

CHRISTINE DIEU-CAMBRÉZY

CROISSANCE ET ADAPTATION PHYSIOLOGIQUE DE L'HOMME À L'ALTITUDE : UNE QUESTION TOUJOURS D'ACTUALITÉ

(Etat de Veracruz, Mexique)

Le milieu de haute altitude a fait l'objet de nombreuses études de physiologie humaine et animale, comme d'anthropologie physique. Les Andes, les hauts plateaux du nord de l'Ethiopie, le plateau tibétain et l'Himalaya représentent les terrains de recherche les plus « classiques ». A ces grandes régions peuvent s'ajouter quelques lieux moins étudiés en URSS et aux Etats-Unis.

Au Mexique, les régions de haute montagne n'ont jamais motivé de travaux spécifiques et approfondis sur l'adaptation physiologique de l'Homme à l'altitude. Il est vrai que celles-ci sont finalement assez rares et surtout très localisées, puisque seuls les édifices volcaniques sont susceptibles de dépasser des altitudes supérieures à 3 000 m.

La présente recherche ¹ s'est déroulée dans la région de Xalapa, capitale de l'Etat de Veracruz, l'un des 32 Etats que compte le Mexique. Cette ville est située à 1 400 m d'altitude

1. La recherche, menée de 1985 à 1990 et soutenue par l'ORSTOM, a fait l'objet d'une thèse présentée le 9 juillet 1990 à l'Université des Sciences et Techniques de Montpellier.

sur les flancs du Cofre de Perote, volcan culminant à 4 280 m d'altitude, qui n'est lui-même distant que d'une centaine de kilomètres du Golfe du Mexique.

La région d'étude se caractérise par une très grande diversité écologique et agro-économique due, dans des proportions qu'il n'est pas toujours facile d'éclaircir, à l'étagement en altitude, mais aussi à une histoire du peuplement et à une occupation très variable du sol selon les lieux.

Xalapa est située au coeur d'une région caféière, elle-même dominée par une frange de pâturages, à laquelle succède au fur et à mesure que l'on s'élève en altitude, un étage où domine la culture du maïs, puis celle de la pomme de terre et enfin l'exploitation forestière. Vers « les bas », la région caféière est bordée par la canne à sucre et les plantations d'arbres fruitiers (Marchal et Palma-Grayeb, 1985).

Nous nous sommes attachés à l'étude comparative de la croissance humaine et de l'état nutritionnel des populations résidant dans deux systèmes agraires différents, le long du gradient altitudinal, entre 800 et plus de 3 000 m :

– l'étage du café entre 800 et 1 400 m d'altitude, ou *sous-région de basse altitude*,

– l'étage de la pomme de terre dont la culture s'étend entre 2 000 et 3 000 m ou *zone haute*.

Dans chacune de ces sous-régions, différents villages d'étude ont été choisis. Deux critères principaux furent à la base de la sélection de ces localités : l'altitude et un nombre minimum d'habitants permettant de satisfaire aux exigences de la statistique.

Les quatre villages sélectionnés en haute altitude se situent en fait tous entre 3 000 et 3 200 m, étage au niveau duquel les stress de la haute montagne peuvent influencer la croissance humaine. En effet, de nombreuses études réalisées dans différentes régions d'altitude dans le monde (Frisancho, 1978) relèvent une croissance retardée des enfants qui serait en partie

due aux effets de l'hypoxie atmosphérique². Néanmoins, dans bien des cas, les effets de l'environnement social et économique n'ont pu être totalement séparés (Greksa, 1985).

Le premier objectif de notre recherche est donc d'établir un diagnostic nutritionnel par étage altitudinal. La fonction de l'enquête anthropométrique est de vérifier l'existence ou non d'un retard de croissance plus marqué en haute altitude pour tous les groupes d'âge. Cette première phase est essentiellement descriptive.

L'étude de la consommation alimentaire familiale correspond au second objectif. Cette enquête tente de faire le point sur l'éventualité d'une ration alimentaire plus faible ou moins appropriée en haute altitude que dans « les bas ». Dans ce cas, le retard de croissance éventuellement observé serait moins lié à une réponse à l'hypoxie qu'à un problème plus immédiatement alimentaire.

Enfin, à ces recherches anthropométriques et nutritionnelles, qui correspondent aux deux grandes parties de notre travail, il nous est apparu indispensable d'introduire des éléments de connaissance étrangers au strict champ disciplinaire. Il semble en effet évident que la compréhension des phénomènes observés doit prendre en compte au moins deux autres séries de facteurs :

– les conditions socio-économiques tout d'abord, qui peuvent être à l'origine de profondes différences quant à l'état nutritionnel des deux populations analysées, mais qui surtout peuvent conduire à d'importantes disparités à l'intérieur d'une même zone ou d'un même village ;

– l'histoire du peuplement, qui ne peut manquer de retentir sur les caractéristiques génétiques des populations étudiées, comme sur les caractères morphologiques liés à l'adaptation à l'altitude.

