

NUTRITIONAL ANAEMIA

in

DOMINICA

(Eastern District)

J.L. DYCK¹, D. LEVY-BRUHL²

Overseas Office for Scientific and Technical Research (ORSTOM) - Martinique¹

French Ministry of External Affairs - Paris²

Ministry of Education and Health - Roseau

- I - INTRODUCTION
- II - METHODOLOGY
 - a) Methods and equipment
 - b) Statistical analysis
 - c) Threshold values defining anaemia and iron deficiency
- III - RESULTS
 - I. Anthropometric data
 - 2. Study of anaemia
 - a) Distribution of subjects according to haematological results
 - b) Haematological and biochemical results for anaemic subjects
 - 3. Study of iron deficiency
 - a) Distribution of subjects according to biochemical results
 - b) Haematological and biochemical results for subjects with iron deficiency
 - 4. Relation between anaemia and iron deficiency
 - a) Prevalence of iron deficiency in non-anaemic subjects
 - b) Prevalence of iron deficiency in anaemic subjects
 - 5. The association or non-association of microcytosis and hypochromia in subjects with no iron deficiency
 - 6. Study of the group of macrocytic subjects.
 - a) Haematological and biochemical results of macrocytic subjects
 - b) Relation between body iron stores and gamma-glutamyl-transferase values
 - 7. Study of intestinal parasitic infestation
 - a) Description of the parasitic infestations
 - b) Relation between iron deficiency anaemia and parasitic infestation
- IV - DISCUSSION
 - 1. Body iron stores and anaemia
 - 2. Investigating causal factors
 - a) Effect of nutritional status
 - b) Effect of intestinal parasitic infestation
 - c) Folic acid deficiency
- V - CONCLUSION

I - INTRODUCTION

The first nutritional survey, which was carried out in 1981 in collaboration with the Ministry of Health of Dominica, the French Ministry of External Affairs and ORSTOM, showed a high incidence of anaemia in the Eastern District (La Plaine) and the Western District (Roseau) of the island of Dominica. (1)

The incidence of anaemia was particularly high in young children from 0 to 5 (51 to 65 %). It also affected 30 to 45 % of adolescents and 18 to 30 % of adults, mainly women.

Anaemias which are nutritional in origin are caused by a deficiency in the supply of erythropoietic nutriment (iron, vitamins) which are necessary for haemoglobin synthesis. A deficiency in these nutriment can come from an insufficient supply in the diet or from the consumption of a foodstuff which disturbs the metabolism or the absorption of haematopoietic nutriment.

When there is an intestinal parasitic infestation, iron deficiency can come from blood loss or inadequate absorption of food. On this last point, the results of the nutritional survey show that 45 to 78 % of the children examined (0 to 5) had parasites. However, no relation was found between the existence of anaemia and that of an intestinal parasitic infestation.

Bearing these elements in mind, a second nutritional survey was carried out in January 1983 in the district of La Plaine. This study was concerned above all with the haematological and biochemical data of the subjects, its aim being to characterize the anaemias found and to establish the role of nutritional deficiencies and of parasitic infestations in causing anaemia.

II - METHODOLOGY

a) Methods and equipment

The survey concerned 274 subjects living in the villages of La Plaine, Délices, Boetica, Morne Jaune, Rivière Cyrique and Grand Fond. The weight and height of each subject were noted, as well as the following information : iron and/or folic acid supplements and treatment for worms. For women, details concerning menstruation, pregnancy, breast-feeding and the menopause were also noted.

A blood sample was taken from the arm fold using sodium heparinate to establish the haemogram (red blood cell count on an automatic counter of the HEILIGE type, haemoglobin concentration measured on a spectrophotometer of the DATEX type and the haematocrit, measured by micromethod). With regard to the measurement of haemoglobin concentration, controls were carried out on some samples by the Princess Margaret Hospital Laboratory in Roseau.

After taking a sample to determine haemoglobin type, the blood was centrifuged and the plasma frozen in liquid nitrogen to measure the following : serum total proteins, albumin and iron by spectrophotometry, serum ferritin using radio-immunology, serum transferrin by laser nephelometry and gamma-glutamyl-transferase, for the adults only.

(1) NUTRITIONAL SURVEYS IN DOMINICA. WESTERN AND EASTERN DISTRICTS.
J.L. DYCK., Ph. CHEVALIER, F. DELPECH and al. Rapp. ORSTOM 41 p 1982

The presence of S or C haemoglobin was determined by electrophoresis.

The examination of intestinal parasitic infestation using Kato's method made it possible to distinguish the type of worm and the amount of eggs.

b) Statistical analysis

All the information was processed by a Hewlett Packard 85 computer. Statistical analysis was carried out on 206 subjects on whom it had been possible to do most of the tests. This sample was made up of :

- children from 1 to 5 - 37 (27 boys, 10 girls)
- children from 6 to 15 - 79 (43 boys, 36 girls)
- adults over 16 - 90 (39 men, 51 women)

Given the small numbers in each age group, the statistical analysis (comparison of means and significance tests) were carried out with age as a constant, using covariance analysis. The significance tests were calculated using the common variance of the parameters analysed.

c) Threshold values defining anaemia and iron deficiency

The threshold values defining an anaemic state were those adopted by the WHO (2) for adults and those found by Dallman (3) for children corresponding to the 2.5th percentile of the haemoglobin distribution related to sex and age (Table 1).

Table 1 Threshold values for haemoglobin and mean corpuscular volume according to sex and age.

	Haemoglobin g/100	Microcytosis μ^3	Macrocytosis μ^3
Children M + F			
0 - 5 years	11	< 70	> 80
6 - 9 years	11,5	< 75	> 85
10 - 12 years	12	< 75	> 85
Children 13 - 15 years			
M	12,5	< 75	> 85
F	12	< 75	> 85
Adults			
Males	13	< 80	> 95
Females	12	< 80	> 95

Iron deficiency was defined biochemically as serum iron below 50 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ and/or a transferrin saturation reading below 16 % (3).

(2) Rapport technique OMS N° 405 (1968)
 (3) DALLMAN P.R., SIMES M.A., STEKEL A
 Amer.J. Clin. Nutr. 1980, 33, 86-118

Further, body iron stores were examined using ferritinaemia. The concentration of serum ferritin reflects the concentration of liver, spleen and bone marrow ferritins which represent 15 to 20 % of total body iron (4). So, ferritinaemia is a good indicator of early iron deficiency (before the appearance of any haematological signs of iron deficiency).

Haematologically, iron deficiency is shown by microcytosis. For children, the values defining microcytosis correspond to the 2,5th percentile of the mean corpuscular volume distribution (3).

The threshold value of macrocytosis, reflecting a vitamin deficiency, is $95 \mu^3$ for adults and corresponds to the 97,5th percentile of the mean corpuscular volume distribution for children and adolescents.

Finally, hypochromia exists when the mean corpuscular haemoglobin concentration (MCHC) is below 30 %, whatever the age or sex.

III - RESULTS

1/ Anthropometric data

21 % of all the subjects studied had a weight for height (W(H)) ratio less than 90 % of standard values (Table 2). 4 % of them had an important weight deficit (W(H) < 80 % of standard values).

Table 2 Weight for height (W(H)) (expressed as percentages of standard values)

	< 80%	80 & 90%	90 & 100%	100 % à 110 %	> 110%	Mean ± SD
Children 0 - 5 years	0	14%(5)	40%(15)	38%(14)	8%(3)	100,3 ± 12,1 (37)
Children 6 - 15 years	M: 5%(2)	21%(9)	56%(24)	16%(7)	2%(1)	93,3 ± 9,6 (43)
	F: 8%(3)	17%(6)	42%(15)	19%(7)	14%(5)	97,2 ± 11,4 (36)
Adults	M: 5%(2)	23%(9)	47%(18)	23%(9)	2%(1)	94,4 ± 8,5 (39)
	F: 2%(1)	14%(7)	30%(15)	27%(14)	27%(14)	103,9 ± 17,3 (51)
Total	4%	17%	42%	25%	12%	98,0 ± 13,0 (206)

However, it can be seen that no child below 5 had a large weight deficit. Also no relation was found between age or sex and weight deficit. Excess weight (early obesity and obesity W (H) > 110 %) was mainly found in women, 27 % as against 2 % of men.

(4) W.B. REEVES, F.I. HAURANI ANN. CLIN. LAB SCI
10 (6) 529-535 1980

2/ Study of anaemia

a) Distribution of subjects according to haematological results

Examination of haemoglobin concentration showed that readings for 54 out of the 206 subjects were below the threshold values defining anaemia according to sex and age (Table 3).

Table 3 Distribution of anaemic subjects according to sex and age

	0 - 5 years	6 - 15 years		Adults	
	M + F	M	F	M	F
Anaemic subjects	7	12	9	8	18
Non anaemic subjects	30	31	27	31	33

Within this distribution there is no apparent relationship between age or sex and the existence of anaemia.

4.8 % of all subjects had microcytosis (10), 31.5 % macrocytosis (65) and 11.1 % hypochromia (23) (Table 4).

