enregistrées durant les mois de janvier et février ; les valeurs maximales vers le mois d'août. La répétition de conditions moyennes stables pendant une période modifie peu à peu les conditions internes. L'amplitude journalière de variation de température intérieure est donc très réduite, même dans le cas où la toiture, de plus faible inertie que les murs, répercute sans délai important les fluctuations extérieures.

La très forte inertie thermique conduit le bâtiment à prendre une température moyenne annuelle intérieure assez proche de la température moyenne de l'air extérieur, en évitant les valeurs extrêmes. Si, en été, la masse qui conserve la fraîcheur peut engendrer des conditions agréables de confort (surtout pendant les journées chaudes) ; en revanche, les conditions hivernales demeurent constamment précaires, aucun dispositif ne permettant de profiter instantanément et de façon intermittente, des conditions extérieures parfois plus clémentes. En effet, un radoucissement durant quelques jours, des températures extérieures en hiver n'est pas ressenti dans l'ambiance intérieure ; il en est de même pour les apports solaires qui n'ont pas d'incidence directe sur le confort intérieur.

Le bâtiment traditionnel se garantit donc contre les extrêmes du climat, mais sa masse et son enveloppe statique s'opposent à une prise en compte sélective des éléments favorables des conditions climatiques extérieures. L'inertie de l'enveloppe n'est pas seule capable d'assurer des conditions intérieures satisfaisantes. Bien souvent, d'ailleurs, dans les opérations de réhabilitation de l'habitat rural ancien, la première mesure thermique a consisté à isoler les murs par l'intérieur, avec pour effet de se couper totalement des aspects bénéfiques de l'inertie des murs.

Il est donc préférable, à l'heure actuelle, de jouer également sur l'inertie en tant que régulateur des conditions thermiques d'une part, et l'utilisation des apports instantanés (principalement en provenance du soleil) d'autre part. Dans ces conditions, sous réserve d'une bonne isolation, l'inertie joue mieux son rôle si elle est placée à l'intérieur du logement* (stockage) tout en profitant des irradiations solaires directes.

La chaleur ainsi accumulée est alors restituée et réémise dans l'ambiance avant que se produise le jeu normal des échanges avec l'extérieur. A l'inverse, et nous l'avons bien mis en évidence dans l'habitat traditionnel ancien, la chaleur stockée dans les murs de l'enveloppe est en majorité cédée directement à l'ambiance extérieure.

C'est finalement le caractère inerte et statique de l'enveloppe qui caractérise le plus l'habitat traditionnel alors que, du seul point de vue climatique et thermique, l'enveloppe a besoin de qualités dynamiques afin d'être capable de s'adapter aux variations instantanées des conditions climatiques et en tirer profit au maximum pour améliorer le confort résultant (cycle jour-nuit, saisonnier, présence ou absence de soleil, réchauffement des températures d'air...).

Les recherches sur le climat et l'habitat ont permis de constater que les constructions traditionnelles chinoises ont été conçues en fonction de leur environnement climatique. Elles ont été étudiées dans le but de comprendre les principes de leur conception et de leur construction. Les recherches ont été effectuées dans les provinces de la Chine, en particulier dans les provinces de la Chine centrale et de la Chine du sud. Les recherches ont été effectuées dans les provinces de la Chine, en particulier dans les provinces de la Chine centrale et de la Chine du sud. Les recherches ont été effectuées dans les provinces de la Chine, en particulier dans les provinces de la Chine centrale et de la Chine du sud.

CONCLUSION

Les recherches ont permis de constater que les constructions traditionnelles chinoises ont été conçues en fonction de leur environnement climatique. Elles ont été étudiées dans le but de comprendre les principes de leur conception et de leur construction. Les recherches ont été effectuées dans les provinces de la Chine, en particulier dans les provinces de la Chine centrale et de la Chine du sud.