2. L'hypoxie d'altitude résulte de la diminution de la pression partielle en oxygène.

En résumé, on compare deux zones que tout pourrait ou devrait différencier puisque le facteur altitudinal intervient aussi bien sur les mécanismes de la croissance humaine que sur l'éventail des productions agricoles qui peuvent être mises en oeuvre – ce qui ne peut manquer de se répercuter sur la quantité et la qualité des ressources économiques comme des disponibilités alimentaires.

L'adaptation à l'altitude : un « état » difficile à cerner

L'Homme en altitude se trouve soumis à toute une série de facteurs limitants : le froid, les vents violents, la forte radiation solaire, l'aridité ; la limitation de la croissance végétative inhibe la production agricole en quantité comme en diversité. La topographie accidentée rend difficiles les déplacements et les travaux agricoles. Enfin, la pression partielle de l'oxygène diminue rapidement : à 3 000 m, elle a déjà perdu le tiers de sa valeur du niveau de la mer.

De tous ces stress, l'hypoxie résultant de la diminution de la pression barométrique est le seul facteur face auquel l'Homme ne peut réagir qu'en développant des mécanismes physiologiques complexes d'adaptation.

C'est aux environs de 2500 m que les auteurs établissent la limite entre « haute » et « basse » altitude. C'est en effet au-delà de ce seuil fixé par Baker (1978) que sont enregistrés des signes évidents de stress hypoxique ; signes d'autant plus nets que l'altitude augmente.

Les premiers jours suivant leur arrivée, les personnes qui se rendent en haute montagne ressentent des sensations de malaise, accompagnées de maux de tête et parfois de nausées, qui correspondent à ce que l'on nomme communément le « mal des montagnes » (Richalet, 1990). Les adeptes de sports d'hiver, comme les touristes arrivant à la ville de La Paz en Bolivie, le savent bien. Ces personnes subissent un stress hypoxique qui, au niveau de l'organisme, correspond à une réduction de la

quantité d'oxygène distribuée aux tissus par le sang par unité de temps.

Ces symptômes de malaise disparaissent au bout de quelques jours car l'organisme humain est capable de mettre en jeu très rapidement des mécanismes d'acclimatation, puis d'adaptation si l'exposition à l'altitude se prolonge. Ces mécanismes touchent la plupart des fonctions physiologiques : la respiration, le coeur, le rein, les systèmes sanguins et nerveux...

Les publications de Larrouy (1981) et de Arnaud et Larrouy (1986) permettent de proposer un bref résumé des connaissances actuelles sur ce thème.

Les informations concernant les variations morphologiques sont finalement peu nombreuses et se rapportent essentiellement à une augmentation du volume thoracique chez les Andins. Mais, dans l'état actuel des connaissances, on ne peut définir si elles proviennent des caractéristiques des populations d'origine ou d'une influence de l'altitude.

Les données physiologiques renvoient d'une part à l'adaptation respiratoire qui s'exprime surtout au niveau des systèmes de régulation de la ventilation (il s'agirait d'un caractère acquis), et d'autre part, à l'adaptation circulatoire et cardiovasculaire.

Les modifications hématologiques et biochimiques concernent d'une part une polyglobulie adaptative en réponse au stress, et d'autre part, une variation du potentiel de transport d'oxygène du globule rouge, soit une diminution de l'affinité de l'hémoglobine érythrocytaire pour l'oxygène.

L'influence du milieu physique sur l'adaptation de l'Homme à l'altitude s'exprime donc par des modifications morphologiques, physiologiques, hématologiques et biochimiques qui contribuent à améliorer le transport de l'oxygène aux cellules afin d'éviter l'hypoxie tissulaire.

Enfin, en ce qui concerne le développement physique, les études montrent un retard de croissance des sujets dès la naissance, qui serait interprété comme une réponse adaptative au stress hypoxique, et qui serait lié à une accélération de la croissance fonctionnelle relative aux échanges respiratoires.

C'est ce dernier point qui nous intéresse particulièrement dans ce travail. Mais avant d'exposer les différentes enquêtes entreprises et leurs résultats, il reste à préciser ce qu'on entend par « sujet adapté ».

En schématisant quelque peu, on a vu que l'acclimatation est l'unique réponse accessible au visiteur adulte ; très rapidement, l'Homme peut vivre « normalement » en conditions d'hypoxie. Toutefois, même si l'exposition à l'altitude se prolonge, les mécanismes physiologiques de compensation mis en jeu chez « l'acclimaté » ne sont pas comparables à ceux des sujets natifs, sujets mieux adaptés. Le terme « adaptation » peut prendre différentes connotations telles que ajustement, accommodation, compensation, acclimatation... Cette diversité de définitions montre à quel point ce concept, qui exprime d'abord une transition, reste flou.