Table 4 Distribution of subjects according to haematological traits

	Microcytosis	Macrocytosis	Hypochromia
Anaemic subjects n = 54	11,1% (6)	22,2% (12)	29,6% (16)
Non anaemic subjects n = 152	2,6% (4)	34,8% (53)	4,6% (7)

Anaemia was associated with hypochromic microcytosis in 9 subjects (16,6 %) whereas no such cases were found in non-anaemic subjects. The anaemia of 67 % of the subjects was normocytic.

High percentages of macrocytosis were found both in anaemic subjects (22.2 %) and in those without anaemia (34.8 %). (The difference is not significant). Macrocytosis associated with hypochromia was found in one anaemic child (AC haemoglobin eliminated from later results) as well as in three non-anaemic subjects.

For this sample hypochromic microcytic anaemia suggests iron deficiency whereas macrocytosis could be associated with an erythropoietic vitamin deficiency (folic deficiency type).

b) Haematological and biochemical results for anaemic subjects (Table 5).

As compared with non-anaemic subjects, lower haemoglobin concentrations (10.7 ± 1.5 g/100 ml as against 13.1 ± 1.1 g/100 ml) were accompanied by a fall in the red blood cell count and of the haematocrit ($4.13 \pm 0.59 \cdot 10^6$ /ml as against $4.42 \pm 0.46 \cdot 10^6$ /ml and 35.1 ± 4.2 % as against 40.2 ± 4.0 % respectively).

Table 5 Haematological and biochemical results in relation to anaemia

	Non anaemic subject			Anaemic subjects			S.L.
	Mean	S.D.	N	Mean	S.D.	N	
Weight for height %	98,4	13,3	152	97,5	12,7	50	NS
Red blood cells $\times 10^6$	4,425	0,462	152	4,134	0,599	50	xxx
Hemoglobin g/100 ml	13,1	1,16	152	10,7	1,58	50	xxx
Haematocrit %	40,2	4,0	152	35,1	4,2	50	xxx
M.C.V. μ^3	91,4	9,8	152	85,8	10,9	50	xxx
M.C.H.C. / 100 ml	32,7	2,3	152	30,4	2,3	50	xxx
Total protein g/l	76,9	4,5	151	75,5	4,9	50	NS
Serum albumin g/l	45,1	2,7	151	44,4	3,4	50	NS
Serum iron $\mu\text{g}/100$ ml	104	41	152	79,2	34,8	50	xxx
Transferrin mg/100 ml	342	62	152	350	87	50	NS
Transferrin saturation %	26,4	12,4	152	19,9	9,0	50	xxx
Ferritin ng/ml	41,4	30,8	145	25,6	16,1	48	xxx
Gamma G.T. UI/l	15,8	12,7	63	11,5	7,9	24	NS

S.L. : Significance level

x : $p < 0,05$

x x : $P < 0,01$

x x x : $P < 0,001$

NS : not significant

Mean corpuscular volume was lower ($85,8 \mu^3 \pm 10,9$ as against $91,4 \pm 9,8$) without being microcytic (22 % of the anaemic subjects were macrocytic) and MCHC was low ($30,4 \pm 2,3$ % as against $32,7 \pm 2,3$ %).

With regard to body iron stores, a fall in the mean levels of iron and serum ferritin was found in anaemic subjects ($79,2 \pm 34,8 \mu\text{g}/\text{ml}$ as against $104 \pm 41 \mu\text{g}/\text{ml}$ and $25,6 \pm 16,1 \text{ ng}/\text{ml}$ as against $41,4 \pm 30,8 \text{ ng}/\text{ml}$ respectively), as well as a fall in the transferrin saturation percentage

(19.9 ± 3.0 as against 26.4 ± 12.4) although serum transferrin concentrations were similar in the two groups.

Mean weight for height, total serum protein and serum albumin results were not significantly different for the two groups.

These results show that anaemic subjects had on the whole lower body iron stores than non-anaemic subjects.

3/ Study of iron deficiency

a) Distribution of subjects according to biochemical results

Out of the whole sample, 15 subjects (7.2 %) had a serum iron level lower than 50 µg/100 ml and 42 subjects (20.8 %) had a transferrin saturation reading below 16 %. It is to be noted that all hyposideremic subjects had a transferrin saturation reading below 16 % and that in 27 subjects (13.3 %) only the transferrin saturation reading was low.

The distribution of these subjects according to age shows that the fall in transferrin saturation levels was found mainly in young children and adolescents (children from 1 to 5 : 16/37 ; children and adolescents from 6 to 16 : 15/77 ; adults 11/88 $\chi^2 = 15.0$. $P < 0.001$) whereas no relation was found between hyposideremia and age, probably because of the small number of subjects.

Table 6 Haematological and biochemical results in relation to iron deficiency

	Subjects without I.D.			Subjects with I.D.			S.L.
	Mean	S.D.	N	Mean	S.D.	N	
Weight for height %	97,8	13,6	148	97,4	11,5	42	NS
Red blood cells $\times 10^6$	4,355	0,491	148	4,218	0,565	42	NS
Hemoglobin g/100 ml	12,9	1,26	148	11,3	1,28	42	xxx
Hematocrit %	39,8	3,94	148	36,0	5,22	42	xxx
M.C.V. μ^3	92,0	9,0	148	85,8	11,5	42	xxx
M.C.H.C. / 100 ml	32,5	1,73	148	31,3	3,73	42	xx
Total protein g/l	76,6	4,5	147	76,0	5,0	42	NS
Serum albumin g/l	45,0	2,9	147	44,5	2,8	42	NS
Serum iron µg/100 ml	110,1	38,6	148	56,6	13,5	42	xxx
Transferrin mg/100 ml	328	62	148	401	67	42	xxx
Transferrin saturation %	28,5	11,1	148	12,0	3,0	42	xxx
Ferritin ng/ml	41,8	30,0	145	22,1	12,5	36	xxx
Gamma G.T. UI/l	15,0	12,6	71	12,1	5,8	11	NS

S.L. : Significance level x p = 0,05

xx : P < 0,01

xxx : P < 0,001

NS : not significant

I.D. = Iron deficiency

b) Haematological and biochemical results for subjects with iron deficiency (Table 6)

Serum ferritin concentration was very low in subjects with hyposideremia and/or a fall in transferrin saturation levels, 22.1 ± 12.5 ng/ml as against 41.8 ± 30 ng/ml ($t = 3.83$, $P < 0.001$). This shows that 22 % of the subjects under study had low body iron stores. Mean serum transferrin readings were high (401 ± 67 mg/100 ml as against 328 ± 62 mg/100 ml ($t = 6.55$, $P < 0.001$)). Haematologically, these subjects were usually hypochromic (fall in haemoglobin concentration) and microcytic (fall in haematocrit readings although the red blood cell count was not different from that of subjects with no deficiency traits).

In the group of iron-deficient subjects, two iron deficiency status were found with regard to serum iron concentration (Table 7) : subjects whose serum iron was above $50 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ but whose transferrin saturation level was below 16 %, showing early latent iron deficiency characterised by a haematological and biochemical pattern whose readings were intermediate between those found in subjects with no iron deficiency (Table 6) and subjects with two traits : serum iron below $50 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ and a transferrin saturation percentage below 16 % (Table 7). In this second group, iron deficiency was manifest and was associated with a considerable fall in haemoglobin concentration (9.6 ± 2.1 g/100 ml).

Table 7 : Haematological and biochemical results for subjects with a transferrin saturation < 16 %

	Serum iron > 50 μg			Serum iron < 50 μg			S.L.
	Mean	S.D.	N	Mean	S.D.	N	
Weight for height %	96,1	7,6	27	99,3	16,5	15	NS
Red blood cells $\times 10^6$	4,285	0,518	27	4,008	0,73	15	NS
Hemoglobin g/100 ml	11,9	1,5	27	9,6	2,2	15	xxx
Hematocrit %	36,8	4,3	27	33,0	6,1	15	x
M.C.V. μ^3	86,7	11,4	27	83,1	12,1	15	NS
M.C.H.C. / 100 ml	32,4	3,4	27	29,0	3,2	15	xx
Total protein g/l	76,4	4,5	27	75,2	6,1	15	NS
Serum albumin g/l	45,1	2,5	27	44,3	3,2	15	NS
Serum iron $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$	62,6	9,0	27	40,2	5,7	15	xxx
Transferrin mg/100 ml	396	58	27	400	86	15	NS
Transferrin saturation %	13,2	6,8	27	8,6	2,3	15	xxx
Ferritin ng/ml	23,7	12,3	24	14,2	10,6	12	x
Gamma G.T. UI/l	13,3	6,8	8	12,5	4,7	4	NS

S.L. : Significance level x : $p < 0,05$
 x x : $P < 0,01$ x x x : $P < 0,001$ NS : non significant

A ferritinaemia analysis makes it possible to define more clearly the state of non-deficiency, of latent deficiency and of manifest deficiency with readings of : 41.8 ± 30 ng/ml, 23.7 ± 12.3 ng/ml and 14.2 ± 10.6 ng/ml respectively.

