Mesurer le niveau de stress d'enfants à leur domicile (Marseille) : Mise au point méthodologique

Measuring children's stress level at their home (Marseilles):
methodological considerations

Valérie Niel-Bernard, Hélène Pagezy et Pierre Darlu

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/bmsap/596>

DOI : 10.4000/bmsap.596

ISSN : 1777-5469

Éditeur

Société d'Anthropologie de Paris

Édition imprimée

Date de publication : 1 juin 2004

ISSN : 0037-8984

Référence électronique

Valérie Niel-Bernard, Hélène Pagezy et Pierre Darlu, « Mesurer le niveau de stress d'enfants à leur domicile (Marseille) : Mise au point méthodologique », *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* [En ligne], 16 (1-2) | 2004, mis en ligne le 19 janvier 2021, consulté le 01 juin 2021. URL : <http://journals.openedition.org/bmsap/596> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/bmsap.596>

Les contenus des *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

MESURER LE NIVEAU DE STRESS D'ENFANTS À LEUR DOMICILE (MARSEILLE) : MISE AU POINT MÉTHODOLOGIQUE

MEASURING CHILDREN'S STRESS LEVEL AT THEIR HOME (MARSEILLES): METHODOLOGICAL CONSIDERATIONS

Valérie NIEL-BERNARD¹, Hélène PAGEZY², Pierre DARLU³

RÉSUMÉ

Le niveau de stress de 40 enfants migrants sénégalais a été évalué par des dosages hormonaux (cortisol, adrénaline, noradrénaline, dopamine) sur les urines de 24 heures prélevées au domicile des sujets. Le choix et l'adaptation des méthodes nécessaires aux conditions d'enquête en milieu familial, et non en milieu hospitalier, sont précisés. Le choix du cortisol comme indicateur d'un stress de longue durée de nature psychosociale est justifié. Les résultats des dosages doivent être exprimés en tenant compte de l'âge des enfants, de leur poids, stature, surface corporelle ou indice de corpulence. La prise en compte de l'un de ces deux derniers indices s'avère suffisante à rendre la mesure indépendante vis-à-vis de l'âge et du format corporel. Si les pédiatres utilisent plus facilement la surface corporelle (d'après les formules de Gehan et George), encore faut-il préciser la formule choisie en fonction de l'âge des enfants. Les anthropobiologistes préfèrent l'indice de corpulence de Quételet. Une harmonisation des conditions de recueil des données et d'expression des résultats est donc souhaitable, particulièrement quand l'objectif est de mesurer le stress chez des enfants tout en respectant au mieux les conditions « normales » de leur existence, comme à leur domicile.

Mots-clés : stress psychosocial, méthodologie, cortisol, anthropobiologie, catécholamines.

ABSTRACT

The stress levels of 40 Senegalese migrant children were studied by measuring the level of cortisol, adrenalin, noradrenalin, and dopamine in their 24-hour urinary excretion. The choice and the adaptation of methods necessary for carrying out a study in the family environment rather than under hospital conditions are specified. Urinary cortisol is taken as a good indicator of a psychosocial stress over a long period. The measurement of stress hormones should be expressed in relation to age, weight, height, body surface and body mass index (BMI). The last two indexes are enough to express cortisol independently of age and body shape. However, while pediatricians tend to use body surface (calculated from Gehan and George's formulas), seldom applying the exact formula related to age, anthropobiologists mostly prefer to use BMI. A suitable standardization of the results is needed, particularly when the objective is to measure children's stress under "normal" conditions, that is at their family home.

Keywords: psychosocial stress, methodology, cortisol, anthropobiology, catecholamines.

-
1. UMR 6578 du CNRS, Adaptation Biologique et Culturelle, Université de la Méditerranée, Faculté de Médecine, secteur Centre, 27 boulevard Jean Moulin, 13385 Marseille CEDEX 05 et Service de Neuropédiatrie, Hôpital de la Timone, 25 boulevard Jean Moulin, 13385 Marseille CEDEX 05, France.
 2. UMR 5145 du CNRS-MNHN, Laboratoire d'Éco-Anthropologie et Ethnobiologie, Muséum National d'Histoire Naturelle, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France, e-mail : pagezy@mnhn.fr
 3. INSERM U535, Génétique Épidémiologique et Structure des Populations Humaines, Hôpital Paul Brousse, B.P. 1000, 94817 Villejuif CEDEX, France.