L'adaptation à l'altitude présente différents degrés que l'on pourrait classer suivant la complexité des mécanismes physiologiques et biochimiques mis en jeu par l'organisme et ce, en fonction de la durée du séjour en altitude. Elle apparaît donc comme un processus progressif et très lent. Mais, des différences subsistent encore entre des peuples habitant depuis très longtemps des régions de haute altitude. Monge et Whittembury (1976), dans une étude comparative des peuples andins et du Népal, ont démontré que les Sherpas de l'Himalaya seraient capables de développer des facultés sélectives d'adaptation à l'altitude ; celles-ci seraient d'une part comparables à celles des animaux d'altitude (lamas) et d'autre part, bien supérieures à celles des Andins dont le peuplement serait plus récent. Toutefois, aucune étude complémentaire ne semble vouloir confirmer de telles affirmations (Arnaud et Larrouy, 1986).

Selon Cruz-Coke (1976), malgré l'existence de populations résidant en haute montagne depuis des « milliers d'années », cela ne représente finalement qu'une courte période de temps pour que l'espèce humaine ait pu s'adapter aux stress de l'altitude. Il serait donc difficile d'attribuer les modifications morphologiques des Andins à une adaptation génétique ; elles correspondraient plutôt à des changements des caractères anthropométriques physiques sous l'influence du milieu.

Ces quelques références démontrent la complexité des processus d'adaptation à l'hypoxie atmosphérique et les doutes qui subsistent relativement à l'adaptation génétique. Les résultats sont souvent contradictoires et la diversité écologique des régions hautes limite la généralisation des informations sur les « aptitudes à l'altitude » d'une population à l'autre, surtout si l'on ajoute à cette diversité écologique l'importante variabilité des systèmes de production, eux-mêmes largement fonction de l'histoire du peuplement.

De l'enfance à l'âge adulte : le constat d'une croissance retardée en altitude

Les enquêtes anthropométriques³, biologiques et cliniques sont menées dans des sous-populations de nouveaux-nés, d'enfants préscolaires (moins de 6 ans) et scolarisés, d'adultes hommes et femmes.

Dans une première approche du diagnostic de nutrition d'une population, il est classique de comparer les mensurations des individus étudiés à des références internationales ou nationales lorsqu'elles existent.

Dans notre cas, les courbes de croissance des enfants des deux régions d'étude se situent en-dessous de celles des standards mexicains, depuis la petite enfance jusqu'à l'âge adulte.

3. Les mesures anthropométriques relevées sont le poids, la taille, le périmètre du bras et le pli cutané tricipital.

Chez les enfants, le ralentissement de la croissance concerne essentiellement le poids et la malnutrition est souvent citée comme étant à l'origine du déficit pondéral par rapport à l'âge. Toutefois, les déficits de la taille pour l'âge sont moins fréquents. L'indice taille/âge est considéré comme un bon indicateur d'une malnutrition chronique. Les enfants des deux zones étudiées souffrent apparemment plus d'une malnutrition aiguë, momentanée, que d'une malnutrition passée ou chronique. La haute prévalence des maladies intestinales (pour la région caféière) et respiratoires (pour la zone de haute altitude) pourrait en partie expliquer ces ralentissements de la croissance pondérale pendant l'enfance.

Les courbes des deux échantillons analysés s'écartent de façon plus intense de celles des références pendant l'adolescence : l'hérédité est certainement le premier facteur à mentionner pour cette période de la croissance. On se trouve en effet en présence d'une population adulte de petite taille (1,59 à 1,61 m pour les hommes ; 1,48 m en moyenne pour les femmes).

Ces données générales donnent un bref aperçu du contexte nutritionnel dans lequel est menée la recherche.

L'établissement des courbes de croissance de nos deux échantillons permet également de vérifier l'existence d'un retard de croissance plus marqué en altitude que dans la région caféière, mais celui-ci n'apparaît significatif que pour certaines phases du développement physique. En effet, il ressort des résultats de l'anthropométrie, lorsque nous comparons entre elles les courbes des deux zones, que dans la montagne :

- la croissance est plus ralentie surtout chez les préscolaires, mais aussi chez les scolaires. Le retard concerne surtout le poids, mais il est aussi significatif pour la taille.

- un rattrapage de la taille et du poids s'effectue progressivement pendant la puberté et l'adolescence. Celui-ci apparaît plus tôt chez les garçons que chez les filles.

- toutefois, les adultes ont des statures et des poids équivalents.

– mais, tout au long de la croissance, comme chez les adultes, le pli cutané tricipital reste toujours inférieur chez les individus résidant à 3 000 m d'altitude. Le périmètre du bras n'est par contre que peu différent.

– enfin, le gain de poids de la femme au cours de la grossesse est plus faible en haute altitude qu'en région caféière.

Les différences observées entre les deux régions concernent essentiellement les jeunes enfants. Ces variations de la croissance pourraient être reliées à un retard intra-utérin en haute altitude. En effet, selon Haas *et al.* (1982) les retards de croissance des natifs de haute altitude seraient plutôt dus à leur petit gabarit à la naissance qu'à une dénutrition postnatale.

On observe cependant des poids de naissance équivalents (3300 g en moyenne) dans les deux zones et, contrairement aux résultats rapportés pour les régions andines (Haas, 1976), la fréquence des bas poids de naissance (moins de 2 800 g) est plus faible dans la région de Perote qu'en zone basse. Mais s'agissant ici d'enquêtes faisant appel à la mémoire des mères, aucune conclusion définitive n'est autorisée.