Further, no difference was found between subjects with iron deficiency and those without for weight for height, serum protein and serum albumin results, showing that iron deficiency does not seem to be linked to a more general malnutrition.

Haematological readings for subjects with no iron deficiency, subjects with early iron deficiency and subjects with manifest iron deficiency show the importance of iron deficiency in the development of these anaemias.

4/ Relation between anaemia and iron deficiency

a) Prevalence of iron deficiency in non-anaemic subjects (Table 8)

In this group, 24 subjects showed a fall in transferrin saturation, whether associated with hyposideraemia or not. An analysis of the haematological results shows a fall in haemoglobin (12.4 ± 1 g/100 ml as against 13.1 ± 1.1 g/100 ml) and haematocrit readings although the red blood cell count and the MCHC readings are similar in both cases.

Table 8 Haematological and biochemical results for non anaemic subjects in relation to iron deficiency

	Subjects without I.D.			Subjects with I.D.			S.L.
	Mean	S.D.	N	Mean	S.D.	N	
Weight for height %	98,4	14,4	122	96,4	7,0	24	NS
Red blood cells $\times 10^6$	4,410	0,469	122	4,398	0,415	24	NS
Hemoglobin g/100 ml	13,2	1,14	122	12,42	1,04	24	xx
Hematocrit %	40,5	3,8	122	38,0	3,7	24	x
M.C.V. μ^3	92,2	8,8	122	87,0	11,8	24	NS
M.C.H.C. / 100 ml	32,7	1,7	122	32,9	3,5	24	NS
Total protein g/l	76,9	4,5	121	76,4	4,8	24	NS
Serum albumin g/l	45,2	2,7	121	44,8	2,6	24	NS
Serum iron $\mu\text{g}/100$ ml	112,4	39,7	122	59,7	10,4	24	xxx
Transferrin $\text{mg}/100$ ml	331	58	122	399	54	24	xxx
Transferrin saturation %	29,0	11,9	122	12,5	2,3	24	xxx
Ferritin ng/ml	43,4	32,5	119	23,5	11,1	20	x
Gamma G.T. UI/l	15,7	13,0	57	13,8	7,1	5	NS

S.L. : Significance level x : p < 0,05
 x x x : P < 0,01 x x x : P < 0,001 NS : not significant

I.D. : Iron deficiency

NB : Subjects with no deficiency show no hematological or biochemical traits associated with iron deficiency.

The group of subjects with iron deficiency was developing microcytosis as a result. Serum ferritin concentration was lower (23.5 ± 11.1 ng/ml as against 43.4 ± 32.5 ng/ml ; $t = 2.53$, $P < 0.02$).

At the same time, serum transferrin was higher (399 ± 54 mg/100 ml as against 331 ± 58 mg/100 ml ; $t = 4.96$, $P < 0.001$).

Compared with the whole sample, the early iron deficiency status concerned more particularly young children : children of 6 months, 11/28 ; children 6-15, 8/47 ; adults, 5/58 ($\chi^2 = 12.0$, $P < 0.01$).

On the other hand, there was no difference in the nutritional status of the two groups as measured by weight for height, total proteins and serum albumin. For this group, an examination of body iron stores shows that 16,4 % of subjects were developing iron deficiency with no effect on haematological readings.

b) Prevalence of iron deficiency in anaemic subjects (Table 9)

In 18 subjects iron deficiency was found to accentuate the fall in haematological readings, in particular haemoglobin and haematocrit. Most of the anaemic subjects were hypochromic. With regard to biochemical results, serum ferritin concentration indicates that body iron stores were low (16.3 ± 13.5 ng/ml as against 31.7 ± 15.8 ng/ml). Serum iron and transferrin saturation were very low and 41 % of the cases of anaemia found were associated with iron deficiency.

Table 9 Haematological and biochemical results for anaemic subjects in relation to iron deficiency

	Subjects without I.D.			Subjects with I.D.			S.L.
	Mean	S.D.	N	Mean	S.D.	N	
Weight for height %	95,0	9,1	26	98,2	15,8	18	NS
Red blood cells $\times 10^9$	4,086	0,509	26	3,960	0,651	18	NS
Hemoglobin g/100 ml	11,5	0,70	26	9,6	2,03	18	xxx
Hematocrit %	36,5	2,4	26	32,7	5,4	18	xx
M.C.V. μ^3	90,3	10,2	26	83,4	10,8	18	x
M.C.H.C. / 100 ml	31,5	1,2	26	29,4	3,1	18	xx
Total protein g/l	75,2	4,8	26	75,6	5,5	18	NS
Serum albumin g/l	44,1	3,7	26	44,2	3,1	18	NS
Serum iron $\mu\text{g}/100$ ml	98,4	31,2	26	49,0	14,8	18	xxx
Transferrin mg/100 ml	313	78	26	408	82	18	xxx
Transferrin saturation %	26,2	5,1	26	10,2	3,3	18	xxx
Ferritin ng/ml	31,7	15,8	26	16,3	13,5	16	xxx
Gamma G.T. UI/l	11,8	9,2	14	11,3	4,7	6	NS

S.L. : Significance level x $p < 0,05$
 x x : $P < 0,01$ x x x $P < 0,001$ NS not significant
 I.D. : Iron deficiency

However, 26 anaemic subjects showed no haematological or biochemical iron deficiency traits. Compared with subjects with neither anaemia nor iron deficiency a fall in the red blood cell count ($t = 3.28, P < 0.02$), in haemoglobin ($t = 8.56, P < 0.001$) and in haematocrit ($t = 6.16, P < 0.001$) was observed (Table 8). Iron and serum transferrin concentrations were similar for the two groups. However, ferritinaemia was lower in anaemic subjects, 31.7 ± 15.8 ng/ml as against 43.4 ± 32.5 ng/ml ($t = 2.01, P < 0.05$). In this group 17 out of 26 subjects had a haemoglobin level between the threshold value and this value less 0,5 g/100 ml (for example, 12,5 g to 13 g for men). This represents marginal anaemia caused by iron deficiency which is either latent or developing.

5. The association or non-association of microcytosis and hypochromia in subjects with no iron deficiency. (Table 10)

In 12 subjects (children, adolescents and adults) microcytosis and hypochromia were found, averaging $80 \mu^3$ and 30.5 g/100 ml respectively.

The red blood cell count was on average higher than that found in non-anaemic subjects with no iron deficiency (4.818 ± 0.349 as against 4.411 ± 0.501 , $t = 3.68, P < 0.001$) whereas haemoglobin concentration and haematocrit and MCHC readings were very low.

Table 10 Haematological and biochemical results for microcytic and/or hypochromic subjects:

	Microcytic and/or hypochromic subjects		
	Mean	S.D.	N
Weight for height %	104,2	11,1	12
Red blood cells $\times 10^6$	4,818	0,349	12
Hemoglobin g/100 ml	11,7	0,88	12
Hematocrit %	38,6	3,96	12
M.C.V. μ^3	80,1	9,0	12
M.C.H.C. / 100 ml	30,5	3,9	12
Total protein g/l	76,6	4,8	12
Serum albumin g/l	46,0	3,0	12
Serum iron $\mu\text{g}/100$ ml	96,1	19,5	12
Transferrin mg/100 ml	351	45	12
Transferrin saturation %	23,0	5,6	12
Ferritin ng/ml	29,9	16,5	12
Gamma G.T. UI/l	14,1	7,3	5

With regard to body iron stores, these subjects had normal serum iron and transferrin readings with however lower ferritinaemia and transferrin saturation than those observed in subjects with no iron deficiency. (A non-significant difference because of the small number of subjects in this group.) And six subject had anaemia.

It is probable that this haematological and biochemical pattern results from other pathologies which this study does not make it possible to isolate. (The case of thalassaemia).

6. Study of the group of macrocytic subjects (Table 11)

For the sample as a whole, the incidence of macrocytosis was high (31.5 %) Compared with normocytic subjects, macrocytic subjects had better body iron stores as measured by ferritinaemia : 49 ± 40.2 ng as against 37.6 ± 21.2 ng/ml, $P < 0.05$. However, no significant difference was found for serum iron, transferrin and transferrin saturation percentage readings.

Table 11 Comparison of haematological and biochemical results for macrocytic and normocytic subjects

	Macrocytic subjects			Normocytic subjects			S.L.
	Mean	S.D.	N	Mean	S.D.	N	
Weight for height %	98,9	15,6	57	98,0	12,5	99	NS
Red blood cells $\times 10^6$	4,090	0,513	57	4,544	0,406	99	xxx
Hemoglobin g/100 ml	13,3	1,44	57	12,7	1,10	99	xx
Hematocrit %	41,0	4,43	57	39,3	3,38	99	xx
M.C.V. μ^3	100,6	6,7	57	86,6	5,7	99	xxx
M.C.H.C. / 100 ml	32,7	2,6	57	32,3	2,1	99	NS
Total protein g/l	76,2	4,5	57	76,5	4,7	98	NS
Serum albumin g/l	44,6	3,2	57	45,3	2,8	98	NS
Serum iron $\mu\text{g}/100$ ml	114	46	57	107	32	99	NS
Transferrin mg/100 ml	324	66	57	332	58	99	NS
Transferrin saturation %	30,5	14,7	57	27,2	7,7	99	NS
Ferritin ng/ml	49,0	40,2	54	37,6	21,2	99	x
Gamma G.T. UI/l	14,5	13,5	35	15,5	11,5	39	NS

S.L. : Significance level

x $p < 0,05$

xx : $P < 0,01$

xxx : $P < 0,001$

NS : not significant

NB : Subjects with iron deficiency traits were eliminated from the two groups.

