Plan de Gestion des dragages des ports du Morbihan

Document de travail

Fiches de synthèse

Base de données S.I.G

GMGL Janvier 2012

www.univ-ubs.fr/gmgl

UBS
Université
de Bretagne-Sud

Table des matières

- Les ports du Morbihan: localisation et contexte littoral

- Composition des vases: Structure physico-chimique, origine et toxicité des éléments polluants

- Les sédiments fins: milieux d'échanges favorisant une bioaccumulation

- Les techniques de dragage et de mise en dépôt

- Immersion des sédiments: seuils GEODE pour les métaux lourds, HAP, TBT et PCB.
Dépôt à terre: test de lixiviation

- Valeurs normatives pour les métaux lourds en France, canada, Italie, Portugal et Pays-Bas.

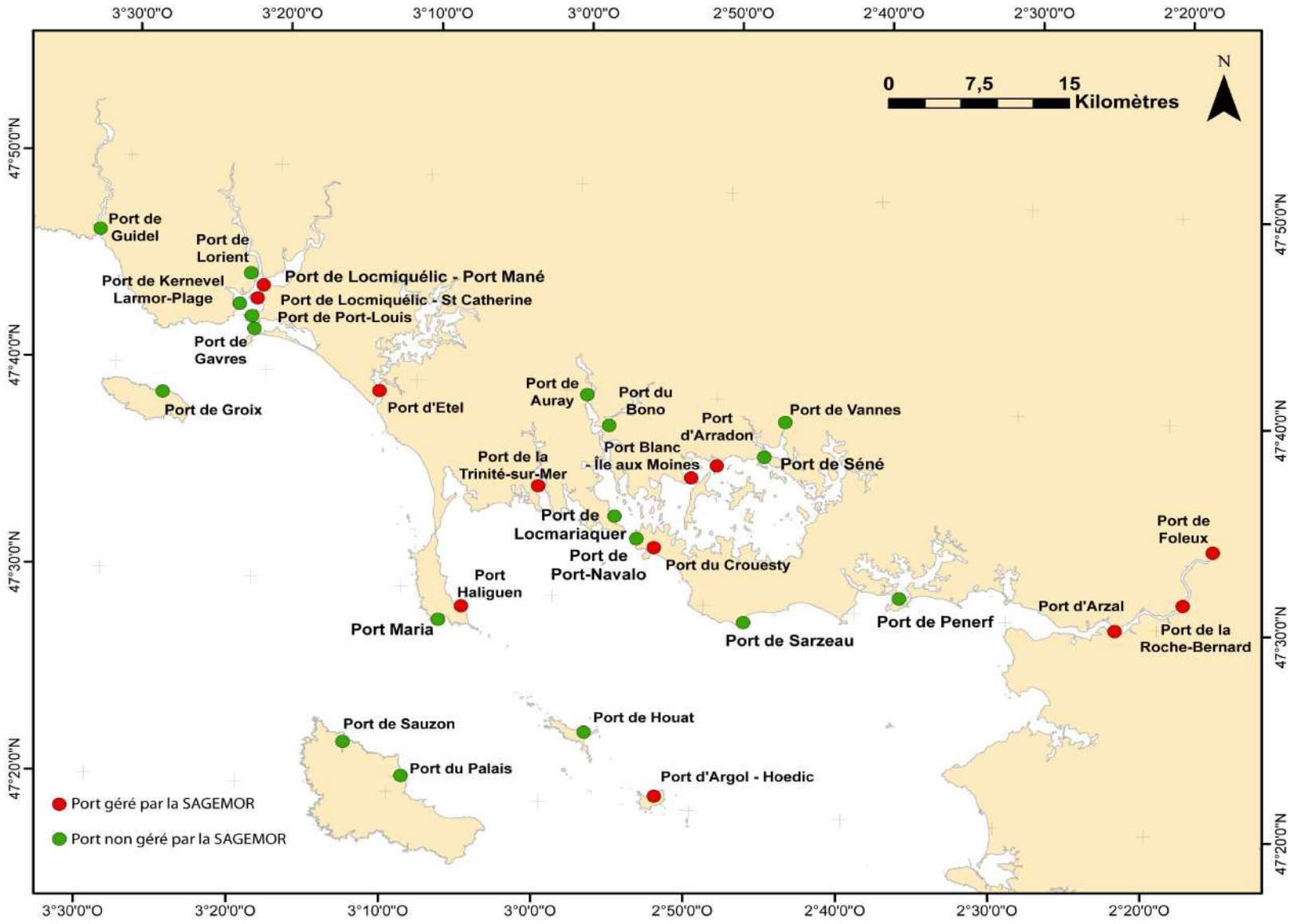
- Métaux lourds : exemple de la France pour l'Atlantique, la Manche et la Méditerranée:
valeurs minimales et maximales des médianes annuelles des concentrations en contaminants

- Métaux lourds : exemple de la baie de Quiberon et du Golfe du Morbihan:
    - Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2009
    - Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010
    - Mise en parallèle avec les données de port Haliguen et du port du Crouesty

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

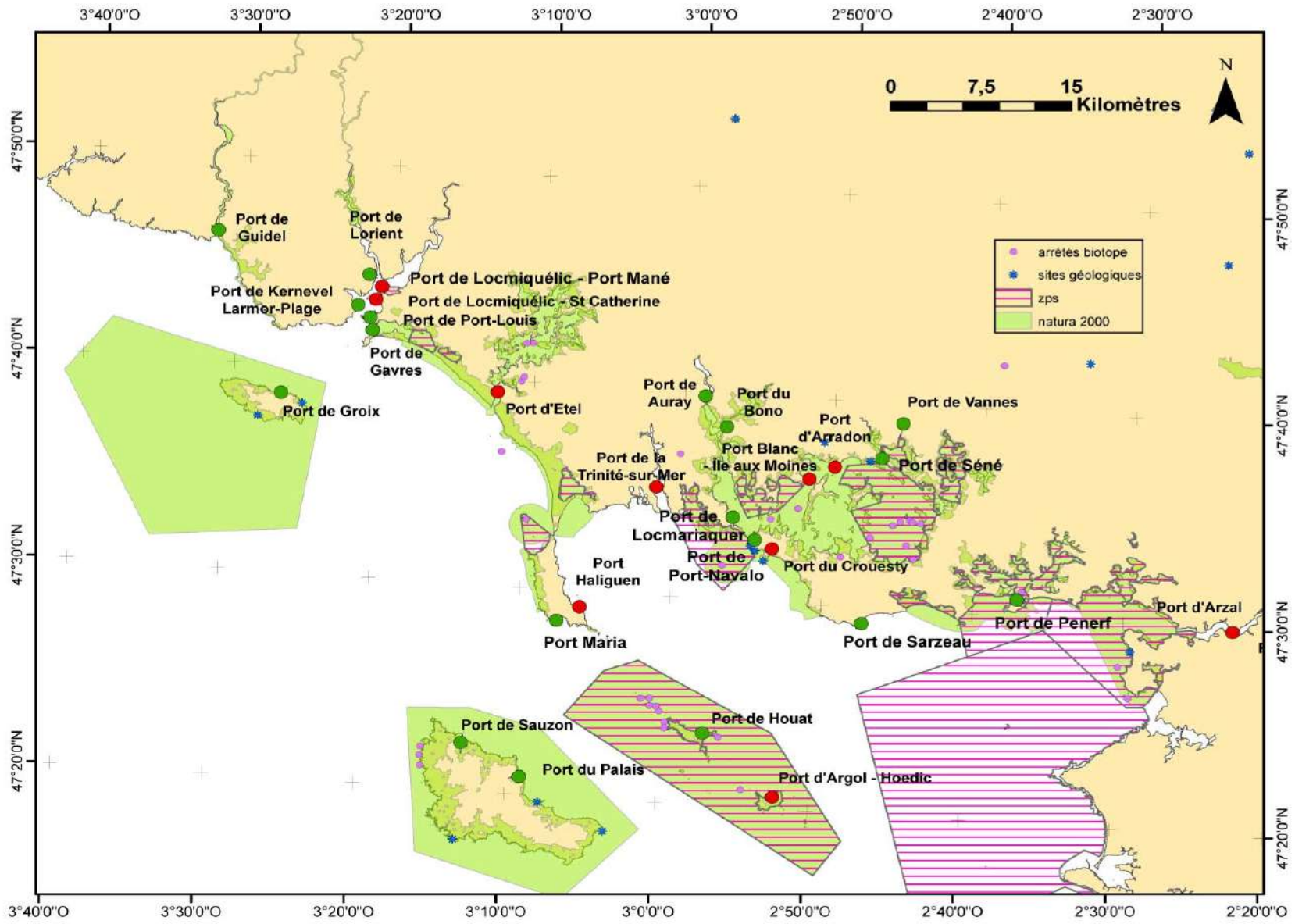
Les ports du Morbihan: localisation et contexte littoral

Localisation des principaux ports du Morbihan



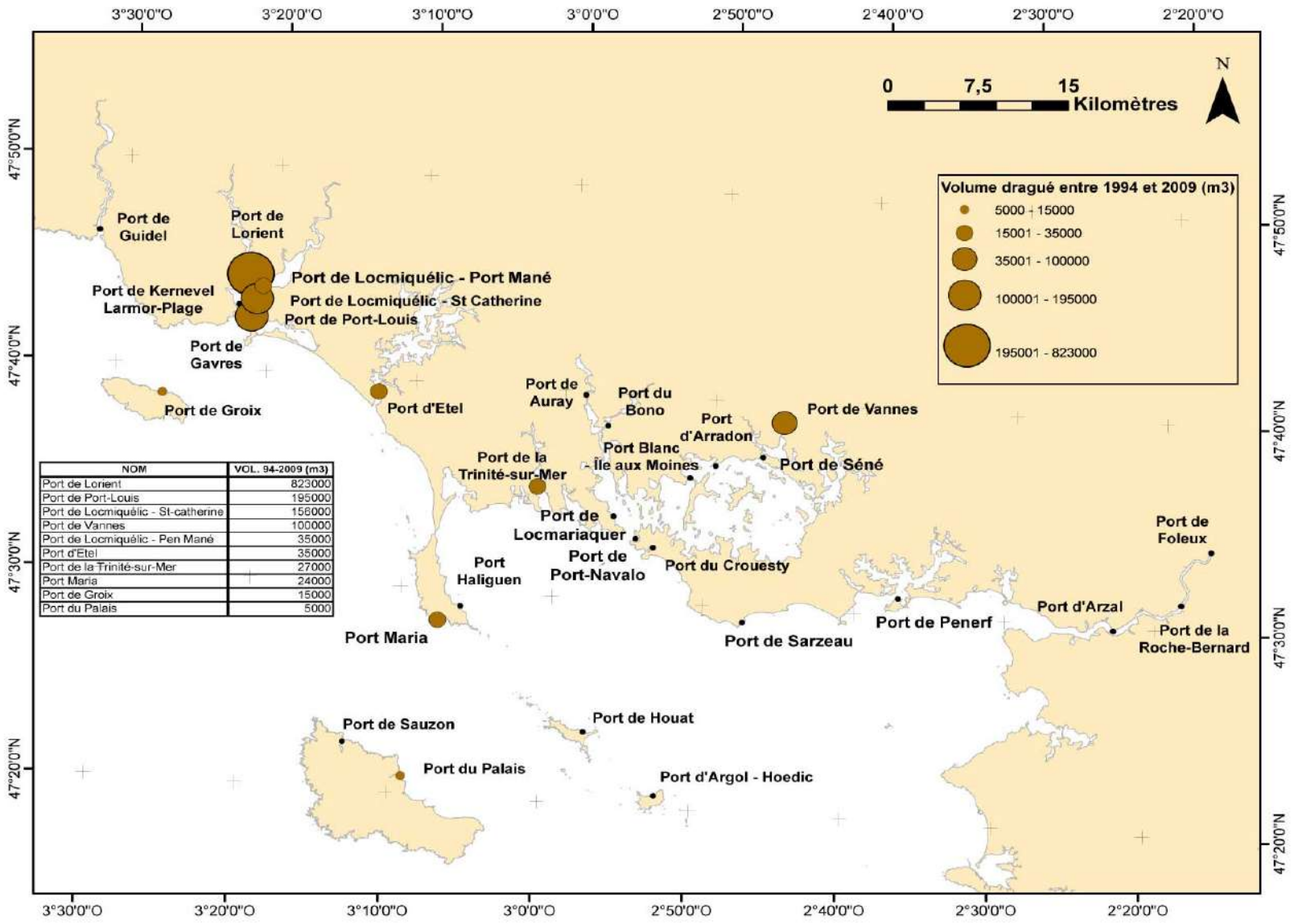
Les ports du Morbihan et les zones protégées

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Volume de sédiments dragués de 1994 à 2009 (DDTM 2010)

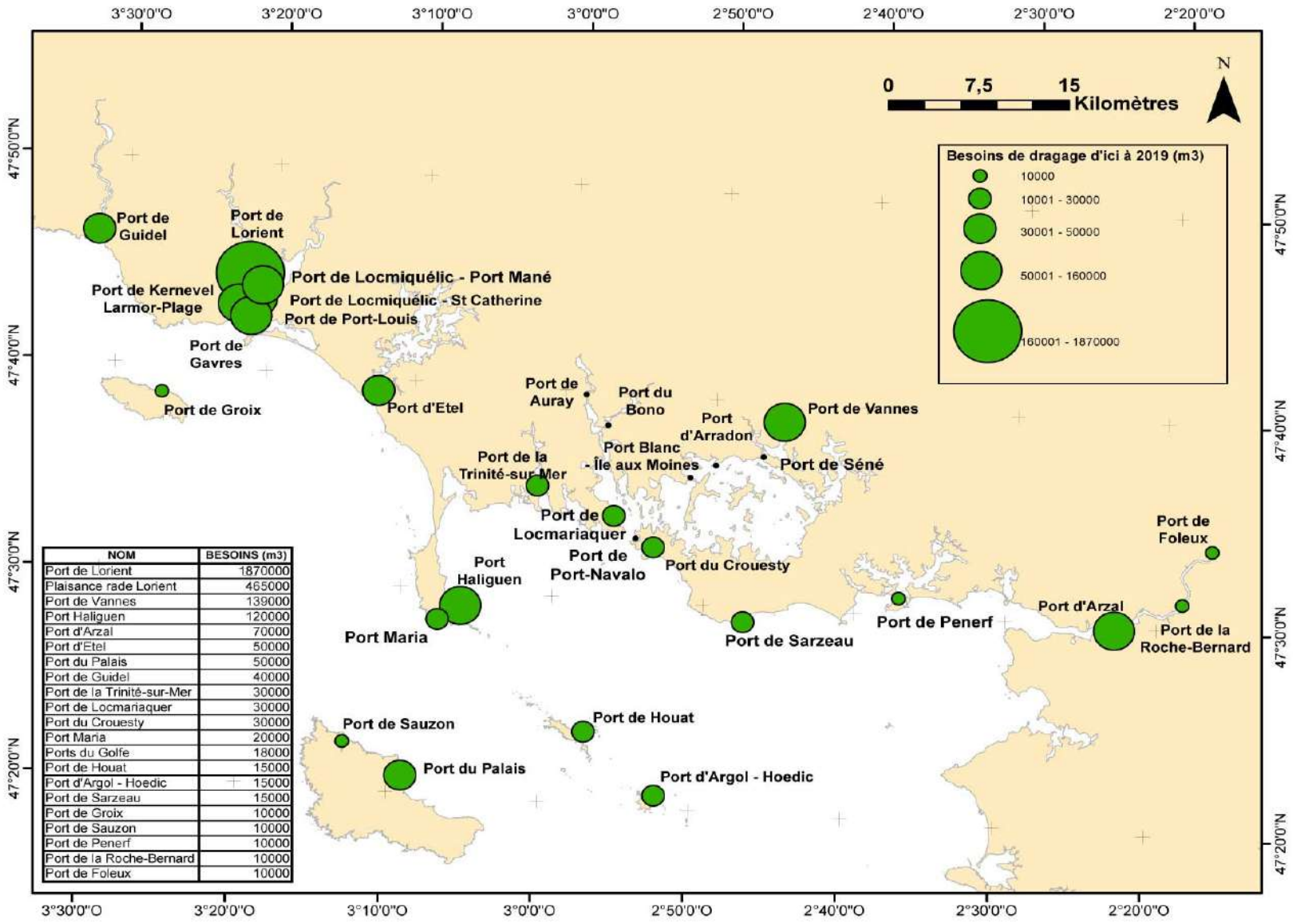
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



NOM	VOL. 94-2009 (m3)
Port de Lorient	823000
Port de Port-Louis	195000
Port de Locmiquélic - St-catherine	156000
Port de Vannes	100000
Port de Locmiquélic - Pen Mané	35000
Port d'Etel	35000
Port de la Trinité-sur-Mer	27000
Port Maria	24000
Port de Groix	15000
Port du Palais	5000

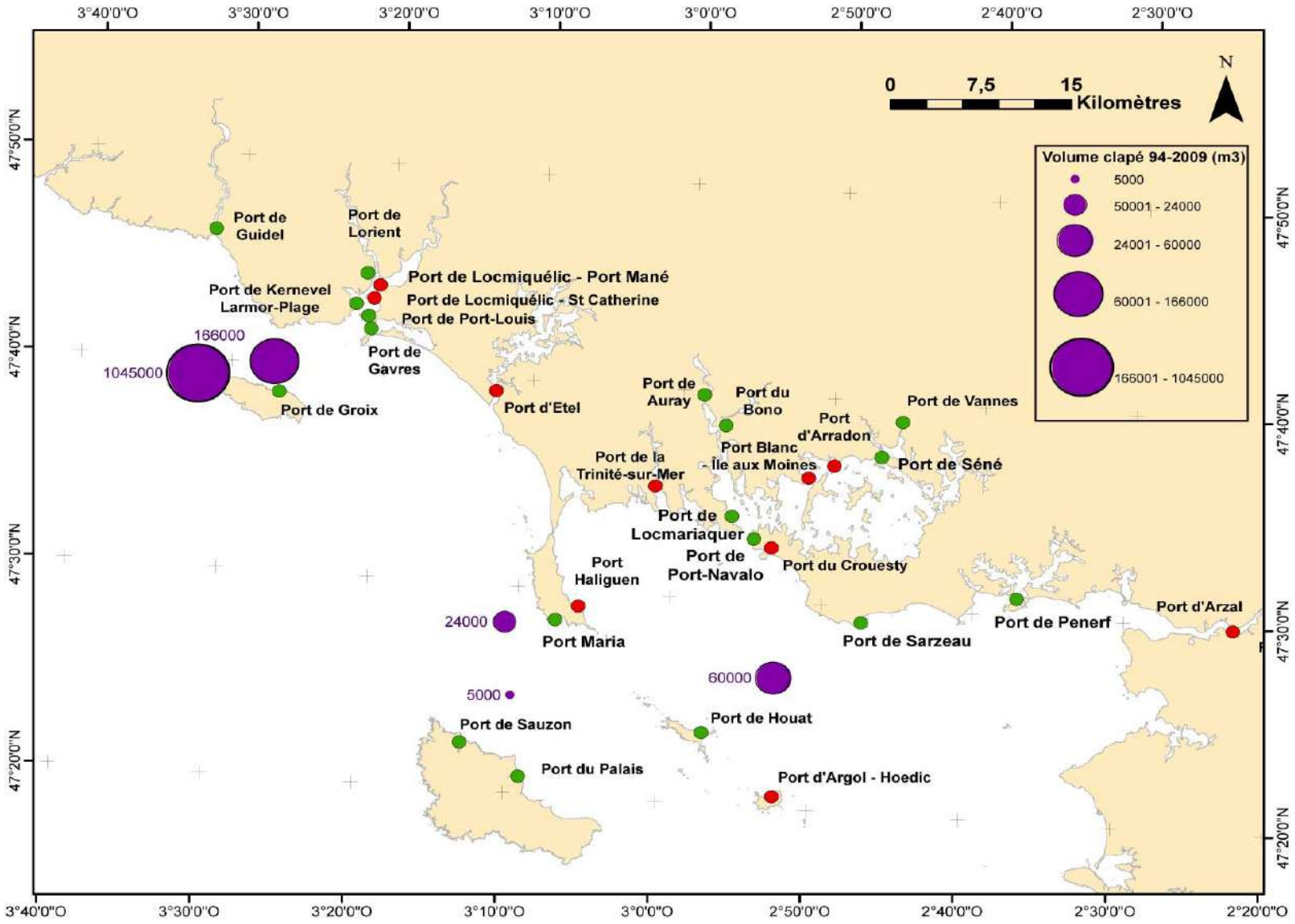
Estimation des besoins de dragage d'ici à 2019 (DDTM 2010)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



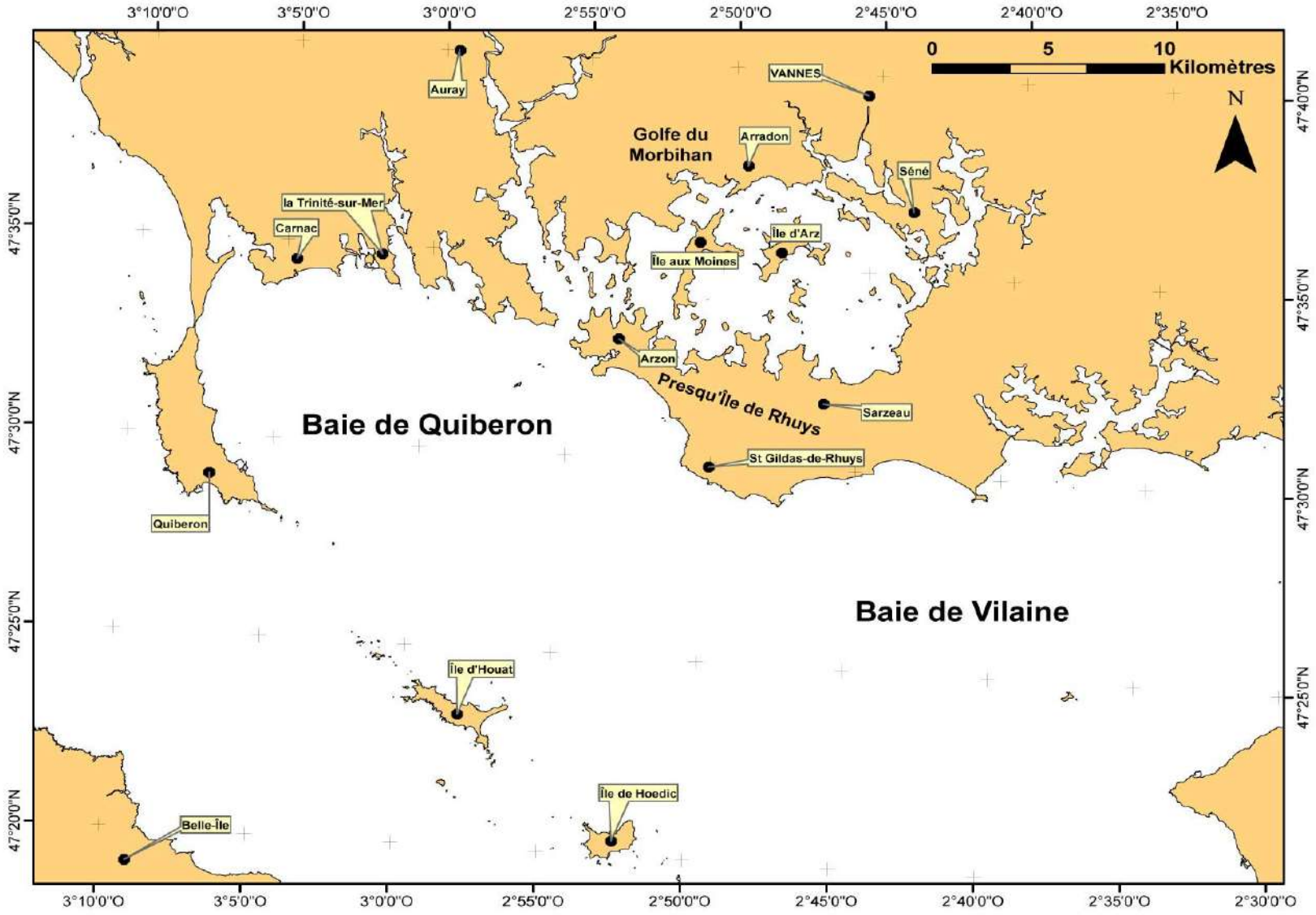
NOM	BESOINS (m3)
Port de Lorient	1870000
Plaisance rade Lorient	465000
Port de Vannes	139000
Port Haliguen	120000
Port d'Arzal	70000
Port d'Etel	50000
Port du Palais	50000
Port de Guidel	40000
Port de la Trinité-sur-Mer	30000
Port de Locmariaquer	30000
Port du Crouesty	30000
Port Maria	20000
Ports du Golfe	18000
Port de Houat	15000
Port d'Argol - Hoedic	15000
Port de Sarzeau	15000
Port de Groix	10000
Port de Sauzon	10000
Port de Penerf	10000
Port de la Roche-Bernard	10000
Port de Foleux	10000

Localisation des sites de clapage et volumes clapés (DDTM 2010)