Les enquêtes menées sur le devenir des grossesses portées par chaque femme mettent en évidence des différences de mortalité entre les deux zones. En effet, les fausses-couches sont plus nombreuses en altitude et la mortalité infantile (essentiellement juste après la naissance) y est plus élevée.

La fonction respiratoire et les besoins en oxygène sont normalement modifiés au cours de la gestation, et ces modifications, remarquables surtout pendant les derniers mois de la grossesse, doivent être accrues en milieu hypoxique. Le déficit en oxygène doit altérer le développement du fœtus, sauf si les futures mères sont bien adaptées au milieu hypoxique.

Ces faits posent donc le problème de l'adaptation des femmes à l'altitude : les hautes fréquences des fausses-couches, des décès d'enfants prématurés, de la mortalité néonatale, sont des éléments qui devraient prouver la faible aptitude des mères à l'environnement hypoxique ; mais, les grossesses chez les

adolescentes, le nombre de conceptions important, le faible espace intergénésiqne, comme les conditions sanitaires défavorables, sont des facteurs essentiels qui ne peuvent manquer d'intervenir sur l'augmentation des taux de mortalité comme sur le retard de la croissance foetale. Ces dernières observations convergent vers l'hypothèse d'une inhibition de la croissance foetale, liée à l'hypoxie d'altitude, mais aussi à l'état nutritionnel de la future mère.

Les résultats démontrent essentiellement une extrême fragilité de l'enfant qui naît à 3 000 m où il est sujet à des contraintes inhabituelles de survie (froid, hypoxie). Les enfants qui survivent à ces stress sont d'une part les plus résistants – et dans ce cas une sélection s'opère autour de la naissance –, et d'autre part, sont lents à récupérer des mensurations au moins équivalentes à celles des individus de basse altitude. En effet, selon Beall (1981), le retard intra-utérin en altitude semble très long à combler et une sélection naturelle pendant l'enfance est rapportée pour de nombreuses populations vivant en altitude.

L'interprétation des taux de mortalité et des ralentissements de croissance en altitude n'est pas une affaire simple car d'autres facteurs, comme la disponibilité des soins médicaux, varient également avec l'altitude et rendent en fait très complexe la relation entre les stress du milieu et la mortalité infantile. A cet égard, on peut noter que les diminutions des décès des enfants à Cuzco au Pérou (3 400 m) et dans les montagnes nord-américaines (1 625 m) entre 1954 et 1970 ont été attribuées au développement des services d'attention médicale pour les enfants de conditions socio-économiques défavorables (Frisancho et Cossman, 1970 ; Frisancho et Yanez, 1971).

Par ailleurs, l'effet prolongé du retard intra-utérin ne peut expliquer totalement les différences de croissance (maintenues jusqu'à l'adolescence) qu'on observe entre les deux zones. Ce serait dans ce cas nier les influences des épisodes infectieux et de l'alimentation sur le développement physique (Froment, 1982).

En haute altitude, la croissance inhibée et prolongée des enfants a fréquemment été interprétée comme une réponse

adaptative à l'hypoxie atmosphérique (Frisancho, 1978), mais d'autres facteurs troublent l'interprétation de ces observations. On sait en effet que le développement physique peut être facilement modifié du fait des variations locales des régimes alimentaires, comme des ressources économiques ou des conditions sanitaires. Il convient donc d'analyser le rôle joué par ces différents facteurs.

Quand tout se complique...

La consommation alimentaire

Les données de l'anthropométrie suggèrent, par les poids insuffisants rapportés pour les enfants, par la faiblesse des plis cutanés, par le faible accroissement pondéral de la femme pendant la grossesse, une relative insuffisance des apports énergétiques en montagne.

Or, l'analyse de la consommation alimentaire familiale montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les deux régions quant à la satisfaction des besoins caloriques et protéiques totaux qui sont couverts de façon satisfaisante, quoique juste suffisante.

Globalement, les modèles alimentaires des deux régions sont très proches et ces résultats sont les conséquences de la haute consommation de maïs (consommé sous forme de *tortillas*) et de haricots.

La qualité de l'alimentation est un facteur qui permet de différencier les deux populations. Par exemple, la consommation de protéines d'origine animale est relevée chez toutes les familles entrevues en zone caféière alors que ce n'est pas le cas de plusieurs des unités familiales en montagne. D'autre part, les fruits et les légumes entrent plus fréquemment dans la composition des plats en zone basse. La proximité des marchés des centres urbains de Coatepec et de Xalapa favorise l'acquisition de ces produits dont certains sont de faible coût.

On constate que la nature du régime alimentaire des villages des « bas » suit de près l'évolution observée au niveau national entre 1963 et 1979. En effet, entre ces deux dates, on observe une diminution de la consommation de maïs et une augmentation de la part des protéines animales, comme des fruits, des légumes et des graisses dans la ration alimentaire. En schématisant, le régime des « hauts » serait encore équivalent à celui de 1963, alors que celui des « bas » serait semblable à celui de 1979.