INTRODUCTION

À la différence des études menées dans les pays en voie de développement (Jenner *et al.* 1987 ; Flinn 1999) sur les conséquences hormonales du stress psychosocial généré par le sport, les conditions de travail, les contextes scolaires et/ou d'orphelinat, les études menées dans les pays occidentaux sont généralement réalisées en laboratoire ou dans un lieu regroupant l'ensemble des sujets testés (Gardner 1971 ; Linder *et al.* 1990 ; Levine *et al.* 1994 ; de Bellis *et al.* 1999). Quand ce n'est pas le cas (Jenner *et al.* 1987 ; Long *et al.* 1993 ; Lupien *et al.* 2000), ces études ne concernent essentiellement que des adultes (Harrison *et al.* 1980 ; Harrison 1982 ; Jenner *et al.* 1982 ; James, Brown 1997). La question se pose donc de définir la meilleure méthodologie à appliquer pour traiter de cette question chez des enfants vivant en milieu urbanisé occidental.

Deux catégories d'indicateurs biologiques révèlent de façon complémentaire des phases différentes du stress. Au cours de la phase précoce, les catécholamines (adrénaline et noradrénaline) participent à un système d'alerte dont la réponse est rapide mais fugace. Au cours de la phase de résistance de l'organisme, la réponse retardée mais durable des glucocorticoïdes témoigne de la mise en jeu de capacités adaptatives de l'organisme (Lôo *et al.* 1999).

Dans ce travail, nous nous proposons de mesurer, chez des enfants et à leur domicile, ces divers indicateurs des tensions hormonales ou psychiques dues au stress (Selye 1956) et nous discuterons les meilleures conditions méthodologiques à réunir pour les observer.

MÉTHODOLOGIE

L'échantillon

L'étude porte sur un sous-échantillon de 40 enfants d'origine sénégalaise, âgés de 5 à 15 ans, habitant des quartiers défavorisés du centre ou du nord de Marseille. Ils participent à une étude sur le stress ayant comme origine les contextes migratoire et familial. Ils sont tous nés en France et vivent auprès de leurs deux parents. L'étude a été réalisée sous la responsabilité de la mère au domicile même des sujets et s'est déroulée de février à avril 2001, pendant les vacances scolaires ou les jours de congé. Toutes les familles enquêtées ont fait acte de volontariat sous forme d'une autorisation du chef de

famille dûment signée. Le projet avait été soumis au Comité d'éthique de l'Université de Marseille qui a émis un avis favorable.

Précautions et modalités des prélèvements biologiques

Dans la mesure où l'étude porte sur des sujets sains et ne génère aucun bénéfice individuel direct, le recueil des échantillons biologiques servant au dosage ne doit pas être invasif. C'est pourquoi nous avons exclu les prélèvements sanguins, qu'ils soient veineux ou capillaires. Comme les indicateurs biologiques de stress sont aussi dosables dans l'urine et dans la salive, il nous a semblé préférable d'opter pour l'un de ces deux substrats.

Le problème de la conservation des urines au cours du nycthémère est souvent passé sous silence dans les publications. C'est pourtant un sujet important, particulièrement pour le dosage des catécholamines, hormones très sensibles à la lumière et à la chaleur. Leur recueil doit impérativement se faire dans un bocal opaque. De plus, elles sont instables à température ambiante et à pH neutre ou alcalin mais très stables en milieu acide (Miki, Sudo 1998). Aussi, en milieu hospitalier, les urines sont-elles recueillies dans un bocal contenant de l'acide chlorhydrique très concentré (6N en général) ou du métabisulfite de sodium comme le préconisent les auteurs anglo-saxons (Jenner *et al.* 1987). Ces techniques de conservation ne sont pas adaptées aux enquêtes à domicile, en raison de la dangerosité des conservateurs employés, particulièrement lorsque l'enquête porte sur des enfants. De plus, il est exclu que ces derniers urinent directement dans un bocal contenant ces conservateurs, celui-ci devant être impérativement placé hors de leur portée. Nous avons donc conservé les urines pendant les 24 heures que dure le recueil à une température de 4°C, le bocal opaque étant replacé au réfrigérateur après chaque miction. Selon Miki et Sudo (Miki, Sudo 1998), lorsque l'urine est stockée à 4°C et que le pH est neutre (cas d'urines non acidifiées), les catécholamines sont stables durant trois jours, le cortisol et la créatinine durant une semaine. Dans notre enquête, sur huit recueils, l'écart de mesures observé sur deux parts égales d'un même échantillon, une fraction étant conservée dans un pot opaque contenant 5 ml d'acide chlorhydrique 6N (méthode classique), l'autre dans un pot opaque contenant 5 ml d'eau distillée, est toujours resté en deçà de 5 %.