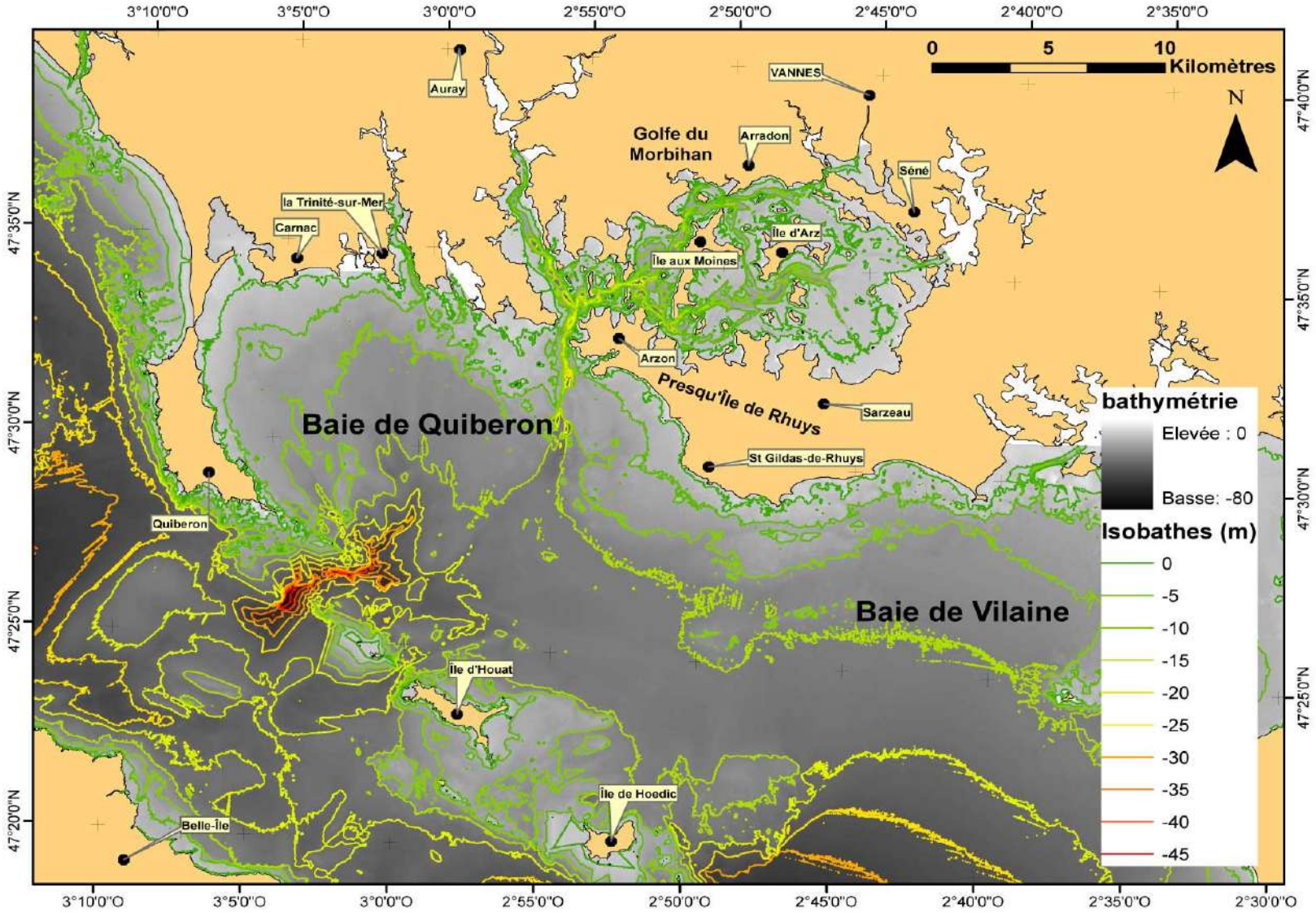
Le Golfe du Morbihan et la baie de Quiberon

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



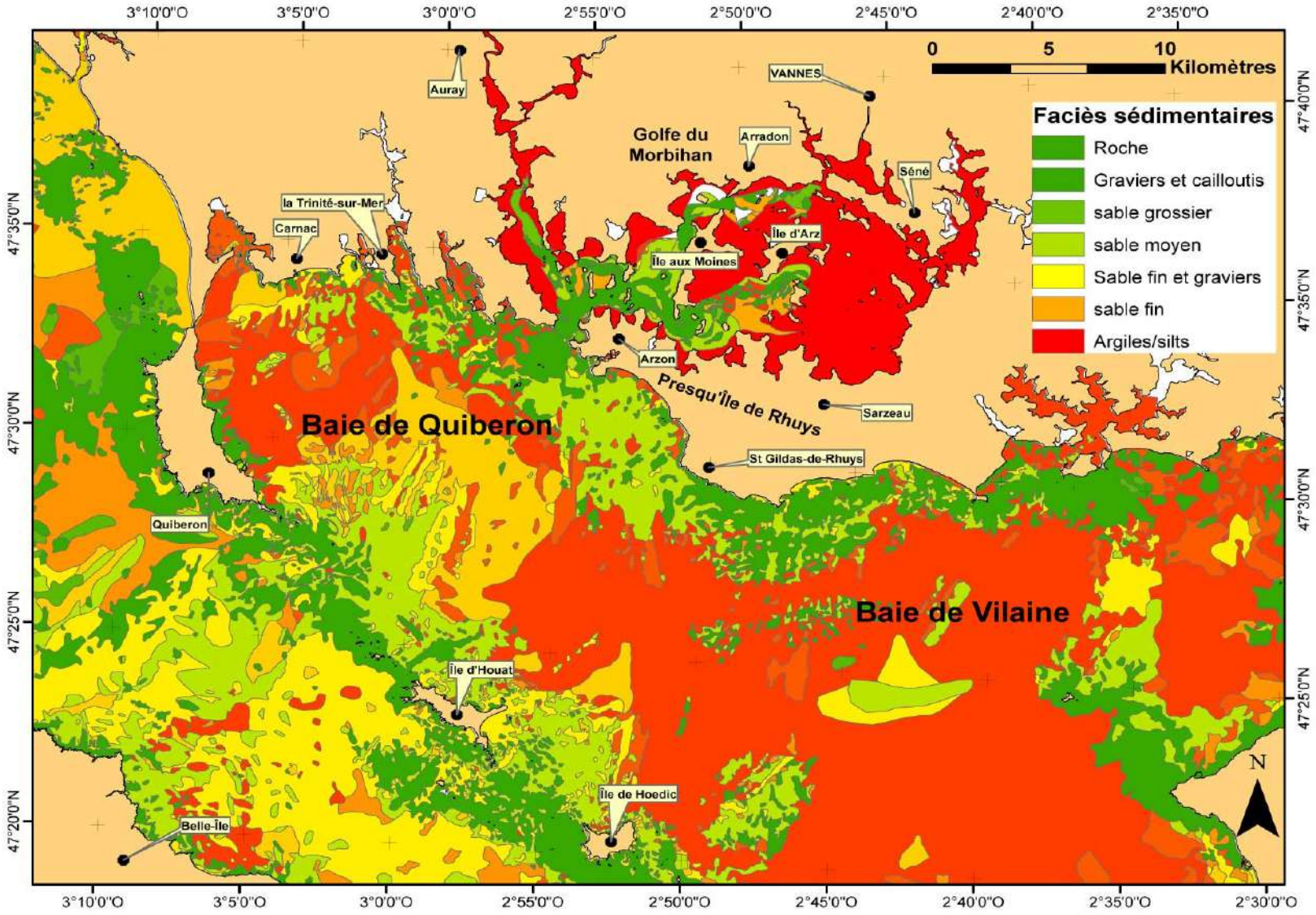
Le Golfe du Morbihan et la baie de Quiberon : bathymétrie

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



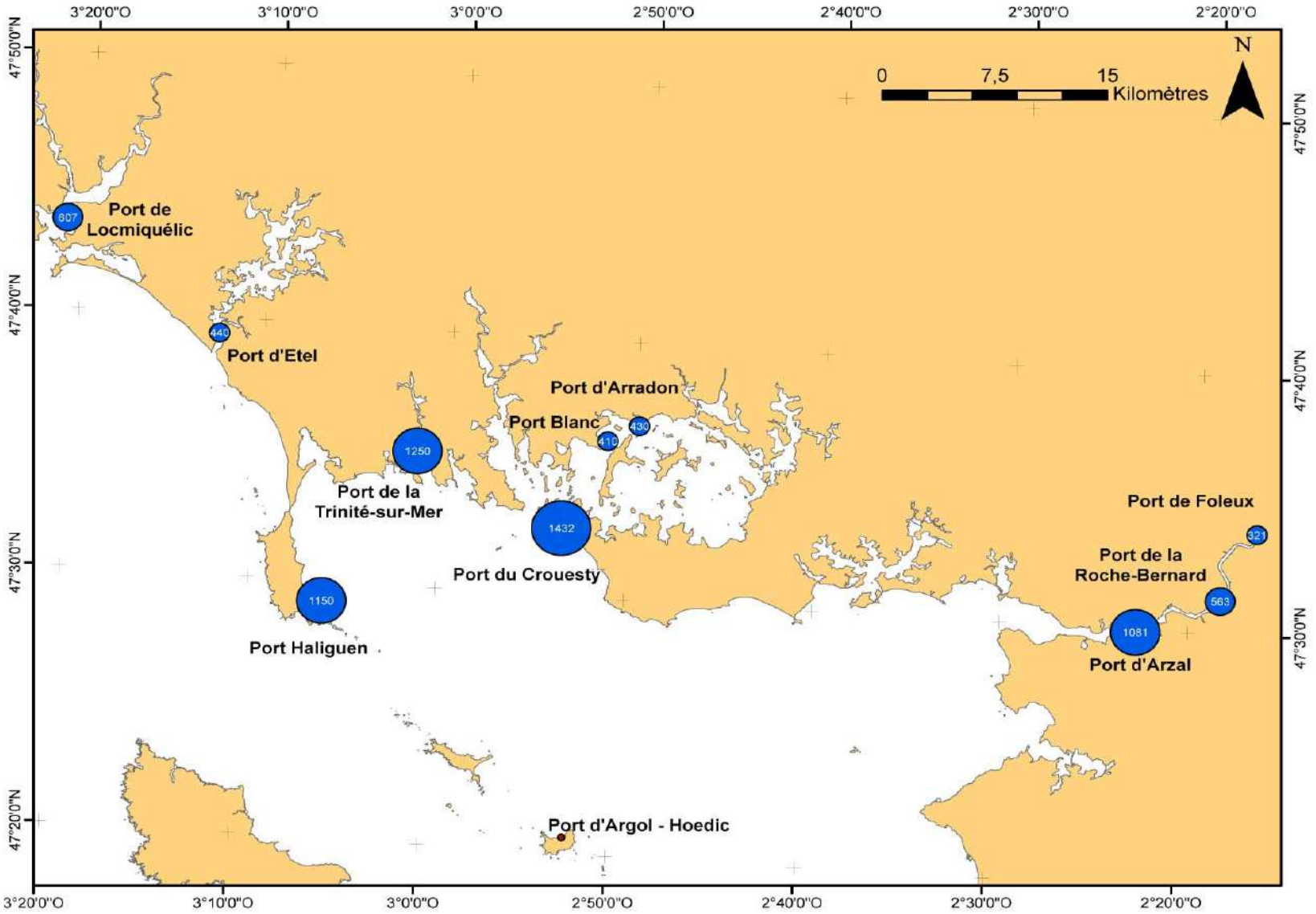
Le Golfe du Morbihan et la baie de Quiberon : nature des fonds superficiels (SHOM 2009)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



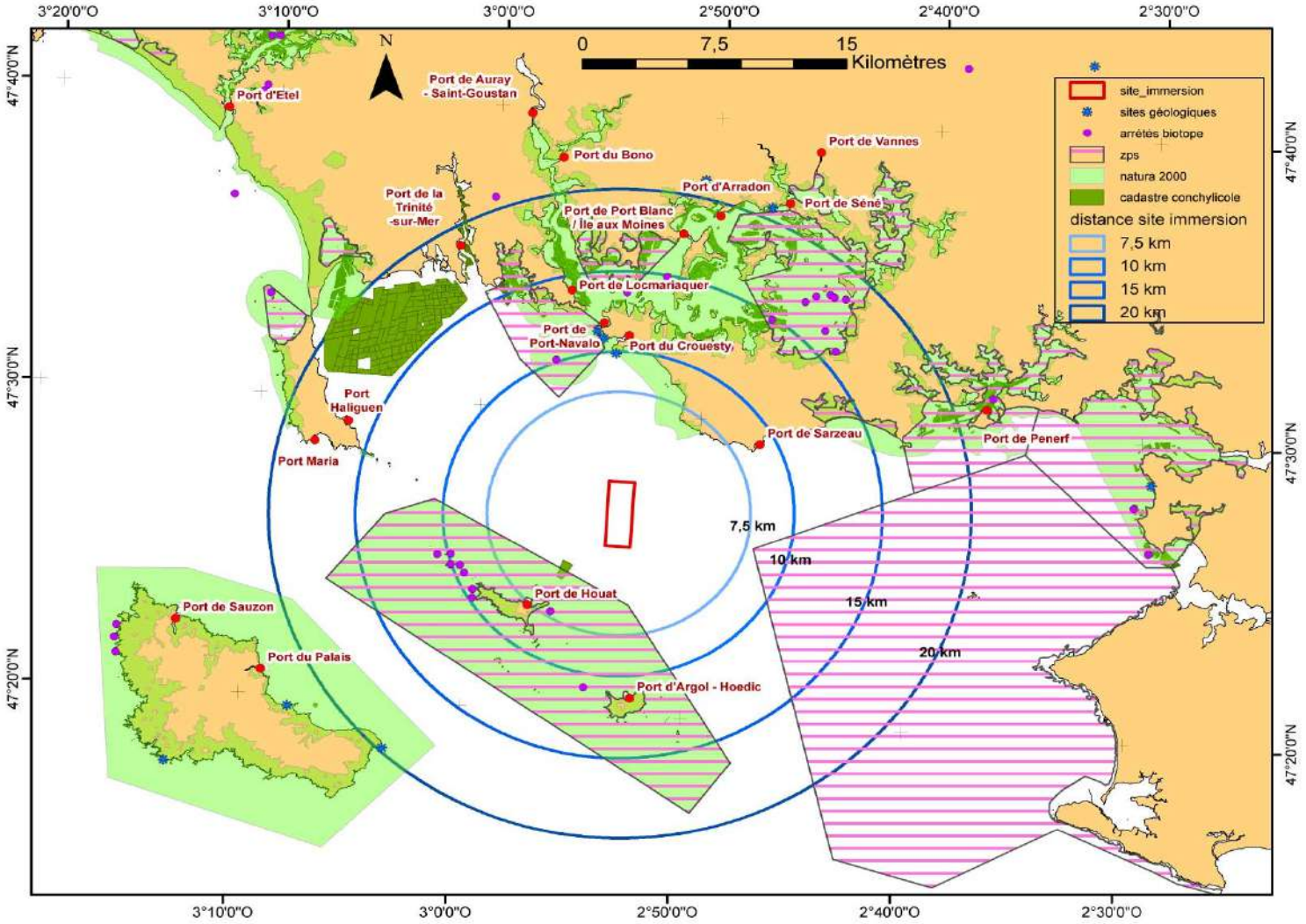
Le Golfe du Morbihan et la baie de Quiberon : taille des principaux ports gérés par la SAGEMOR

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



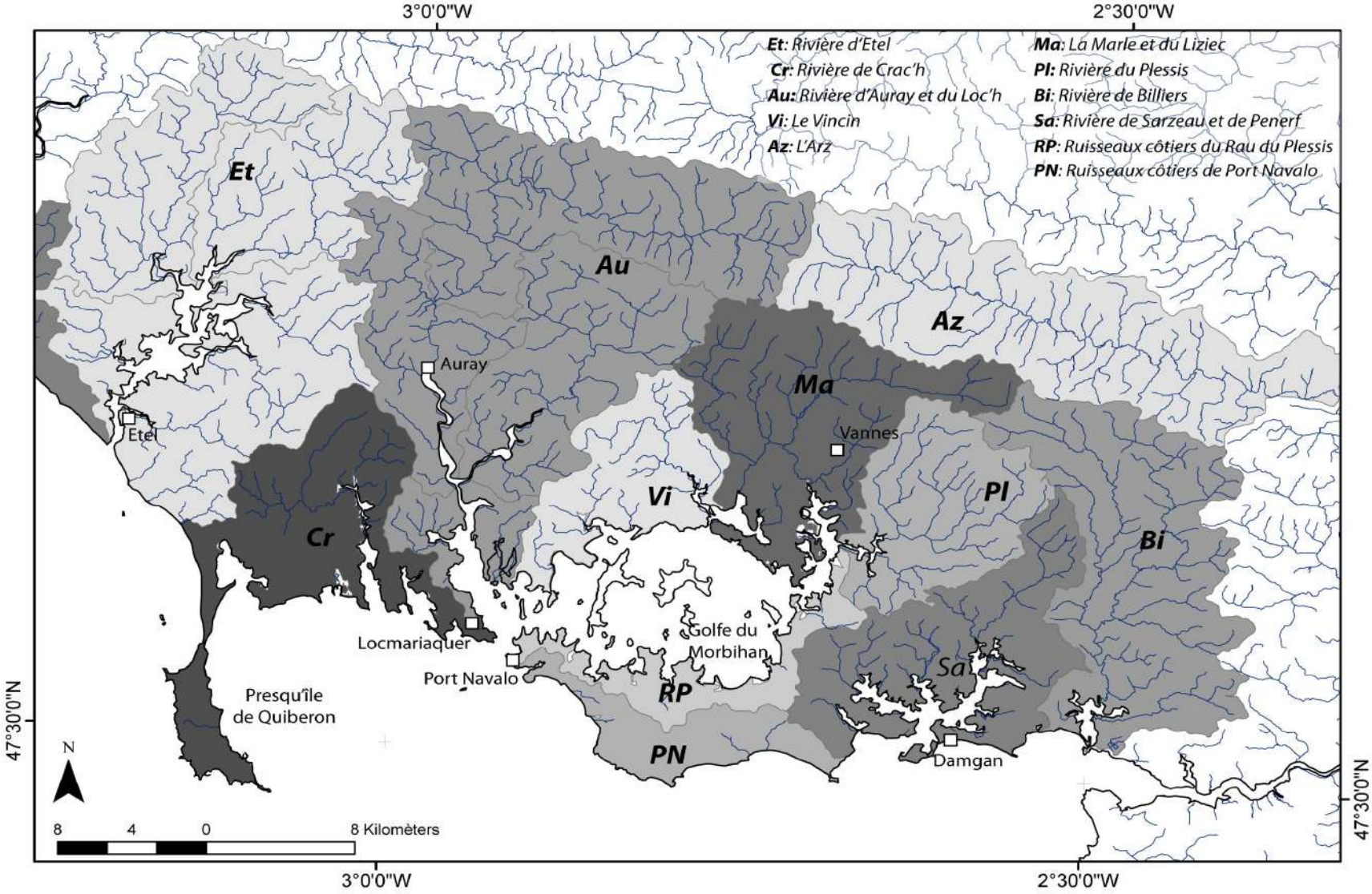
Le Golfe du Morbihan et la baie de Quiberon : localisation du site de clapage des sédiments et contexte environnemental

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



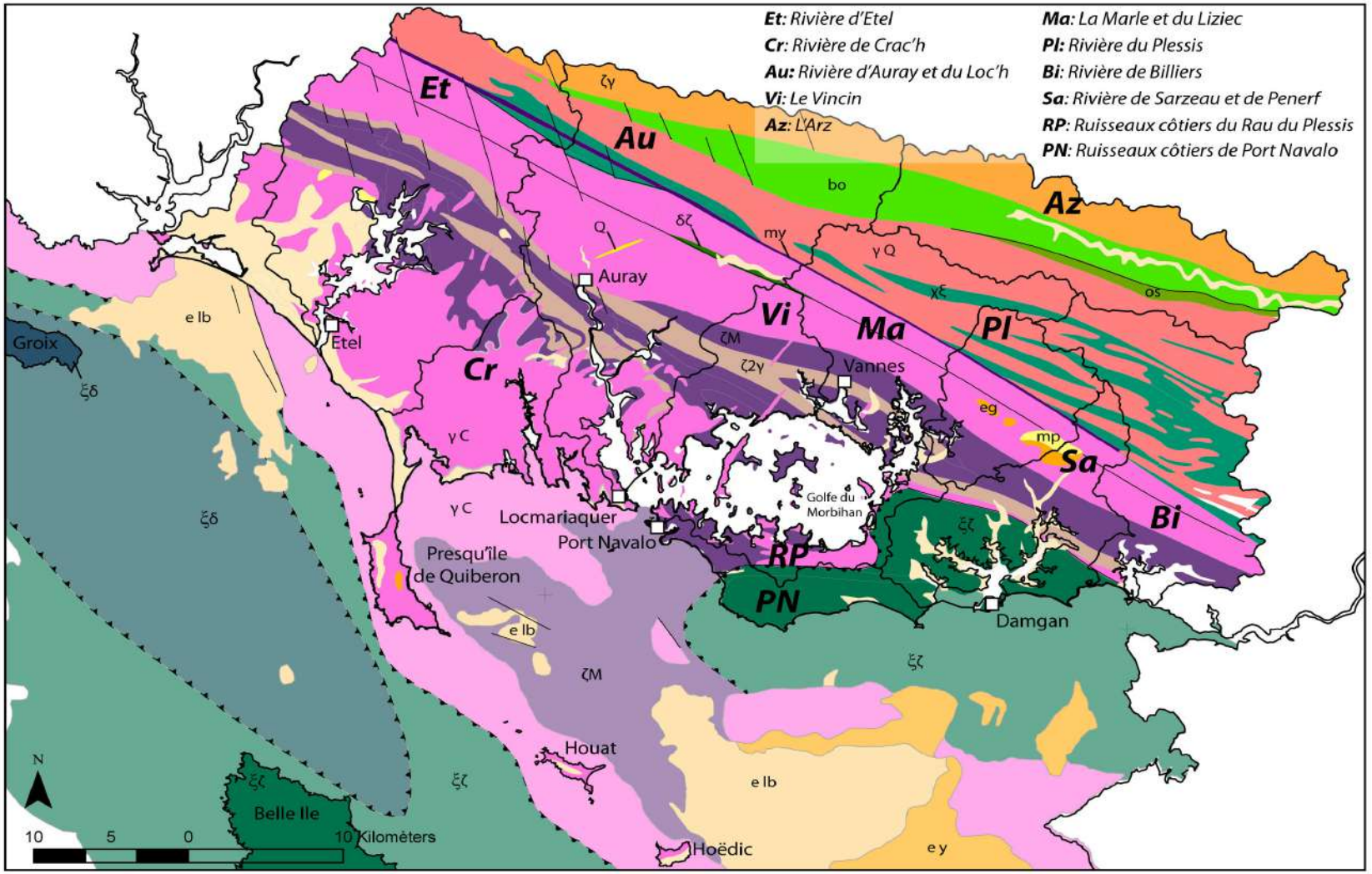
Le Golfe du Morbihan et la baie de Quiberon : délimitation des bassins versants et du réseau hydrographique

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



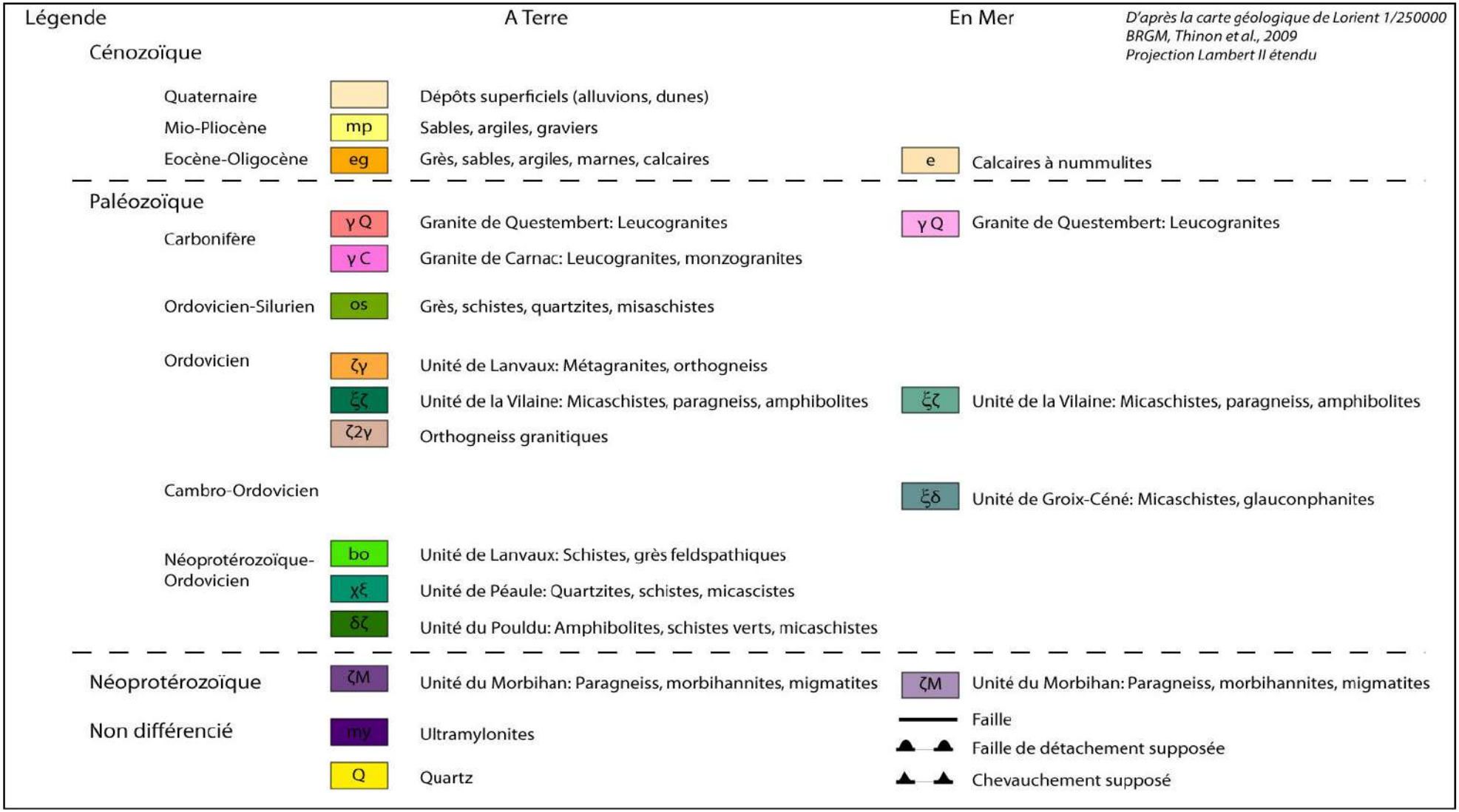
Le Golfe du Morbihan et la baie de Quiberon : carte géologique Terre-Mer et bassins versants (THINON et Al., 2009)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

