



## Troubles dus aux carences iodées au Bénin

Alphonse SEZAN<sup>1\*</sup>, Mélanie AHOKPE<sup>2</sup> et Simon AKPONA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Laboratoire de Biomembranes et Signalisation Cellulaire, Département de Physiologie Animale, FAST, Université d'Abomey Calavi, B.P. 526, Cotonou, République du Bénin.*

<sup>2</sup> *Laboratoire de Biochimie, FSS, Université d'Abomey Calavi, B.P. 526, Cotonou, République du Bénin.*

\* *Auteur correspondant, E-mail: [alphonse.sezan@fast.uac.bj](mailto:alphonse.sezan@fast.uac.bj), Tel: 00 229 96 81 79 14 ou 00 229 94 14 31 60*

### RESUME

Les troubles dus à une carence iodée entraînent des prévalences élevées des pathologies thyroïdiennes. Au Bénin, (coordonnées géographiques : 930N, 215E source : CIA World Factbook version du mai 2008) un travail préliminaire avait montré une prévalence élevée de celles-ci. Dans ce travail, nous avons évalué la carence de l'iode dans les différentes sources d'eau (rivière, forage, mares, puits) rencontrées dans le département des Collines. La mesure de l'iode dans des eaux et l'iodurie est basée sur l'action catalytique de l'iode sur la réaction entre le cérium IV et l'arsenic III. La concentration minimale de l'iodure obtenue pour tout le département est de 0 µg/L (Botti-Houégbo, commune d'Ouèssè), alors que la plus élevée est 44 µg/L dans la localité de Daho, commune de Dassa-Zoumè avec une valeur médiane de 16 µg/L. A Atèssè, la valeur minimale de l'iodurie est 1 µg/L, la valeur maximale est 70 µg/L avec une médiane de 25 µg/L. Alors qu'à Okounfo, la valeur maximale de l'iodurie est de 150 µg/L détectée chez 3,3% de la population et la valeur minimale est de 35 µg/L chez 3,3% de population avec une médiane de 74,5 µg/L. Le sol est pauvre en iode, les habitants ayant un taux d'iodurie bas sont alors soumis à une perturbation permanente du fonctionnement de la glande thyroïde.

© 2009 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Eau, Iodure, Iodurie, Carences iodées, Goitre.

### INTRODUCTION

Les troubles dus à une carence iodée sont devenus un important problème de santé publique dans 130 pays et touchent au total 740 millions de personnes. Bien que des progrès mesurables remarquables soient actuellement accomplis grâce à la supplémentation des aliments en iode à travers son iodation, on estime que près de 50 millions de personnes portent encore, à des degrés divers, les séquelles liées à ces troubles (Nauman et al., 1996 ; Houston, 1999 ; Wang et al., 2009).

Ce sont des perturbations qui provoquent des lésions cérébrales, le

crétinisme, et entraînent des fausses couches, une réduction de la fertilité et le goitre. Ils constituent la cause d'arriération mentale la plus importante et aussi la plus facile à prévenir.

En effet, l'iode est un élément minéral et un oligo-élément dont le seul rôle connu est son incorporation dans les hormones thyroïdiennes, elles-mêmes régulatrices du développement de l'activité de la plupart des systèmes de l'organisme (Delange et al., 2002; Bazrafshan et al., 2005).

Dans les régions côtières, un phénomène d'évaporation et de précipitation entretient une concentration résiduelle d'iode

dans les sols de surface et qui se retrouve dans les produits agricoles ou dérivés.

Cependant dans les régions plus éloignées de l'océan, l'apport en iode repose essentiellement sur les aliments marins ou les aliments enrichis en cet oligo-élément. Ceci fait de la carence en iode, une maladie non seulement nutritionnelle, mais aussi une maladie géographique (Aminorroya et al., 2009). Les manifestations de la carence en iode ont été constatées au sein des populations du Septentrion et du Centre du Bénin particulièrement dans le département des Collines (Van Den Briel et al., 2001 ; Gangbo et al., 2005).

Ce travail vise globalement à mesurer la teneur de l'iode dans les eaux de différentes sources des six communes du département des Collines et de déterminer le profil de l'iodurie (Taux de l'iodure dans l'urine de 24 h) des individus à risque dans ces régions.

## MATERIEL ET METHODES

### Cadre d'étude

Notre travail a été effectué à l'Institut des Sciences Biomédicales Appliquées (ISBA) dans le Laboratoire de Pharmacologie et d'Hormonologie de Cotonou au Bénin. Les échantillons ont été prélevés dans le département de Collines.

### Matériels

Le prélèvement d'un échantillon d'eau, en vue des analyses physico-chimiques et bactériologiques est une opération qui nécessite beaucoup de soins. Il conditionne les résultats analytiques et a des conséquences sur l'interprétation qui en sera faite. Pendant six mois (Janvier à Juin 2006), les échantillons pour le dosage de l'iode sont prélevés dans des flacons en plastique transparent de 50ml. Au préalable, ces flacons ont été bien lavés avec de l'eau déminéralisée, puis enveloppés de papier kraft et de papier en aluminium.

Une fois remplis, les flacons en plastique sont remontés, nettoyés, étiquetés et placés au frais dans une glacière contenant des accumulateurs de froid, pour les analyses en

laboratoire. Les remplis d'eau sont conservés à 4 °C.