Haemoglobin and haematocrit readings were higher in macrocytic subjects ($13,3 \pm 1,44$ as against $12,7 \pm 1,1$ and $41,0 \pm 4,43$ as against $39,3 \pm 3,38$ respectively ; $P < 0,01$) whereas the MCHC was similar in the two groups. 68,4 % of macrocytic subjects were adults as against 43,1 % of normocytic subjects ($\chi^2 = 9,06$; $P < 0,001$).

Macrocytosis is usually the reflection of a vitamin deficiency (folates) resulting either from inadequate food intake or from the intake of foods (alcohol) causing a deficiency.

For adults, gamma glutamyl transferase concentration was measured since an increase in this associated with macrocytosis suggests alcohol-related liver disease. (Gamma glutamyl-transferase concentration upper limit for men : 28 UI/L and for women : 18 UI/L).

Table 12 Distribution of adults according to MCV and serum γ GT level

	γ GT < threshold value	γ GT > threshold value
MCV < 95 μ^3	41	8
MCV > 95 μ^3	37	4

Table 12 shows that there was no relation between high γ GT readings and the presence of macrocytosis (χ^2 not significant). However, the correlation coefficient calculated for the whole sample between the serum ferritin and gamma glutamyl transferase concentrations shows that ferritinaemia increases at the same rate as γ GT : $r = 0.487$ ($t = 4.89$; $P < 0.001$).

We can summarise by saying that subjects with macrocytosis and/or a high γ GT concentration appear to have higher body iron stores. This finding is similar to that found during a nutrition survey carried out in Martinique among subjects with macrocytosis linked to a high γ GT level. (5)

7. Study of intestinal parasitic infestations

a) Description of the parasitic infestations (Table 13)

Out of 144 tests, only 13 subjects (9.0 %) had no parasitic infestation. The total number of subjects having each type of worm is thus :

ascaris : 49 (37.4 %)
hookworm : 84 (64.1 %)
trichuris : 119 (90.8 %)

The high incidence of parasitic infestations, mainly trichuris and hookworm, should be noted.

Table 13 Distribution of subjects according to the type of parasitic infestation

	Type of worms	Number	Frequency
Single parasitic infestation	Ascaris	2	1,5
	Hookworm	7	5,3
	Trichuris	30	22,9
Multiple parasitic infestation	Ascaris + Hookworm	3	2,2
	Ascaris + Trichuris	15	11,4
	Hookworm + Trichuris	45	34,3
	Ascaris + Hookworm + Trichuris	29	22,1

An analysis of the percentage of subjects according to the type of worm and the amount of eggs shows that amounts were higher for ascaris : 55 % of ascaris infestations showed more than 1200 eggs per gram as against 26.1 % for hookworms and 35.2 % for trichuris (t = 3.33 ; P < 0.01 and t = 2.37 ; P < 0.005 respectively) (Table 14).

Table 14 Distribution of subjects according to the type of worm and the parasitic amount (expressed as the number of eggs per gram)

amount of eggs	1 to 1200	1200 to 2400	2400 to 4800	4800 to 9600	9600 and+	Total
Ascaris	22(44,9%)	1(2,0%)	10(20,4%)	10(20,4%)	6(12,3)	49
Hookworm	62(73,9%)	11(13,1%)	9(10,7%)	2(2,3%)	0	84
Trichuris	77(64,8%)	22(18,5%)	13(10,9%)	4(3,3%)	3(2,5%)	119

A study of Table 15 also shows that the percentage of subjects with a parasitic infestation increases with age. It is to be noted that from early adolescence on, the incidence of parasitic infestation remains constant.

Table 15 Distribution of type of worm according to age

	Ascaris	Hookworm	Trichuris
Children 0-5years: n = 19	7(14,2%)	3(6,1%)	11(22,4%)
Children 6-15years: n = 56	19(33,9%)	35(62,5%)	52(92,8%)
Adults n = 69	23(33,3%)	46(66,6%)	56(81,1%)

b) Relation between iron-deficiency, anaemia and parasitic infestations (Table 16)

Given the very small percentage of subjects with no parasitic infestation (9,0 %), a study of the effect of parasitic infestations on body iron stores (comparison of the group of subjects with parasitic infestations and the group of subjects with no parasitic infestation) is not possible here.

A study of the incidence of parasitic infestations in relation to the nutritional status of subjects shows that such infestation was not preponderant in subjects with anaemia and/or iron deficiency : 92.2 % of subjects with no nutritional deficiency had a parasitic infestation of at least one type of worm (Table 16).

Table 16 Distribution of the type of parasitic infestation according to anaemia and iron deficiency

	Absence of parasites	Ascaris %	Hookworm %	Trichuris %	% of subjects with parasite
Subjects with neither anaemia nor ID	7(7,8%)	27(32,9%)	53(64,6%)	74(90,2%)	92,2
Subjects with no anaemia but with ID	5(25%)	7(46,7%)	7(46,7%)	14(93,3%)	75
Subjects with anaemia and no ID	0	10(47,6%)	14(66,6%)	19(90,4%)	100
Subjects with anaemia and ID	1(7,2%)	5(38,4%)	10(76,9%)	12(92,3%)	92,8

ID = Iron deficiency % Percentage of subjects with one type of worm

However, an analysis of the relation between the quantity of parasites and the results of the biochemical parameters shows that for an amount of more than 400 ascaris eggs/gr there is a fall in serum iron : 88.9 ± 27.9 g/100 ml $n = 30$ as against 103.9 ± 38.8 , $n = 114$ ($t = 1.96$, $P = 0.05$). Likewise for an amount of more than 2000 hookworm eggs, a fall in ferritinaemia was found : 21.2 ± 13.2 ng/ml ($n = 11$) as against 42.1 ± 34 ng/ml, ($n = 126$, $t = 2.04$, $P < 0.05$). Finally, a fall in serum iron concentration was found in subjects with a trichuris infestation, regardless of the amount involved : 96.9 ± 32.9 ; $n = 108$ as against 112.2 ± 47 ; $n = 36$ ($t = 2.15$, $P < 0.05$).

However, these results should be interpreted with care, given on the one hand the high incidence of parasitic infestations and on the other the fact that no haematological readings were found related to the type and amount of worms. It can also be seen that the amount of hookworm eggs was low in most subjects. But, a fall in haemoglobin concentration is only found when the amount exceeds 2000 eggs.(6). In this study only ferritanaemia fell.

On the whole, the type of parasitic infestation and the amounts could contribute to the development of latent iron deficiency. But parasitic infestation does not appear to be the main factor in the fall in body iron stores.

DISCUSSION

1/ Body iron stores and anaemia (Table 17).

On the basis of the criteria defining iron deficiency and anaemia, the sample studied was divided into four groups. The first group was composed of those subjects with normal body iron stores and haematological results; the three other groups showed varying degrees of iron deficiency.

12.6 % of non-anaemic subjects had microcytosis and/or hypochromia with hyposideraemia which may or may not be associated with a fall in the transferrin saturation percentage. Table 8 shows that these subjects had average haemoglobin levels and ~~but a lower ferritinaemia than that found~~ in subjects with no iron deficiency traits.

This concerns latent iron deficiency resulting in a fall in haemoglobin levels which does not reach the threshold values defining anaemia.

The haematological readings for 59.1 % (26/44, Group 3, Table 17) of anaemic subjects did not suggest iron deficiency (microcytosis, hypochromia) : normal serum iron and transferrin saturation readings above 16 % were found. However, ferritanaemia was low compared with the group of subjects with no deficiency traits (Group 1, Table 17). It is probable that these subjects had had or had at the time of the study latent iron deficiency.

Taking into consideration these two groups, 26 % of the subjects studied had latent iron deficiency, associated with anaemia in 52 % of subjects (26/50). These subjects (usually either children or adolescents (see § 4a)) represent a group at risk and it would be useful to provide them with preventive treatment (Groups 2 and 3, Table 17).

Table 17 Distribution of subjects related to iron stores and anaemia

Groups	Non anaemic subjects		Anaemic subjects	
Number	122(64,2%)	24(12,6%)	26(13,6%)	18(9,4 %)
Microcytosis and/or Hypochromia	-	+	-	+
Serum iron and/or transferrin saturation percentage:	Normal	↘	Normal	↘
Ferritinaemia	Normal	↘	↘	↘
Iron deficiency:	Absent	Latent	Latent	Manifest
Characteristics:	none	Groups risking iron deficiency		treatment

Finally, 18 subjects (9,4 %) had microcytic anaemia which was hypochromic and hyposideremic accompanied by a fall in transferrin saturation levels. For these subjects body iron stores were low and a suitable course of treatment would seem to be necessary.