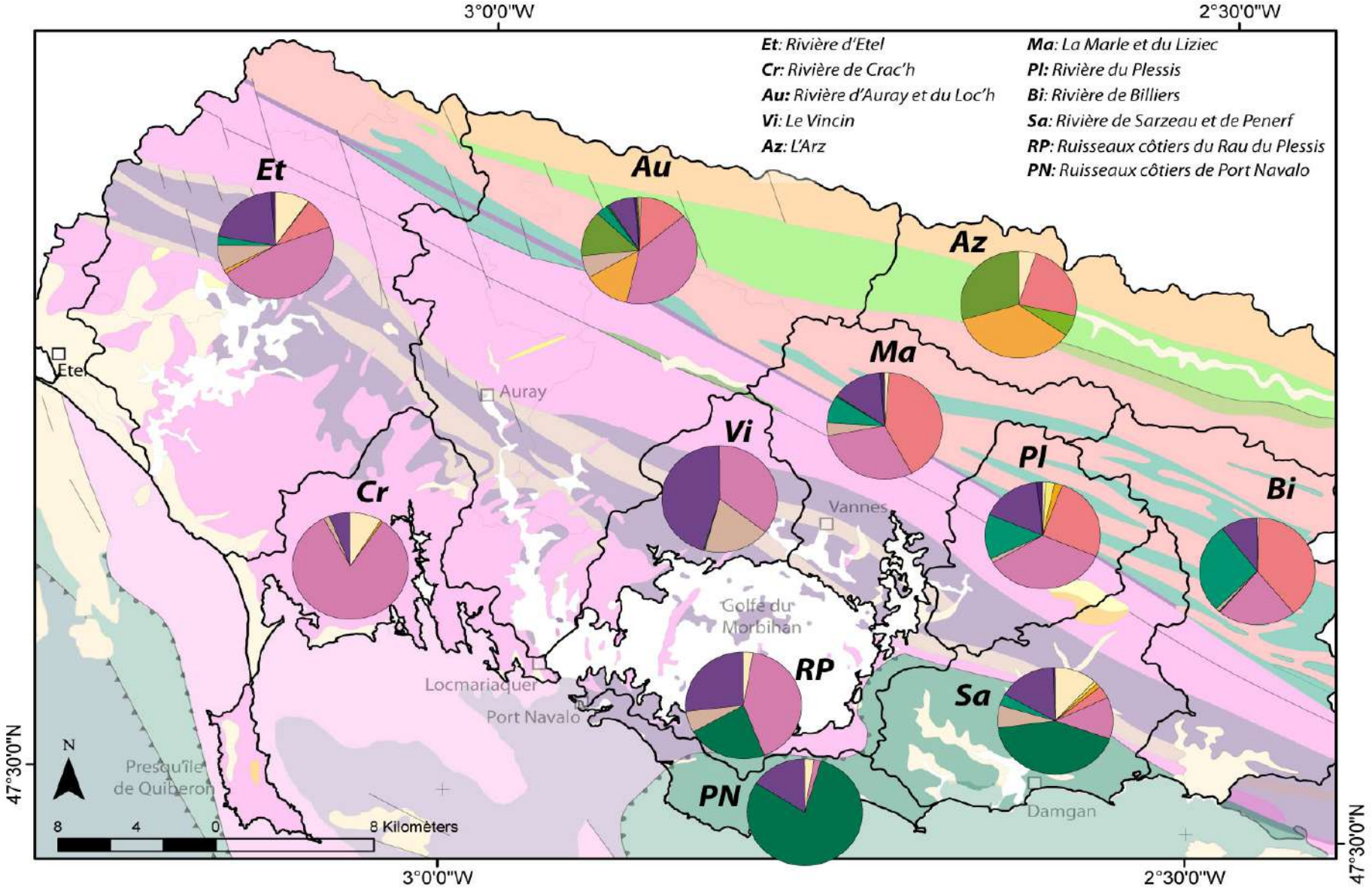


Le Golfe du Morbihan et la baie de Quiberon : légende de la carte géologique Terre-Mer (THINON et Al., 2009)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Le Golfe du Morbihan et la baie de Quiberon : géologie des différents bassins versants (THINON et Al., 2009)

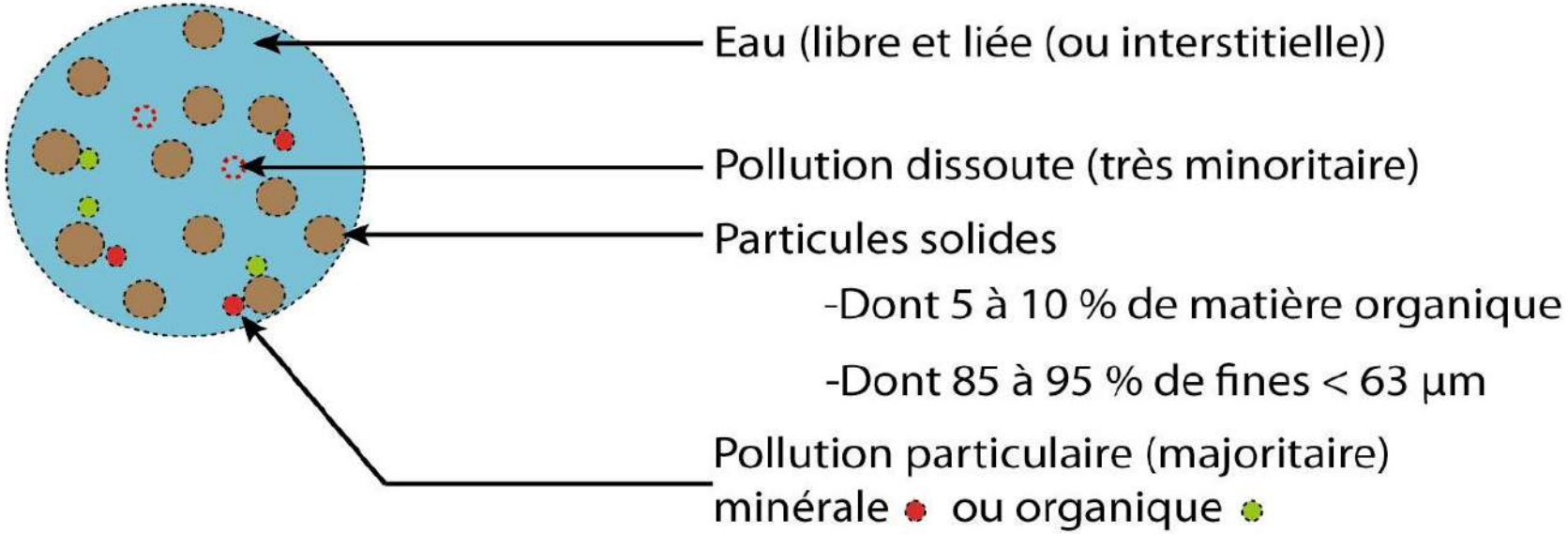


GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

COMPOSITION DES VASES:

Structure physico-chimique,
origine et toxicité des éléments polluants

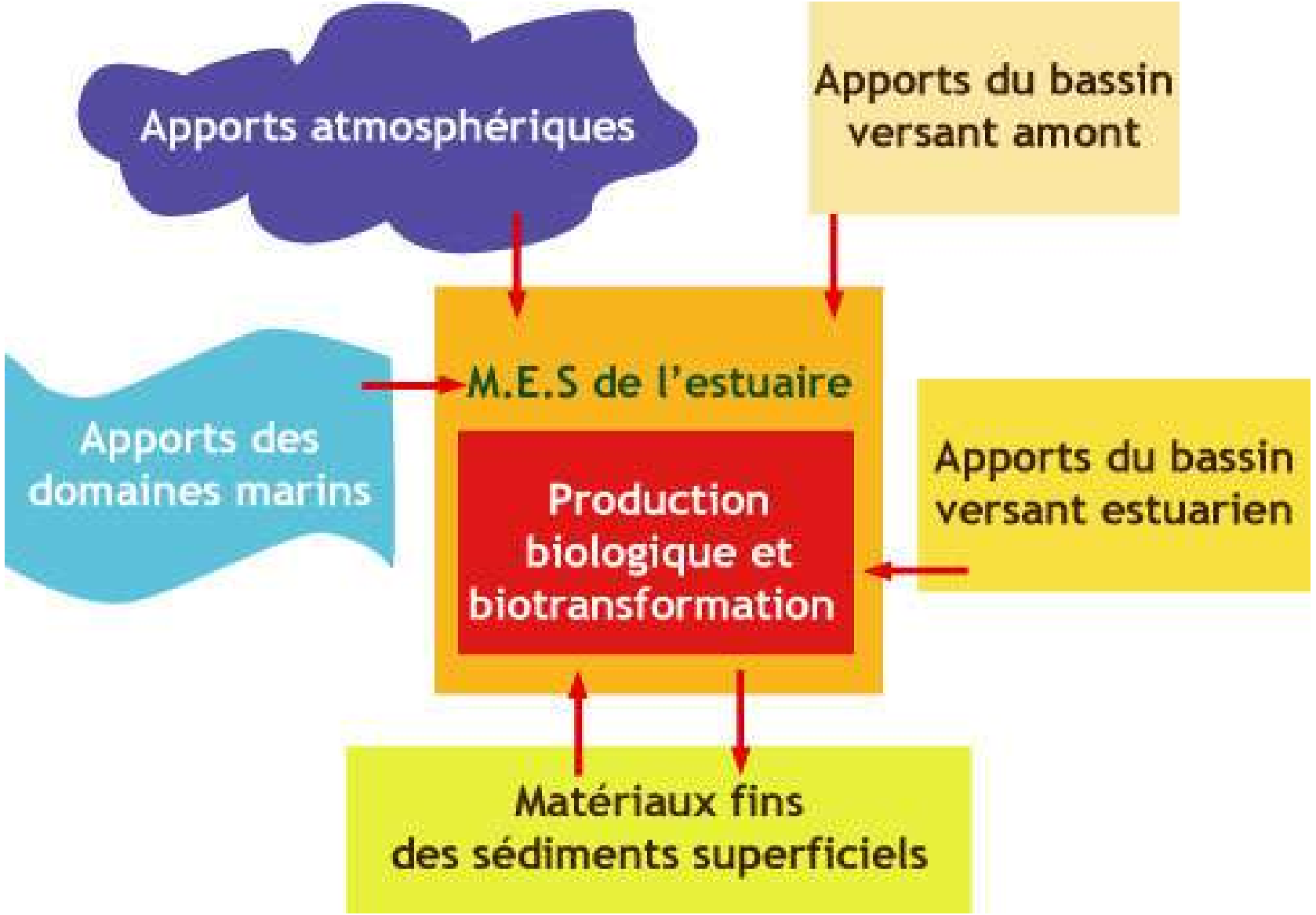
Schéma de la composition de sédiments portuaires (IDRA 2006)



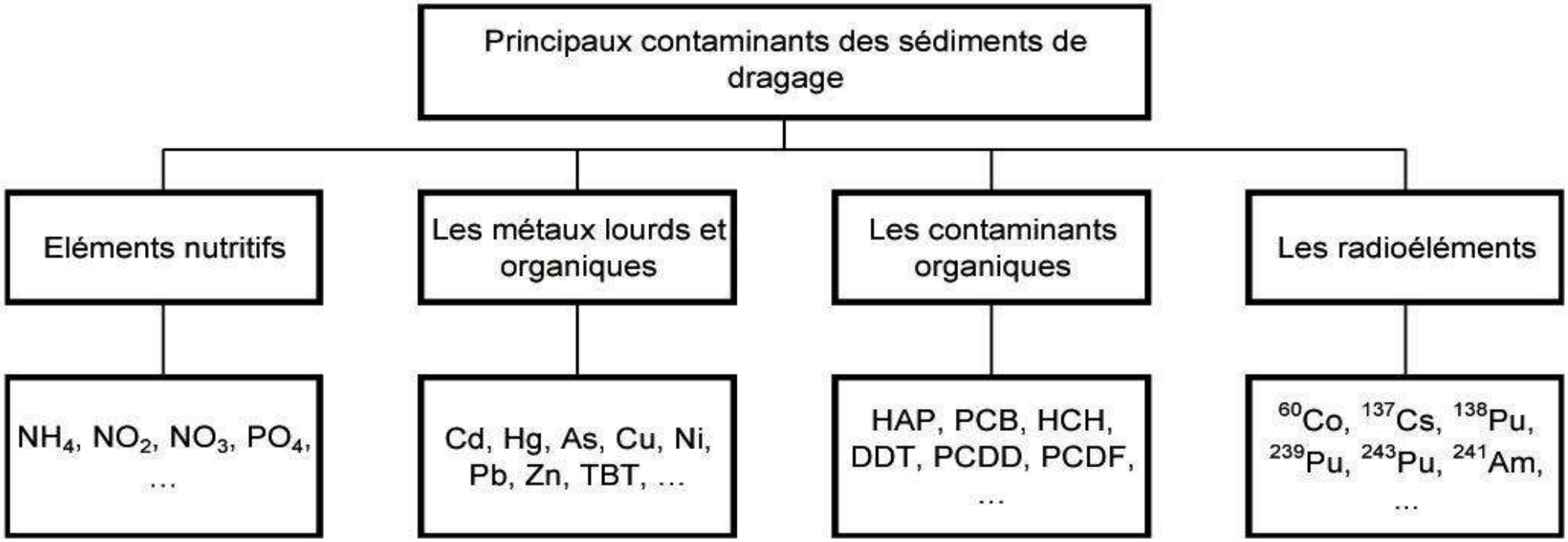
Représentation schématique de la composition de sédiments portuaires en place soit:

-70 à 80% d'eau --> 1 m³ de sédiments = 700 L d'eau
-20 à 30 % de matières sèches
-Essentiel de la pollution fixée sur les particules
-Densité moyenne entre 1.2 et 1.3 --> 1 m³ de sédiments = 1200 à 1300 kg

Origine des matières en suspension de l'estuaire



Les principaux contaminants des sédiments de dragage (GREGOIRE P., 2004)

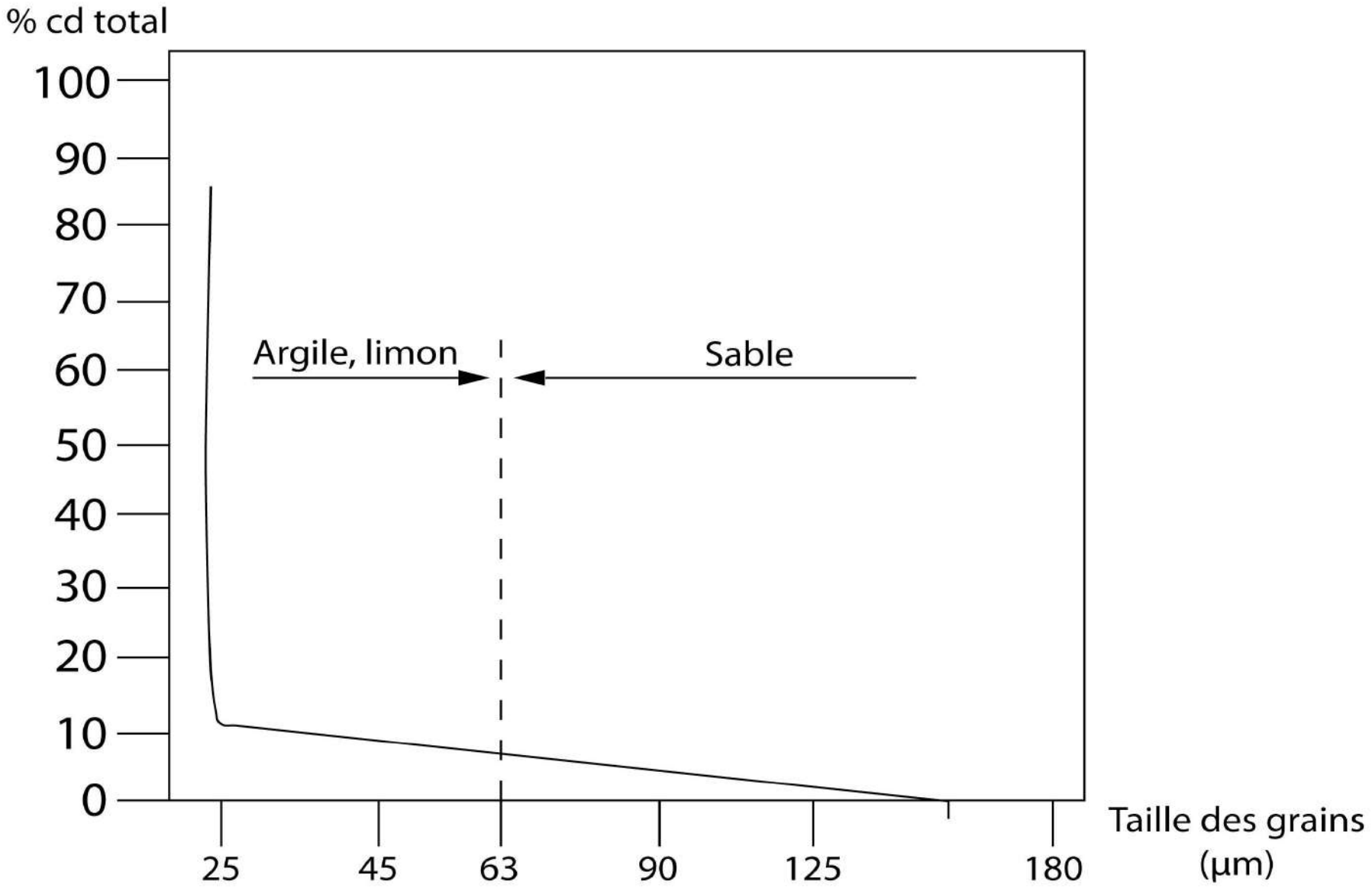


Origine et toxicité des éléments polluants (IDRA 2006)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

CONTAMINANT	SOURCE	TOXICITE
CONTAMINANTS METALLIQUES		
Arsenic (As)	Combustion du charbon, émissions atmosphériques industrielles	Accumulé par les micro-algues, poissons, mollusques. Toxicité sur consommateur humain non définie
Cadmium (Cd)	Emissions atmosphériques par activités métallurgiques et incinération des déchets	Bio-accumulation dans la chaîne alimentaire. Toxique pour le consommateur humain
Chrome (Cr)	Industries métallurgiques ou chimiques. Véhiculé par les fleuves	Anomalie du développement larvaire des bivalves
Cuivre (Cu)	Industries électriques, véhiculé par les fleuves. Matière active des peintures marines antisalissures (Cu_2O)	Inhibition de croissance du phytoplancton
Mercure (Hg)	Incinération du charbon / des déchets. Traitement des minerais non ferreux. Piles et batteries	Forte bio-accumulation et danger pour le consommateur humain
Nickel (Ni)	Combustion d'énergies fossiles. Production de métaux non ferreux	Anomalies de développement larvaire
Plomb (Pb)	Carburants. Combustion de déchets	Bio-accumulation. Anomalies de développement des bivalves
Zinc (Zn)	Peintures anticorrosion / Industries métallurgiques. Combustion du charbon et du bois	Toxicité relative
CONTAMINANTS ORGANIQUES		
Polychlorobiphényles (PCB)	Transformateurs électriques, peintures, encres, apprêts	Bio-accumulés. Effets cancérigènes
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Combustion de charbon et pétroles. Pertes lors du transport de ces matières	Effets cancérogène et mutagène
Le Tributylétain (TBT)	Re-largué par les peintures antisalissure des navires de 25m, interdite pour les navires <25m (remplacés par des peintures au Cu)	Très toxiques pour les mollusques (stérilisation des femelles) à des concentrations faibles. Imposex au-delà de 1 ng/L et anomalies de la calcification de l'huître creuse au-delà de 2ng/L

Distribution des contaminants en fonction de la taille des grains: exemple du cadmium (GREGOIRE P., 2004)

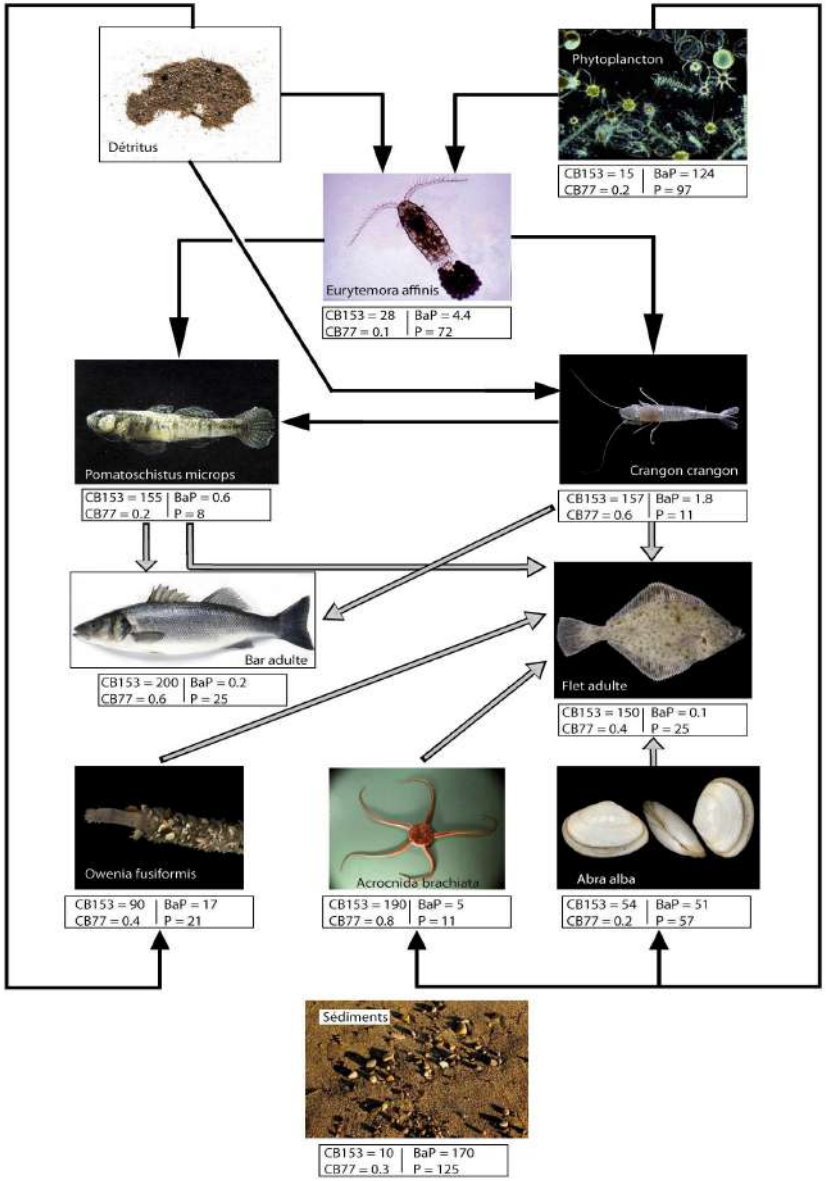


GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

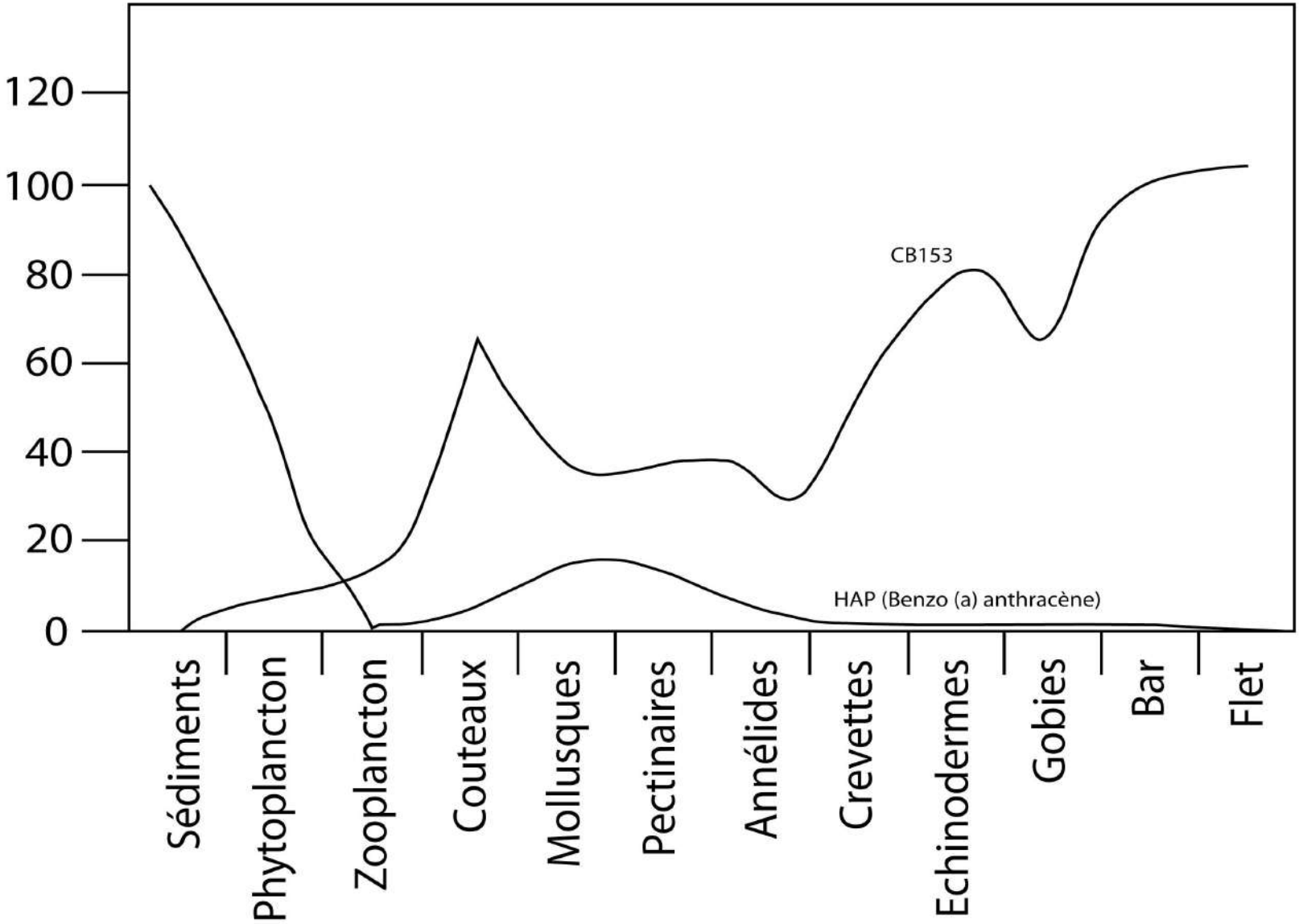
Les sédiments fins: milieux d'échanges favorisant une bioaccumulation