Le spectrophotomètre SECOMAM 750 est utilisé pour effectuer les mesure de variation de densité optique.

## Méthodes

### Dosage de l'iode dans l'eau

Notre travail a porté sur 53 échantillons d'eau prélevés dans différents forages dans les communes de DASSA-ZOUME, SAVALOU, GLAZOUE, SAVE, OUESSE et BANTE de la région des Collines. Les échantillons sont repartis de la façon suivante : 03 à BANTE, 08 à DASSA-ZOUME, 12 à GLAZOUE, 14 à OUESSE, 05 à SAVALOU et 11 à SAVE. Ces différents échantillons d'eaux ont été analysés afin d'en déterminer la teneur en iode.

La méthode spectrophotométrique d'absorption moléculaire par réduction catalytique du cérium, permet de doser des concentrations de 5 à 100 µg/L (Grases et al., 1985 ; Plantin-Carrenart et al., 2004).

Au cours de la réduction des sels cériques de couleur jaune en sels céreux incolores par l'acide arsénieux, l'iodure agit comme catalyseur. La réaction est accélérée proportionnellement à la teneur en iode.

Les standards sont : 5 ; 0, 7,5 ; 10 ; 12,5 ; 15 ; 17,5 ; 20 ; 22,5. Exprimés en µg /litre de solution KI. Dans cette technique, la lecture se fait à 420 nm.

Le test a consisté à :

- Introduire dans chaque tube 5mL des différentes sources d'eau (tube n°1 étant le tube témoin).
- Ajouter dans chaque tube 15mL d'eau distillée (mettre 20 mL d'eau distillée dans le tube témoin).
- Ajouter dans chaque tube 1mL de la solution de NaCl 10%.
- Verser dans chaque tube 2mL d'arsénite de sodium préparé à 0,1N.
- Agiter et placer les tubes au thermostat à 30 °C quelques minutes.
- Verser dans chaque tube 2 mL de la solution de sulfate de cérium préparée à 0,04N.
- Procéder à la lecture des densités optiques (DO) exactement 20 minutes après avoir

ajouté la solution de sulfate de cérium, les tubes ayant été maintenus dans le bain thermostatique.

La courbe de calibration (Figure 1) nous a permis de déterminer les concentrations en iodure ( $I^-$ ) des différentes sources d'eau du département des collines.

#### **Dosage de l'Iode dans l'urine de 24 h**

Des prélèvements d'urine de 24 h ont été effectués dans certaines localités de Savè. Soixante quatre (64) individus ont été prélevés à Atessé et soixante dix-huit (78) à Okounfo en vue de déterminer la concentration d'iode urinaire dans la population choisie. La méthode de prélèvement consiste à remettre aux habitants de ces localités des pots de 1,5 litre dans lesquels ils urinent tout au long de la journée (24 h).

L'iodure urinaire est déterminé comme dans le cas des eaux pour exprimer le taux d'iode urinaire dans l'urine de 24 h.

### **RESULTATS**

#### **Dosage de l'iodure dans les eaux du département de Collines**

Au total 53 localités ont été repérées dans les six communes pour effectuer le dosage de l'iode dans les différentes catégories d'eau présentes dans le département des Collines.

La concentration minimale trouvée est de 0  $\mu\text{g/L}$  alors que la plus élevée est de  $44 \pm 1,24 \mu\text{g/L}$  avec une valeur médiane de  $16 \mu\text{g/L}$ . Cette valeur médiane est une valeur représentative obtenue sur trois séries de valeur.

Les eaux de forage sont principalement riches en iode par rapport aux eaux de puits ou de rivière. Par exemple les concentrations de  $I^-$  mesurées dans les eaux de rivière ou de puits sont comprises entre  $7 \pm 0,54 \mu\text{g/L}$  et  $30 \pm 1 \mu\text{g/L}$  alors que l'eau de forage peut contenir jusqu'à  $44 \pm 1,24 \mu\text{g/L}$  d'iodure.

Afin d'apprécier la distribution de l'iode dans chaque commune, l'évolution de sa concentration est présentée sous forme d'histogramme.

Dans la commune de Bantè, le taux d'iode dans l'eau sur trois localités : Gouka, Assaba1 et Assaba 2 a été déterminé. Les forages de Gouka sont deux fois plus riches en iode que ceux d'Assaba dans cette commune. (Figure 2).

Les variations de la concentration de l'iode dans les eaux de la commune de Dassa-Zoumè sont représentées sur la figure 3. Huit localités ont été choisies pour faire cette analyse. La concentration la plus élevée  $44 \pm 1,24 \mu\text{g/L}$  se trouve dans les eaux de forage de Daho 2 et la plus faible,  $18 \pm 0,24 \mu\text{g/L}$  est enregistrée dans l'eau de forage à Barro (Figure 3).

Dans la commune de Glazoué des valeurs nulles ont été enregistrées (forage de Madengué). Les valeurs les plus élevées ( $38 \pm 1,24 \mu\text{g/L}$ ) sont enregistrées dans les forages de Hoco et de Gbanlinsoué (Figure 4).

Le même schéma est observé dans la commune de Ouéssè où les valeurs nulles ont observées à Botti-Houégbo ; Wohounwodji ; Jérusalem et Ligadji. La valeur maximale ( $30 \pm 1 \mu\text{g/L}$ ) est exprimée à Botti-Houégbo (rivière) (Figure 5).