INERTIE THERMIQUE

Les résultats mis à jour au cours de l'étude sur l'intégration climatique de l'habitat traditionnel rural en Loire-Atlantique peuvent surprendre, et à plusieurs titres :

- d'abord, parce qu'ils vont bien souvent à l'encontre des opinions qui ont cours actuellement, affublant l'habitat traditionnel, quel qu'il soit, de toutes les qualités bio-climatiques existantes. Il est évidemment aisé, grâce à un examen superficiel de l'habitat traditionnel et à des illustrations prises ici et là, de souligner certains types de relations entre l'habitat et le climat en présupposant des effets bénéfiques qu'ils impliquent. Aussi, l'orientation Sud, élément important de l'intégration climatique dans l'architecture bio-climatique et solaire, ne présente pas, dans l'architecture traditionnelle le même intérêt, ni les mêmes effets thermiques sur l'habitation que ceux qu'on lui attribue actuellement. L'intérêt de l'orientation Sud est intimement lié au traitement de la façade Sud et à la disposition des locaux qu'elle abrite. Sans doute, cette idéalisation des réalisations passées était-elle nécessaire pour renouer avec une certaine tradition de relation et de prise en compte des facteurs naturels et physiques. Celle-ci fait suite à une période d'ignorance des contextes locaux (et plus précisément du contexte climatique), où la mise en place d'une technologie de remplacement ou de compensation (climatisation, chauffage), était la règle,
- ensuite, sans doute, par leur manque de « poids ». Il faut bien reconnaître que les types de relation entre l'habitat traditionnel et le climat ne sont souvent pas très significatifs au point de laisser croire parfois, non pas à une ignorance des données géographiques et climatiques, mais plutôt à l'inefficacité ou du moins au faible impact climatique et thermique qu'elles ont sur l'habitat traditionnel. Il en est ainsi pour l'inertie, qui est la caractéristique majeure des habitations étudiées. Il est certain qu'elle est davantage subie ou imposée par la technique même de construction en maçonnerie que par une volonté délibérée de réaliser une construction lourde qui s'opposerait aux variations climatiques extérieures. Cette situation un peu floue résulte certes du contexte géographique dans lequel nous avons opéré (climat pas extrêmement typé, types d'habitat aux caractéristiques thermiques assez identiques), mais elle est peut-être inhérente à ce type d'investigation où le facteur climatique doit rendre compte à lui seul de dispositions ou de configurations particulières, sous peine de masquer son influence et sa prise en compte dans l'habitat,

Il faut, en fait, un grand nombre d'exemples pour montrer la nature réfléchie des solutions, la conscience du besoin et de la réponse, donc l'existence d'une relation au climat. Ainsi, excepté pour de rares secteurs géographiques (îles de la Brière), l'orientation au Sud des constructions, en Loire-Atlantique, n'a rien de systématique. On en arrive ainsi à constater plus qu'à expliquer d'autant qu'il est difficile, en raison des faibles variations enregistrées, lors des campagnes de mesures, de quantifier l'impact réel d'une disposition sur le bilan thermique résultant.

- enfin, et ceci est la conséquence des deux premiers points, par la difficulté d'établir, à partir des manifestations anciennes du problème de l'intégration

le plus l'habitat traditionnel, mais que, du seul point de vue climatique et thermique, l'enveloppe a besoin de qualités dynamiques afin d'être capable de s'adapter aux variations instantanées des conditions climatiques et en tirer profit au maximum pour améliorer le confort résultant (cycle jour-nuit, saisonnier, présence ou absence de soleil, réchauffement des températures d'air...).