La réalisation de cette enquête a été précédée d'un travail de sensibilisation auprès des familles, en particulier à propos du recueil des urines. Le plus difficile

à faire admettre n'a pas tant été le recueil de l'urine, considérée comme un produit souillé, que sa conservation dans le réfrigérateur familial, à côté de denrées alimentaires, particulièrement dans les familles ayant un faible niveau d'études, immigrées depuis peu. Cependant, plusieurs vérifications ont permis de garantir que les consignes données aux familles ont été correctement respectées. Bien que l'on ne puisse éliminer tout risque d'erreurs, celles-ci devraient davantage affecter le dosage des catécholamines, à cause de leur grande instabilité, que celui du cortisol qui reste stable durant 24 h même à température ambiante (Miki, Sudo 1998).

Choix des dosages biologiques

Nous avons relevé la diurèse du nyctémère et dosé les taux de créatinine, d'adrénaline, noradrénaline, dopamine et de cortisol. Nous n'avons pas sélectionné les dosages d'acide vanillylmandélique, des 17-cétostéroïdes et de 17-hydroxycorticostéroïdes (Darlu, Boussin 1978) qui n'apparaissent pas dans la littérature récente.

Les catécholamines

Pour quantifier séparément les taux d'adrénaline, noradrénaline et dopamine, nous avons procédé par chromatographie en phase liquide à haute pression (HPLC). Cette méthode a l'avantage d'être plus spécifique que les autres méthodes, colorimétriques notamment (Schleicher *et al.* 1983). L'HPLC présente cependant un certain nombre d'inconvénients : elle nécessite une extraction préalable dont la procédure est complexe ; la chromatographie en elle-même est longue et demande environ 20 mn par dosage et s'avère onéreuse. Le dosage des catécholamines urinaires reste donc une entreprise assez fastidieuse et coûteuse, pour un résultat peu satisfaisant dans le cadre d'une enquête de longue durée portant sur un stress de nature psychosociale et incluant de nombreux échantillons.

Le cortisol

Le dosage du cortisol urinaire est effectué en radio-immunologie par compétition. Cette méthode présente l'avantage d'être fiable, spécifique, peu coûteuse et de ne pas être lourde à mettre en œuvre.

RÉSULTATS

Distribution des variables et valeurs extrêmes

Notre échantillon comprenait un seul individu considéré comme pathologique, le sujet T2, atteint de la maladie de Recklinghausen. Nous l'avons éliminé des tests statistiques, bien qu'il ait été inclus dans le protocole afin de ne pas le discriminer par rapport aux autres enfants. Pour des raisons pratiques, un autre enfant (sujet X2) n'a été testé que sur le cortisol, ce qui porte l'effectif des dosages de catécholamines à 39.

Les catécholamines sont le plus souvent exprimées en nanomoles par millimole de créatinine (Gourmelen, Perelman 1994 ; Miki, Sudo 1998), la créatinine urinaire étant mesurée par la méthode de Jaffé (Roche diagnostics, 1999). Les taux de cortisol, autrefois exprimés en nanomoles par litre d'urine sont, actuellement, exprimés en nanomoles par 24 heures, parfois en microgrammes par jour (Gomez *et al.* 1991), ce qui permet d'éliminer le facteur relatif à la dilution urinaire.