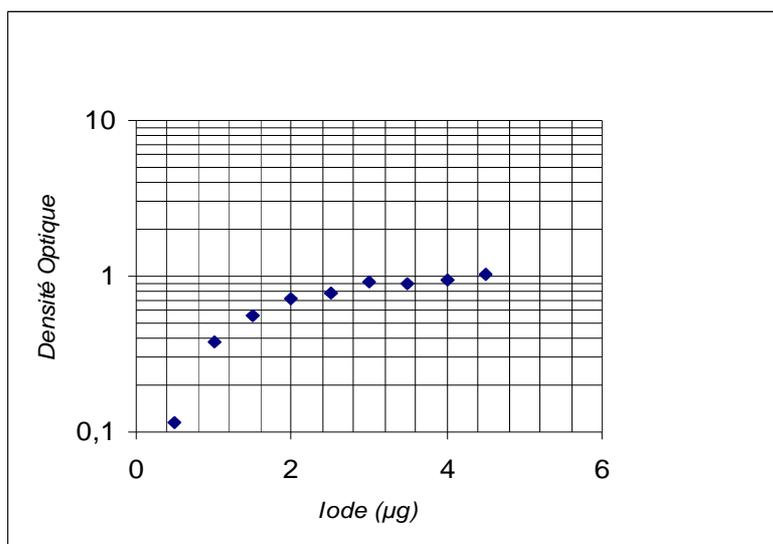
Dans la commune de Savalou, on peut noter la valeur la plus élevée égale à  $20 \pm 0,78 \mu\text{g/L}$  (Figure 6).

Dans la commune de Savè, onze localités ont été sélectionnées pour analyse. La valeur la plus élevée ( $38 \pm 0,80 \mu\text{g/L}$ ) est observée à Bèssè alors qu'une valeur largement en dessous de la médiane départementale est observée à Okounfo ( $8 \pm 0,54 \mu\text{g/L}$ ) (Figure 7).

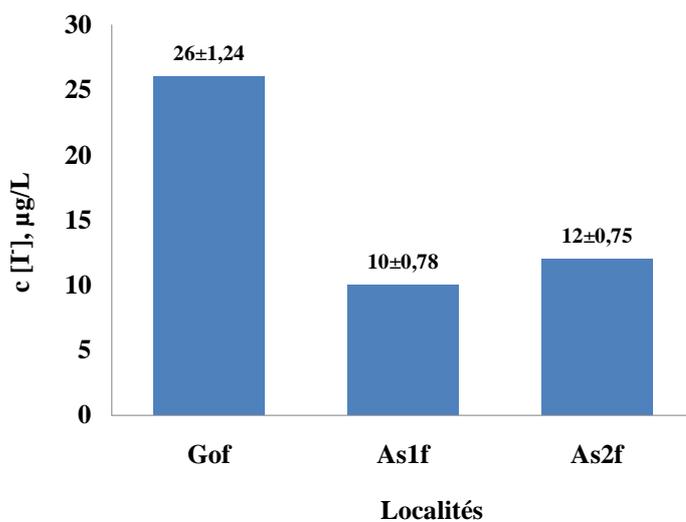
La variation de la teneur de l'iode dans les eaux du département des Collines est très remarquée ( $0 - 44 \pm 1,24 \mu\text{g/L}$ ).

Une hétérogénéité dans la distribution de l'iode dans l'eau à travers tout le département est visible.

D'une façon générale, les concentrations les plus élevées sont obtenues dans les eaux de forages.

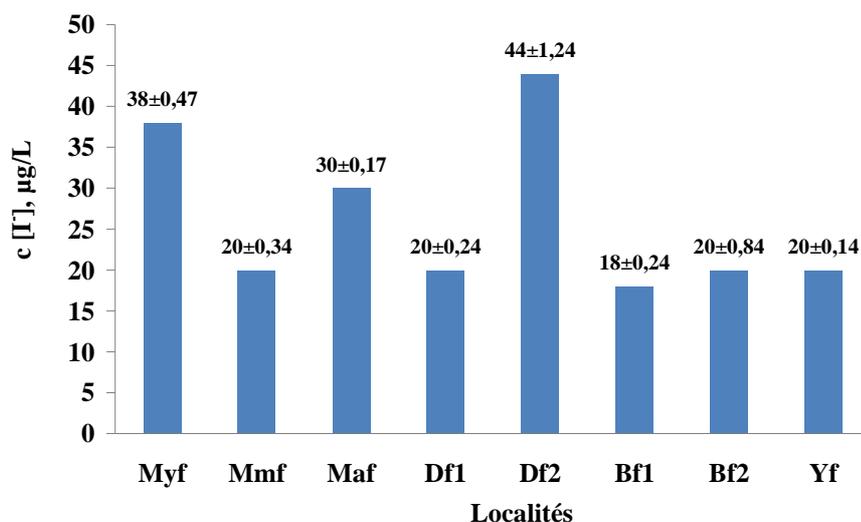


**Figure 1** : Courbe de calibration de dosage de l'iode. Cette courbe de calibration est réalisée comme décrite dans les "Matériel et méthode" et a servi à la détermination des concentrations des iodures.