To summarize, iron deficiency concerned 35,7 % of the subjects studied, 64,7 % of the subjects with iron deficiency were anaemic and all the anaemic subjects had lower body iron stores. Ferritinaemia makes it possible to distinguish between early and manifest iron deficiency.

2/ Investigating causal factors

a) Effects of nutritional status

Usually iron deficiency results from an inadequate intake in the diet. This can lead to marginal non-specific malnutrition. In this sample, an analysis of the distribution of anthropometric results (weight for height) shows that 21 % of subjects were moderately underweight (Table 4). Also a study the correlations between haematological and biochemical variables for the whole of sample shows that haemoglobin concentration is linked to total serum protein concentration ($r = + 0.18$, $t = 2.63$, $P < 0.001$) and serum albumin concentration ($r = + 0.14$, $t = 2.12$, $P < 0.05$). This suggests that haemoglobin readings depend on the nutritional state of subjects. Likewise there were positive correlations between serum albumin concentrations and the parameters characterising body iron stores : serum iron ($r = + 0.13$, $t = 1.97$, $P = 0.5$) and transferrin ($r = + 0.18$, $t = 2.62$, $P < 0.001$). Serum ferritin concentration varied with that of total serum protein ($r = 0.14$, $t = 2.07$, $P < 0.05$).

These relations are not very significant, but it must be borne in mind that the nutritional deficiencies found were marginal. However, these elements do make it possible to place iron deficiency within a wider nutritional context.

b) Effect of intestinal parasitic infestation

There was a high incidence of parasitic infestations (91 %) : Ascaris infestations (37 % of subjects) usually had larger amounts of eggs than hookworm (64 %) and trichuris (91 %) infestations. The number of eggs was low for 74 % of subjects (between 1 and 1200 eggs) and did not lead to any observable modification in body iron stores. 8.4 % of subjects with large amounts of hookworm had low ferritanaemia.

Parasitic infestation does not therefore seem to be an essential causal factor in the iron deficiencies and anaemias found in the majority of subjects. However, large amounts of parasites can lead to a disturbance in the intestinal absorption of nutriment and can contribute to the development of marginal malnutrition.

c) Folic acid deficiency

This deficiency is suggested by the macrocytosis found and is reflected haematologically by a fall in the red blood cell count and an increase in mean corpuscular haemoglobin (MCH) while MCHC remains normal.

A comparison of macrocytic and normocytic subjects confirms these findings : MCH 32.7 ± 2.6 pg (n = 57) as against 28.0 ± 2.6 , (n = 99, t = 10.6 , P < 0.001) - MCHC 32.4 ± 1.3 (n = 57) as against 32.3 ± 2.1 (n = 99 , t = 0,46 not significant). (Table 11)

On the other hand, folic acid deficiency is accompanied by high body iron stores : an increase in serum iron, ferritin levels and transferrin saturations. The results for macrocytic subjects (Table 11) would seem to correspond to this haematological and biochemical pattern. However, in the presence of severe folate deficiency, haemoglobin concentration is very low, which is not the case for macrocytic subjects in the sample studied.

These findings suggest marginal folic acid deficiency whose causes should be sought in food intake ; alcohol consumption may explain this deficiency.

CONCLUSION

This second study has made it possible to state that the anaemias in the Eastern District were principally due to latent or manifest iron deficiency, mainly concerning prepuberty children. A course of iron supplements for young children would help to eliminate this deficiency.

The high incidence of intestinal parasitic infestation does not seem to be a deciding factor in the development of iron deficiency and anaemia for most subjects, principally through the small amount of eggs found. Treatment for parasitic infestation would however improve the nutritional status of subjects with high hookworm infestation.

Finally, signs of marginal folic acid deficiency were found, but they had no effect on general health.

LES ANEMIES NUTRITIONNELLES

en

DOMINIQUE
(District Est)

J.L. DYCK, D. LEVY-BRUHL

- Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer - Martinique
- Ministère français des Relations Extérieures - Paris
- Ministère de l'Education et de la Santé - Roseau

1984

I - INTRODUCTION

II - METHODOLOGIE

- a) Matériel et méthodes
- b) Traitement statistique
- c) Valeurs seuils définissant l'anémie et la carence en fer

III - RESULTATS

- 1°/ Données anthropométriques
- 2°/ Etude de l'anémie
 - a) Répartition des sujets en fonction des critères hématologiques
 - b) Valeurs hématologiques et biochimiques des sujets anémiés
- 3°/ Etude de la carence en fer
 - a) Répartition des sujets en fonction des critères biochimiques
 - b) Valeurs hématologiques et biochimiques des sujets présentant une déficience en fer
- 4°/ Interrelation anémie et carence en fer
 - a) Incidence de la carence en fer chez les sujets non anémiés
 - b) Incidence de la carence en fer chez les sujets anémiés
- 5°/ Microcytose associée ou non à l'hypochromie chez des sujets non déficients en fer
- 6°/ Examen des groupes de sujets macrocytaires
 - a) Valeurs hématologiques et biochimiques des sujets macrocytaires
 - b) Relation entre statut martial et valeur de la gamma glutamyl transferase
- 7°/ Etude de la parasitose intestinale
 - a) Description de l'infestation parasitaire
 - b) Relation anémie carence en fer et parasitose

IV - DISCUSSION

- 1) Réserves martiales et anémie
- 2) Recherche de facteurs étiologiques
 - a) Incidence du statut nutritionnel
 - b) Incidence de l'infestation parasitaire intestinale
 - c) Déficience en acide folique

V - CONCLUSION

I - INTRODUCTION

Réalisée en 1981 en collaboration avec le Ministère de la Santé Dominicain, le Ministère des Relations Extérieures français et l'ORSTOM, une première enquête nutritionnelle avait souligné la forte prévalence des anémies dans les districts Est (La Plaine) et Ouest (Roseau) de l'île de la Dominique.(1)

La fréquence des anémies est particulièrement élevée chez les jeunes enfants de 0 à 5 ans (56 à 65 %). Elle concerne également 30 à 45 % des adolescents et 18 à 30 % des adultes, principalement les femmes.

Les anémies d'origine nutritionnelle résultent de la carence d'apport à l'erythropoïèse de nutriments (fer, vitamines) nécessaires à la synthèse de l'hémoglobine. La déficience en ces nutriments peut provenir soit d'une carence d'apport sur le plan alimentaire ou de la consommation d'aliment perturbant le métabolisme ou l'absorption de nutriments hématopoïétiques, soit lors d'infestations parasitaires intestinales, d'une spoliation sanguine ou de troubles de l'absorption dus à la présence de vers intestinaux. Sur ce dernier point, les résultats de l'enquête nutritionnelle ont permis de constater que 45 à 78 % des enfants examinés (0 à 5 ans) étaient porteurs de charges parasitaires. Cependant aucune relation n'a pu être mise en évidence entre l'existence de l'anémie et celle d'une infestation parasitaire intestinale.

En tenant compte de ces éléments, une deuxième enquête nutritionnelle s'est déroulée en janvier 1983 dans le district de la Plaine : ce travail axé principalement sur l'étude des constantes hématologiques et biochimiques des sujets, avait pour but de caractériser les anémies observées et de déterminer l'impact des déficiences nutritionnelles et de l'infestation parasitaire dans la genèse des anémies.

II - METHODOLOGIE

a) Matériel et méthodes

L'enquête a porté sur 274 sujets habitant dans les villages de la Plaine, Délices, Boetica, Morne Jaune, Rivière Cyrique et Grand-Fond. Pour chaque sujet ont été relevés le poids et la taille ainsi que les renseignements suivants : supplémentation en fer, acide folique, traitement vermifuges. Pour les femmes ont été noté leur état gynécologique, existence de grossesse et allaitement.

Un échantillon de sang a été prélevé au pli du coude sur héparinate de sodium pour déterminer l'hémogramme (compte des cellules rouges sur compteur automatique type HEILIGE, concentration d'hémoglobine mesurée sur spectrophotomètre type DATEX, hémocrite déterminé par centrifugation de microcapillaires). Plus particulièrement pour la détermination de la concentration d'hémoglobine des mesures de contrôle ont été réalisées sur certains échantillons au laboratoire de l'hôpital Princess Margaret à Roseau.

Après prélèvement d'un aliquot pour la détermination du type d'hémoglobine, le sang a été centrifugé et le plasma congelé dans l'azote liquide pour les dosages suivants : protéines sériques totales, albumine, fer sur spectrophotométrie, ferritine sérique par méthode radio-immunologique, la transferrine sérique par laserphérométrie ainsi que les gamma-glutamyltransférase mais ce dosage concernait uniquement les adultes.