La normalité des distributions des catécholamines, exprimées en nanomoles par millimole de créatinine, et du cortisol, exprimé en nanomoles/jour (*fig. 1a*) a été testée avant et après transformation logarithmique (*fig. 1b*). Alors que l'asymétrie des distributions est significative pour les mesures urinaires de cortisol (test de Cox, $P < 0.05$), d'adrénaline ($P < 0.001$), de noradrénaline ($P < 0.01$), et de dopamine ($P < 0.05$), la transformation logarithmique réduit l'asymétrie de manière statistiquement satisfaisante ($P > 0.05$) sauf pour l'adrénaline où l'asymétrie est seulement atténuée ($P = 0.05$). Par ailleurs, les valeurs aberrantes égales ou supérieures à $m \pm 3$ écarts types ont été éliminées. Ces valeurs marginales ne semblent pas avoir des causes cliniques mais résulter plutôt d'aléas méthodologiques. Ces aléas peuvent provenir de la grande sensibilité des catécholamines aux conditions de prélèvement, en particulier à la température et au pH. Nous pensons que le comportement des mères vis-à-vis des consignes dispensées – placer le plus rapidement possible le prélèvement au réfrigérateur – ainsi que les contraintes de terrain ne permettant pas, pour des raisons de sécurité, de stabiliser les réactions par de l'acide très concentré ou du métabisulfite de sodium, ont pu influencer la dégradation des catécholamines. Dans ce cas, on peut supposer que les urines les plus acides se sont les mieux conservées. Relever le pH de l'urine à la fin des recueils apporterait probablement un nouvel éclairage sur ce point.

Fig. 1 - Distribution du cortisol urinaire de 24 heures (nanomoles/jour), de l'adrénaline, noradrénaline et dopamine urinaire (nanomoles/m mole de créatinine) chez 40 enfants sénégalais nés à Marseille.
1a : valeurs absolues ; 1b : valeurs logarithmiques (base 10).

Fig. 1—Distribution of 24-hour urinary cortisol (nanomoles/day), adrenaline, noradrenaline and dopamine (nanomoles/m mole of creatine) in 40 Senegalese children born in Marseilles. 1a: absolute values; 1b: logarithmic values.

Après transformation logarithmique, le cortisol, l'adrénaline, la noradrénaline et la dopamine, ne présentent plus de valeurs aberrantes, par excès ou par défaut. Seule une valeur du logarithme du rapport dopamine/créatinine (sujet B3) dépasse la limite supérieure fixée à 3,00. Comme les valeurs extrêmes ne concernent pas les mêmes sujets suivant les variables, nous n'avons pas supprimé les sujets mais seulement les valeurs aberrantes dans le traitement des résultats.

Dimorphisme sexuel

Les valeurs moyennes et les erreurs standard des variables mesurées dans notre échantillon figurent au

tableau I séparément pour les garçons et les filles. Nous devons signaler que des valeurs de référence chez l'enfant manquent dans la littérature, alors qu'elles sont connues chez l'adulte, si bien que chaque laboratoire utilise le plus souvent ses propres normes. Les tests non paramétriques U de Mann et Whitney sur les données brutes et les tests t de Student sur les données normalisées montrent que ni les âges, ni les mensurations anthropométriques, ni les dosages hormonaux ne diffèrent selon les sexes, y compris pour la dopamine si l'on écarte une valeur particulièrement élevée chez un garçon.

		(m ± sE)	Extrêmes
Âge (années)	G (n = 23) F (n = 17)	9,52 ± 0,66 9,59 ± 0,87	5-15 5-15
Stature (cm)	G (n = 23) F (n = 17)	135,3 ± 3,9 138,2 ± 3,6	105,0-170,0 120,0-163,0
Poids (kg)	G (n = 23) F (n = 17)	32,34 ± 2,46 34,45 ± 3,01	15,10-52,00 21,10-59,70
IMC (kg/m ²)	G (n = 23) F (n = 17)	17,02 ± 0,56 17,48 ± 0,74	13,77-23,99 13,33-22,42
SC (m ²)	G (n = 23) F (n = 17)	1,12 ± 0,06 1,17 ± 0,07	0,68-1,59 0,87-1,69
Cortisol nanomole/jour	G (n = 23) F (n = 17)	50,26 ± 5,56 52,48 ± 5,67	10,00-120,90 24,80-105,60
Adrénaline/créatinine nanomole/mme de créatinine	G (n = 22) F (n = 17)	7,55 ± 0,91 5,95 ± 1,03	2,38-22,95 0,77-15,23
Noradr./créatinine nanomole/mme de créatinine	G (n = 22) F (n = 17)	18,24 ± 7,065 18,90 ± 2,60	8,26-32,39 7,24-46,53
Dopamine/créatinine nanomole/mme de créatinine	G (n = 21) F (n = 17)	242,45 ± 24,23 284,68 ± 25,94	99,02-468,36 124,78-534,48