Gouka, forage = Gof  
 Assaba1, forage = As1f  
 Assaba 2, forage = As2f

**Figure 2** : Répartition de l'iode dans les eaux de forage dans la commune de Bantè. La plus grande concentration ( $26 \pm 1,24 \mu\text{g/L}$ ) se situe dans la localité de Gouka et la plus basse ( $10 \pm 0,78 \mu\text{g/L}$ ) dans la localité d'Assaba 1. Les valeurs d'iodurie exprimées en  $\mu\text{g/L}$  sont des moyennes de trois déterminations effectuées sur chaque type d'eau.



Moumoudji(qtier Yawa), forage	=	Myf
Moumoudji(qtier Moumou), forage	=	Mmf
Moumoudji(qtier Assako), forage	=	Maf
Daho, forage	=	Df1
Daho2, forage	=	Df2
Barro, forage	=	Bf1
Barro2, forage	=	Bf2
Yawa, forage	=	Yf

**Figure 3** : Répartition de l'iode dans les eaux de forage dans la commune de Dassa-Zoumè. La plus grande concentration ( $44\pm 1,24$  µg/L) se situe dans la localité de Daho 2 et la plus basse ( $18\pm 0,24$  µg/L) dans la localité de Barro. Les valeurs d'iodurie exprimées en µg/L sont des moyennes de trois déterminations effectuées sur chaque type d'eau.

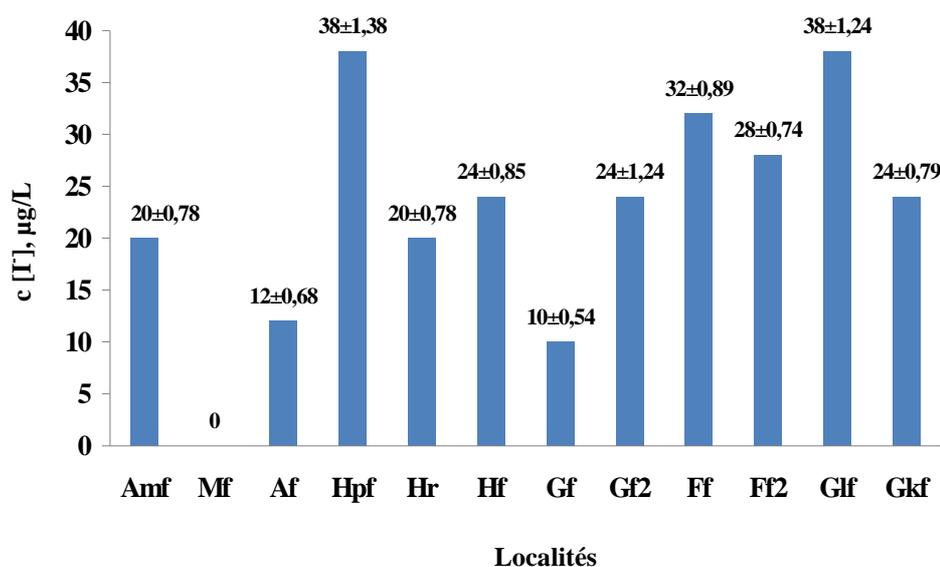
Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'océan, la concentration diminue (Figure 8).

#### Mesure de l'iodurie dans les localités d'Atèssè et d'Okounfo.

La figure 9 présente les résultats concernant les mesures d'iodurie dans les localités d'Atèssè et d'Okounfo.

La plus petite valeur de l'iode urinaire est de  $1\pm 0,04$  µg/L; la valeur la plus élevée est de  $70\pm 0,47$  µg/L avec une médiane de 25

µg/L à Atèssè (Figure 9). En outre, la valeur la plus élevée déterminée de l'iodurie est de  $150\pm 2,5$  µg/L et est détectée chez 3,3% de la population alors que la valeur minimale est de  $35\pm 0,42$  µg/L chez une population de 3,3%. La médiane dans cette localité est de 74,5 µg/L. Les habitants d'Okounfo éliminent plus d'iode que ceux d'Atèssè. Les deux médianes restent assez basses. Ainsi, s'exprime une carence sévère d'iode urinaire comparé aux données de l'OMS (Delange et al., 1991).



Adouréko ma( Agbo, forage)	=	Amf
Madengué, forage	=	Mf
Affisigo, forage	=	Af
Hoco, camp peulh, forage	=	Hpf
Hoco, eau de rivière	=	Hr
Hoco, forage	=	Hf
Goto, forage	=	Gf
Goto 2, forage	=	Gf2
Finangnon, forage	=	Ff
Finangnon 2, forage	=	Ff2
Gbanlinsoué, forage	=	Glf
Gbankpogandji, forage	=	Gkf