climatique dans l'architecture traditionnelle, des règles ou des dispositions directement applicables à l'habitat actuel. Non pas que celles-ci n'existent pas traditionnellement (choix du site, implantation, groupement, orientation, inertie...), mais qu'elles s'expriment assez diversement sur des configurations variées et donc sans manifestations statistiquement claires et évidentes. L'habitat traditionnel constitue seulement un exemple, à une époque et dans un contexte donné, d'une habitation dont les seuls moyens d'intégration climatiques « passifs », sont finalement assez restreints puisque tous les problèmes liés au captage, à la conservation, en transfert ou en stockage de chaleur gratuite n'y sont pas posés (ou de manière accessoire - chaleur animale, séchage des récoltes...). Le bâtiment, en tant qu'enveloppe épaisse, massive et statique, est le seul moyen de contrôle thermique, parfois renforcé par des dispositions particulières vis à vis du site (implantation par exemple). Cette difficulté de transposition est d'ailleurs accentuée par les données du contexte actuel très différentes (mode de vie, changements technologiques, évolution de la nature de confort). Les raisons qui président à cette volonté actuelle d'intégration climatique : économies d'énergie, souci écologique, sont d'ailleurs sans lien avec l'adaptation climatique nécessaire de l'habitat ancien.

Nous nous sommes efforcés, pour notre part, d'étudier le problème de la relation climat-architecture dans un contexte particulier et pour un type de climat donné avec le souci constant de ne rien avancer qui ne soit suffisamment étayé d'une manière analytique ou statistique. Le cadre d'investigation scientifique nous a ainsi permis de procéder à des évaluations moins empiriques et moins subjectives où les résultats sont présentés tels qu'il nous sont apparus, sans distorsion et sans volonté particulière de soutenir une argumentation exprimant l'intégration climatique manifeste des constructions anciennes ou inversement rejetant toute expression de la prise en compte du climat.

En définitive, cette étude a permis de répondre à un certain nombre de questions qu'on se posait au départ pour le département de la Loire-Atlantique, notamment, celle qui concerne la relation entre les différents types d'habitat présents dans ce secteur géographique et les données climatiques locales. Cette préoccupation constituait une des hypothèses de départ : à savoir, chaque type d'habitat peut être l'expression de données climatiques différentes ou peut constituer des modalités de réponse différentes à un même contexte climatique. Nous avons pu affirmer au cours de l'étude que la classification typologique de l'architecture traditionnelle rurale proposée n'exprime finalement ni des conditions climatiques tranchées ou opposées, ni des volontés d'intégration climatique différentes. Vis à vis du climat, l'habitat dans le département est somme toute homogène ; seules quelques caractéristiques particulières de la volumétrie ou de l'enveloppe des constructions (étage ou non, couleur, pente de toiture) peuvent conduire à des situations thermiques à l'intérieur du local quelque peu différentes, l'inertie de la construction jouant toujours le rôle majeur. Ainsi, une typologie bio-climatique de l'habitat en Loire-Atlantique aurait amené à confondre les représentants des différents types d'habitat et à créer des classes, basées ou non sur le caractère ou l'aspect des maisons, mais sur des critères tels que l'implantation, l'orientation, les groupements..., critères qui ne se sont d'ailleurs pas avérés toujours très significatifs dans l'étude statistique.

Il semble bien que le problème d'intégration au site est présent dans l'architecture traditionnelle, mais que les adaptations nécessaires ressortent autant ou davantage de facteurs économiques, fonciers ou culturels que de préoccupations d'ordre géographique physique et climatique. La prise en compte des facteurs climatiques n'est certes pas inexistante, mais elle se révèle assez diversement suivant les sites excluant toute uniformisation. La relation climat-architecture semble donc, pour notre secteur d'étude, assez peu affirmée, du moins elle n'est pas manifeste au point de s'exprimer seule indépendamment des autres contraintes.