Tabl. I - Comparaison entre les variables anthropométriques et physiologiques des garçons (G) et des filles (F).

Effectif : n ; moyenne : m ; erreur standard : SE ;

Indice de Masse Corporelle (ou BMI ou : indice de Quételet) :

$$IMC = Poids/Stature^2 ;$$

Surface corporelle appliquée aux 5-20 ans :

$$SC = 0,03050 \times Stature^{0,35129} \times Poids^{0,54375}$$

(Gehan, George 1970).

Différences entre moyennes des garçons
et des filles non significatives

(P > 0,05, test U de Mann et Whitney sur les données brutes
et test t de Student sur les données normalisées).

Table I—Comparison of anthropological and physiological
measurements between boys (G) and girls (F).

Sample size: n; mean: m; standard error: SE; Body mass index
(or BMI or Quételet's index): IMC = Weight/Stature²;

Body area applied to 5-20 years:

$$SC = 0,03050 \times Stature^{0,35129} \times Weight^{0,54375}$$

(Gehan, George 1970).

Differences between the averages for boys
and girls are not significant

(P > 0,05, Mann & Whitney U test on raw data and
Student t-test on normalized data).

Variations avec l'âge

Comme on peut l'imaginer, les dosages hormonaux évoluent avec l'âge, conjointement avec le format du corps chez l'enfant en croissance. De fait, les corrélations entre l'âge et les dosages urinaires de cortisol, noradrénaline et dopamine sont significatives (*tabl. II, fig. 2*). Elles ont été calculées, après avoir vérifié la linéarité des régressions avec l'âge (les régressions de degré supérieur sont non significatives, $P > 0.29$) et après avoir constaté que les pentes des droites de régression n'étaient pas significativement différentes chez les

garçons et chez les filles ($P > 0.60$; $P = 0.05$ pour l'adrénaline). Dans la suite des analyses, les échantillons de garçons et de filles n'ont donc pas été distingués.

Les catécholamines, fortement corrélées à l'âge, restent corrélées à cette variable même lorsqu'elles sont exprimées par unité de poids, de stature, d'indice de masse corporelle (IMC) ou de surface corporelle (SC), à la différence du cortisol qui, une fois rapporté au poids, à la surface corporelle ou à l'IMC ne présente plus de corrélation significative avec l'âge. Sa corrélation la plus faible avec l'âge est obtenue quand elle est exprimée par rapport à la surface corporelle ou à l'IMC.

Fig. 2 - Régressions des valeurs normalisées de cortisol (nanomoles/jour), adrénaline, noradrénaline et dopamine urinaire (nanomoles/m mole de créatinine) en fonction de l'âge, chez les garçons et les filles.

Les équations de régressions sont données pour l'ensemble de l'échantillon.

Fig. 2—Regression of the normalized values of urinary cortisol (nanomoles/day), adrenaline, noradrenaline and dopamine (nanomoles/m mole of creatine), according to age, for boys and girls. The regression equations are given for the whole sample.

Adrénaline nmole/mmqle de créatinine	- 0,651**
Noradrénaline nmole/mmqle de créatinine	- 0,394*
Dopamine nmole/mmqle de créatinine	- 0,480**
Cortisol nmole/jour	0,422**
Cortisol/Poids nmole/kg/jour	- 0,151 (NS)
Cortisol/Taille nmole/m/jour	0,242 (NS)
Cortisol/SC nmole/m ² /jour	0,06 (NS)
Cortisol/IMC nmole/kg/m ² /jour	0,297 (NS)

Tabl. II - Coefficients de corrélation des rangs de Spearman entre dosages hormonaux et âge selon les unités choisies.

* : $P \leq 0.05$; ** : $P \leq 0.01$.