(1) NUTRITIONAL SURVEYS IN DOMINICA. WESTERN AND EASTERN DISTRICTS.
J.L. DYCK., Ph. CHEVALIER, F. DELPEUCH and al. Rapp. ORSTOM 41 p. 1982

La présence d'hémoglobine S ou C a été déterminée par électrophorèse.

La parasitose intestinale examinée par la méthode de Kato a permis d'obtenir les types de vers et les charges parasitaires.

b) Traitement statistique

L'ensemble des dossiers a été traité sur ordinateur Hewlett Packard 85. Les calculs statistiques ont été conduits sur 206 sujets pour lesquels la majeure partie des analyses avait pu être pratiquée. Cet échantillon se compose de :

- enfants 1 à 5 ans = 37 (27 garçons, 10 filles)
- enfants 6 à 15 ans = 79 (43 garçons, 36 filles)
- adultes au-dessus de 16 ans = 90 (39 hommes, 51 femmes)

Etant donné les faibles effectifs par classe d'âge, les calculs statistiques (comparaison de moyennes, test de signification) ont été réalisés à "âge constant" par analyse de covariance. Les tests de signification sont calculés à partir de la variance commune des paramètres analysés.

c) Valeurs seuils définissant l'anémie et la carence en fer

Les valeurs seuils définissant un état anémique sont celles adoptées par l'OMS (2) pour les adultes et celles observées par Dallman (3) pour les enfants correspondant au 2,5ème percentile de la distribution de l'hémoglobine en fonction du sexe et de l'âge. (Tab. 1)

La carence en fer est définie sur le plan biochimique par une sidérémie inférieure à 50µg/100 ml et/ou un pourcentage de saturation de la transferrine inférieur à 16 %. (3).

De plus le statut des réserves martiales sera examiné sur la base de la ferritinémie : en effet la concentration de ferritine sérique reflète les concentrations de ferritines hépatiques, spléniques et médullaires qui représentent 15 à 30 % du fer total corporel (4). C'est pourquoi la ferritinémie est un bon indicateur des états de précarence en fer (avant apparition de signes hématologiques de la déficience en fer).

Sur le plan hématologique la carence en fer se traduit par une microcytose. En ce qui concerne plus spécifiquement les enfants, les valeurs définissant la microcytose correspondent au 2,5ème percentile de la distribution du volume globulaire moyen. (3)

La macrocytose, traduction d'une carence vitaminique, a pour valeur seuil 95 µ chez les adultes et correspond au 97,5 ème percentile de la distribution du volume globulaire moyen chez les enfants et les adolescents.

Enfin il y a hypochromie à partir d'une concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine inférieure à 30 % quelque soit le sexe et l'âge.

(2) Rapport technique OMS N° 405 (1968)

(3) DALLMAN P.R., STIMES M.A., STEKEL A.
Amer. J. Clin. Nutr. 1980, 33, 86-118

(4) W.B. REEVES, F.I. HAURANI ANN. CLIN. LAB SCI
10 (6) 529-535 1980

III - RESULTATS

1°/ Donnees anthropométriques

Sur l'ensemble des sujets retenus on observe que 21 % d'entre eux ont un poids en fonction de la taille inférieure à 90 % dont 4 % avec des valeurs inférieures à 80 % des valeurs standards. (Tab. 2)

Cependant, on peut noter qu'aucun enfant dont l'âge est inférieur à 5 ans ne présente de déficit pondéral important. D'autre part il n'apparaît pas de relation entre l'âge ou le sexe et le déficit pondéral. La surcharge pondérale (pré-obésité et obésité ($P(T) > 110\%$)) s'observe principalement chez les femmes: 27 % contre 2 % chez les hommes.

2°/ Etude de l'anémie

a) Répartition des sujets en fonction des critères hématologiques

L'examen de la concentration d'hémoglobine montre que 54 sujets sur les 206 présentent des valeurs observées inférieures aux valeurs seuil définissant l'anémie en fonction du sexe et de l'âge. (Tab. 3)

Dans cette répartition observée, il n'apparaît pas de relations entre l'âge ou le sexe et l'existence de l'anémie.

D'autre part sur l'ensemble des sujets, on observe 4,8 % de microcytose (10), 31,5 % de macrocytose (65) et 11,1 % d'hypochromie (23). (Tab. 4)

L'anémie est associée à une microcytose hypochrome chez 9 sujets (16,6 %) tandis qu'on n'observe aucun cas dans les sujets non anémiés. Pour 67 % des sujets l'anémie est normocytaire.

D'autre part on observe des pourcentages élevés de macrocytoses tant chez les sujets anémiés (22,2 %) que chez les sujets non anémiés (34,8 %) (différence non significative).

La macrocytose associée à l'hypochromie est observée chez un enfant anémié (hémoglobine AC, éliminé des analyses ultérieures) ainsi que chez 3 sujets non anémiés.

Pour cet échantillon les anémies microcytaires hypochromes suggèrent une déficience en fer tandis que les macrocytoses pourraient être associées à un déficit vitaminique (type foliprive) au niveau de l'érythropoïèse.

b) Valeurs hématologiques et biochimiques des sujets anémiés (Tab. 5)

Par rapport aux sujets non anémiés, les concentrations d'hémoglobine plus faible ($10,7 \pm 1,5$ g/100 ml contre $13,1 \pm 1,1$ g/100 ml) s'accompagne d'une baisse du nombre des globules rouges et de l'hématocrite (respectivement $4,13 \pm 0,59$ 10^6 /ml contre $4,42 \pm 0,46$ 10^6 /ml et $35,1\% \pm 4,2$ contre $40,2\% \pm 4,0$).

Le volume globulaire moyen est plus faible ($85,8 \mu^3 \pm 10,9$ contre $91,4 \pm 9,8$) sans être microcytaire (22 % des sujets anémiés sont macrocytaires) et la CCMH est abaissée ($30,4 \pm 2,3 \%$ contre $32,7 \pm 2,3 \%$).

Sur le plan des réserves martiales, on observe chez les sujets anémiés une baisse des valeurs moyennes de fer et ferritine sérique (respectivement $79,2 \pm 34,8 \mu\text{g/ml}$ contre $10,4 \pm 41 \mu\text{g/ml}$ et $25,6 \pm 16,1 \text{ ng/ml}$ contre $41,4 \pm 30,8 \text{ ng/ml}$) ainsi que du pourcentage de saturation de la transferrine ($19,9 \pm 3,0$ contre $26,4 \pm 12,4$) bien que les concentrations de transferrine sérique soient similaires dans les deux groupes.

Les valeurs moyennes du poids en fonction de la taille, des protéines sériques totales et de l'albumine sérique ne diffèrent pas significativement entre les 2 groupes.

Ces éléments montrent que les sujets anémiés présentent dans l'ensemble une diminution des réserves martiales par rapport aux sujets ne présentant aucun critère d'anémie.

3°/ Etude de la carence en fer

a) Répartition des sujets en fonction des critères biochimiques

Sur l'ensemble de l'échantillon, 15 sujets (7,2 %) ont une sidérémie inférieure à $50 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ et chez 42 sujets (20,8 %) la saturation de la transferrine est inférieure à 16 %. On peut noter que tous les sujets hyposidérémiques ont une saturation de la transferrine inférieure à 16 % et que chez 27 sujets (13,3 %), seule la saturation de la transferrine est abaissée.

L'examen de la répartition de ces sujets en fonction des classes d'âge montre que la baisse de saturation de la transferrine s'observe principalement chez les jeunes enfants et les adolescents : (enfants 1 à 5 ans : 16/37 ; enfants et adolescents 6 à 16 ans 15/77 ; adultes 11/88 $\chi^2 = 15,0$, $P < 0,001$) tandis qu'on n'observe pas de relation entre hyposidérémie et âge probablement en raison des faibles effectifs.

b) Valeurs hématologiques et biochimiques des sujets présentant une déficience en fer (Tab. 6).

La concentration de ferritine sérique est fortement abaissée chez les sujets présentant une hyposidérémie et/ou une baisse de la saturation de la transferrine $22,1 \pm 12,5 \text{ ng/ml}$ contre $41,8 \pm 30 \text{ ng/ml}$ ($t = 3,83$, $P < 0,001$) : cet élément montre que 22 % des sujets examinés ont en moyenne des réserves de fer diminuées. La valeur moyenne de la transferrine sérique est élevée ($401 \pm 67 \text{ mg}/100 \text{ ml}$ contre $328 \pm 62 \text{ mg}/100 \text{ ml}$) ($t = 6,55$, $P < 0,001$). Sur le plan hématologique ces sujets sont le plus souvent hypochromes (baisse de la concentration d'hémoglobine) et microcytaires (baisse de la valeur de l'hématocrite alors que le nombre des globules rouges n'est pas différent par rapport aux sujets ne présentant aucun critère de carence.)