L'étude a permis également, grâce à des expérimentations en situation réelle, de déterminer assez finement le comportement thermique de l'habitat traditionnel rural en régime variable sur la journée pour des conditions moyennes d'hiver et d'été. Elle a mis en évidence le rôle thermique joué par les divers éléments de l'enveloppe et leur action résultante au niveau de l'ambiance intérieure. Certains aspects positifs tels que l'inertie par son pouvoir de régulation, l'orientation par sa capacité à réduire les pertes thermiques vers l'extérieur, les espaces annexes (au Nord, en étage...) sont directement transposables à la situation actuelle, mais de nombreuses adaptations sont nécessaires pour améliorer la situation de confort intérieur et profiter au maximum des énergies gratuites, telles que le soleil. Ainsi, l'orientation au Sud des constructions traditionnelles ne tire-t-elle pas tout le profit des apports solaires.

Le confort, dans l'habitat traditionnel, est finalement assez sommaire ; le bâtiment en tant que moyen de contrôle thermique compense seulement l'effet des conditions climatiques extrêmes en s'opposant à toute variation intérieure instantanée. Il maintient en contrepartie des températures relativement basses tout au cours de l'année. La mise en relation des conditions de confort résultantes et la perception de ces conditions par les habitants n'a pas été étudiée. L'accent a davantage été mis sur l'aspect thermique des constructions. L'analyse des facteurs humains et sociaux du bio-climatisme aurait sans doute permis de mieux relativiser les résultats obtenus en les rapportant au mode de vie, à la pratique des différents espaces et aux types d'activités. Cette analyse nécessaire pour une appréhension globale des problèmes de confort dans l'habitat rural reste donc à faire. Elle pourrait s'effectuer au travers des textes anciens, de la tradition orale ou par des interviews auprès des habitants. Elle implique obligatoirement la mise au jour des éléments de perception du confort thermique en regard des paramètres physiques : température, humidité, chaleur, lumière...

Les résultats auxquels nous sommes parvenus au terme de cette étude ne sont sans doute pas généralisables à d'autres situations, encore que certains éléments mis en avant puissent se retrouver à divers degrés dans d'autres contextes. Certains résultats partiels mériteraient d'ailleurs d'être davantage développés. On peut ainsi envisager d'effectuer divers travaux de complément qui permettraient d'enrichir et de préciser la notion d'intégration climatique tout en fournissant les éléments indispensables à sa prise en compte au niveau du projet ; par exemple :

- mener le même genre de réflexion sur la relation au climat de l'habitat traditionnel dans d'autres secteurs géographiques (secteur méditerranéen ou du Sud-Ouest français, par exemple) ; certaines études sont déjà en cours sur la région de Normandie-Perche. L'ensemble de ces travaux devrait permettre d'avoir une vision globale de la prise en compte des facteurs climatiques au niveau du territoire français et de poser, plus précisément, par région, le problème de l'intégration climatique à partir de la manifestation ancienne du problème dans l'habitat,
- au niveau plus pratique, envisager la réalisation d'un guide de l'intégration climatique dans l'habitat actuel, à usage local (plus précisément pour nous, au niveau du département ou de la région Ouest-Atlantique). Ce guide, à usage professionnel, serait une concrétisation du travail précédent et viserait principalement à fournir toutes les indications utiles et nécessaires à la bonne intégration climatique des constructions : données concernant le climat local (valeur des principaux paramètres climatiques, leurs variations diurnes et saisonnières) ; les valeurs d'apports solaires théoriques et moyens suivant les orientations et les inclinaisons ; mise à jour des contraintes climatiques et de leur incidence au niveau du confort résultant ; les facteurs d'intégration climatique et les moyens à mettre en œuvre (isolants, implantation, orientation, couleurs, site micro-local, groupement...) ; présentation de méthodes simplifiées de calcul et de simulation (outils solaires, éléments de calcul en régime permanent et en régime variable...) ; quelques données théoriques sur les problèmes d'échange et les caractéristiques thermophysiques des matériaux de construction courants... Ce guide, bien que réalisé dans un contexte précis, serait aisément transposable à d'autres situations,
- développer des recherches à caractère plus climatologique sur l'étude et l'analyse des micro-climats ; impact climatique des éléments naturels caractérisant le site (relief, effet de pente sur les températures, les apports solaires, le régime des vents, l'incidence de l'orientation des versants, de la présence de l'eau, de la végétation, du couvert végétal...). Ce type de recherche nécessite, en complément des études théoriques, des expérimentations en conditions réelles. La prise en compte du site est un des premiers éléments d'intégration, mais, au niveau climatique, on ne peut que regretter l'absence de données claires, éventuellement chiffrées sur son incidence dans le choix des implantations,
- l'habitat ancien urbain, pourrait également faire l'objet d'études climatiques et thermiques, dans le cadre d'opérations de rénovation, mais également afin d'analyser les conditions climatiques en site dense construit (problème de masque, d'écran, de conflits entre espaces urbains et espaces habités...),
- enfin, on peut développer certaines études sur des questions plus précises comme l'inertie thermique, la convection ou tout autre aspect des problèmes thermiques. A cet effet, l'équipe de recherche entreprend actuellement des recherches sur la convection et plus précisément sur les variations du coefficient local de convection suivant l'exposition au vent et les masses construites ; l'objectif étant de déterminer l'incidence réelle des échanges convectifs et d'en proposer une modélisation.