Table II—Spearman's coefficients of correlation between hormonal values and age in relation to defined units.

*: $P \leq 0.05$; **: $P \leq 0.01$.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'expérience de ce travail donne quelques indications sur la façon d'adapter aux conditions de terrain la mesure biologique du stress dans le cas particulier où les observations portent sur des enfants dans leur milieu familial, dans des conditions normales d'existence et non plus seulement en contexte hospitalier. Les contraintes sont nombreuses : physiologiques pour tenir compte des variations non directement liées au stress, psychologiques pour choisir le mode d'investigation le moins invasif possible, sociologiques pour respecter les spécificités et les cultures familiales, et techniques enfin pour garantir la qualité et la précision des mesures sans avoir à manipuler de produits dangereux.

D'un point de vue physiologique, on sait que les hormones de stress subissent des fluctuations importantes au cours de la journée, en liaison avec l'état de veille (Linder *et al.* 1990). Ces fluctuations rendent la mesure de l'activité surrénalienne, par une observation unique au cours du nyctémère, totalement imprécise, que cette observation porte sur un prélèvement urinaire (Schmitt *et al.* 1998) ou salivaire (Flinn 1999). De plus, un prélèvement unique, même s'il n'est pas invasif, peut occasionner un stress. En effet, en ne pratiquant qu'un seul prélèvement (une seule miction pour les urines), on prend le risque de mesurer le stress lié au recueil et non pas celui faisant l'objet de l'étude. Si l'on multiplie les prélèvements sur la journée ou si l'on recueille les urines des 24 h, un phénomène d'habituation se produit tandis

que l'impact de l'agent stressant dû au prélèvement devient moins important.

Pollard (1995) suggère d'effectuer plusieurs prélèvements de salive par jour (cinq prises lui semblent être un bon compromis). Cinq dosages seraient suffisants pour estimer l'allure de la courbe des variations nyctémérales du cortisol et, si la bonne marche de « l'horloge biologique » est effective, la quantité globale de cortisol sécrétée. Ces conditions de prélèvement salivaire présentent l'inconvénient d'être assez lourdes à mettre en œuvre. En effet, elles imposent de connaître avec précision l'heure de lever des sujets le jour du recueil. Elles nécessitent la présence d'un opérateur à cinq reprises au cours de la même journée auprès de chaque sujet, ce qui est difficile à réaliser dans le cadre d'une enquête à domicile, dans un contexte de vie normale et sur de nombreux enfants. De plus, la technique de dosage du cortisol dans la salive nécessite une extraction préalable qui la rend d'autant plus coûteuse en temps et en main d'œuvre qu'il faut pratiquer plusieurs dosages par sujet, et que ces dosages ne sont en général pas pratiqués en routine par les laboratoires hospitaliers.

Le choix de travailler à partir de salive comme substrat se heurte à d'autres obstacles. Outre le coût élevé des analyses, la quantité de salive nécessaire au dosage (1 à 3 ml selon les auteurs) peut s'avérer difficile, voire impossible, à recueillir, surtout chez les enfants. Même chez les adultes, le recueil d'une telle quantité de salive est long et laborieux. Pour notre part, nous avons eu beaucoup de peine à obtenir ne serait-ce que 1 ml de

salive chez les sujets de moins de 10 ans. Ce recueil nous a en outre confronté à d'importantes réticences liées à la représentation de cette sécrétion associée au crachat, substrat considéré comme impur. Ces réticences se sont avérées moins fortes pour l'urine, peut-être mieux acceptée grâce aux habitudes occasionnées par la pratique généralisée d'examens urinaires dans les centres médicaux.

Toutes ces raisons nous amènent à préconiser l'abandon du recueil de salive et/ou du recueil partiel d'urine, pour s'en tenir au recueil de la totalité des mictions sur un cycle de 24 h.

Ce choix s'impose d'autant plus qu'il permet de mieux répondre à l'objectif final qui reste la quantification d'un niveau de stress chronique et non de stress occasionnels ou ponctuels tels qu'ils peuvent se produire de façon aiguë au cours d'une journée. Dans le premier cas, le dosage du cortisol urinaire semble le plus adapté, et celui des catécholamines dans le deuxième. L'absence de corrélation entre catécholamines et cortisol urinaires (*tabl. III*) laisse bien supposer que ces deux types d'hormones reflètent des mécanismes différents.