Niveaux de contamination PCB et HAP dans les réseaux trophiques du bar et du flet (ng/g) (GREGOIRE P., 2004)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Bioaccumulation (PCB-CB153) et biotransformation (HAP) (GREGOIRE P., 2004)



GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

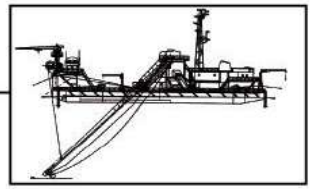
Les techniques de dragage et de mise en dépôt

Les techniques de dragage: dragues mécaniques (GREGOIRE P., 2004)

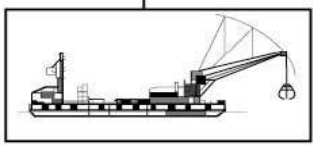
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

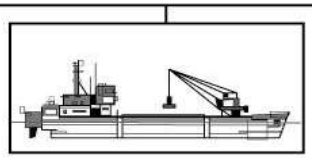
Dragues mécaniques

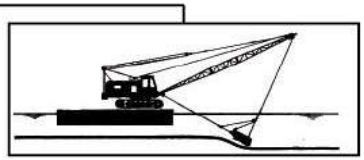
- Dragues à godets



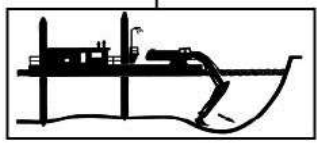
- Dragues à benne(s)

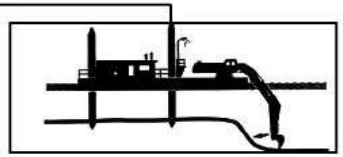




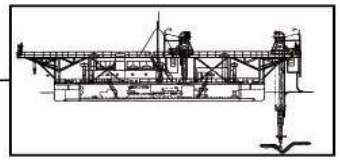


- Dragues rétrocaveuses, à cuiller

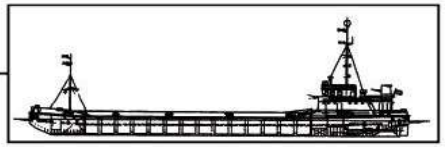




- Dragues briseurs de roches



- Engins auxiliaires, chalands

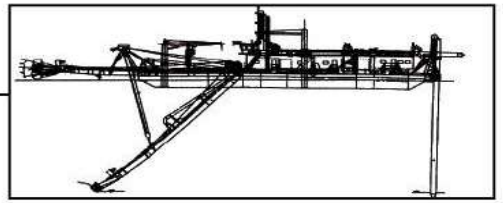


Les techniques de dragage: dragues hydrauliques (GREGOIRE P., 2004)

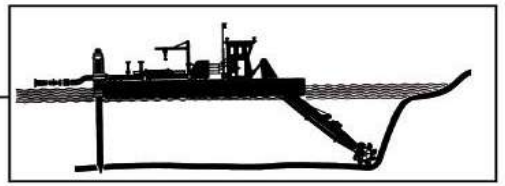
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

Dragues hydrauliques

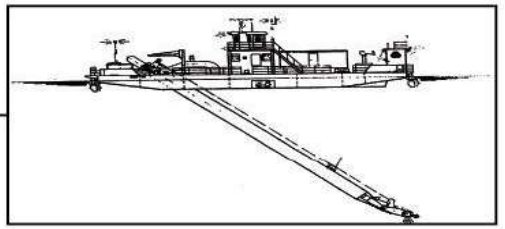
- Dragues désagrégatrices



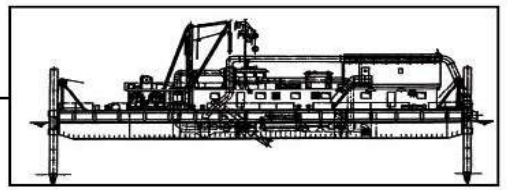
- Dragues à roue excavatrice



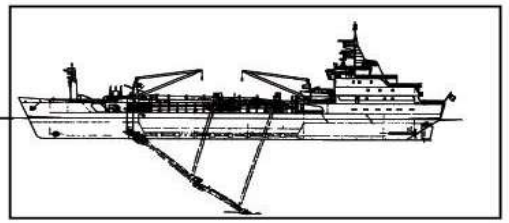
- Dragues à injection



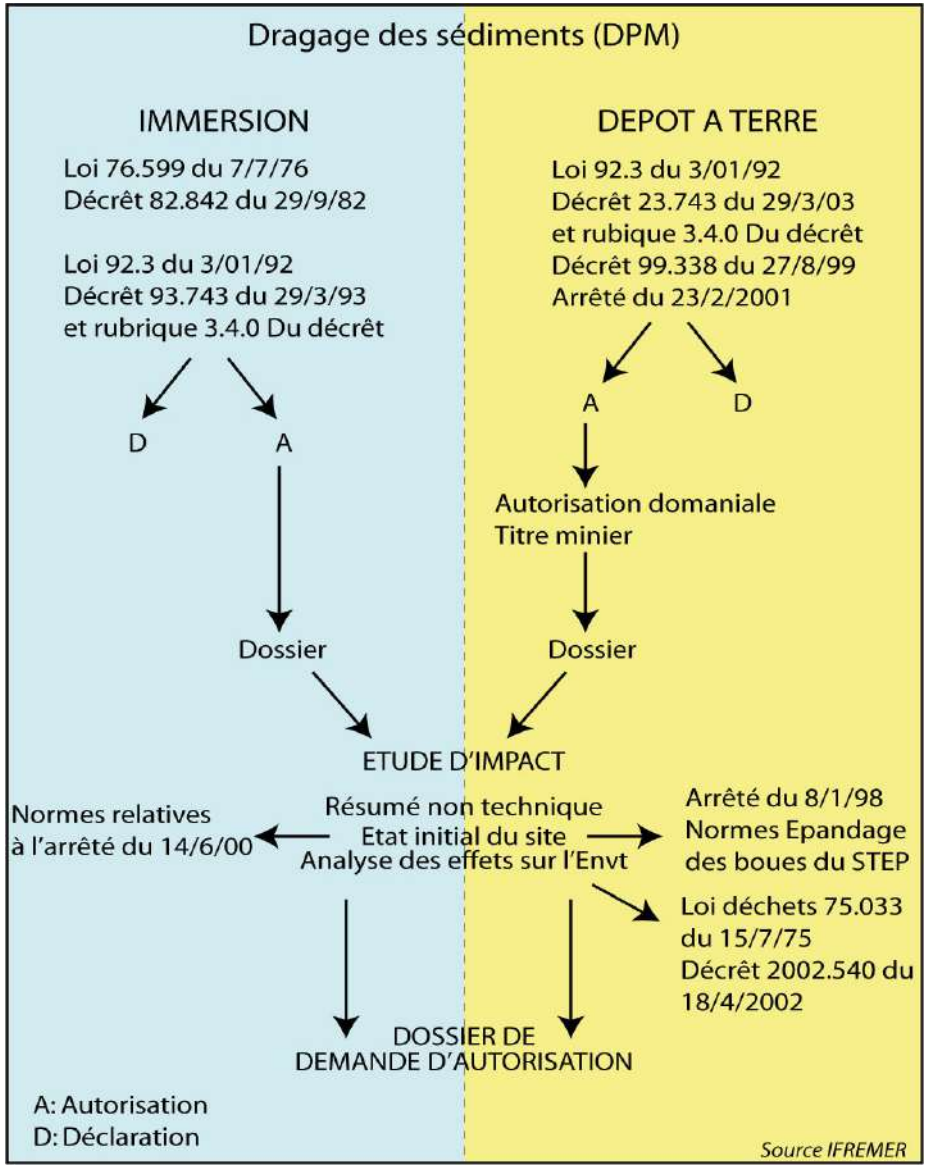
- Dragues suceuses stationnaires



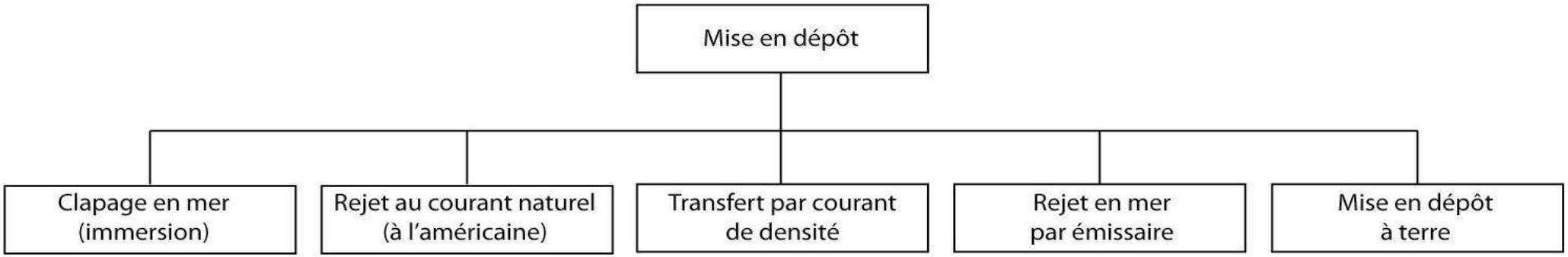
- Dragues aspiratrices en marche



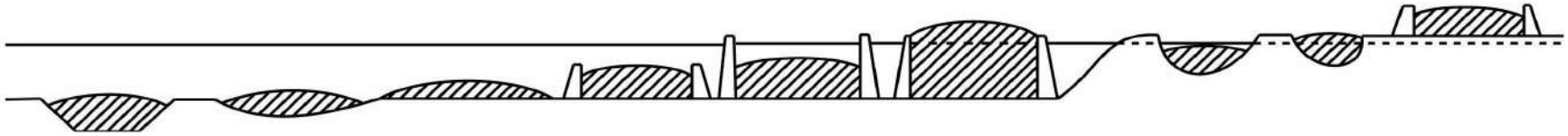
Reglementation relative aux opérations de dragage sur le domaine public maritime (IFREMER 2006)



Les techniques de mise en dépôt (GREGOIRE P., 2004)

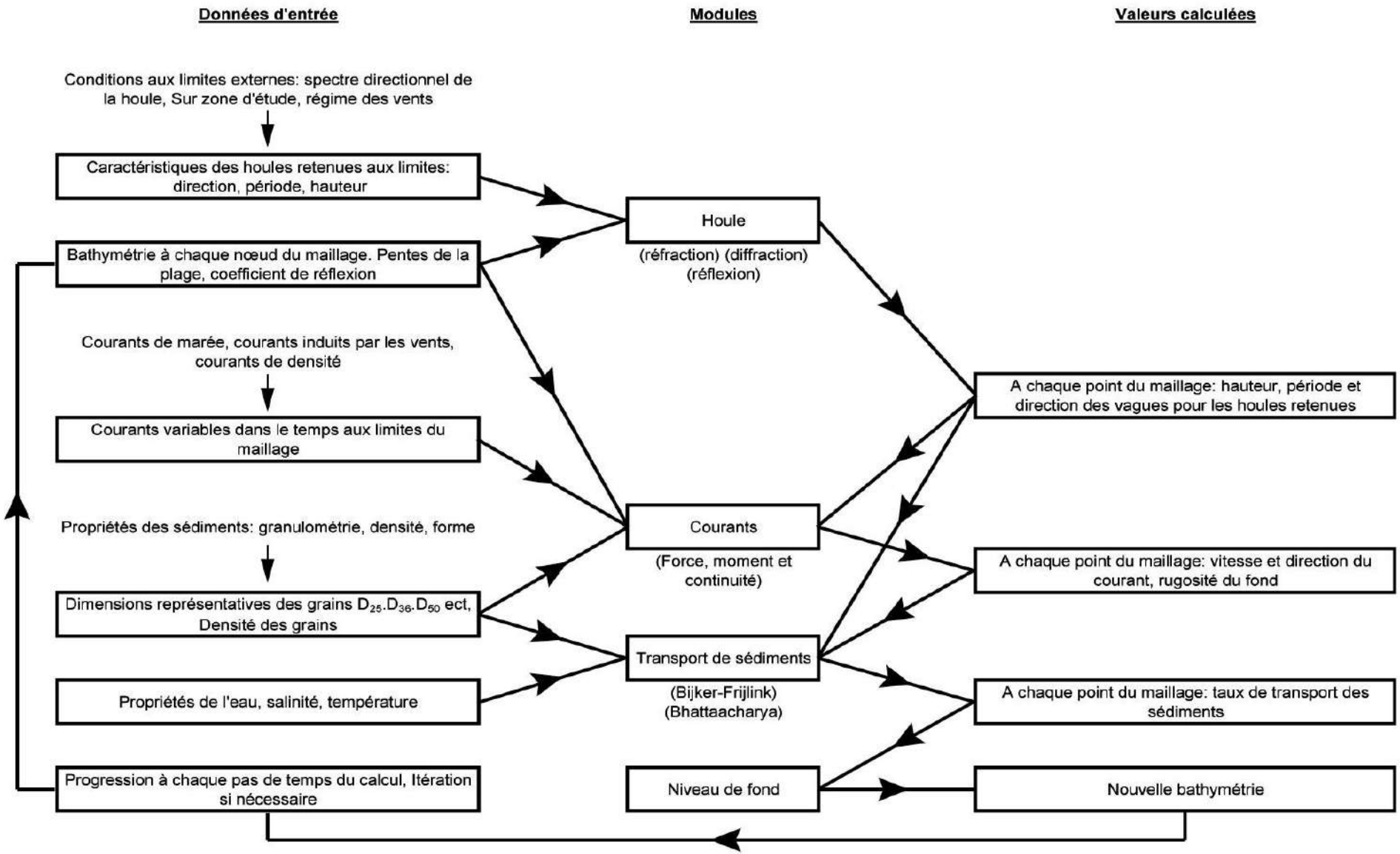


Définition des types de dépôts (GREGOIRE P., 2004)

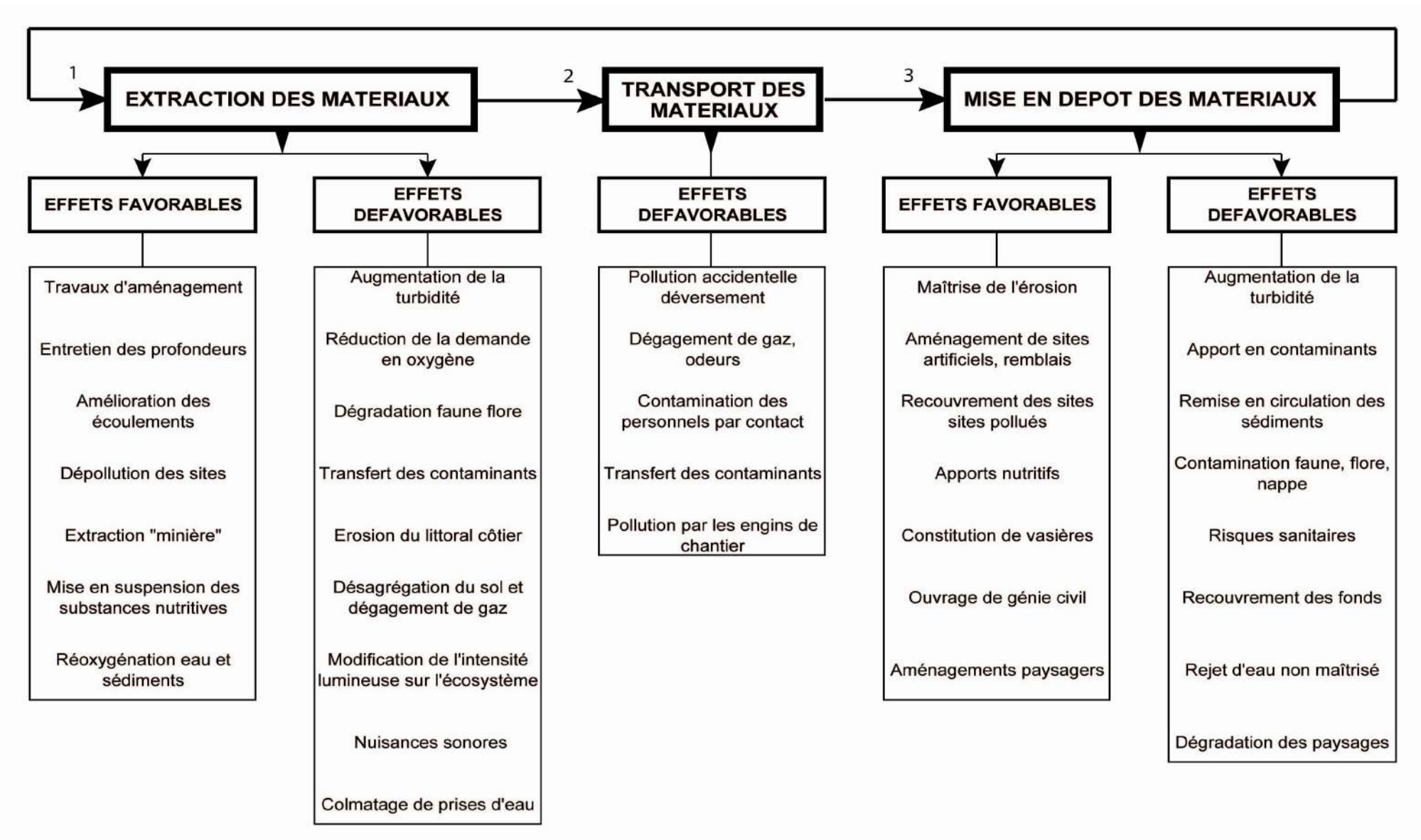


	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9
Caractéris-tiques du site	Dépression artificielle du fond marin	Dépression naturelle du fond marin	Tumulus sur le fond marin	Digues subaqua-tiques	Atolls artificiels	Île / péninsule artificielles	Lac intérieur, rivière ou autre eau ouverte	Lac intérieur ou autre eau ouverte	Site terrestre
Type de dépôt	**Dépôt aquatique**	**Dépôt aquatique**	**Dépôt aquatique**	**Dépôt aquatique**	Digue: **dépôt aquatique**; remblai: dépôt confiné	Digue: **dépôt aquatique**; remblai: dépôt confiné	**Dépôt aquatique**	**Dépôt aquatique**	**Dépôt terrestre**
Type de retenue	Retenue latérale			Retenue latérale	Dépôt confiné	Dépôt confiné	Dépôt confiné	Dépôt confiné	Dépôt confiné
Avec recouvrement	Dépôt aquatique retenu	Dépôt aquatique retenu	Recouvre-ment sur fond nivelé	Dépôt aquatique contenu					
Potentiel du site						Valorisation		Valorisation	Valorisation
Remarques							Les types de dépôts 1 à 5 existent dans le cadre du type 7		

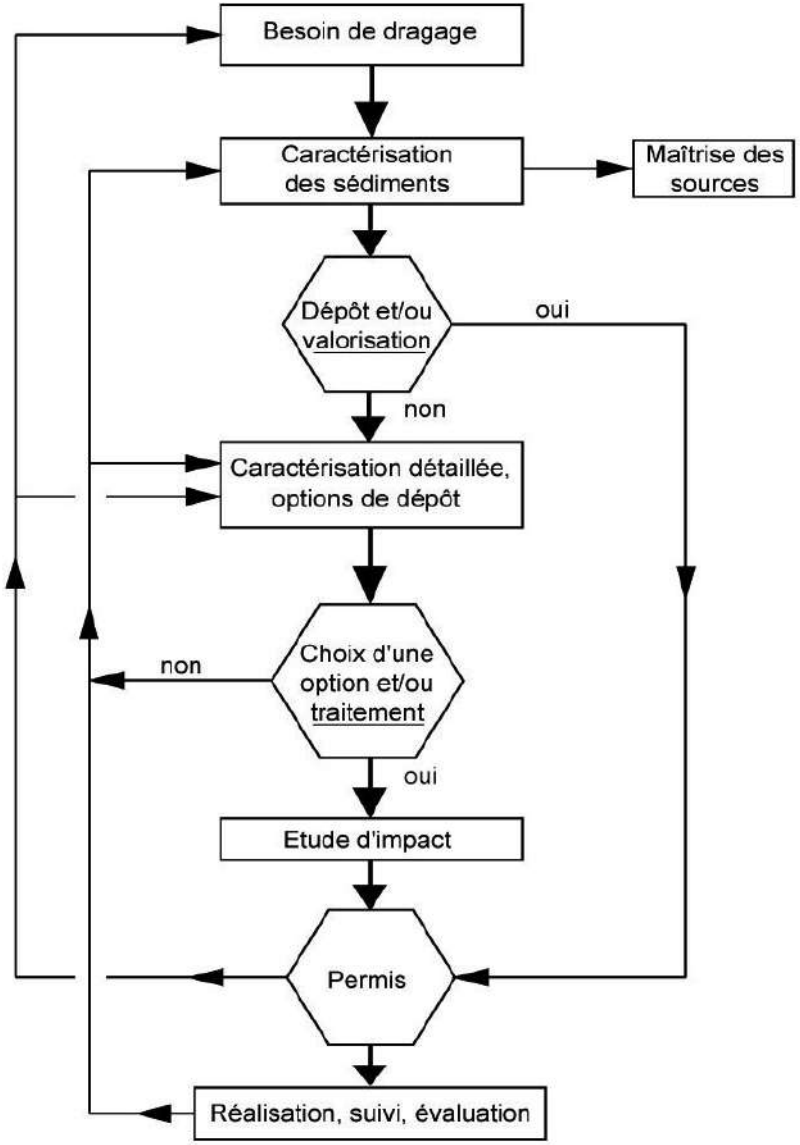
Organigramme schématiques de modélisation mathématique pour le calcul de transport de sédiments (Borst W., 2000)



Evaluation des effets potentiels du processus de dragage sur l'environnement (GREGOIRE P., 2004)



Cadre d'évaluation des matériaux de dragage (AIPCN, 1998)

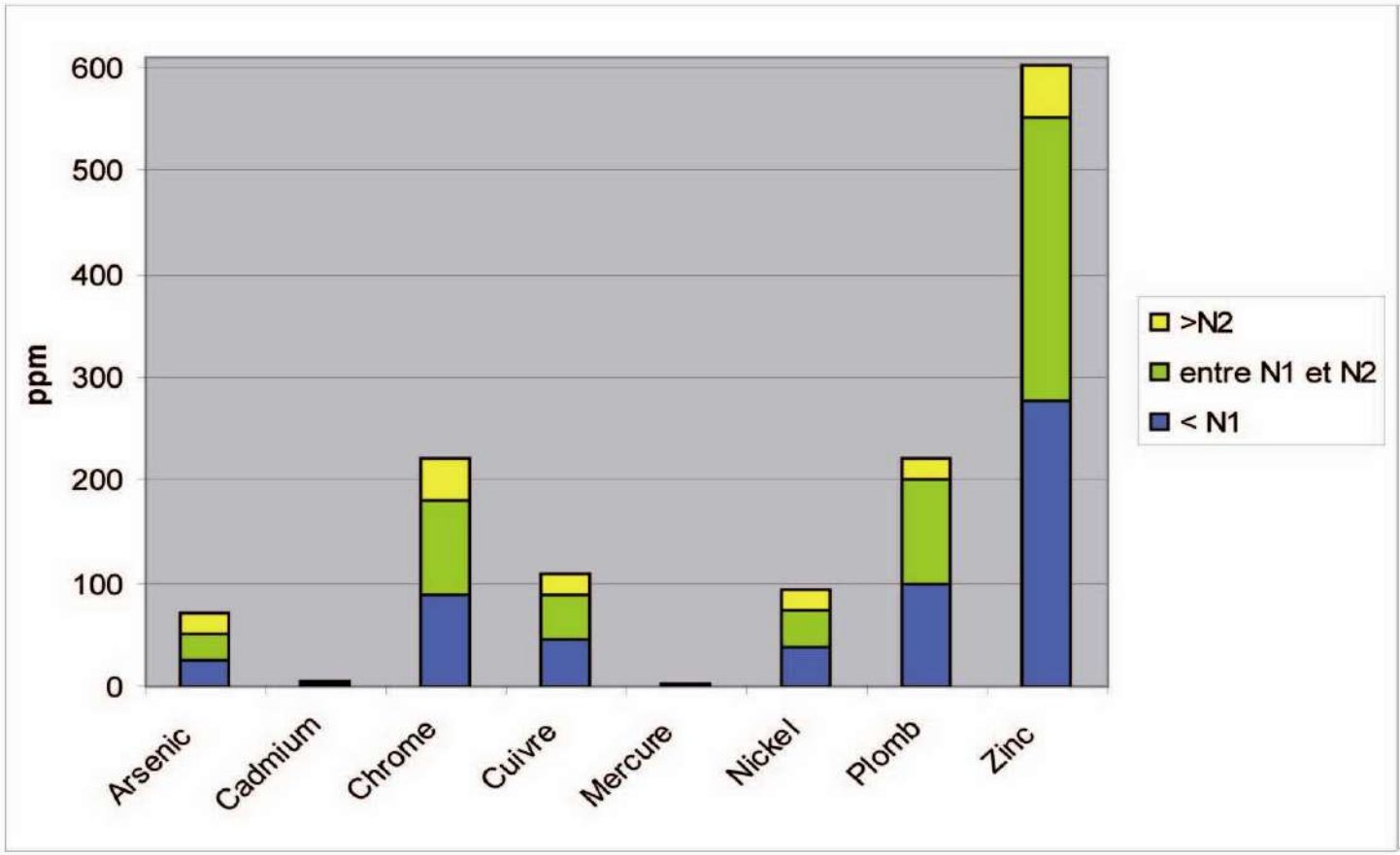


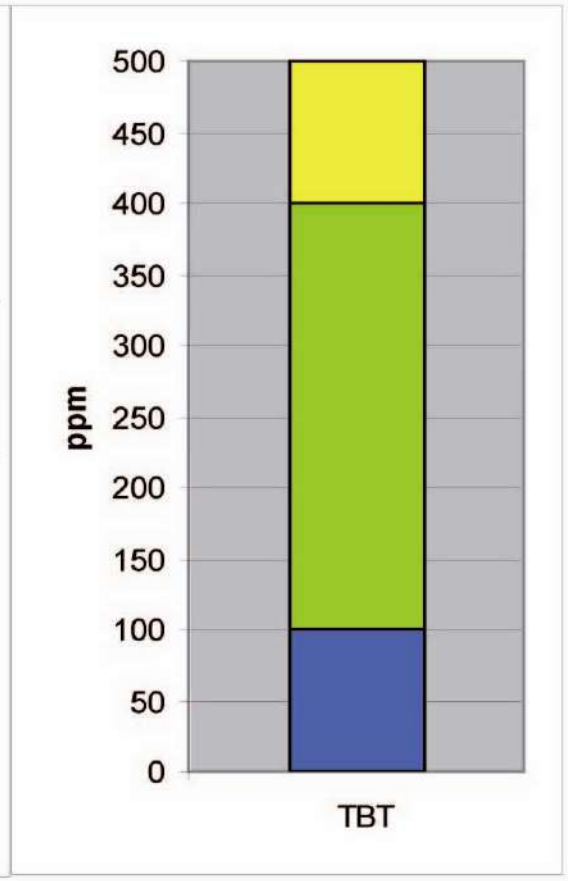
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