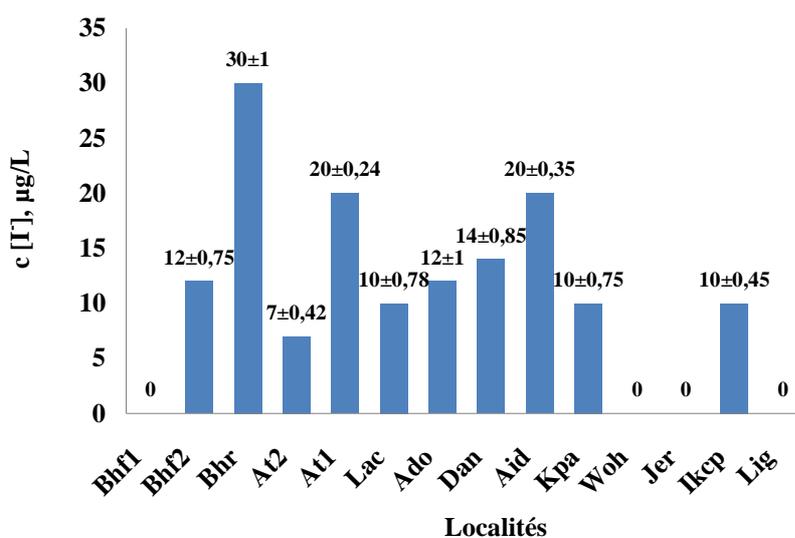
**Figure 4** : Sur ce graphique, est représentée la répartition de l'iode dans les eaux de forage dans la commune de Glazoué. Les plus grandes concentrations ( $38\pm 1,38$  µg/L) se situent dans la localité de Hoco et ( $38\pm 1,24$  µg/L) dans la localité de Gbanlinsoué et la plus basse ( $10\pm 0,54$  µg/L) dans la localité de Goto. Les valeurs d'iodurie exprimées en µg/L sont des moyennes de trois déterminations effectuées sur chaque type d'eau.

## DISCUSSION

Endémique depuis longtemps, le goitre est devenu un problème de santé publique. Aujourd'hui, la lutte contre les troubles occasionnés par les carences en iode constitue désormais une priorité pour les instances internationales.

Au Bénin, dans le département des Collines et singulièrement dans les localités

d'Atèssè et d'Okounfo, le contenu naturel du sol en iode s'épuise avec l'érosion, ce qui entraîne un appauvrissement de l'alimentation de ces populations en iode. Dans ces conditions il leur est difficile d'échapper aux troubles dus aux carences en iode dans un contexte géochimique.



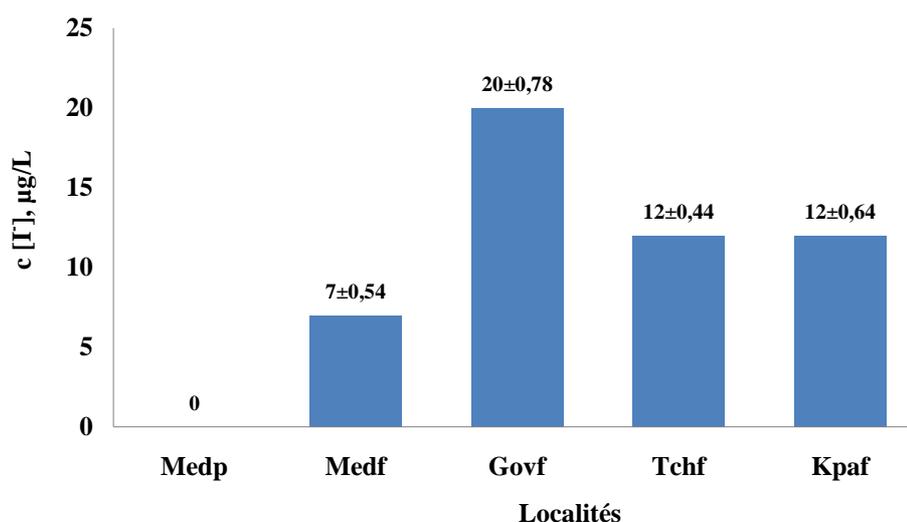
Botti-houégbo, forage	=	Bhf1
Botti-houégbo, forage	=	Bhf2
Botti-houégbo, rivière	=	Bhr
Attata2	=	At2
Attata1	=	At1
Lakoko	=	Lac
Adougou	=	Ado
Danigbé	=	Dan
Aidjèdo	=	Aid
Kpakiti	=	Kpa
Wohounwodji	=	Woh
Jerusalem	=	Jer
Ikémon camp peulh	=	Ikcp
Ligadji	=	Lig

**Figure 5 :** La représentation graphique montre que dans les localités de Botti-houégbo, de Wohounwodji, de Jérusalem et de Ligadji ne comportent pas de l'iode dans les eaux souterraines. Le maximum de l'iode est observé dans la rivière de la localité de Botti-houégbo ( $30 \pm 1 \mu\text{g/L}$ ). Les valeurs d'iodurie exprimées en  $\mu\text{g/L}$  sont des moyennes de trois déterminations effectuées sur chaque type d'eau.

Nous avons choisi dans nos travaux l'eau comme véhicule de transport indispensable à la vie de ces populations et sujette à de vastes programmes humanitaires.

Dans cette partie du travail, nous avons dosé l'iode principalement dans les eaux de forage. La médiane trouvée  $16 \mu\text{g/L}$  correspond à celle obtenue par d'autres

auteurs qui ont effectué le même type de travail en Egypte (Nawal et al., 1997). La teneur de l'iode dans l'eau passe de 0 à  $44 \pm 1,24 \mu\text{g/L}$  et reste largement en dessous de  $100 \mu\text{g/L}$  (OMS). Cette valeur de  $44 \mu\text{g/L}$  est très inquiétante car elle est annonciatrice d'une prédisposition des habitants aux troubles dus aux carences en iode.



Médétékpo, puit	=	Medp
Médétékpo, forage	=	Medf
Govi, forage	=	Govf
Tchaka, forage	=	Tchf
Kpakpakamé, forage	=	Kpaf

**Figure 6** : Répartition de l'iode dans les eaux de forage dans la commune de Savalou. La plus grande concentration ( $20\pm 0,78$  µg/L) se situe dans la localité de Govi et la plus basse (0 µg/L) dans la localité de Médétékpo. Les valeurs d'iodurie exprimées en µg/L sont des moyennes de trois déterminations effectuées sur chaque type d'eau.