Dans le groupe des sujets carencés, on peut observer deux états de déficience en fer sur les bases de la sidérémie (Tab. 7) : les sujets dont la sidérémie est supérieure à $50 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, mais dont la saturation de la transferrine est inférieure à 16 %, présentent un état de précarence caractérisé par un tableau hématologique et biochimique dont les valeurs sont intermédiaires entre celles observées chez les sujets non carencés (Tab 6) et les sujets présentant la conjonction des deux critères: fer sérique inférieur à $50 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ et pourcentage de saturation de la transferrine inférieur à 16 % (Tab 7). Dans ce deuxième groupe,

la carence en fer est manifeste et est associée à une baisse importante de la concentration d'hémoglobine ($9,6 \pm 2,1$ g/100 ml)

L'examen de la ferritinémie permet de mieux définir les états de non carence, de précarence et de carence manifeste avec les valeurs respectives $41,8 \pm 30$ ng/ml, $23,7 \pm 12,3$ ng/ml et $14,2 \pm 10,6$ ng/ml.

Par ailleurs, on n'observe pas de différence entre les sujets carencés et non carencés pour les valeurs du poids en fonction de la taille, des protéines sériques et de l'albumine sérique montrant que la déficience en fer n'apparaît pas liée à un état de malnutrition plus global.

Les valeurs hématologiques observées chez les sujets non déficients en fer, les sujets présentant un état de précarence et de carence soulignent l'importance de la carence en fer dans la genèse de l'anémie.

4°/ Interrelations anémie et carence en fer

a) Incidence de la carence en fer chez les sujets non anémiés (Tab. 8)

Dans ce groupe, 24 sujets présentent associée ou non à une hyposidérémie, une baisse de la saturation de la transferrine. L'examen des valeurs hématologiques montre une diminution des valeurs de l'hémoglobine ($12,4 \pm 1$ g/100 ml contre $13,1 \pm 1,1$ g/100 ml) et de l'hématocrite bien que le nombre des globules rouges et la valeur de la CCMH soient similaires dans les 2 cas. Le groupe de sujets carencés évolue vers une microcytose par déficience en fer. La concentration de ferritine sérique est plus faible: $23,5 \pm 11,1$ ng/ml contre $43,4 \pm 32,5$ ng/ml ($t = 2,53$, $P < 0,02$)

Parallèlement la transferrine sérique est plus élevée (399 ± 54 mg/100 ml contre 331 ± 58 mg/100 ml ; $t = 4,96$, $P < 0,001$).

Par rapport à l'ensemble de l'échantillon l'état de précarence en fer concerne plus spécifiquement les jeunes enfants : enfants 0,5 ans 11/28, enfants 6-15 ans 8/47, adultes 5/58 ($\chi^2 = 12,0$, $P < 0,01$).

D'autre part, le statut nutritionnel mesuré par le poids en fonction de la taille, les protides totaux et l'albumine sérique n'est pas différent entre les 2 groupes. Pour ce groupe, l'examen du statut martial montre que 16,4 % des sujets évoluent vers une déficience en fer sans traduction hématologique actualisée.

b) Incidence de la carence en fer chez les sujets anémiés. (Tab. 9)

On peut observer que chez 18 sujets la déficience en fer accentue la baisse des valeurs hématologiques principalement l'hémoglobine et l'hématocrite. La majeure partie des sujets anémiés sont hypochromes. Sur le plan biochimique, la concentration de ferritine sérique indique que les réserves martiales sont faibles ($16,3 \pm 13,5$ ng/ml contre $31,7 \pm 15,8$ ng/ml) : le fer sérique et la saturation de la transferrine sont fortement abaissés : 41 % des anémies observées sont associées à une déficience en fer.

Par ailleurs 26 sujets anémiés ne présentent aucun critère hématologique et biochimique de carence en fer. Par rapport aux sujets non anémiés non carencés, on constate une baisse du nombre des globules rouges ($t : 3,28$, $P < 0,02$), de l'hémoglobine ($t : 8,56$; $P < 0,001$) de l'hématocrite ($t : 6,16$; $P < 0,001$) (Tab. 8) Les concentrations de fer et de transferrine sériques sont similaires dans les deux groupes. Cependant la ferritinémie est plus faible chez les sujets anémiés: $31,7 \pm 15,8$ ng/ml contre $43,4 \pm 32,5$ ng/ml ($t = 2,01$, $P < 0,05$). Dans ce groupe 17 sujets sur 26 ont une concentration d'hémoglobine comprise entre la valeur

seuil et cette valeur diminuée de 0,5 g/100 ml (ex. 12,5 g à 13 g chez les hommes). Il s'agit d'anémies marginales engendrées par une déficience en fer latente ou actuellement en évolution.

5°/ Microcytose associée ou non à l'hypochromie chez des sujets non déficients en fer. (Tab. 10)

Chez 12 sujets (enfants, adolescents et adultes) on constate une microcytose et une hypochromie respectivement en moyenne $80 \mu^3$ et $30,5 \text{ g}/100 \text{ ml}$.

Le nombre des globules rouges est en moyenne plus élevé par rapport à celui observé chez les sujets non anémiés non déficients en fer ($4,818 \pm 0,349$ contre $4,411 \pm 0,501$; $t = 3,68$; $P < 0,001$) tandis que la concentration d'hémoglobine, les valeurs d'hématocrite et de CCMH sont effondrées.

Sur le plan martial, ces sujets ont des valeurs de fer sérique et de transferrine normales avec cependant une ferritinémie et une saturation de la transferrine plus faibles que celles observées chez les sujets non déficients en fer. (différence non significative en raison du faible effectif de ce groupe.) Par ailleurs 6 sujets sont anémiés.

Il est probable que ce profil hématologique et biochimique résulte d'autres pathologies qui ne peuvent être déterminées avec plus de précision dans le cadre de cette étude (Cas des thalassémies).

6°/ Examen du groupe de sujets macrocytaires (Tab. 11)

Dans l'ensemble de l'échantillon, la fréquence de la macrocytose est élevée : 31,5 %. Les sujets macrocytaires présentent par rapport aux sujets normocytaires, un meilleur statut martial mesuré par la ferritinémie : $49 \pm 40,2 \text{ ng}$ contre $37,6 \pm 21,2 \text{ ng}$; $P < 0,05$). Cependant on n'observe pas de différence significative pour les valeurs de fer sérique, de la transferrine et du pourcentage de saturation de la transferrine. L'hémoglobine et l'hématocrite ont des valeurs plus élevées chez les sujets macrocytaires (respectivement $13,3 \pm 1,44$ contre $12,7 \pm 1,1$ et $41,0 \pm 4,43$ contre $39,3 \pm 3,38$; $P < 0,01$) tandis que la CCMH est similaire dans les deux groupes. 68,4 % des sujets macrocytaires sont adultes contre 43,1 % chez les normocytaires. ($\chi^2 = 9,06$; $P < 0,001$).

La macrocytose est le plus souvent la traduction d'une déficience vitaminique (folates) par carence d'apport alimentaire ou consommation d'aliments (boissons alcoolisées) engendrant un état carenciel.

Chez les adultes, a été mesurée la concentration de gamma-glutamyl-transférase dont l'élévation au niveau sérique associée à la macrocytose permet une approche des risques liés aux pathologies alcooliques. (Limite supérieure de la concentration de gamma-glutamyl-transférase chez l'homme : 28 UI/l et 18 UI/l chez la femme).

Le Tab. 12 montre qu'il n'y a pas de relation entre des γ GT élevés et la présence d'une macrocytose (χ^2 non significatif). Cependant le coefficient de corrélation calculé sur l'ensemble de l'échantillon entre les concentration sériques de ferritine et de gamma-glutamyl transférase indique que la ferritinémie augmente parallèlement au taux de γ GT : $r = 0,487$ ($t = 4,89$; $P < 0,001$).

En résumé, les sujets présentant une macrocytose et/ou une concentration élevée de γ GT apparaissent avoir des réserves de fer plus élevées. Cette observation est à rapprocher de celle constatée lors d'une enquête nutritionnelle réalisée en Martinique chez les sujets présentant une macrocytose associée à une élévation des γ GT. (5)

7°/ Etude de la parasitose intestinale

a) Description de l'infestation parasitaire (Tab. 13)

Sur 144 examens, seulement 13 sujets (9,0 %) n'étaient porteurs d'aucune charge parasitaire.

Soit un total de sujets par type de vers :

- ascaris : 49 (37,4 %)
- ankylostome : 84 (64,1 %)
- trichuris : 119 (90,8 %)

On peut noter la forte prévalence des parasitoses principalement par trichuris et ankylostomes.

L'analyse des pourcentages de sujets en fonction du type de vers et de leurs charges montre que les charges parasitaires sont plus importantes pour les Ascaris : 55 % des charges d'ascaris sont supérieures à 1200 oeufs contre 26,1 % pour ankylostomes et 35,2 % pour trichuris (respectivement $t = 3,33$; $P < 0,01$ et $t = 2,37$, $P < 0,05$). (Tab. 14)

Par ailleurs, l'examen du tableau 15 montre que le pourcentage de sujets infestés augmente avec l'âge : il est à noter qu'à partir du début de l'adolescence, la fréquence d'infestation devient constante.

b) Relation anémie-carence en fer et infestation parasitaire (Tab. 16)

Etant donné le pourcentage très faible de sujets non parasités (9,0 %), l'étude de l'incidence de l'infestation parasitaire sur le statut martial (comparaison groupe de sujets parasités contre groupe de sujets non parasités) n'est pas réalisable dans le cadre de cette étude.