Immersion des sédiments: seuils GEODE pour les métaux lourds, HAP, TBT et PCB

Dépôt à terre: test de lixiviation

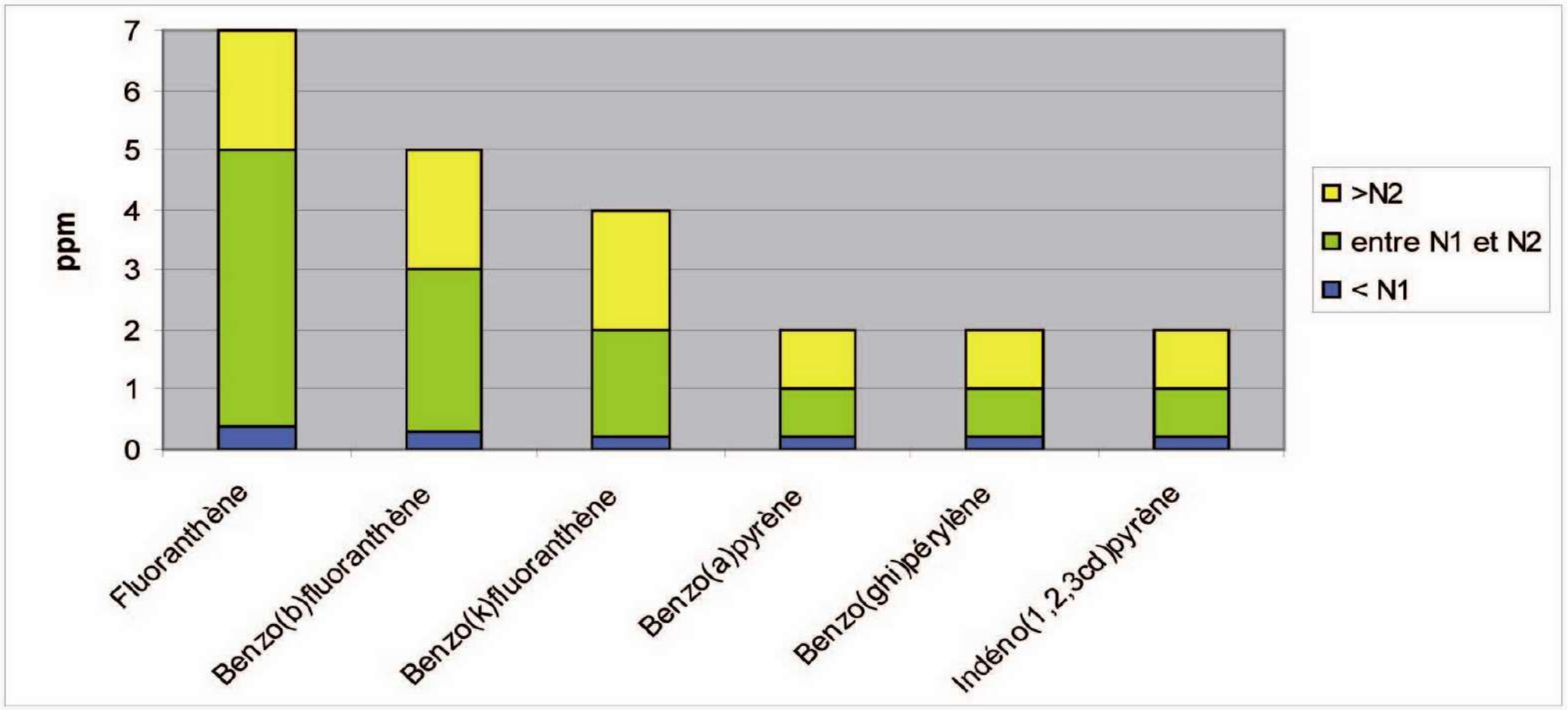
Immersion des sédiments: seuil GEODE (France) pour les métaux lourds et pour le TBT





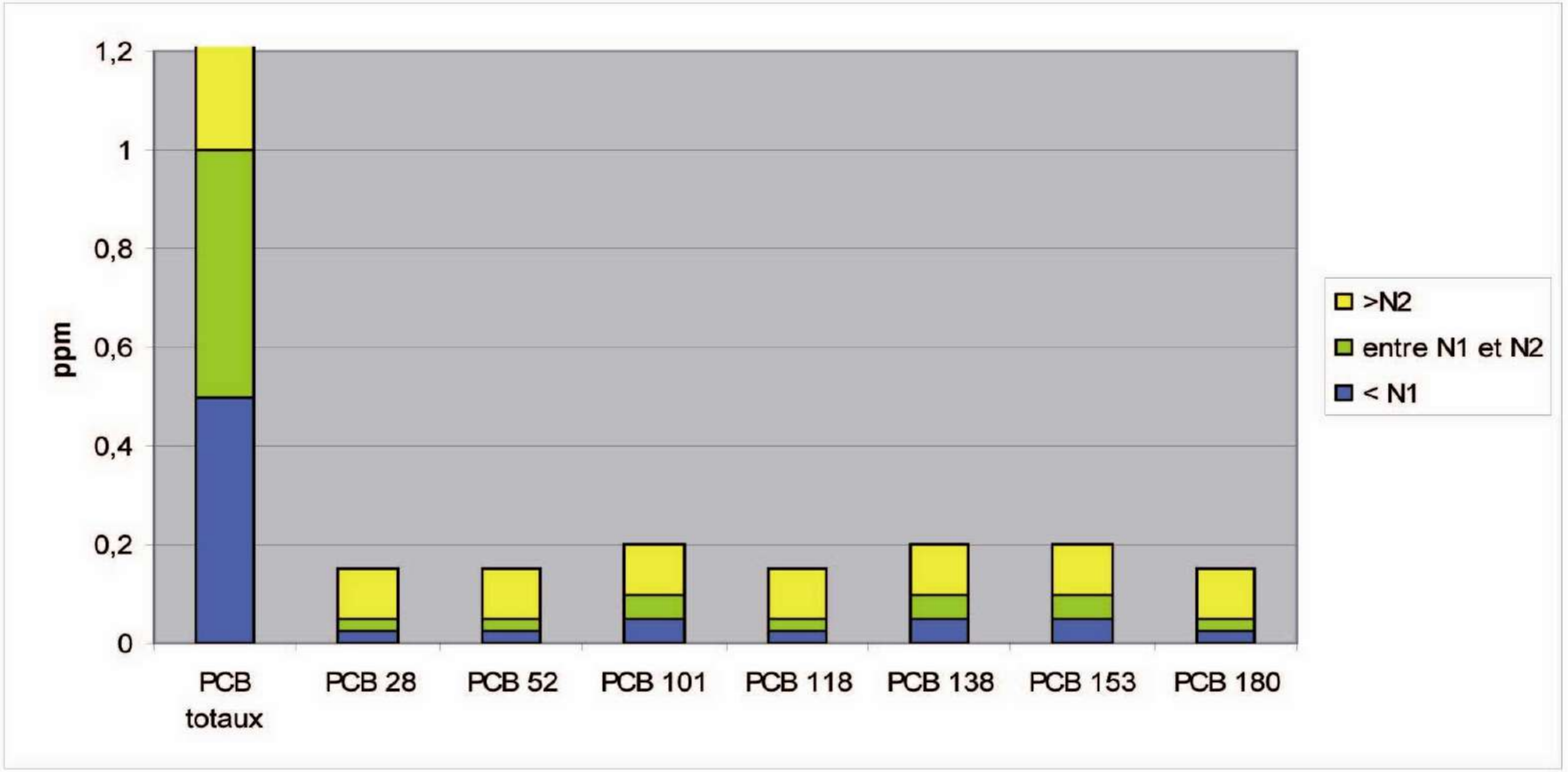
(ppm = mg/kg)

Immersion des sédiments: seuil GEODE (France) pour les HAP



(ppm = mg/kg)

Immersion des sédiments: seuil GEODE (France) pour les PCB



(ppm = mg/kg)

Dépôt à terre: test de lixiviation

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

test lixiviation		Critères d'admission de déchets dans les décharges					
Caractéristiques Physiques		ISDI	seuil	ISDND	seuil	ISDD	
Matière sèche	% prod brut	Installation de Stockage de Déchets Inertes	30	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux	30	Installation de Stockage de Déchets Dangereux	30
COT sur bruts	mg/kg sec		30000		50000		100000
COT sur éluat	mg/kg sec		500		800		1000
Fraction soluble sur éluat	mg/kg sec		4000		60000		100000
Chlorures syr éluat	mg/kg sec		800		15000		25000
Fluorures sur éluat	mg/kg sec		10		150		500
Sulfates sur éluat	mg/kg sec		1000		20000		50000
Indices phénols sur éluat	mg/kg sec		1		3		1000
Antimoine	mg/kg sec		0,06		0,7		5
Arsenic	mg/kg sec		0,5		2		25
Baryum	mg/kg sec		20		100		300
Cadmium	mg/kg sec		0,04		1		5
Chrome	mg/kg sec		0,5		10		70
Cuivre	mg/kg sec		2		50		100
Mercure	mg/kg sec		0,01		0,2		2
Molybdène	mg/kg sec		0,5		10		30
Nickel	mg/kg sec		0,4		10		40
Plomb	mg/kg sec		0,5		10		50
Sélénium	mg/kg sec		0,1		0,5		7
Zinc	mg/kg sec		4		50		200
Some des PCB	µg/kg sec		1000		/		/
Somme de BTEX	mg/kg sec		6		/		/
Somme des 16 HAP	mg/kg sec		50		/		/
Indices hydrocarbures C10 à C40	mg/kg sec		500		2500		50000

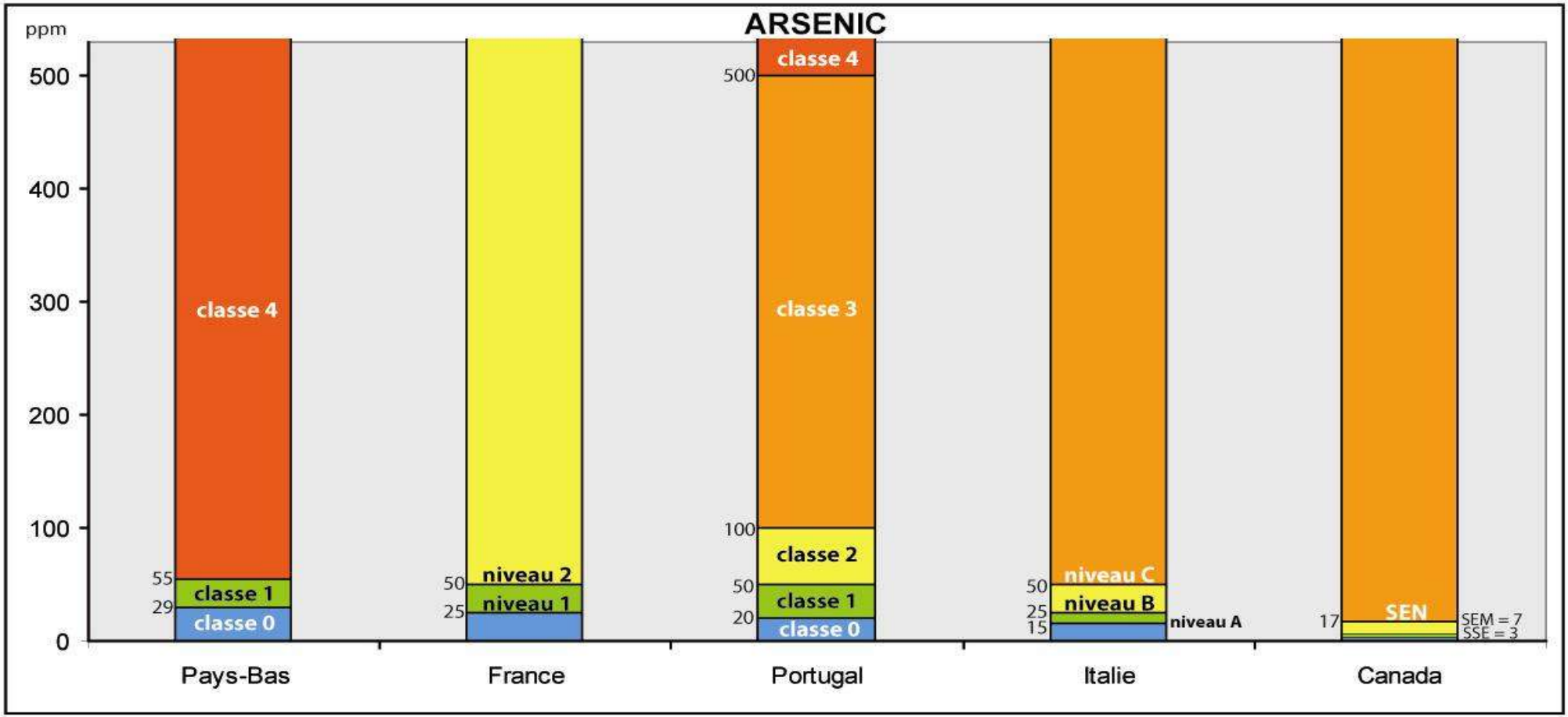
Valeurs normatives pour les métaux lourds en France, canada, Italie, Portugal et Pays-Bas.

Utilisation des valeurs normatives pour la mise en dépôt (GREGOIRE P., 2004)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

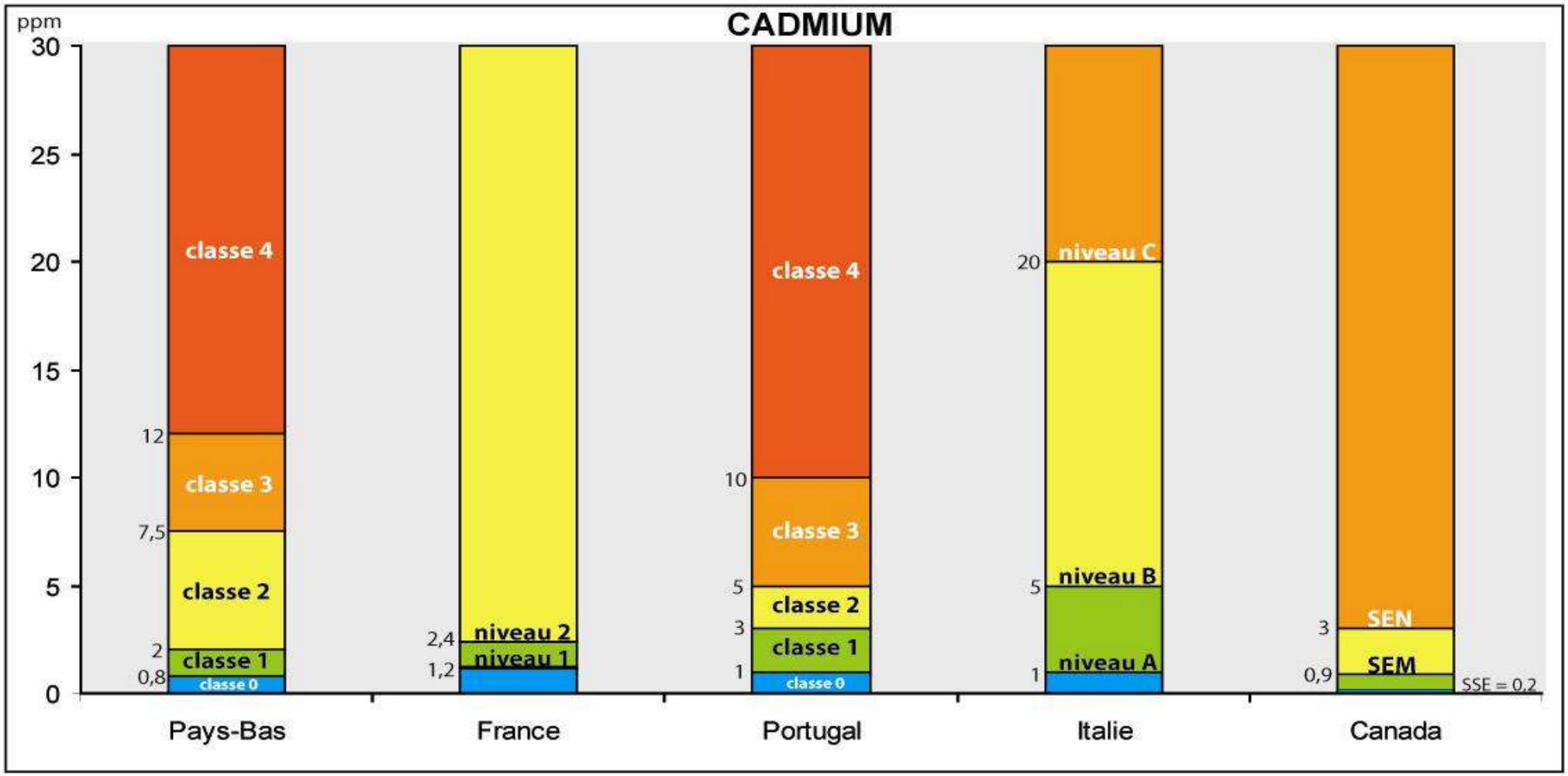
Pays	Classes Niveaux Seuils	Orientations décisionnelles
Pays -Bas	Classe 0	Aucune restriction
	Classe 1	Rejet en mer
	Classe 2	Rejet en mer possible
	Classe 3	Dépôt à terre si possible
	Classe 4	Dépôt à terre impératif
France	Niveau 1	Valeurs < Niv 1, immersion autorisée
		Entre Niv1 et Niv2, études complémentaires
	Niveau 2	Valeurs > Niv2, études approfondies
Portugal	Classe 0	Aucune restriction
	Classe 1	Précautions avant rejet en mer
	Classe 2	Etudes approfondies avant rejet en mer
	Classe 3	Dépôt cellule étanche, couche imperméable
	Classe 4	Immersion, stockage à terre interdits
Italie	Niveau A	Valeurs < Niv A, confinement léger
	Niveau B	Entre Niv A et Niv B, confinement permanent avec feuille plastique
	Niveau C	Entre Niv B et Niv C, confinement permanant lourd avec fondation profonde continue
Canada	SSE	seuil sans effet
	Niveau 1	Niv < SEM, rejet en eau libre sans restriction
	SEM	seuil d'effets mineurs
	Niveau 2	Entre SEM et SEN, examen environnemental attentif
	SEN	seuil d'effets néfastes
	Niveau 3	Niv > SEN, traitement, confinement, réduction de sources, restauration du milieu

Critères de qualité pour les 5 pays concernant l'arsenic (GREGOIRE P., 2004)



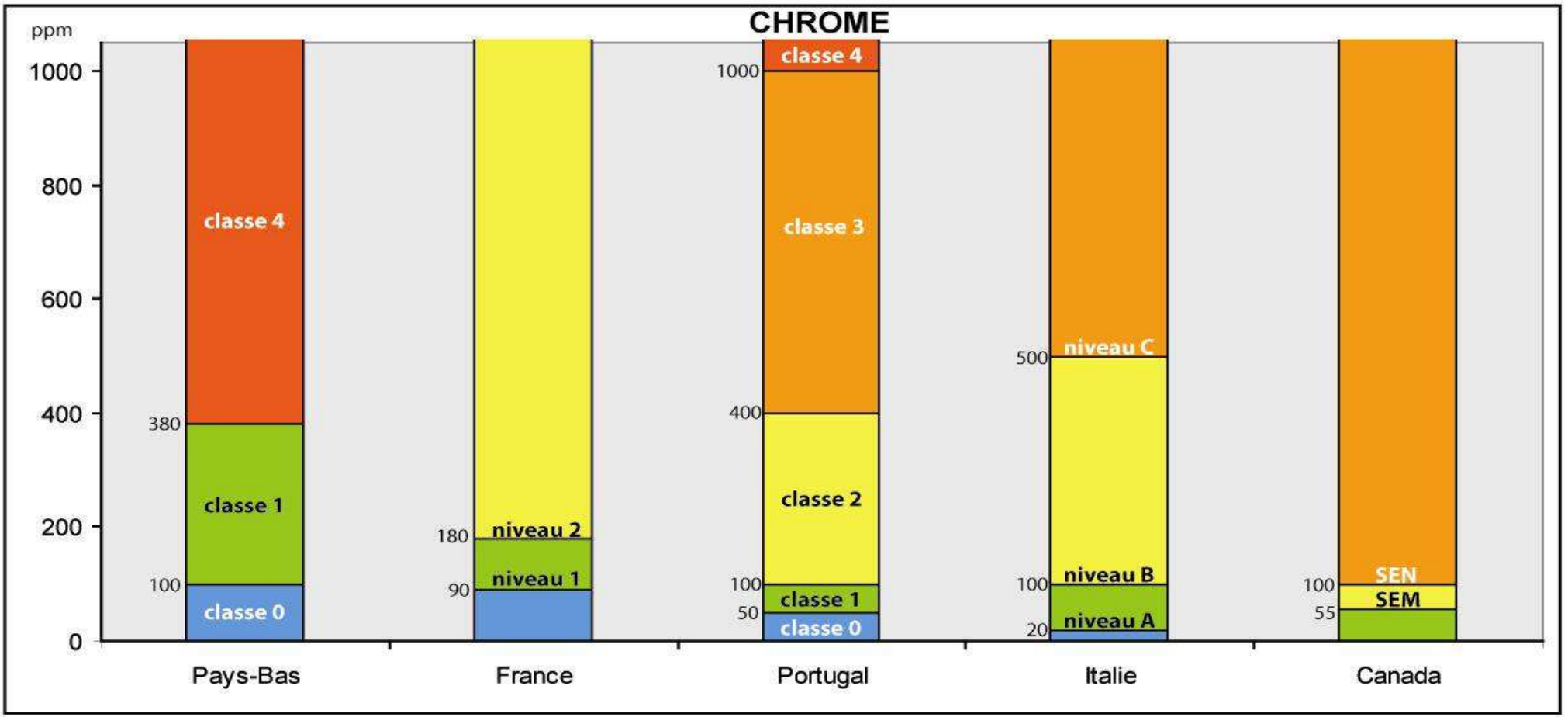
ppm = mg/kg

Critères de qualité pour les 5 pays concernant le cadmium (GREGOIRE P., 2004)



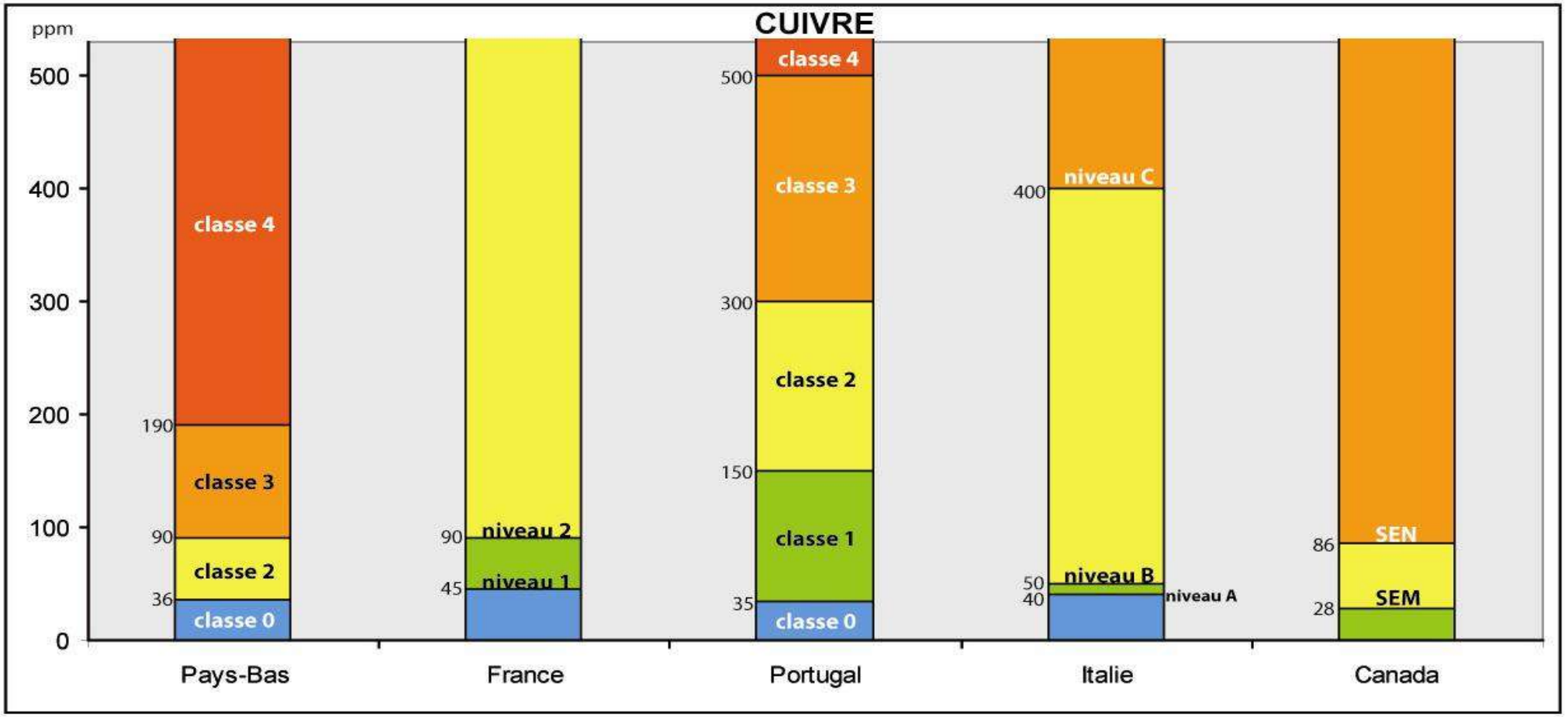
ppm = mg/kg

Critères de qualité pour les 5 pays concernant le chrome (GREGOIRE P., 2004)