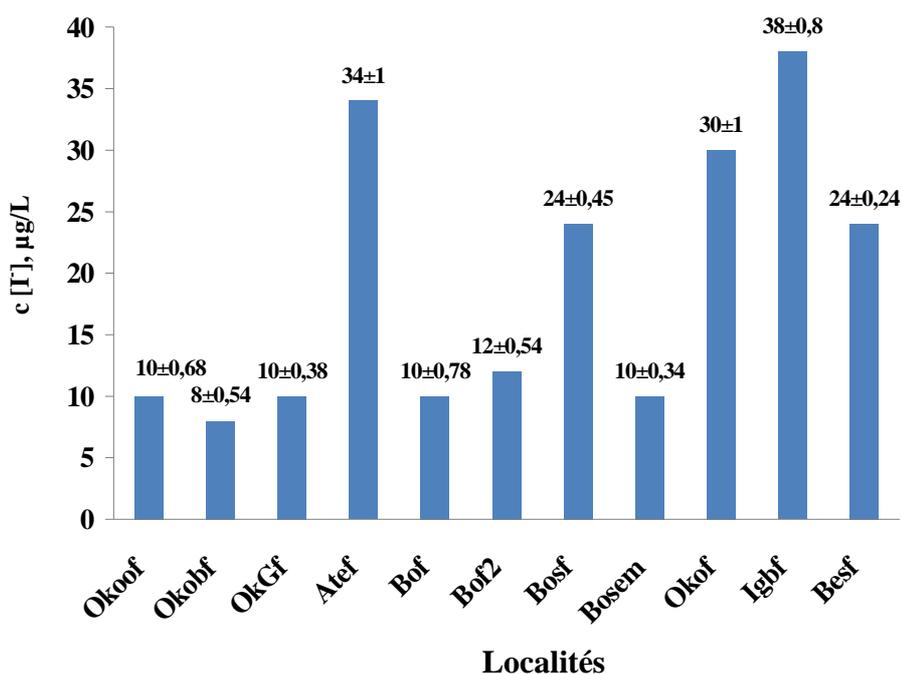
Dans les localités choisies, une attention particulière doit être accordée aux eaux de forages. Nous avons évalué la concentration de l'iode par rapport aux distances entre les lieux de forage et la mer et nous avons constaté que l'iode dans l'eau diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer. D'après ce résultat, on peut suggérer que le sol est lessivé au cours du temps et que l'iode diminue avec les conditions géographiques, par exemple des plateaux vers les montagnes.

Pour évaluer l'impact de la distribution spatiale de l'iode sur les carences iodées induit par celle-ci, nous avons choisi deux localités dans la commune de Savè ; il s'agit d'Atèssè et d'Okounfo où des dosages de l'iode urinaire sur l'urine de 24h ont été effectués.

Les valeurs médianes (25 µg/L à Atèssè) et (74,5 µg/L à Okounfo) ont été déterminées. Les concentrations d'iodurie trouvées sont largement en dessous de celles obtenues par Delange et al. (1991), 201 µg/L, et Wang et al. (2009), 191,8 µg/L. La fréquence des valeurs supérieures à 100 µg/L (ce qui représente pour l'OMS, un statut normal de thyroïde et une absence de troubles dus aux carences iodées) est de 0% à Atèssè et 16,6% à Okounfo (Tableau 1).

Des fréquences de 31,6% à Atèssè et 80% à Okounfo pour des concentrations entre 50 et 100 µg/L peuvent signaler un risque d'endémie légère.

Pour des fréquences de 28,9% à Atèssè et 3,4% à Okounfo et pour des valeurs comprises entre 25 et 50 µg/L, on parle d'endémie moyenne.