Tous ces axes de recherche n'épuisent pas le sujet de l'intégration climatique des constructions. Ils s'avèrent cependant nécessaires si l'on veut dépasser le stade des appréciations empiriques et subjectives des questions d'intégration en général ; et, si l'on veut fournir ainsi des éléments de connaissance directement utilisables par les responsables de l'aménagement.

Dans cette perspective, un des principaux intérêts de la présente recherche est d'avoir montré, sur un exemple précis et au-delà des résultats enregistrés, le caractère complexe de la relation entre climat et architecture. Cette complexité même nous a engagé à analyser avec beaucoup de rigueur les facteurs de l'intégration climatique, en évitant tout recours passéiste ou intuitif à l'habitat traditionnel.

1 - Pour une anthropologie de la maison - AMOS RAPAPORT
Collection Aspects de l'urbanisme - DUNOD

2 - Climate and the environment : the atmospheric impact on man
J.E. GRIFFITHS - ENVIRONMENTAL STUDIES - Ed. Rose (UK)
et Weidner (USA) - University of Wisconsin

3 - Les types de maisons à usage agricole sur la façade maritime de
Sud-Vendée - Essai de classification - Abel BOUHIER - NOROIS
1968

4 - La maison vigneronne en France - Charles PARRAIN - Arts et
Métiers - Paris - 1958

5 - La recherche d'architecture paysanne et d'habitat rural du musée
des Arts et Traditions Populaires - M.C. GROSHENS - Hommes et
terre du Nord - Bulletin de la Société de Géographie de Lille
1968

6 - Maisons rurales en Loire-Atlantique - J. STANY-GAUTHIER
de NANTES, 1974 - Université de Nantes - NORD-EST
1974

7 - Vieilles maisons rurales de la Loire-Inférieure - J. STANY-GAUTHIER
Société archéologique de NANTES - 1936

8 - Le folklore du pays nantais et des régions voisines - J. STANY-GAUTHIER
NANTES Tourisme - 1952 nos 29 30 31

9 - Etude géographique de quelques villages en Loire-Atlantique - J. RENAUD
Cahiers nantais - no 3 1971 - Institut de Géographie et d'Aménagement
Régional de NANTES

10 - Milieu naturel et paysage agricole - J.M. PALLIERNE - Cahiers Nantais
no 2

11 - Essai de typologie de l'habitat rural de l'U.P. d'Architecture de NANTES - 1972
Rapport de recherche de l'Institut de Géographie et d'Aménagement
Régional de NANTES

12 - Quand l'architecture veut respecter le caractère - J. MAROY et
J.P. PENEAU - La Recherche no 92 - Déc. 1978

13 - L'habitation rurale en France - Essai de classification des principaux
types - A. DEMANGEON - Annales de Géographie - XIX - 1930