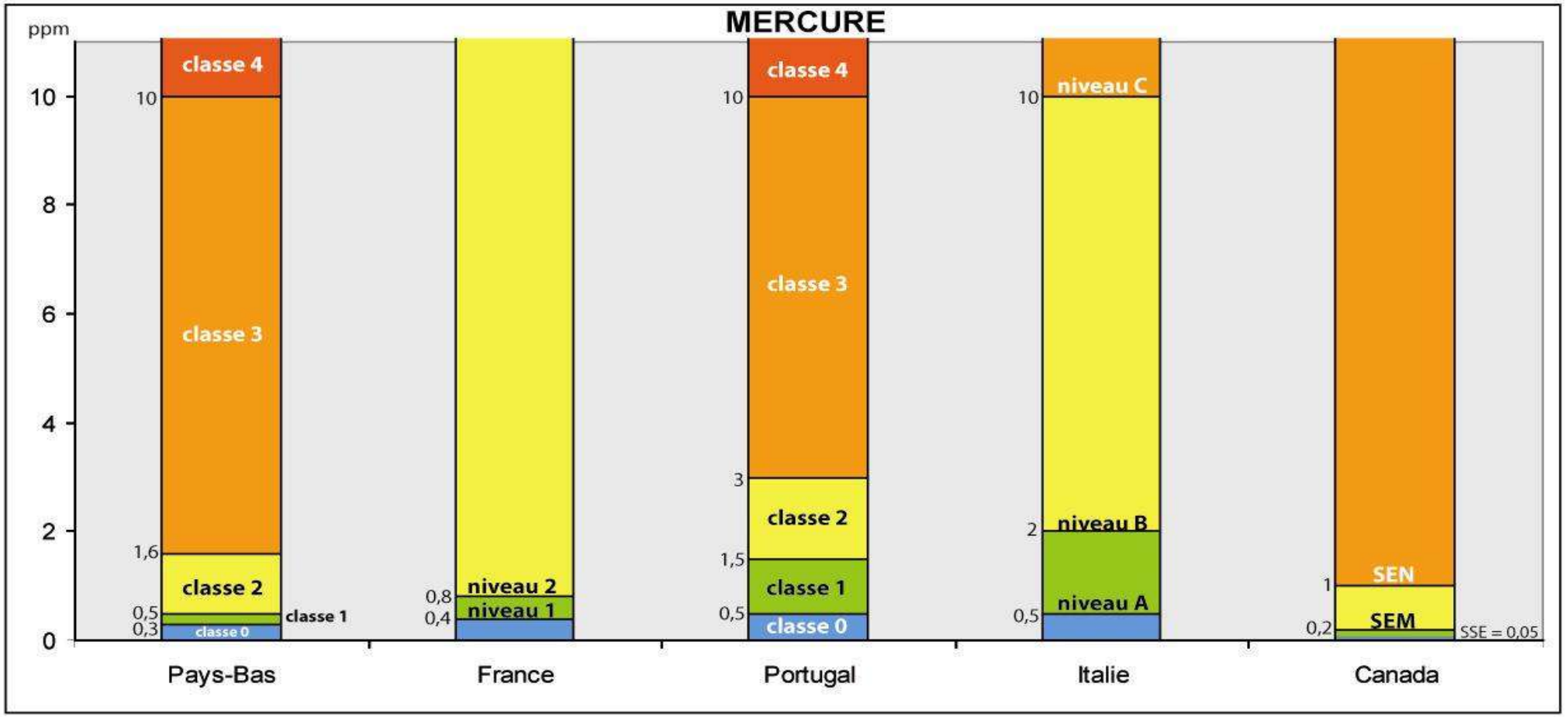
ppm = mg/kg

Critères de qualité pour les 5 pays concernant le cuivre (GREGOIRE P., 2004)



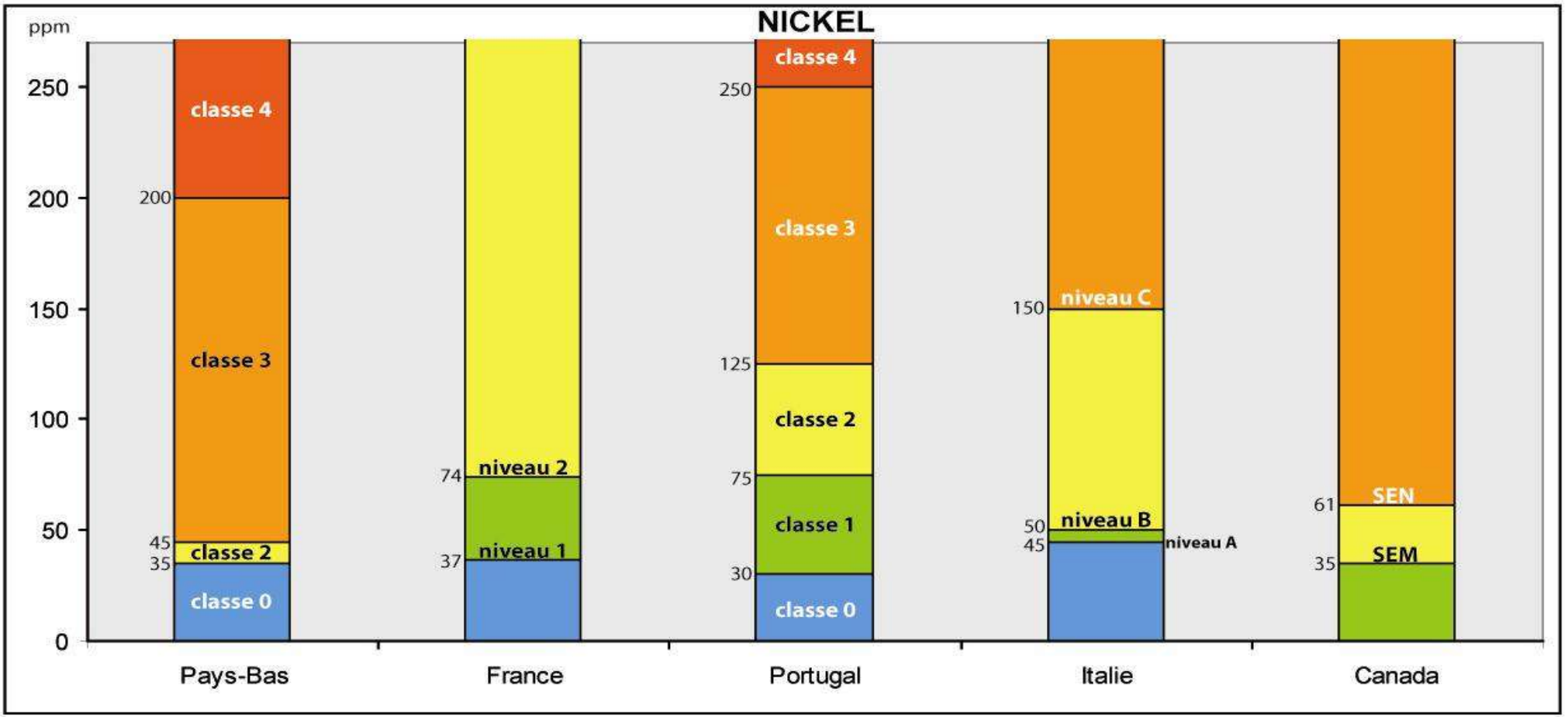
ppm = mg/kg

Critères de qualité pour les 5 pays concernant le mercure (GREGOIRE P., 2004)



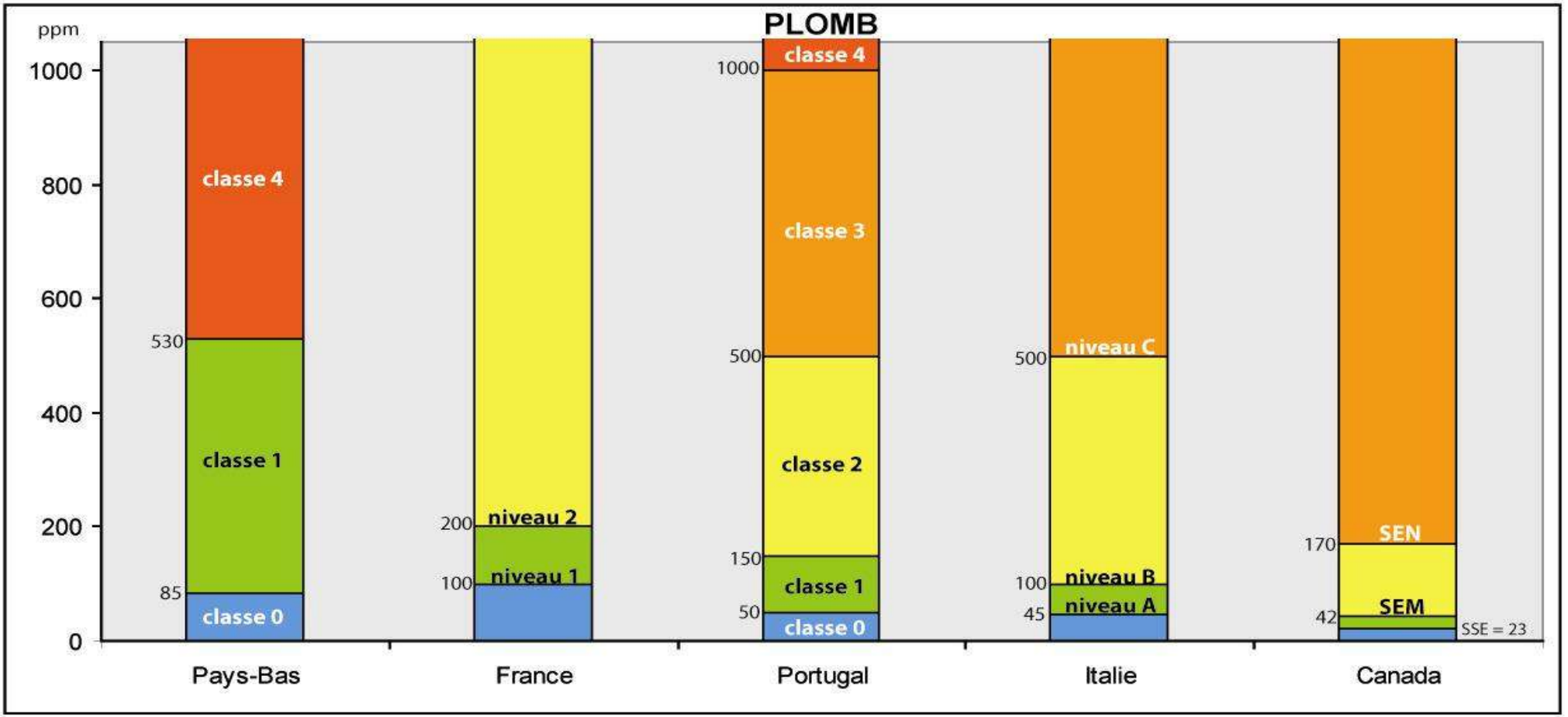
ppm = mg/kg

Critères de qualité pour les 5 pays concernant le nickel (GREGOIRE P., 2004)



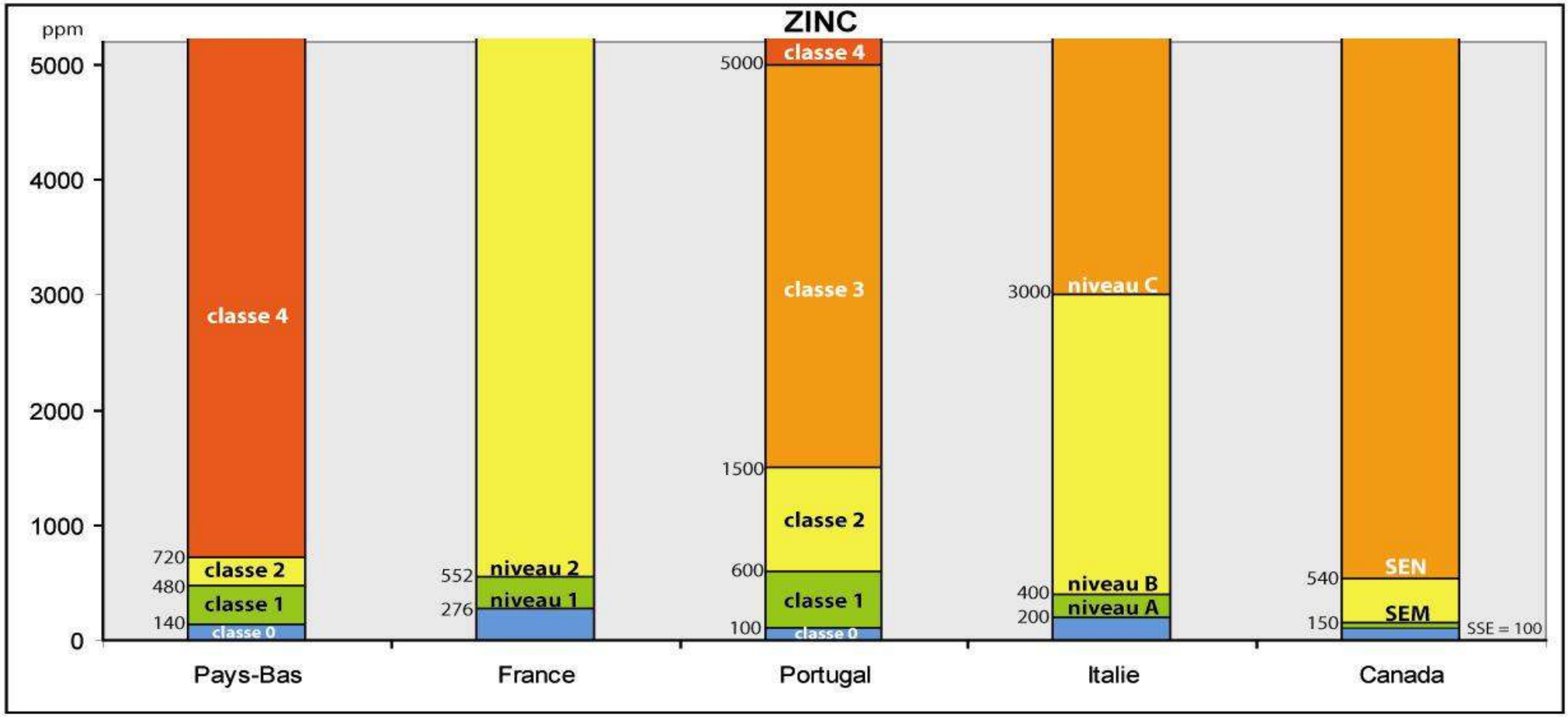
ppm = mg/kg

Critères de qualité pour les 5 pays concernant le plomb (GREGOIRE P., 2004)



ppm = mg/kg

Critères de qualité pour les 5 pays concernant le zinc (GREGOIRE P., 2004)



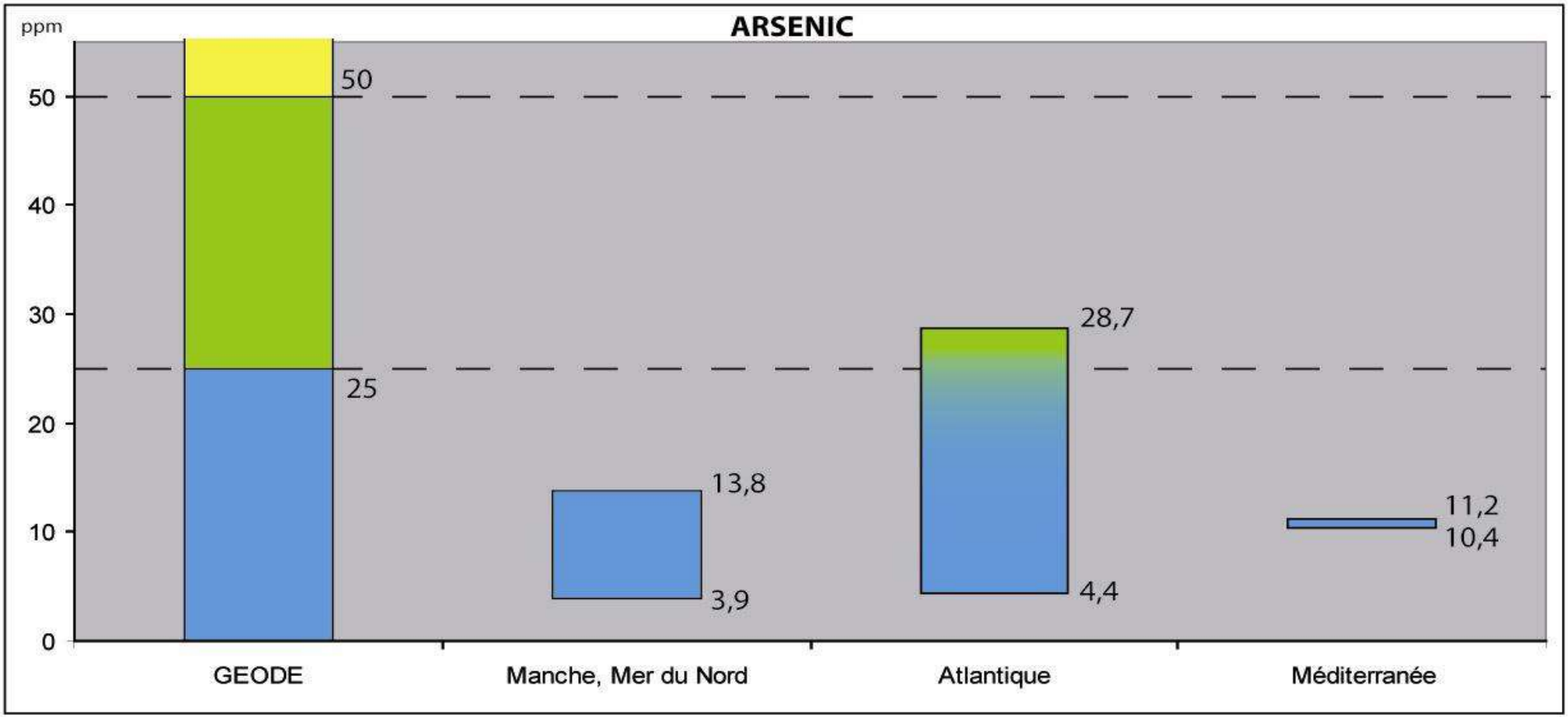
ppm = mg/kg

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

Métaux lourds : exemple de la France pour l'atlantique, la manche et la méditerranée.

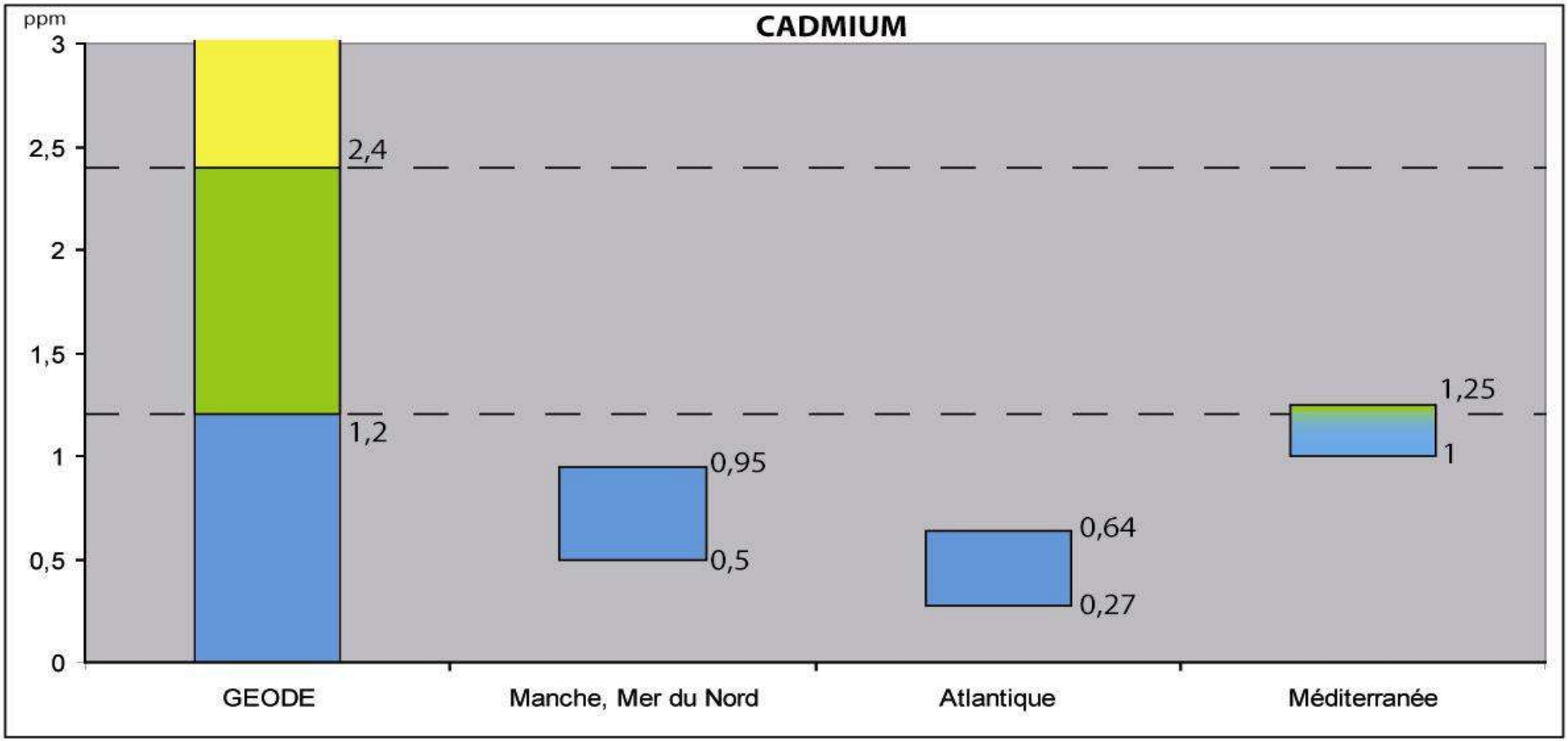
Valeurs minimales et maximales des médianes annuelles des concentrations en contaminants

Valeurs minimales et maximales des concentrations en arsenic (ALZIEU et Al., 1999)



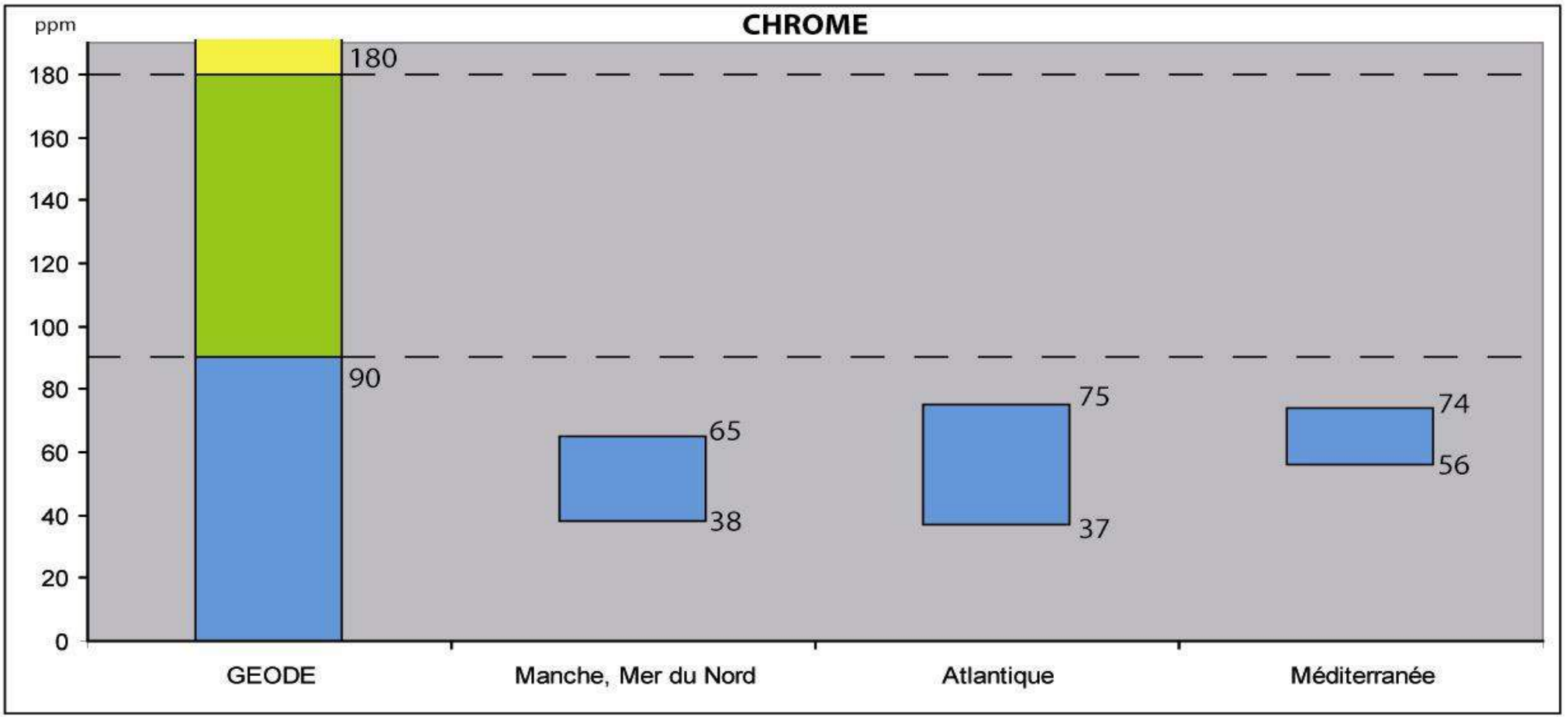
ppm = mg/kg

Valeurs minimales et maximales des concentrations en cadmium (ALZIEU et Al., 1999)