Corrélation	Adrénaline	Noradrénaline	Dopamine
Noradrénaline	0,388*	-	
Dopamine	0,045 (NS)	0,305 (NS)	-
Cortisol	- 0,244 (NS)	- 0,004 (NS)	0,289 (NS)

Tabl. III - Coefficients de corrélation de Bravais-Pearson entre les dosages hormonaux standardisés pour l'âge et le sexe.

* : $P \leq 0,05$; ** : $P \leq 0,01$.

Table III—Bravais-Pearson's correlations between homonal values.

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$.

Dans le cas d'étude chez les enfants, il est nécessaire de prendre en compte les variations liées à la croissance. Cela ne présente a priori pas de difficulté lorsque l'âge est connu, mais peut le devenir en l'absence de données précises sur l'âge, comme c'est parfois le cas, particulièrement dans les pays en développement en l'absence d'état civil rigoureux. Or, nous avons constaté que les catécholamines même rapportées au poids, à la taille, à l'indice de corpulence (IMC) ou à la surface corporelle (SC) ne s'expriment pas de manière

indépendante de l'âge. Pour pouvoir comparer des taux de catécholamines entre enfants d'âge différent, il s'avère donc indispensable de standardiser les mesures en fonction de l'âge. En revanche, pour le cortisol, la surface corporelle (SC) mieux que l'IMC, bien que tous deux calculés à partir du poids et de la taille, permet de supprimer efficacement l'effet « âge ». Une correction du cortisol en fonction de l'âge est donc possible, même sans connaître l'âge précis des enfants. Un résultat comparable montrant que les taux de cortisol rapportés à la surface corporelle sont indépendants de l'âge et du stade de développement pubertaire a été rapporté par Linder *et al.* (1990) chez des enfants de 8 à 17 ans, et par Gomez *et al.* (1991) chez des enfants de 2 à 17 ans.

En conclusion, nous soulignerons que les anthropobiologistes expriment plus couramment les quantités de cortisol en fonction du poids (Long *et al.* 1993) ou de l'IMC, alors que les pédiatres (Long *et al.* 1993 ; Levine *et al.* 1994), les expriment plutôt en fonction de la surface corporelle évaluée à partir du poids et de la taille (Gehan, George 1970). Dans les deux cas, ces deux indices tiennent compte des variations de l'âge et du format corporel dans la variation de la cortisolurie des 24 h. Ces indices donnent ainsi des estimations standardisées des niveaux de stress, et permettent par la suite d'effectuer des comparaisons de ces niveaux dans des conditions environnementales contrastées, en fonction de l'organisation de la structure familiale, de la vie scolaire ou du degré de mobilité géographique ou sociale.