Dans l'établissement des niveaux de satisfaction des besoins nutritionnels, on fait référence à des normes qui prennent en compte l'activité physique, la température extérieure, etc. Cependant, on ne sait pas encore de façon précise si l'hypoxie d'altitude affecte les besoins en calories et/ou en nutriments. Certains facteurs devraient pourtant participer à l'élévation des dépenses caloriques.

En effet, on a vu qu'en montagne, pour compenser la diminution de la pression partielle en oxygène atmosphérique, l'organisme humain met en jeu des mécanismes adaptatifs dont l'hyperventilation est l'un d'entre eux. Cette réaction physiologique entraîne l'utilisation d'une quantité importante de calories nécessaires au processus de la respiration (Picon-Reategui, 1978).

Par ailleurs, on ne peut oublier que les déplacements et les travaux agricoles en terrain accidenté contribuent à une augmentation non moins considérable des besoins énergétiques. Mais cet aspect a peu d'incidence sur les petits enfants et on ne peut donc trouver là une explication tout à fait convaincante des ralentissements de la croissance observés chez les jeunes enfants de haute altitude lorsqu'ils sont comparés à ceux de la zone basse.

Les ressources économiques

Aussi brève et schématique soit-elle, une enquête économique se justifie aisément dans une recherche de ce type. En effet, au moins par hypothèse, on peut supposer que les

ressources économiques interviennent de façon importante, sinon essentielle, dans la définition de l'état nutritionnel des populations et, si tel est le cas, il est évident que les effets de l'altitude sur la croissance des sujets étudiés ne peuvent que s'en trouver modifiés.

Au niveau de chaque zone, une enquête est entreprise sur la base de quelques indicateurs tels que la tenure de la terre, la superficie cultivée, l'emploi, la main d'oeuvre familiale...

Les analyses sont réalisées uniquement en haute altitude. Les informations recueillies en zone caféière nécessitent encore de nombreuses vérifications qui n'autorisent pas un traitement et une présentation des résultats à partir des données actuelles⁴. La comparaison des deux étages altitudinaux fait donc défaut ici.

On effectue une classification⁵ des unités familiales de la zone haute en définissant, dans un premier temps, deux grands groupes de cultivateurs : ceux qui se trouvent dans l'obligation de travailler comme ouvriers agricoles et ceux qui cultivent uniquement leurs propres terres.

Tout en tenant compte de la superficie effectivement cultivée, on réalise ensuite la séparation de ces deux grands groupes en fonction de la tenure de la terre ; nous obtenons ainsi cinq groupes économiques.

Bien entendu, il n'est pas toujours facile de loger les 406 familles dans l'une ou l'autre de ces cinq catégories. Dans le cas des situations litigieuses, le fait de posséder un véhicule (voiture, camion, tracteur...) ou un troupeau d'ovins et/ou de caprins, comme des critères tels que la taille et la composition

4. Le fait que certains villages des « bas » présentent d'évidents caractères péri-urbains complique encore l'analyse. En effet, certains habitants bénéficient d'un emploi salarié, cumulé ou non à une activité agricole. Le travail rémunéré des jeunes (hommes comme femmes) rend les analyses encore plus complexes.

5. Cette classification doit beaucoup aux réflexions d'A. Biarnes, agronome ORSTOM, travaillant également dans cette région.

par âge et par sexe de la famille, ou encore la main-d'oeuvre familiale, nous permet de situer le chef de famille dans une classe donnée.

S'agissant d'une étude limitée à la zone haute, il est évident qu'il n'est plus question ici de comparer la nature de la relation anthropométrie/ressources entre les deux étages, mais au contraire d'analyser la diversité des états nutritionnels à la lumière des différences socio-économiques dans la seule zone haute.

Les résultats des traitements effectués montrent qu'il n'y a pas de différences significatives de croissance, ni d'état nutritionnel des enfants en fonction de leur appartenance à une catégorie économique donnée. On ne met pas non plus en évidence de relations entre la classe économique et la satisfaction des besoins énergétiques de la famille.

Cela revient donc à dire que la diversité nutritionnelle ne se superpose pas à la diversité économique. Pour autant, et malgré toutes les références mentionnant l'hypothèse des ressources économiques, on s'aperçoit que ce facteur est, au moins ici, moins pertinent que ce que l'on pourrait penser puisqu'il ne suffit pas à expliquer les différences de croissance. Toutefois, on pourrait sans doute proposer d'autres critères de classification des familles. Dans le cas où la répartition des agriculteurs serait modifiée, n'obtiendrait-on pas des résultats plus nuancés ?

Les conditions sanitaires

Celles-ci sont en fait très différentes et ces disparités s'expliquent facilement.

Les villages de montagne sont isolés ; l'accès à la ville la plus proche est difficile en raison du mauvais état des pistes, de l'absence de lignes régulières de transport en commun... Ces conditions défavorables ne facilitent pas les interventions sanitaires dans les communautés rurales. De plus, la ville la plus proche (Perote) ne compte qu'un hôpital civil et un centre de santé qui n'est malheureusement pas équipé pour les accouche-

ments. Les habitants des « hauts » ont donc un choix limité. Il reste cependant toujours la possibilité, beaucoup plus onéreuse, du recours au médecin particulier.