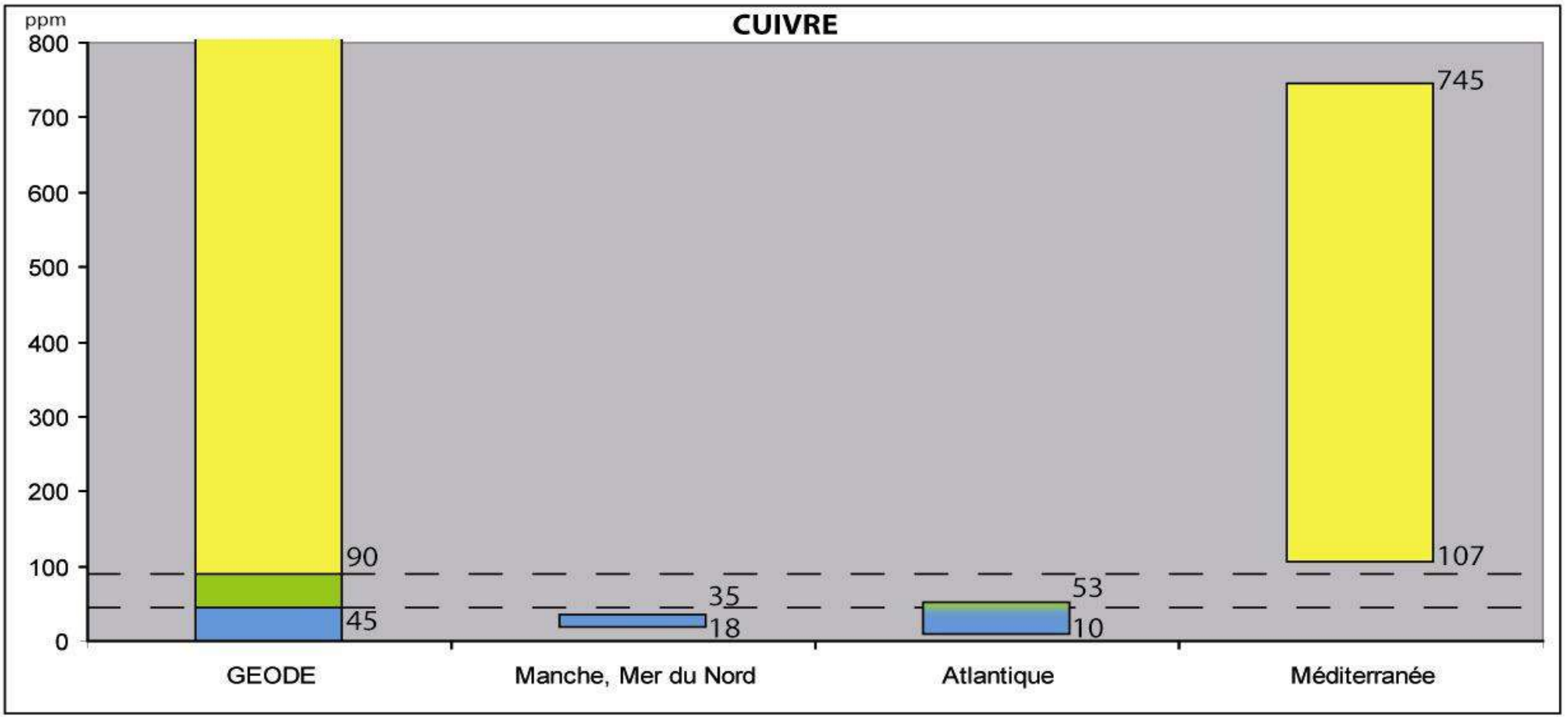
ppm = mg/kg

Valeurs minimales et maximales des concentrations en chrome (ALZIEU et Al., 1999)



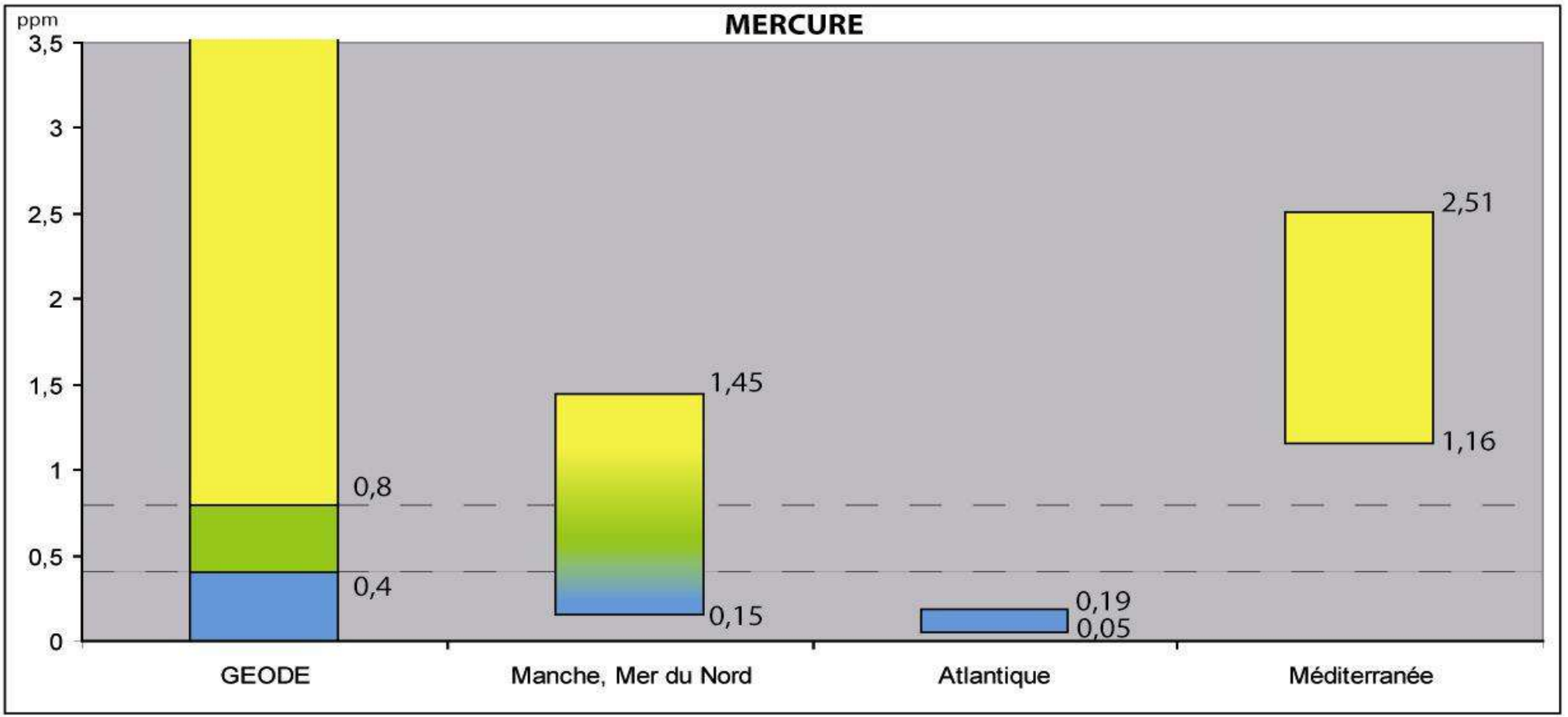
ppm = mg/kg

Valeurs minimales et maximales des concentrations en cuivre (ALZIEU et Al., 1999)



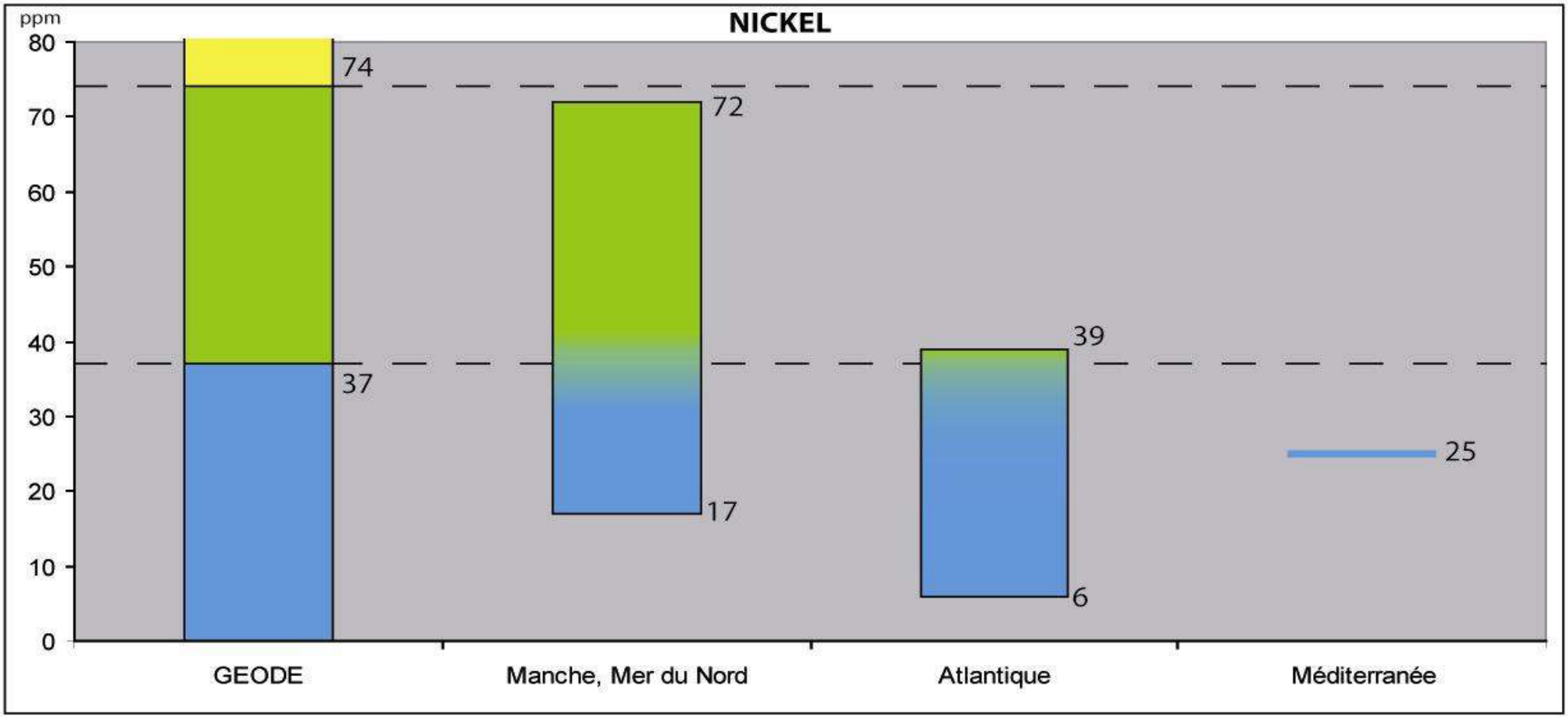
ppm = mg/kg

Valeurs minimales et maximales des concentrations en mercure (ALZIEU et Al., 1999)



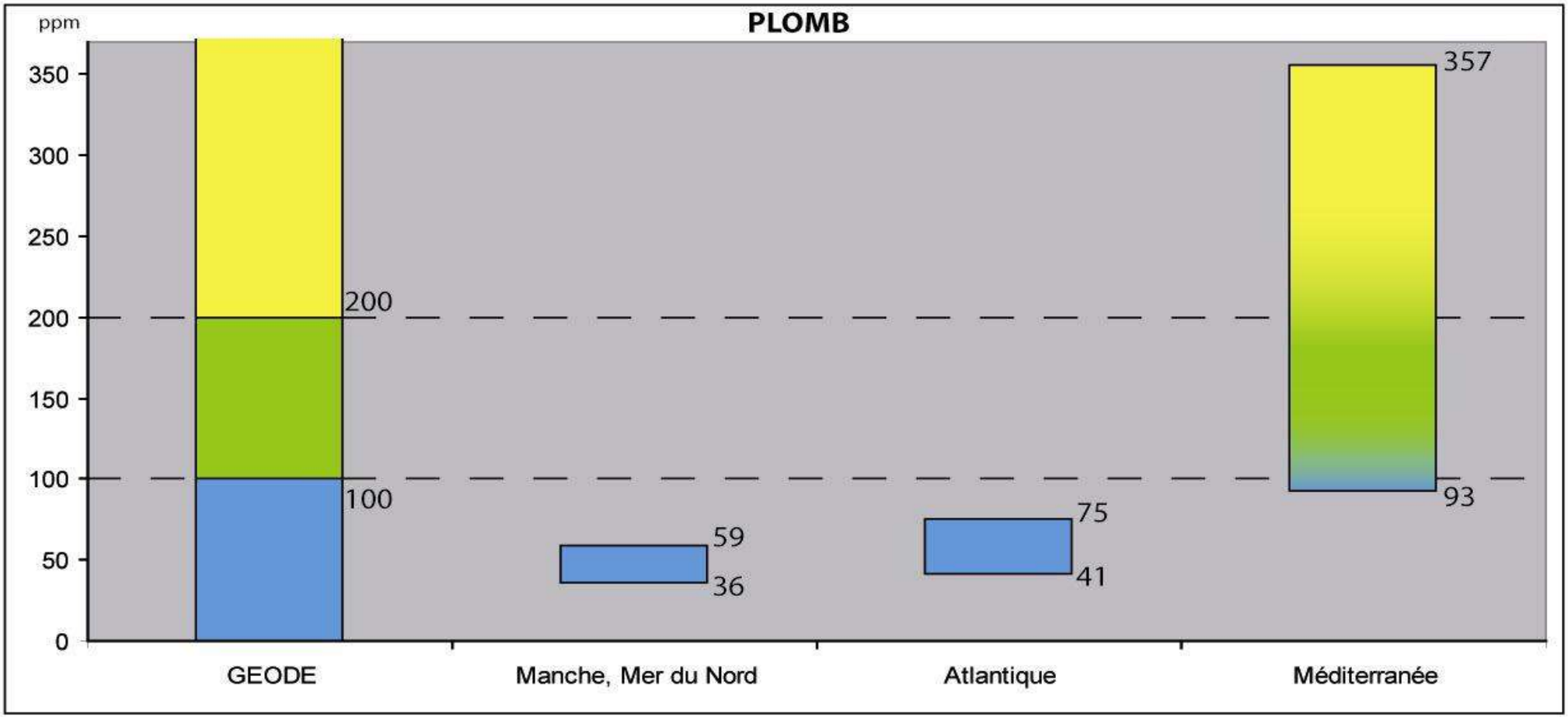
ppm = mg/kg

Valeurs minimales et maximales des concentrations en nickel (ALZIEU et Al., 1999)



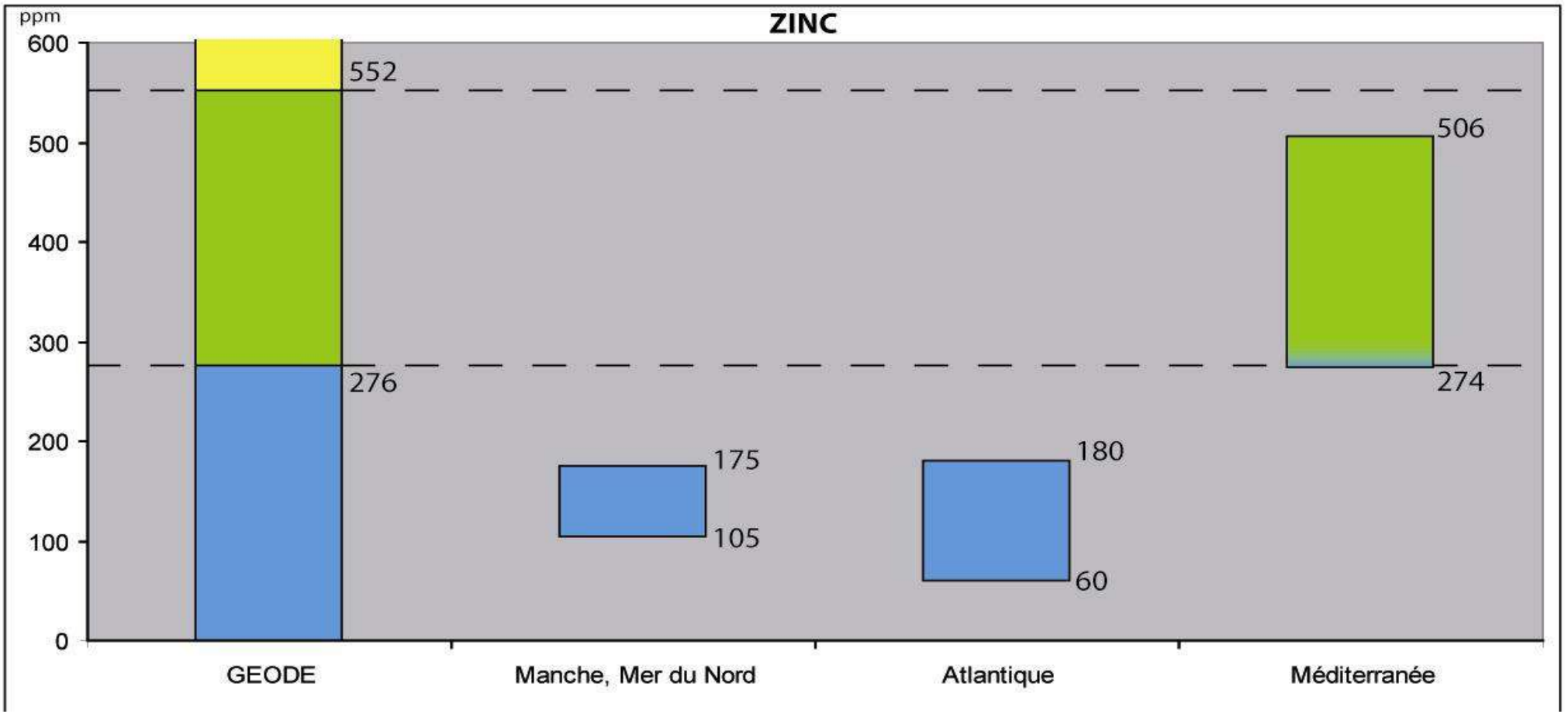
ppm = mg/kg

Valeurs minimales et maximales des concentrations en plomb (ALZIEU et Al., 1999)



ppm = mg/kg

Valeurs minimales et maximales des concentrations en zinc (ALZIEU et Al., 1999)



ppm = mg/kg

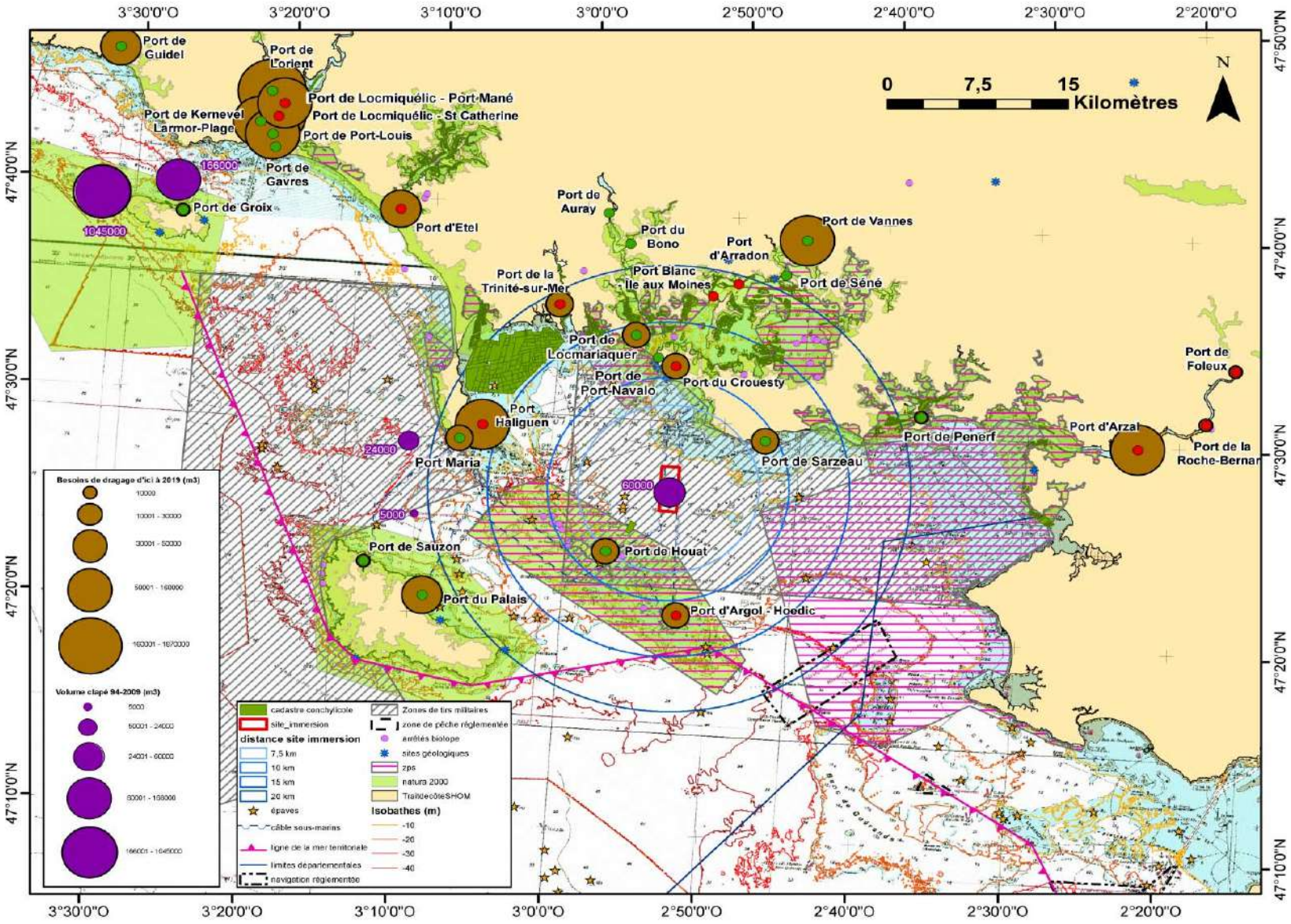
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

Métaux lourds : exemple de la baie de Quiberon et du Golfe du Morbihan.

Résumé des données pour le Morbihan

Les besoins de dragage des ports dans leur contexte littoral en Morbihan (GMGL – DDTM 2010)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

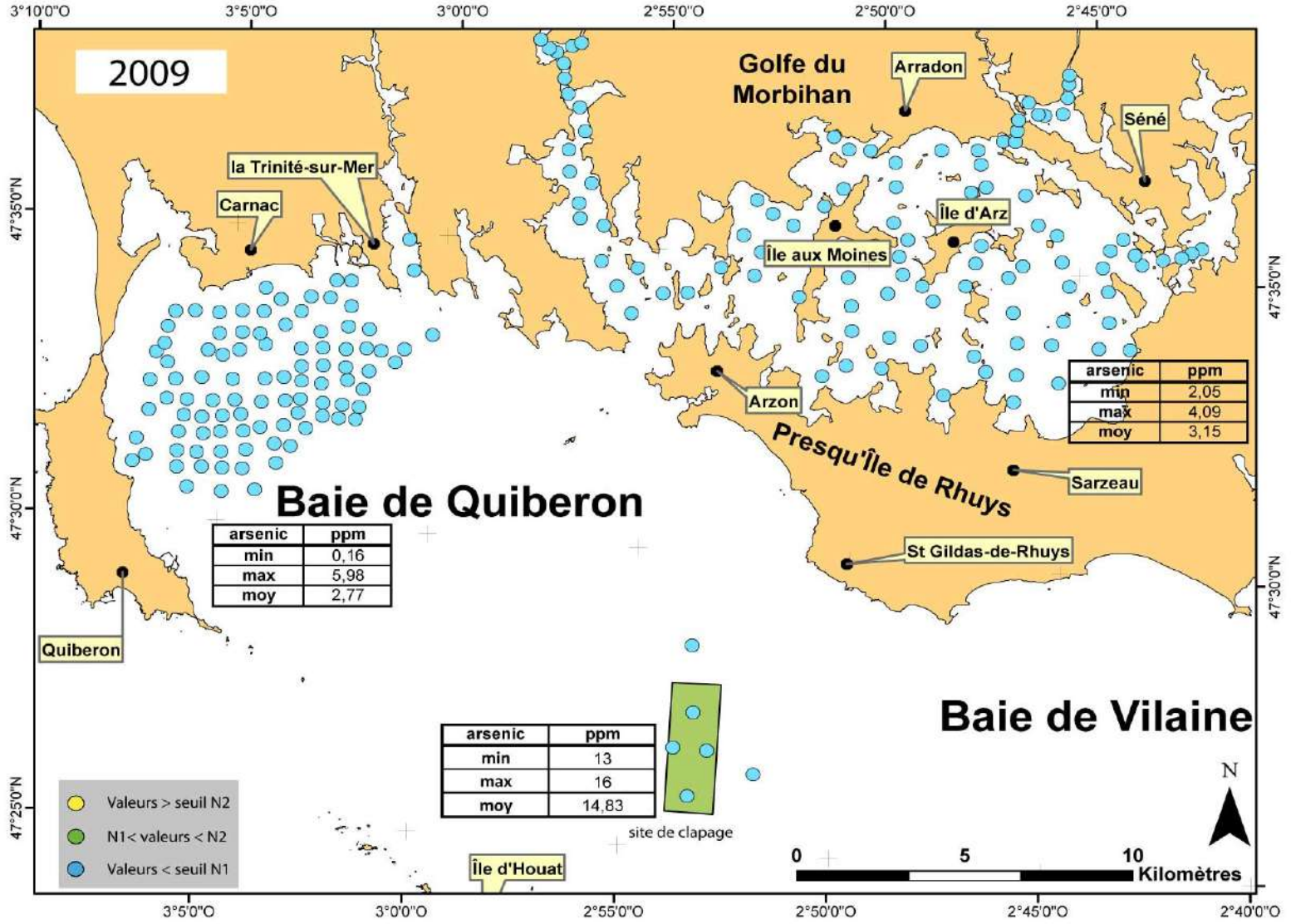
Métaux lourds : exemple de la baie de Quiberon et du Golfe du Morbihan:

Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2009
(ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2009 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

As
(ppm = mg/kg)