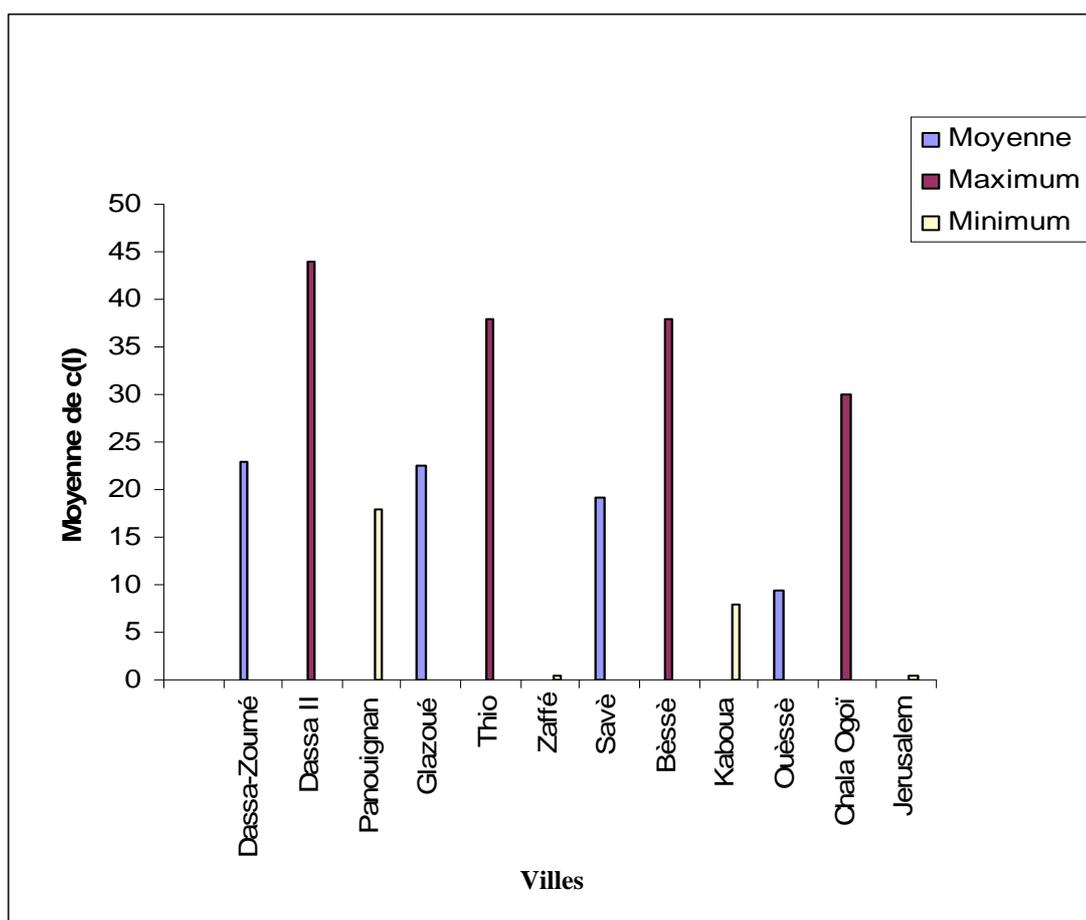
Okoufo (oké oba), forage	=	Okoof
Okoufo (isalé oba), forage	=	Okobf
Okoufo( Goudron), forage	=	OkGf
Atessè, forage	=	Atef
Boubou, forage	=	Bof
Boubou2, forage	=	Bof2
Boubou, somba, forage	=	Bosf
Boubou, somba, eau de mare	=	Bosem
Oké owo, (chef lieu), forage	=	Okof
Igbodja, forage	=	Igbf
Bessé, forage	=	Best

**Figure 7 :** Répartition de l'iode dans les eaux de forage dans la commune de Savè. La plus grande concentration ( $38\pm0,80$  µg/L) se situe dans la localité d'Igbodja et la plus basse ( $8\pm0,54$  µg/L) dans la localité d'Okounfo (Isalé Oba). Les valeurs d'iodurie exprimées en µg/L sont des moyennes de trois déterminations effectuées sur chaque type d'eau.

Pour des valeurs inférieures à 25 µg/L, on note une endémie grave et cela est bien observé à Atessè avec un taux de 39,5% de la population concernée et à Okounfo avec un taux nul (0%).

Les valeurs des concentrations de l'iodurie témoignent des troubles dus aux

carences iodées dans ces localités du Bénin. Lorsque l'apport en iode est insuffisant dans une population, apparaissent des anomalies de la fonction thyroïdienne, puis un goitre, une diminution de la fertilité, une augmentation du taux d'avortement et de la mortalité périnatale. Le goitre endémique constitue



**Figure 8 :** Evolution de la carence en iode en fonction de la situation géographique par rapport à l'océan. Les valeurs exprimées sur cette figure montrent une diminution de l'iodurie en allant éloignant de la mer. C'est-à-dire : la ville d'Ouèssè est plus près de la mer que celle de Dassa-Zoumé.

l'aspect le plus spectaculaire de la carence en iode.

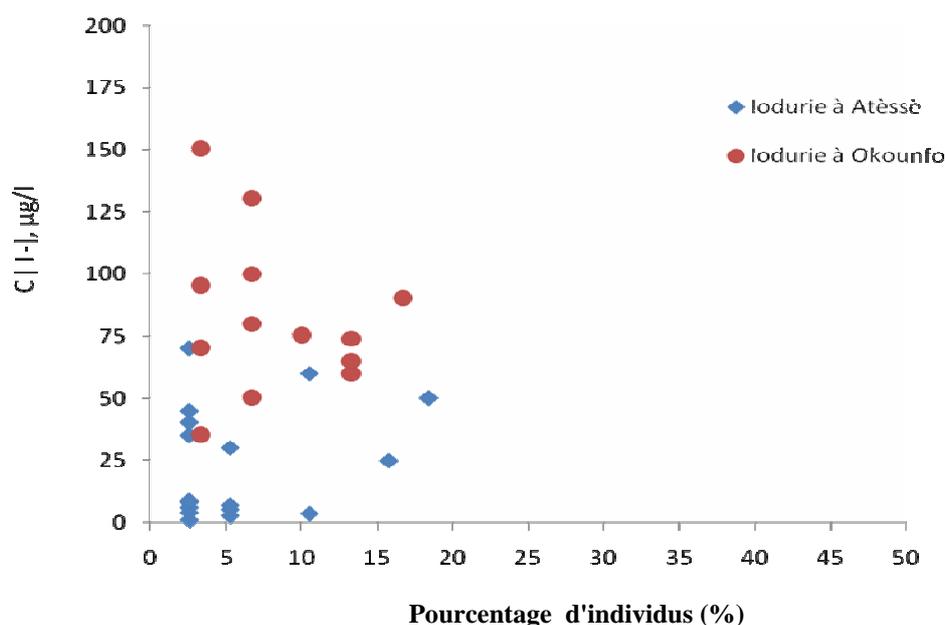
Le taux d'iodurie à Atèssè et Okounfo est faible. Ceci pourrait bien être à l'origine des troubles dus à la carence iodée. Il est possible, par des mesures préventives, de revenir à des taux normaux d'iodurie. Pour cela, deux méthodes peuvent être exploitées:

- Souffler l'iode dans l'eau de forage
- Informer la population sur l'intérêt de la consommation d'eau iodée
- Eventuellement promouvoir la consommation du sel iodé à leur niveau.