Tous les villages des « bas » se caractérisent par une bonne accessibilité. Les routes goudronnées ne sont jamais très éloignées et les autobus y passent quotidiennement. La proximité des bourgs et des centres urbains offre aussi plus de choix aux malades et aux parturientes : on est soigné à faible coût dans chacun des centres de santé du chef-lieu de municipalité, sans compter les différents hôpitaux des villes de Xalapa ou de Coatepec.

Un « épiphénomène » au coeur du débat : l'histoire du peuplement

Dans une recherche de ce type, il aurait été souhaitable d'aborder cette question. Mais ce n'est qu'au terme des recherches nutritionnelles qu'est apparue la nécessité de préciser les dates de création des localités étudiées.

Malgré l'abondance de la littérature, on sait finalement peu de choses précises et chiffrées sur l'histoire du peuplement dans la région centrale de l'Etat de Veracruz. Toutefois, des recherches récentes montrent que cette région et celle du Cofre de Perote en particulier étaient encore très peu peuplées au début du siècle. Par ailleurs, il semble que la création des *ejidos*⁶ et peut-être surtout le progressif démantèlement des haciendas aient agi de façon décisive sur les processus observés d'atomisation du peuplement (Cambrézy, 1990).

6. L'*ejido* est une forme de propriété sociale qui résulte des lois de réforme agraire qui ont suivi la Révolution de 1910. Depuis 1915 jusqu'à nos jours, et dans le but de supprimer les très grandes propriétés privées, l'Etat a le pouvoir d'attribuer des terres à un groupe de paysans qui en fait la demande. On donne à ces terres collectives le nom d'*ejido* et aux paysans celui d'*ejidatarios*. Bien que la dotation soit collective, les terres sont le plus souvent travaillées de manière individuelle. En théorie, elles ne peuvent être ni vendues, ni louées, ni morcelées. En fait, ces lois sont rarement respectées.

Une recherche dans les recensements de population antérieurs montre qu'il s'agit presque toujours de villages de création récente. En effet, seuls trois d'entre eux sont mentionnés dans le recensement de 1920 ; ils appartiennent à la sous-région de basse altitude et il est significatif que deux de ces localités soient sous le régime de la petite propriété. À l'inverse, les dotations *ejidales* des huit autres villages étudiés, qui ont tous le statut d'*ejido*, ont été réalisées entre 1930 et 1940.

La création très récente de ces localités pose évidemment problème puisqu'elle nous conduit à exprimer de sérieuses réserves quant à l'origine et à l'ancienneté des populations étudiées.

D'une part, on sait que la région de Xalapa a fait l'objet d'un peuplement pré-hispanique, semble-t-il très diffus et essentiellement Totonaque, mais d'autre part, il est certain que trois siècles de latifundisme ont profondément modifié la carte du peuplement.

Il semble établi que le Cofre de Perote, au moins dans la partie qui correspond aux quatre villages d'étude des « hauts », était encore totalement inhabité, au moins de façon permanente au début du siècle. L'hypothèse d'une adaptation génétique au stress hypoxique d'altitude est donc à exclure. Mais d'un autre côté, il semble que la majeure partie de la population de ces villages provient de l'Altiplano, c'est-à-dire d'une région où l'altitude avoisine 2 400 m. Nous sommes donc proches de la limite de 2 500 m, altitude à proximité de laquelle la population serait soumise aux effets de l'hypoxie.

On voit donc que la situation est loin d'être claire puisque nous nous trouvons en présence de villages de peuplement récent à 3 000 m, mais dont la population d'origine a probablement plusieurs siècles d'expérience de vie sur l'Altiplano à des altitudes déjà élevées.

La nutrition à la croisée des chemins entre la biologie et les sciences sociales

Au terme de cette étude, le moins que l'on puisse dire est que la diversité et la complexité des facteurs mis en jeu rendent

particulièrement délicate la distinction entre les phénomènes réellement essentiels de ceux qui ne seraient qu'accessoires. Face à ces incertitudes, il convient donc de s'interroger sur la pertinence du choix de la zone d'étude, comme sur la bonne adéquation des méthodes mises en oeuvre relativement aux questions posées.

L'analyse repose sur la comparaison de la croissance et de l'état nutritionnel de deux populations placées dans des situations écologiques et agraires différentes, situations qui introduisent une variable de taille (en plus des facteurs « classiques ») puisqu'il s'agit de l'influence de l'hypoxie d'altitude sur la croissance des individus.

Dans un premier temps, on pourrait imaginer quelles seraient les conditions « idéales » permettant de mener la recherche dans des situations proches de « l'expérience ».