14 - Les anciens types d'habitation rurale en France. Leur répartition, leur
formation historique - A. DAUZAT - La Nature - Janvier 1924

15 - Construire - Cadre de l'environnement - J. STANY-GAUTHIER
Quest-Eclair - 28 nov 1940

16 - L'habitat traditionnel des marais salants - Groupe habitat rural - U.P. de
NANTES - Penn ar Bed no 81, juin 1972

17 - Construire - Cadre de l'environnement - J. STANY-GAUTHIER
Vie - 1979

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Pour une anthropologie de la maison - Amos RAPOPORT -
Collèction Aspects de l'urbanisme - DUNOD
- 2 - Climate and the environment : the atmospheric impact on man -
J.F. GRIFFITHS - ENVIRONMENTAL Studies - Ed. Rose (UK)
et Weidner (USA)
- 3 - Les types de maisons à usage agricole sur la façade maritime du
Sud-Vendéen - Essai de classification - Abel BOUHIER - NOROIS,
1969
- 4 - La maison vigneronne en France - Charles PARRAIN - Arts et Tra-
ditions Populaires - Oct. - Déc. 1955, n° 5
- 5 - La recherche d'architecture paysanne et d'habitat rural du musée
des Arts et Traditions Populaires - M.C. GROSHENS - Hommes et
terre du Nord, 1974 - Bulletin de la Société de Géographie de LILLE
- 6 - Maisons rurales en Loire-Atlantique - L. RETAILLEAU - C.A.L. PACT
de NANTES, 1977
- 7 - Vieilles maisons rurales de la Loire-Inférieure - J. STANY-GAUTHIER -
Société archéologique de NANTES - 1936
- 8 - Le folklore du pays nantais et des régions voisines - J. STANY-GAUTHIER
NANTES Tourisme - 1955, n°s 29, 30, 31
- 9 - Étude géographique de quelques villages en Loire-Atlantique - J. RENARD -
Cahiers nantais - n° 3, 1971 - Institut de Géographie et d'Aménagement
Régional de NANTES
- 10 - Milieu naturel et paysage agraire - J.M. PALLIERNE - Cahiers Nantais
n° 5
- 11 - Esquisse typologique de Kervalet - Rapport de recherche du groupe de
l'habitat rural de l'U.P. d'Architecture de NANTES - 1975
- 12 - Quand l'architecture veut respecter le «caractère» - J.P. MAROY et
J.P. PENEAU - La Recherche n° 95 - Déc. 1978
- 13 - L'habitation rurale en France - Essai de classification des principaux
types - A. DEMANGEON - Annales de Géographie - XXIX - 1920
- 14 - Les anciens types d'habitation rurale en France. Leur répartition, leur
formation historique - A. DAUZAT - La Nature - Janvier 1924
- 15 - Principaux types de maisons de la Loire-Inférieure - J. STANY-GAUTHIER
Ouest-Éclair - 28 nov. 1940
- 16 - L'habitat traditionnel des marais salants - Groupe habitat rural - U.P. de
NANTES - Penn ar Bed n° 81, juin 1975