### Conclusion

La carence de l'iode dans l'eau est à l'origine des perturbations thyroïdiennes. Dans les zones endémiques, le sol est complètement lessivé et entraîne une carence accrue de l'iode.

Pour obtenir une eau avec une concentration adéquate en iode, il faudra descendre très bas dans les forages. Les eaux des forages ont une concentration d'environ 30 à 44 µg/l. Les utiliser comme eau de boisson règle en partie les problèmes de santé liés à une perturbation thyroïdienne.



**Figure 9 :** profil de l'iodurie dans les localités d'Atèssè et d'Okounfo. La plus petite valeur de l'iode urinaire ( $1 \pm 0,04 \mu\text{g/L}$ ) est déterminée à Atèssè et la valeur la plus élevée ( $150 \pm 2,5 \mu\text{g/L}$ ) est déterminée à Okounfo.

**Tableau 1:** Classification de la carence selon l'OMS.

Concentration de l'iode	Endémie	Pourcentage d'individus	
		Atèssè	Okounfo
$\geq 100 \mu\text{g/l}$	Normale	0	16,6
entre 50 et 100 $\mu\text{g/l}$	Légère	31,6	80
entre 25 et 50 $\mu\text{g/l}$	Moyenne	28,9	3,4
$< 25 \mu\text{g/l}$	Grave	39,5	0

Ce tableau présente les normes d'OMS (Delange et al., 1991) par rapport à l'identification d'une endémie de perturbation thyroïdienne en rapport avec l'iodurie. Ainsi on peut constater qu'à Atèssè, 39,5% de la population présentent une endémie grave contre 3,4% d'individus présentant une endémie moyenne à Okounfo.

Toutefois, il serait très important de procéder au contrôle des autres éléments nutritifs contenus dans ces eaux de forage.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aminorroaya A, Janghorbani M, Amini M, Hovsepian S, Tabatabaei A, Fallah Z. 2009. The prevalence of thyroid

dysfunction in an iodine-sufficient area in Iran. *Arch Iran Med.*, **12**(3): 262-270.

Bazrafshan HR, Mohammadian S, Ordoorkhani A, Abedini A, Davoudy R, Pearce EN, Hedayati M, Azizi F, Braverman LE. 2005. An assessment of urinary and breast milk iodine concentrations in lactating mothers from

- Gorgan, Iran. *Thyroid*, **15**(10): 1165-1168.
- Delange F, Chapuis P. 1991. *L'iode, les Oligo-éléments en Médecine et Biologie*. Lavoisier Editions : Paris ; 391-423.
- Delange F, de Benoist B, Burgi H. 2002. Determining median urinary iodine concentration that indicates adequate iodine intake at population level. *Bulletin of the World Health Organization*, **80**(8): 633-636.
- Gangbo F, Sezan A, Yessouffou G, Darboux R. 2005. Effets de la chloroquine sur la production d' H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et sur la morphologie des follicules thyroïdiens de porc. *Journal de la Société de Biologie Clinique*, **009** : 16-20.
- Grases F, Forteza R, March JG, Cerda V. 1985. A simple thermometric technique for reaction-rate determination of inorganic species, based on the iodide-catalyzed cerium (IV)-arsenic (III) reaction. *Talanta* , **32**(2): 123-126.
- Houston R .1999. Iodine: physiology, dietary source and requirement. In *Encyclopedia of Human Nutrition*, Strain JJ, Caballero B (eds). Academic Press: London.
- Nauman J, Glinnoer D, Braverman LE, Hostaler U. 1996. *The Thyroid and Iodine*. FK Schattauer, Eds: Stuttgart.
- Nawal LA, El-Sayed, Zahira M, Gad, Laila H, Hanaa M, Ismail, Fikrat F, El Sahn, Ashry G. 1997. Iodine deficiency disorders among primary school children in Kafr Eisheikh, Egypt.
- Plantin-Carrenard E, Cattani F, Aurengo A, Dumérat B, Foglietti MJ, Beaudeau JL. 2004. Analytical aspects of the semiquantitative determination of urinary iodine using ferriox: value of rapid screening for iodine deficiency or excess. *Ann. Biol. Clin.*, **62**(4): 456-461.
- Van den Briel T, West CE, Hautvast JG, Ategbo EA. 2001. Mild iodine deficiency is associated with elevated hearing thresholds in children in Benin. *Eur. J. Clin. Nutr.*, **55**(9): 763-768.
- Wang Y, Zhang Z, Ge P, Wang Y, Wang S. 2009. Iodine deficiency disorders after a decade of universal salt iodization in a severe iodine deficiency region in China. *Indian J. Med. Res.*, **130**(4): 413-417.