Si la question de l'hypoxie d'altitude est abordée de façon comparative, le choix des populations étudiées devrait être guidé par un gradient maximum d'altitude : le niveau de la mer d'une part et 4 000 m d'autre part. Mais, indépendamment du fait que ce cas d'école n'existe pas au Mexique, le problème est que ce seul critère altitudinal nous éloigne des conditions expérimentales souhaitées : la diversité ethnique augmente de façon probable, les ressources socio-économiques divergent et enfin, les conditions climatiques sont telles que les fonctions métaboliques n'ont plus rien de commun. On remarque donc qu'à ne faire varier qu'un seul facteur – l'altitude – tous les autres s'en trouvent modifiés.

Un autre cas de figure pourrait consister à contrôler la variable altitudinale, c'est-à-dire à comparer deux populations géographiquement très proches : l'une très anciennement installée, l'autre constituée de migrants récemment implantés. On pourrait alors supposer, à conditions égales d'origine ethnique, de structures agraires et de ressources économiques, que toute différence de développement physique serait liée aux phénomènes d'adaptation à l'altitude. Mais là encore, cette situation sera très difficile à rencontrer puisque les populations

de peuplement ancien se prêtent généralement fort mal à des colonisations récentes. Et si tel était le cas, la distance génétique entre les deux populations serait probablement très importante.

Dans la mesure où les conditions de vie en milieu hypoxique affectent de façon particulière la croissance et la morphologie des individus, un autre cas de figure pourrait être de comparer la population étudiée à des références propres aux régions de haute altitude. Or, bien qu'on travaille sur ces questions depuis plusieurs décennies, on ne peut que constater l'absence de standards de croissance spécifiques au milieu hypoxique.

Il reste qu'en l'absence de telles références et/ou de techniques d'analyses physiologiques applicables au contexte de cette recherche (par exemple la détermination de « l'âge squelettique » d'un enfant par rapport à son « âge chronologique » par radiographies [Vandervael, 1980]), l'approche comparative entre deux zones d'altitude différente demeurerait encore la méthode la plus simple. De plus, la proximité des deux étages altitudinaux – moins de 25 km à vol d'oiseau – rend l'échantillon très acceptable puisqu'elle nous met à l'abri d'une distance génétique par trop éloignée entre les deux populations choisies.

L'approche comparative oblige à « contrôler » les variations des facteurs qui influencent la croissance et l'état nutritionnel des individus : l'alimentation, les conditions socio-économiques et l'hérédité.

A propos de l'hérédité, il s'agit d'une population globalement marquée par un métissage généralisé ; mais on sait aussi que l'histoire du peuplement a été profondément bouleversée par trois siècles de latifundisme⁷ qui ont eu des effets difficilement interprétables (rejet des groupes à la périphérie des haciendas, apport de populations noires...). En définitive, la seule certitude est que le peuplement des villages des « hauts » est plutôt le fait de populations déjà accoutumées à la vie sur l'Altiplano

7. Régime de la très grande propriété terrienne.

(2 400 m environ), bien que cela ne donne aucune garantie quant à l'homogénéité génétique de cette population.

Dans tous les cas, on ne peut écarter l'hypothèse d'une « pré-adaptation » liée à la vie prolongée à des altitudes supérieures à 2 000 m. Cette première adaptation est bien entendu relative puisque le stress que subit l'individu à cette altitude est faible, mais rien n'interdit pour autant de supposer que plusieurs siècles d'expérience de vie sur l'Altiplano ne puissent manquer d'influencer durablement les caractéristiques morphologiques et physiologiques d'une population.

Les éventuelles différences de ressources économiques entre les deux zones restent encore à mettre en évidence. Mais au sein même de la région de haute altitude, le traitement des enquêtes anthropométrie/revenus ne révèle aucune corrélation significative entre l'état nutritionnel et l'état des ressources.

Pour décevants qu'ils puissent paraître, ces résultats ouvrent en fait de nouvelles perspectives de recherche, car tout semble indiquer que ce sont moins les niveaux de revenus qui entrent en jeu, que le poids des conditions sociales qu'une rapide enquête basée sur quelques indicateurs ne pouvait permettre de déceler.

L'interprétation des résultats de ces enquêtes économiques est difficile pour des raisons liées aux conditions mêmes qui prévalent dans la région. En effet, la recherche se situe dans une zone récemment peuplée et sans véritable tradition paysanne. La population vit, non pas d'une agriculture de subsistance, mais au contraire des revenus très aléatoires d'une année à l'autre de la production de pommes de terre. On se trouve dans une situation où la nourriture est achetée et où le poids de la tradition alimentaire est tel que les bénéfices sont investis dans des biens qui ne modifient pas la qualité du régime alimentaire et surtout pas celui des enfants.

Pour autant, ces réflexions qui ont le mérite d'insister sur le poids et l'intérêt qu'il y aurait à développer les aspects sociologiques de l'alimentation, ne remettent pas en cause une relation

ressources/état nutritionnel si on compare la zone de haute altitude à la région caféière.

En effet, bien que la couverture des besoins nutritionnels soit globalement équivalente dans les deux régions d'étude, on constate malgré tout que le régime alimentaire moyen dans les villages des « bas » suit de près l'évolution observée au niveau national entre 1963 et 1979, alors que celui des « hauts » s'apparente à la situation qui prévalait en 1963. Mais là encore, on serait bien en peine d'affirmer que cette différenciation relève plus d'un niveau économique supérieur que d'une série de facteurs d'abord sociaux, liés à la proximité de la ville, comme aux changements de mentalité que celle-ci véhicule.