- 17 - Géographie humaine de la France - M. BRUHNES
- 18 - Atlas régional des Pays de Loire
- 19 - Cours de géographie humaine - Fascicule 1 : l'habitat rural - J. TRICART
Centre de Documentation Universitaire
- 20 - TOLLENARE : Atlas cantonal de Loire-Inférieure - NANTES, 1856
- 21 - J.L. PINSON : Dictionnaire des lieux habités en Loire-Inférieure,
NANTES, 1857
- 22 - L'habitat et la structure agraire de la Grande Brière et des marais
de Donges - CHARAUD - Annales de géographie n° 306 - 1948
- 23 - L'homme et sa maison - P. DEFFONTAINES - Gallimard
- 24 - Contribution à l'étude du climat de la Bretagne par G. LARIVIERE
et J.P. VERDON - Monographie de la Météorologie Nationale n° 73 -
Avril 1969
- 25 - Contribution à l'étude du climat d'entre Loire-Inférieure et Gironde
d'après les archives climatologiques inédites par P. GARENC - Mémorial
de la Météorologie Nationale n° 44 - 1957
- 26 - Bulletins climatologiques mensuels de la Région Ouest (années 1970 à
1978)
- 27 - Climatologie de référence. NANTES Loire-Aval - NANTES Aéroport
et SAINT NAZAIRE Aéroport - Direction de la Météorologie - Région
Ouest - Mai 1977
- 28 - Climatologie de la France - Sélection de données statistiques par M.
GARNIER - Mémorial de la Météorologie Nationale n° 50 - 1967
- 29 - Climatologie de la France - Éléments de la variation diurne par M.
GARNIER - Mémorial de la Météorologie Nationale n° 51 - 1966
- 30 - Les évolutions contemporaines de la vie rurale dans la région nantaise -
J. RENARD, Ed. Le Cercle d'Or
- 31 - Intégration des énergies naturelles à l'habitat - ALEXANDROFF, 1978,
Ministère de l'Équipement
- 32 - Design with climate - V. OLGAY - Princeton University Press - Prince-
ton, 1963
- 33 - Man, climate and architecture - B. GIVONI - 1969 - Architectural
Science Series
- 34 - Construire en Loire-Atlantique
- 35 - Construire avec le climat - Ministère de l'environnement et du Cadre de
Vie - 1979

17 - Géographie humaine de la France - M. BRUNES
 18 - Atlas régional des Pays de Loire
 19 - Cours de géographie humaine - F. LUCAS
 20 - TOURENNE Atlas régional de l'Europe intérieure - NANTES 1932
 21 - J.L. PINSON : Dictionnaire des lieux habités en Loire-Inférieure
 22 - L'habitat et la structure agraire de la Grande Brière et des marais de Donges CHARAUD - Annales de géographie de NANTES 1948
 23 - L'homme et sa maison - DEFONTAINES - Gallimaire
 24 - Contribution à l'étude du climat de la Bretagne par G.L. ARVIÈRE et J.P. VERDON - Monographie de la Météorologie Nationale n° 38 - Avril 1969
 25 - Contribution à l'étude du climat de la région Loire-Inférieure et Grande Bretagne - d'après les archives climatologiques inédites par P. GARENC - Mémoire de la Météorologie Nationale n° 44 - 1957
 26 - Bulletin climatologique mensuel de la Région Ouest (années 1970 à 1978) - DRANER J.
 27 - Climatologie de référence NANTES Loire-Atlantique - NANTES Association et SAINT NAZAIRE Aérodrôme - Direction de la Météorologie - Région Ouest - Mai 1977
 28 - Climatologie de la France - Sélection de données statistiques par M. GARNIER - Mémoire de la Météorologie Nationale n° 50 - 1967
 29 - Climatologie de la France - Éléments de la variation diurne par M. GARNIER - Mémoire de la Météorologie Nationale n° 51 - 1968
 30 - Les évolutions contemporaines de la vie rurale dans la région nantaise - J. RENARD Ed. Le Cercle d'Or
 31 - Intégration des énergies naturelles à l'habitat - ALEXANDROFF, 1978
 32 - Design with climate - V. OLGYAY - Princeton University Press - France
 33 - Man, climate and architecture - O. GEYER
 34 - Construire en Loire-Atlantique

35 - Construire avec le Cadre de Vie - 1979
 36 - Construite en Loire-Atlantique
 37 - Science de l'habitat
 38 - Man, climate and architecture
 39 - Architecture
 40 - Construire en Loire-Atlantique
 41 - Architecture

UNITÉ PÉDAGOGIQUE
 D'ARCHITECTURE N° 3
 BIBLIOTHÈQUE
 2, av. de Paris, 78000 VERSAILLES