Remerciements

Ce travail été réalisé grâce à un contrat de recherche clinique (2000-2001), « Niveau de stress de l'enfant, migration et structure familiale », de la Faculté de Médecine de La Timone, Université d'Aix-Marseille 2. Nous tenons à remercier le docteur H. Somma, Laboratoire de Médecine Nucléaire, Hôpital de La Timone, le docteur G. Fayet, Laboratoire de Biochimie, Hôpital de La Timone et le docteur J. Bras, Laboratoire de Statistiques de la Faculté de Médecine de La Timone, Marseille, pour leur soutien tout au long de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- DARLU (P.), BOUSSIN (D.) 1978, Étude gémellaire de l'excrétion urinaire de l'acide vanilmandélique, des 17-cétostéroïdes, des 17-hydroxycorticostéroïdes et de la créatinine, *Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie* 86 : 787-797.
- BELLIS (DE) (M.D.), BAUM (A.S.), BIRMAHER (B.), KESHAVAN (M.S.), ECCARD (C.H.), BORING (A.), JENKINS (F.J.), RYAN (N.D.) 1999, Developmental traumatology: biological stress systems, *Biological Psychiatry* 45:1259-1270.
- FLINN (M.V.) 1999, Family environment, stress and health during childhood, in C. Panter Brick, C. Worthman (eds), *Hormones, health and behavior, a socio-ecological and lifespan perspective*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 105-138.
- GARDNER (I.) 1971, Deprivation dwarfism, *Scientific American*: 76-82.
- GEHAN (E.A.), GEORGE (S.L.) 1970, Estimation of human body surface area from height and weight, *Cancer Chemotherapy Reports* 54: 225-235.
- GOMEZ (M.T.), MALOZOWSKI (S.), WINTERER (J.), VAMVAKOPOULOS (N.C.), CHROUSOS (G.P.) 1991, Urinary free cortisol values in normal children and adolescents, *The Journal of Pediatrics* 118: 256-258.
- GOURMELEN (M.), PERELMAN (R.) 1994, Exploration de la surrénale, in R. Perelman, S. Perelman (eds), *Maladies des glandes endocrines*, Maloine, Paris, p. 537-540.
- HARRISON (G.A.) 1982, Life-styles, well-being and stress, *Human Biology* 54: 193-202.
- HARRISON (G.A.), PALMER (C.D.), JENNER (D.A.), REYNOLDS (V.) 1980, Similarities between husbands and wives in rates of catecholamine excretion, *Annals of Human Biology* 7: 379-380.
- JAMES (G.D.), BROWN (D.E.) 1997, The biological stress response and lifestyle: catecholamines and blood pressure, *Annual Review of Anthropology* 26: 313-335.
- JENNER (D.A.), HARRISON (G.A.), DAY (J.A.), HUIZINGA (J.), SALZANO (F.M.) 1982, Inter-population comparisons of urinary catecholamines: a pilot study, *Annals of Human Biology* 9: 579-582.
- JENNER (D.A.), HARRISON (G.A.), PRIOR (I.A.), LEONETTI (D.L.), FUJIMOTO (W.Y.) 1987, 24-h catecholamine excretion: relationships with age and weight, *Clinica Chimica Acta* 15: 17-25.
- LEVINE (A.), COHEN (D.), ZADIK (Z.) 1994, Urinary free cortisol values in children under stress, *The Journal of Pediatrics* 125: 853-857.
- LINDER (B.L.), ESTEBAN (N.V.), YERGEY (A.L.), WINTERER (J.C.), LORIAUX (D.L.), CASSORIA (F.) 1990, Cortisol production rate in childhood and adolescence, *The Journal of Pediatrics* 117: 892- 896.
- LONG (B.L.), UNGPAKORN (G.), HARRISON (G.A.) 1993, Home-school differences in stress hormone levels in a group of Oxford primary school children, *Journal of Biosocial Science* 25: 73-78.
- LÔO (P.), LÔO (H.), GALINOWSKI (A.), ANDRÉ (C.), LEGERON (P.) 1999, *Le stress permanent*, Masson, Paris, collection Médecine et Psychothérapie, 118 p.
- LUPIEN (S.J.), KING (S.), MEANEY (M.J.), McEWEN (B.S.) 2000, Child's stress hormone levels correlate with mother's socioeconomic status and depressive state, *Biological Psychiatry* 48: 976-980.
- MIKI (K.), SUDO (A.) 1998, Effect of urine pH, storage time, and temperature on stability of catecholamines, cortisol and creatinine, *Clinical Chemistry* 44: 1759-1762.
- POLLARD (T.) 1995, Use of cortisol as a stress marker: practical and theoretical problems, *American Journal of Human Biology* 7: 265-274.
- ROCHE (diagnostics) 1999, Méthode de Jaffé sans déprotéinisation ; mesure cinétique en 2 mn (d'après Bartels H. et al. 1971), *Clinica Chimica Acta* 32: 81.
- SCHLEICHER (E.D.), KEES (F.K.), WIELAND (O.H.) 1983, Analysis of total urinary catecholamines by liquid chromatography: methodology, routine experience and clinical interpretations of results, *Clinica Chimica Acta* 129: 295-302.
- SCHMITT (L.H.), HARRISON (G.A.), SPARGO (R.M.) 1998, Variation in epinephrine and cortisol excretion rates associated with behavior in an Australian Aboriginal community, *American Journal of Physical Anthropology* 106: 249-253.
- SELYE (H.) 1956, *The stress of life*, Mc Graw Hill, New York, 430 p.