On constate donc que la population résidant en altitude tend à conserver des habitudes de consommation peu diversifiées et ce, indépendamment de son statut économique. Mais le maïs et le haricot (deux produits que le Mexique se voit obligé d'importer), véritables symboles de l'identité mexicaine, ont été et restent deux aliments de base qui permettent une couverture satisfaisante des besoins calorico-protéiques. Le statut nutritionnel des hommes adultes prouve, dans une certaine mesure, l'efficacité d'un tel régime.

Mais ce type d'alimentation apparaît inadéquat pour d'autres groupes comme celui des enfants – groupe le plus affecté par les maladies – et des femmes. C'est en effet chez les jeunes enfants que l'on rencontre les plus grandes différences de croissance entre les deux régions étudiées. C'est aussi en montagne que l'on observe une mortalité pré- et post-natale plus élevée. On serait tenté de voir là les résultats d'un isolement géographique dont les conséquences se ressentent essentiellement au niveau de la médiocrité des conditions de vie et particulièrement des soins médicaux.

Bibliographie

- Arnaud J. ; Larrouy G. (1986). « L'altitude », in : *L'Homme, son évolution, sa diversité. Manuel d'anthropologie physique*. Editions du CNRS. Doin éditeurs. Paris. pp. 339-345.
- Baker P.T. (1978). « The adaptative fitness of high-altitude populations », in : *The biology of high-altitude peoples*. IBP, New-York, Cambridge University Press. pp. 317-350.
- Beall C.M. (1981). « Optimal birthweights in Peruvian populations at high and low altitudes », *American Journal of Physical Anthropology*, 56 : 209-216.
- Cambrézy L. (1990). « Mobilité rurale et colonisation agricole dans le centre de l'Etat de Veracruz », *Cahiers ORSTOM Sciences Humaines* (A paraître).
- Cruz-Coke A. (1976). « Anthropologie physique des populations andines, génétique et altitude », in : *Les Colloques de l'INSERM*, août 1976, 63 : 145-152.
- Dieu-Cambrézy C. (1990). « Etat nutritionnel et altitude dans la région du Cofre de Perote (Etat de Veracruz, Mexique) ». Thèse de l'Université des Sciences et Techniques de Montpellier II. 2 Vol.
- Frisancho A.R. (1978). « Human growth and development among high altitude populations », in : P.T. Baker Ed., *The biology of high altitude peoples*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 117-171.
- Frisancho A.R. ; Cossman J. (1970). « Secular trend in neonatal mortality in the montain states », *American Journal of Physical Anthropology*, 33 : 103-106.
- Frisancho A.R. ; Yanez L. (1971). « Caracteristicas de la mortalidad infantil en la altura », in : A.R. Frisancho Ed., *Adaptacion biologica a la altura*. Center for human growth and development and department of Anthropology, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan. pp. 39-53.
- Froment A. (1982). « L'alimentation de l'enfant dakarais après le sevrage. Nature, composition, relation avec l'état nutritionnel », ORANA-ORSTOM. 91 p. multigr.
- Greksa L.P. (1985). « Effect of high altitude on the physical growth of upper class children of european ancestry », *Human Biology*, 12 : 225-232.

- Haas J.D. (1976). « Prenatal and infant growth and development ». In : *Man in the Andes : A multidisciplinary study of high altitude Quechuas*. P.T. Baker and M.A. Little Eds. Stroudsburg, Pa. : Dowden, Hutchinson and Ross. pp. 161-179.
- Haas J.D. ; Moreno-Black G. ; Frongillo E.A. ; Pabon J. ; Pareja G. ; Ybarnegaray U. ; Hurtado Gomez L. (1982). « Altitude and infant growth in Bolivia : a longitudinal study », *American Journal of Physical Anthropology*, 59 : 251-262.
- Larrouy G. (1981). « Influence de l'altitude, aspects hémotypologiques, cytologiques et enzymatiques particuliers. Leur rapport avec certaines données physiologiques ». *Colloques internationaux du CNRS n° 599*, « Les processus de l'homínisation », D. Ferembach Ed., Paris CNRS : 233-240.
- Marchal J.Y. ; Palma-Grayeb R. (1985). *Analisis grafico de un espacio regional*. Veracruz, INIREB-ORSTOM.
- Monge C. ; Whitembury J. (1976). « Acclimatization of men and animals in the Andes », in : *Les Colloques de l'INSERM*, août 1976, 63 : 143-144.
- Picon-Reategui E. (1978). « The food and nutrition of high altitude populations », in : *The biology of high altitude peoples* (Baker P.T. Ed.) IBP, New-York, Cambridge University Press, pp. 219-249.
- Richalet J.P. (1990). « Le mal des montagnes frappe les Alpes », *La Recherche*, juillet-août n° 223 : 928-929.
- Vandervael F. (1980). *Biométrie humaine*, 3^e Ed. Masson, Paris.