L'examen de la fréquence des parasitoses en fonction du statut nutritionnel des sujets montre que cette infestation n'est pas prépondérante chez les sujets anémiés et/ou déficient en fer : 92,2 % des sujets ne présentant aucune déficience nutritionnelle sont parasités par au moins un type de vers. (Tab 16).

Cependant, l'analyse des relations entre charges parasitaires et valeurs des paramètres biochimiques montre que pour une charge supérieure à 400 oeufs d'ascaris/g on observe une baisse du fer sérique : $88,9 \pm 27,9$ g/100 ml $n = 30$ contre $103,9 \pm 38,8$, $n = 114$ ($t = 1,96$, $P = 0,05$). De même pour une charge supérieure à 2000 oeufs d'ankylostome, on constate une diminution de la ferritinémie : $21,2 \pm 13,2$ ng/ml ($n = 11$) contre $42,1 \pm 34$ ng/ml, ($n = 126$; $t = 2,04$; $P < 0,05$).

Enfin, on observe une diminution de la concentration de fer sérique chez les sujets infestés par trichuris quelles que soient les valeurs de charges parasitaires : $96,9 \pm 32,9$; $n = 108$ contre $112,2 \pm 47$; $n = 36$ ($t = 2,15$; $P < 0,05$).

Néanmoins, ces éléments doivent être interprétés avec prudence étant donné d'une part la fréquence élevée de l'infestation parasitaire et d'autre part le fait qu'aucune traduction hématologique ne soit observée en fonction du type de vers et des charges parasitaires. On peut noter d'ailleurs que les charges en ankylostomes sont faibles chez la majeure partie des sujets. Or, ce n'est qu'à partir d'une charge de plus de 2000 oeufs que l'on peut observer une baisse de la concentration d'hémoglobine (6). Dans cette étude seule la ferritinémie est diminuée.

Dans l'ensemble, le type d'infestation parasitaire ainsi que la valeur des charges pourrait intervenir dans la genèse d'un état latent de déficience en fer. Mais la parasitose n'apparaît pas comme facteur essentiel de la diminution des réserves martiales.

DISCUSSION

1) Réserves martiales et anémie (Tab 17)

Sur la base des critères définissant la carence en fer et l'anémie, l'échantillon étudié a été réparti en 4 groupes : le premier groupe rassemble les sujets ayant des réserves martiales et des valeurs hématologiques normales. Les 3 autres groupes sont composés de personnes présentant à des degrés divers une déficience en fer.

Chez les sujets non anémiés, on observe que 12,6 % d'entre eux présentent une microcytose et/ou une hypochromie avec une hyposidérémie associée ou non à une baisse du pourcentage de saturation de la transferrine. Le tableau 8 a montré que ces sujets avaient une concentration moyenne d'hémoglobine et une ferritinémie plus faibles que celles observées chez les sujets ne présentant aucun critère de déficience en fer.

Il s'agit d'une carence en fer latente engendrant une diminution de la concentration d'hémoglobine sans que celle-ci n'atteigne les valeurs seuils définissant l'anémie.

Sur l'ensemble des anémies, 59,1 % (26/44, groupe 3 Tab 17) d'entre elles ne sont associées à aucune traduction hématologique (microcytose, hypochromie) ; elles sont normosidérémiques avec une saturation de la transferrine supérieure à 16 %. Cependant, la ferritinémie est abaissée par rapport au groupe de sujets ne présentant aucun critère de déficience (groupe 1 Tab 17). Il est probable que ces sujets aient été ou soient actuellement confrontés à des situations de déficience en fer latente.

En tenant compte de ces deux groupes, 26 % des sujets étudiés ont une déficience en fer latente associée pour 52 % des cas à une anémie (26/50) ; ces sujets (le plus souvent des enfants ou des adolescents, cf § 4°/ a) constituent un groupe à risque qu'il serait utile de traiter préventivement (2 et 3, Tab. 17).

Enfin 18 sujets (9,4 %) présentent une anémie microcytaire hypochrome hyposidérémique accompagnée d'une baisse de la saturation de la transferrine. Pour ces sujets les réserves martiales sont faibles et un traitement approprié apparaît nécessaire.

En résumé, la déficience en fer concerne 35,7 % des sujets étudiés : 64,7 % des sujets déficients sont anémiés, tandis que tous les sujets anémiés ont des réserves martiales diminuées. La ferritinémie permet de différencier les états de précarence et de carence martiale manifeste.

2) Recherche de facteurs étiologiques

a) Incidence du statut nutritionnel

La déficience en fer résulte le plus souvent d'une carence d'apport sur le plan alimentaire. Un apport alimentaire insuffisant peut engendrer une malnutrition marginale non spécifique : dans cet échantillon l'examen de la distribution des valeurs anthropométriques (poids en fonction de la taille) a montré que 21 % des sujets ont un déficit pondéral modéré (Tab. 4). D'autre part l'étude des corrélations entre variables hématologiques et biochimiques sur l'ensemble de l'échantillon montre que la concentration d'hémoglobine est liée à celles des protéines totales sériques ($r = + 0,18$; $t = 2,63$; $P < 0,001$), de l'albumine sérique ($r = + 0,14$, $t = 2,12$, $P < 0,05$). Ceci suggère que les valeurs d'hémoglobine dépendent du statut nutritionnel des sujets. De même il existe des corrélations positives entre les concentrations sériques d'albumine et les paramètres caractérisant le statut martial : fer sérique ($r = + 0,13$, $t = 1,97$, $P = 0,5$), transferrine ($r = + 0,18$, $t = 2,62$, $P < 0,001$). La concentration de ferritine sérique varie parallèlement avec celle des protéines sériques totales ($r = + 0,14$, $t = 2,07$, $P < 0,05$).

Ces liaisons ne sont pas hautement significatives mais il faut tenir compte du fait que les déficiences nutritionnelles observées sont marginales. Cependant ces éléments permettent de resituer la déficience en fer dans un contexte nutritionnel plus global.

b) Incidence de l'infestation parasitaire intestinale

L'infestation parasitaire est caractérisée par une fréquence élevée (91 %) : les parasitoses par ascaris (37 % des sujets) ont en général des charges en oeufs plus élevées que par ankylostome (64 %) et trichuris (91 %), l'importance des charges parasitaires est faible chez 74 % des sujets (entre 1 et 1200 oeufs) et n'engendre pas de modification décelable du statut martial. Chez 8,4 % des sujets porteurs de charges élevées d'ankylostomes, la ferritinémie est abaissée.

L'infestation parasitaire n'apparaît donc pas comme un facteur essentiel de la déficience en fer et des anémies observées pour la majeure partie des sujets. Cependant, des charges parasitaires élevées peuvent engendrer des troubles de l'absorption intestinale des nutriments et participer à la genèse d'une malnutrition marginale.

c) Déficience en acide folique

Suggérée par les macrocytoses observées, cette déficience se traduit au plan hématologique par une diminution des globules rouges et une élévation de la teneur globulaire moyenne en hémoglobine (TGM) alors que la CCMH reste normale. La comparaison de sujets macrocytaires et normocytaires confirme ces éléments : (Tab. 11) TGM $32,7 \pm 2,6$ pg (n = 57) contre $28,0 \pm 2,6$, (n = 99 ; t = 10,6 , P < 0,001) - CCMH $32,4 \pm 1,3$ (n = 57) contre $32,3 \pm 2,1$, (n = 99 ; t = 0,46 non significatif).

D'autre part la déficience en acide folique s'accompagne d'un statut martial élevé : augmentation de la sidérémie, de la ferritinémie et de la saturation de la transferrine. Les données observées chez les sujets macrocytaires (Tab 11) semblent correspondre à ce profil hématologique et biochimique.

Cependant, lors d'une carence prononcée la concentration d'hémoglobine est fortement abaissée, ce qui n'est pas le cas chez les sujets macrocytaires de l'échantillon étudié.

Ces observations suggèrent une déficience marginale en acide folique dont il conviendrait de rechercher les causes au niveau de l'apport alimentaire : la consommation de boissons alcoolisées pourrait expliquer cette déficience.

CONCLUSION

Cette deuxième enquête a permis de préciser que les anémies dans le district Est étaient principalement dues à une déficience en fer latente ou prononcée intéressant principalement les enfants jusqu'à leur puberté. Un traitement martial des jeunes enfants contribuerait à éliminer cette déficience.

La forte prévalence de l'infestation parasitaire intestinale ne paraît pas un élément prépondérant dans la genèse de la déficience en fer et de l'anémie pour la majeure partie des sujets, principalement par les faibles charges parasitaires observées. Un traitement de la parasitose améliorerait cependant le statut nutritionnel des sujets porteurs de charge élevée d'ankylostomes.

Enfin, ont été notés des signes de déficience marginale en acide folique n'ayant cependant pas d'incidence au niveau santé.