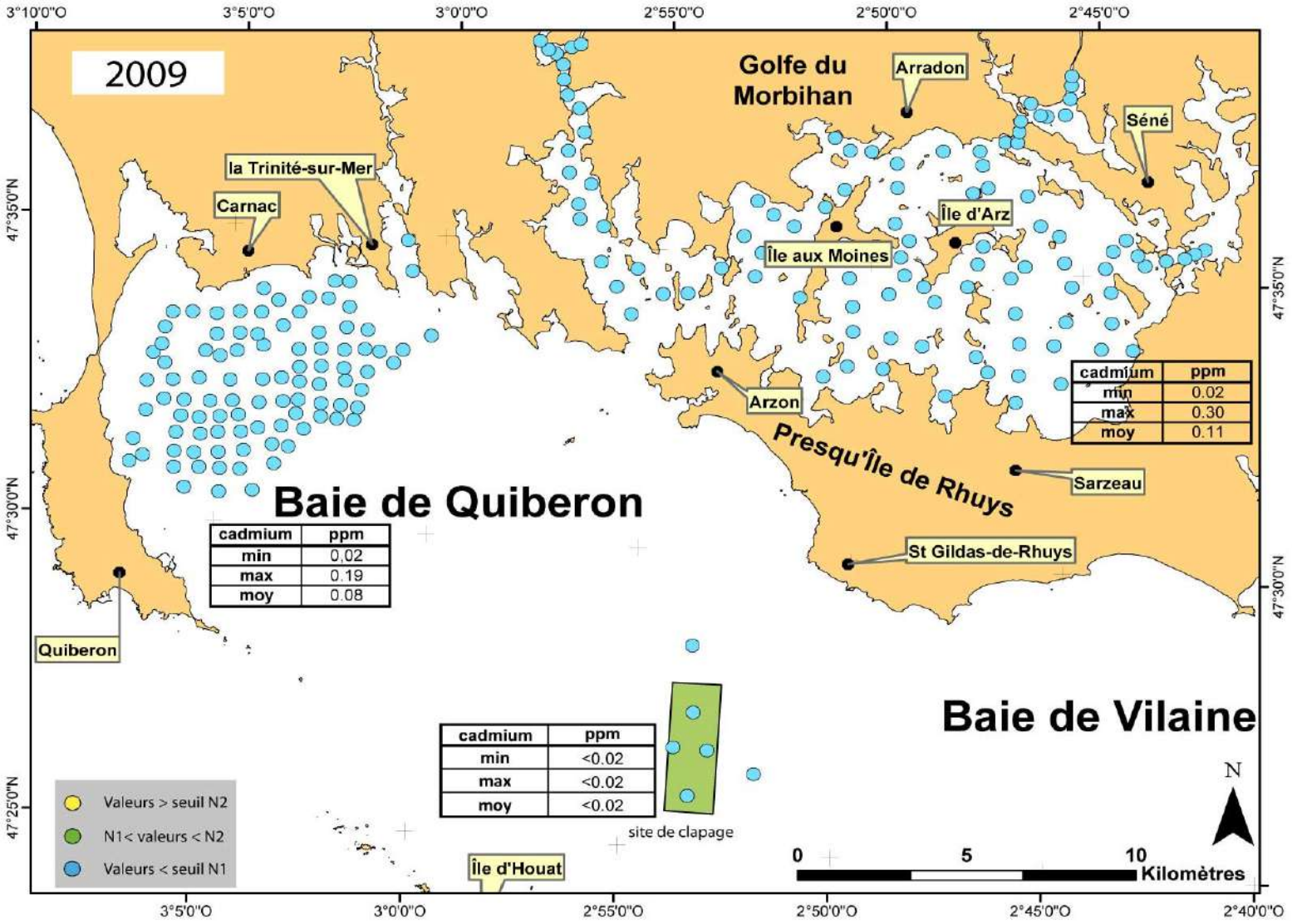
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2009 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Cd
(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

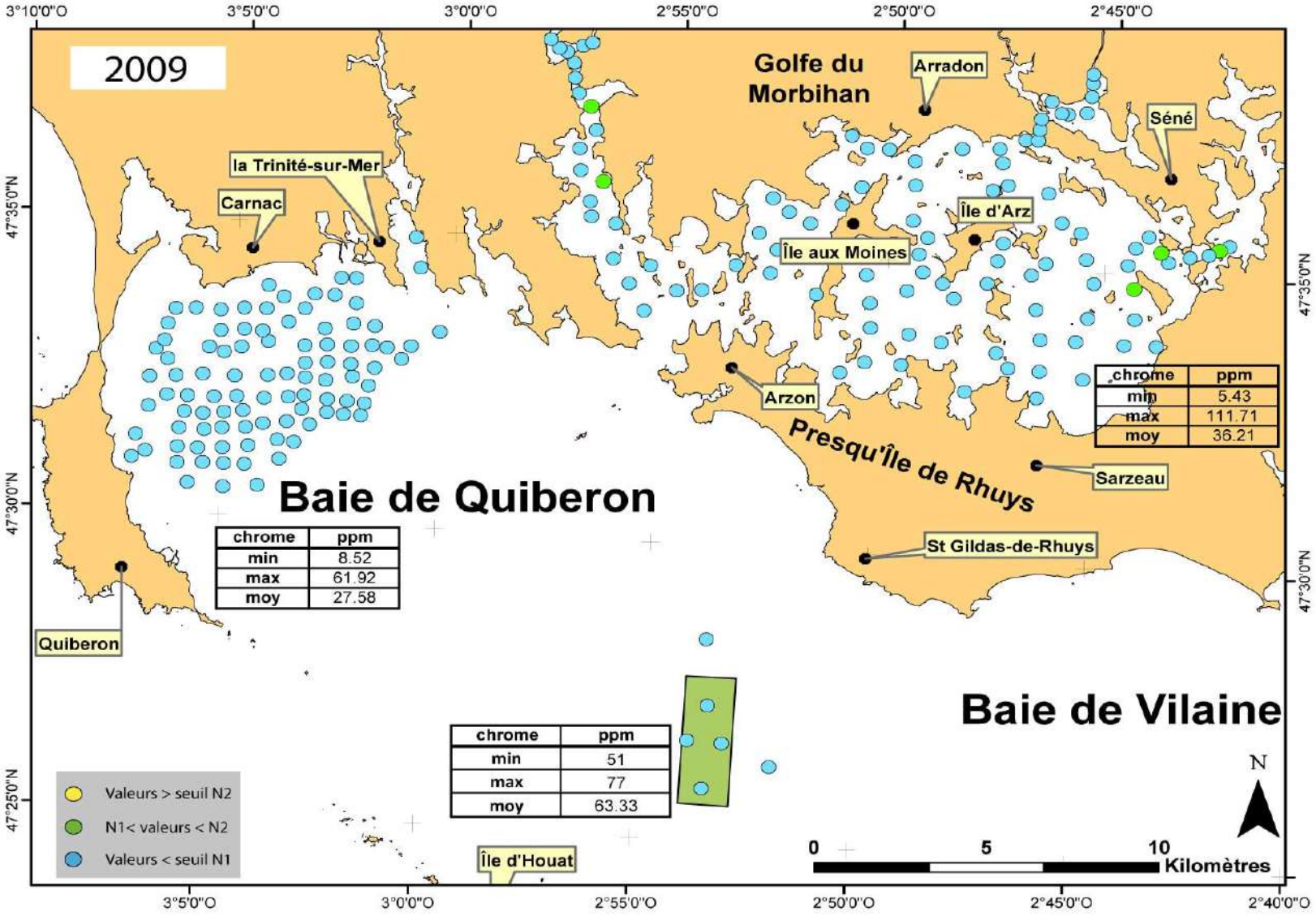


Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2009 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Cr

(ppm = mg/kg)

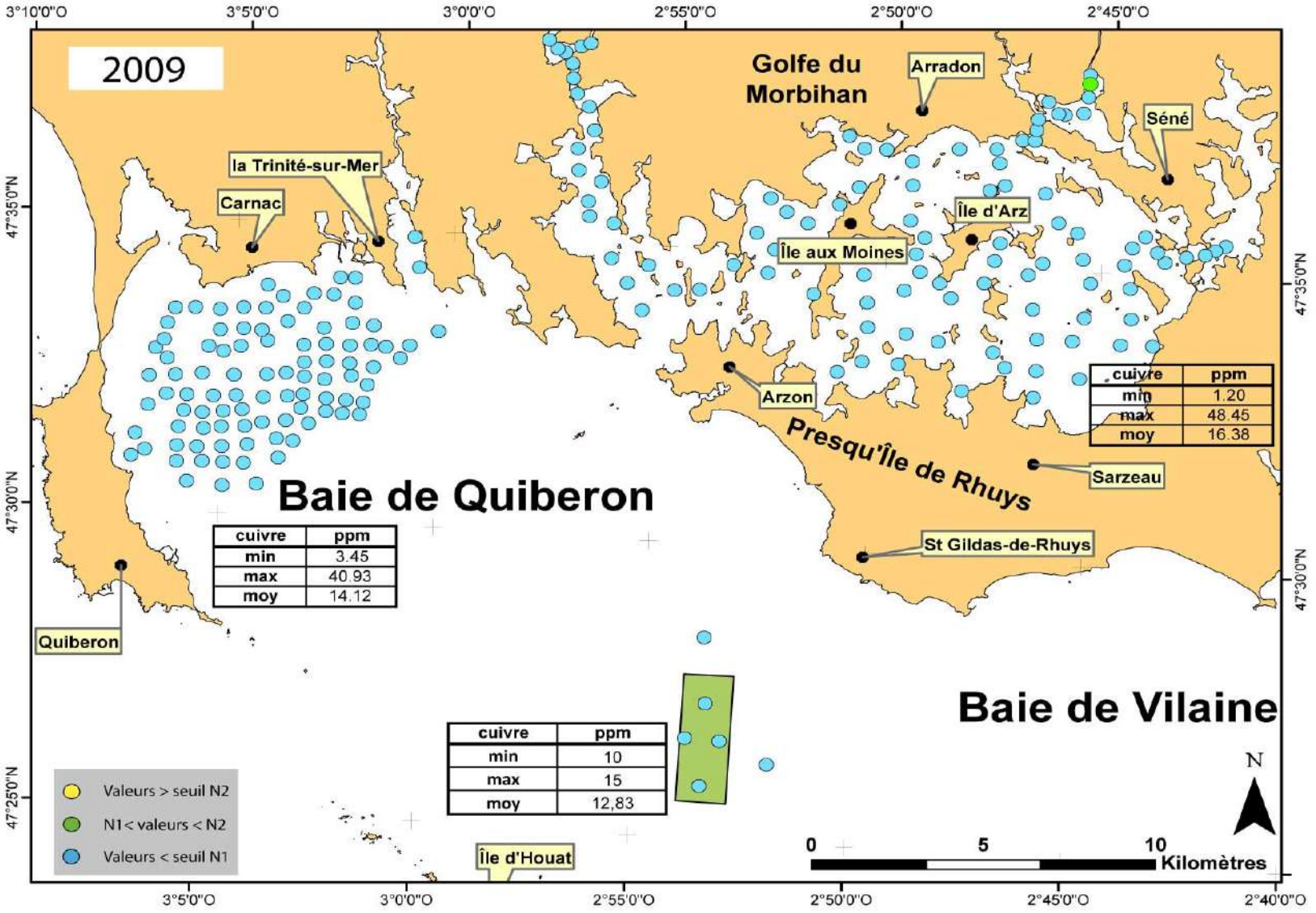
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2009 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Cu
(ppm = mg/kg)

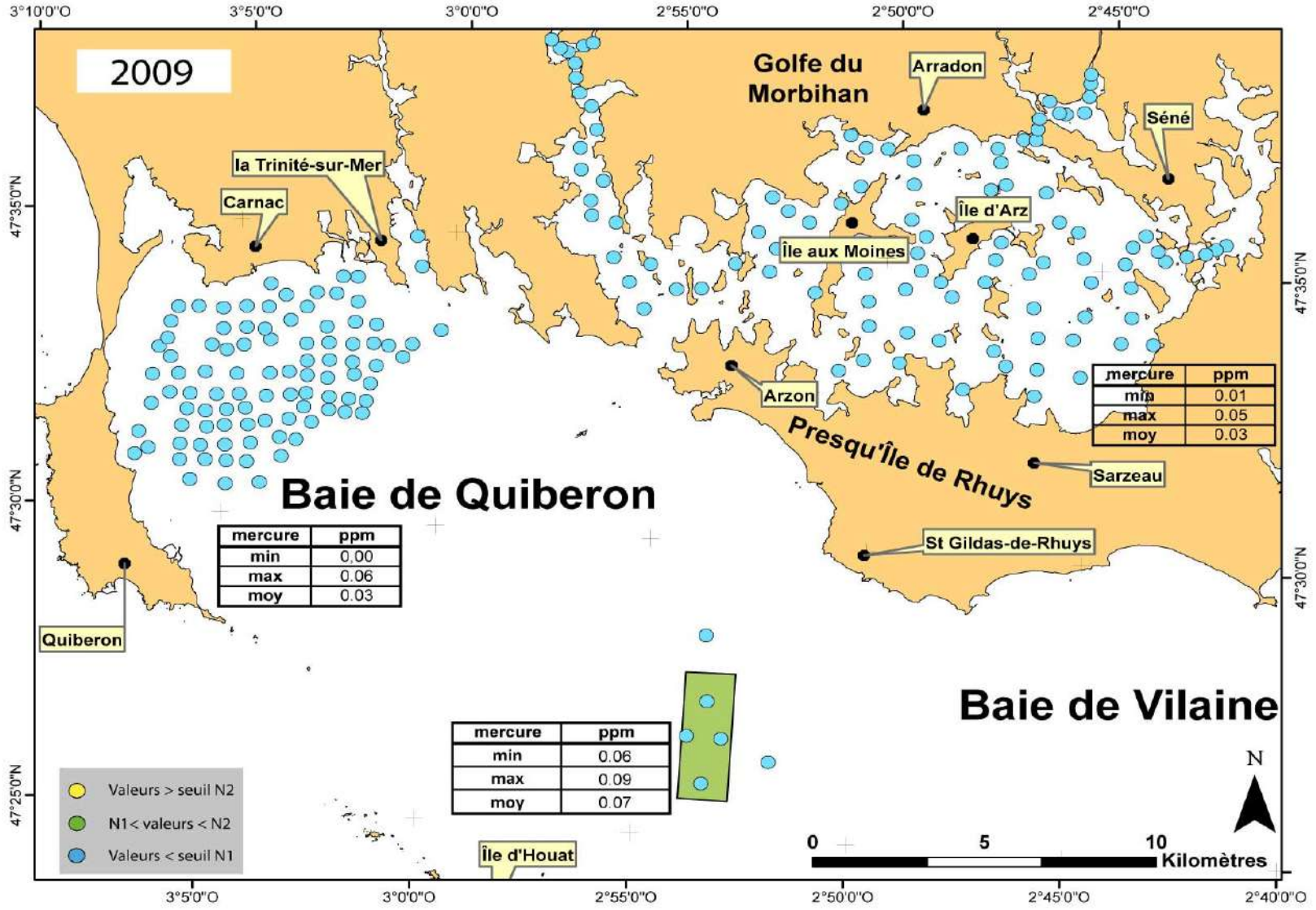
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2009 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Hg
(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

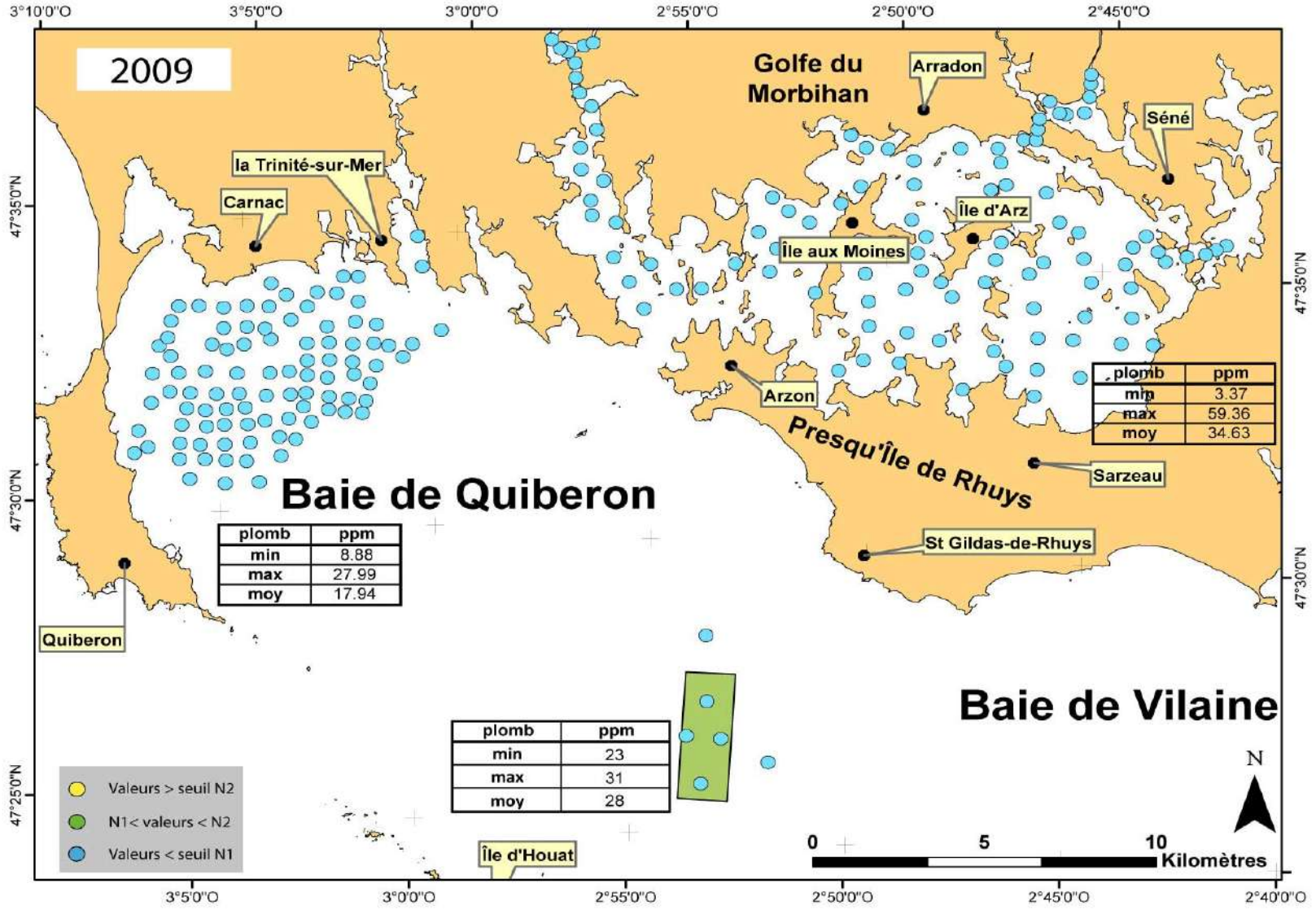


Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2009 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Pb

(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

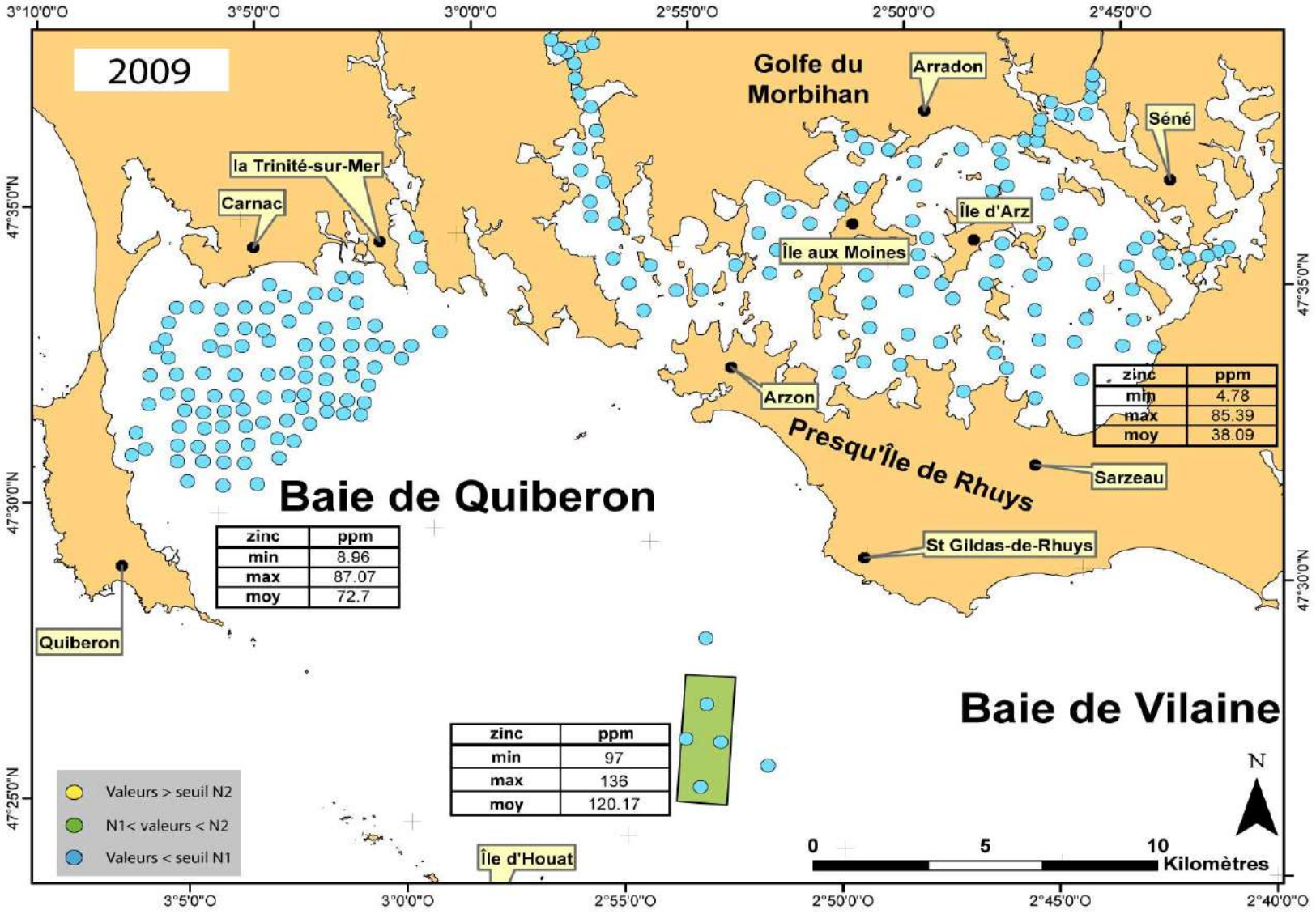


Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2009 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Zn

(ppm = mg/kg)

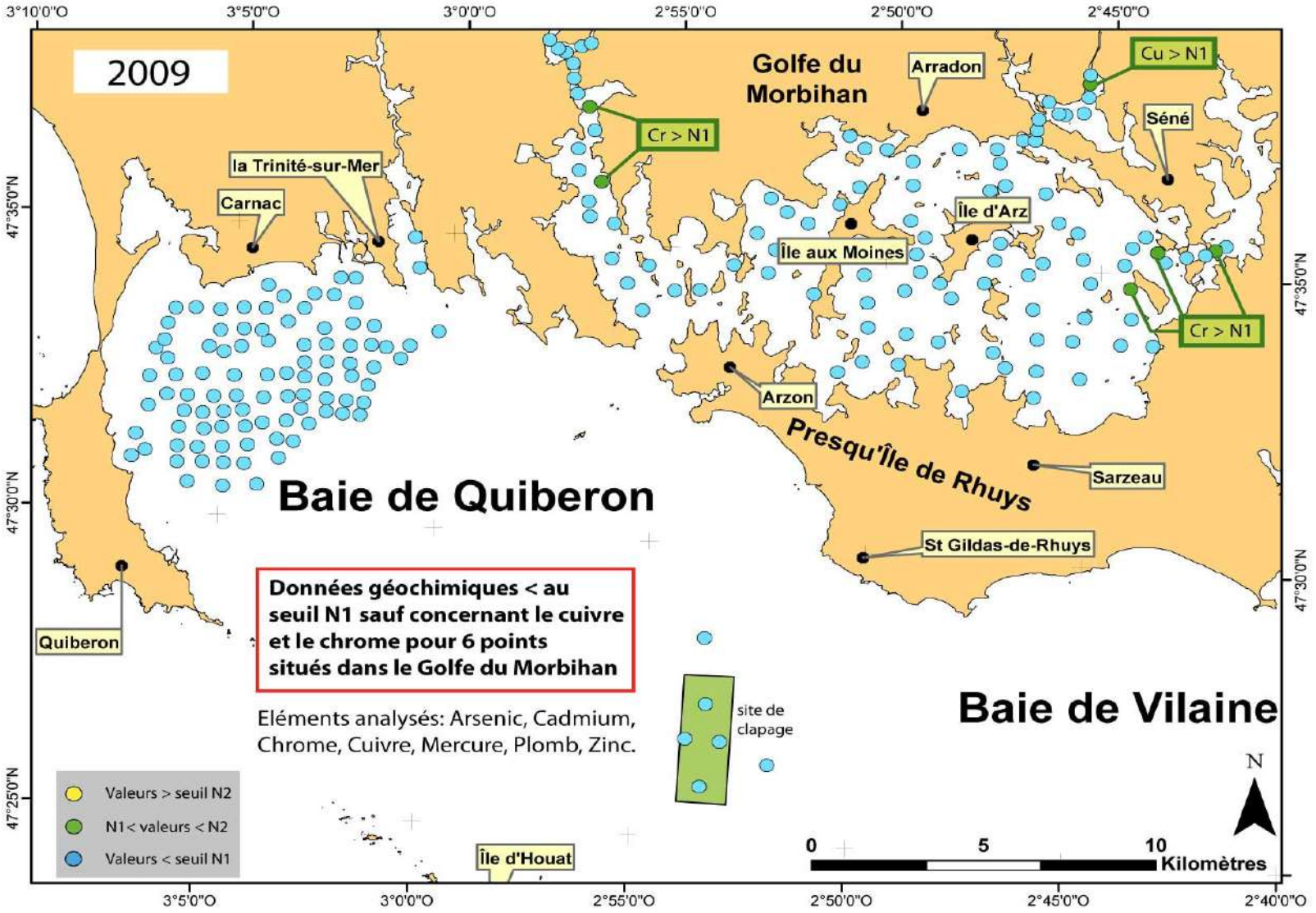
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE, résumé des données 2009 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

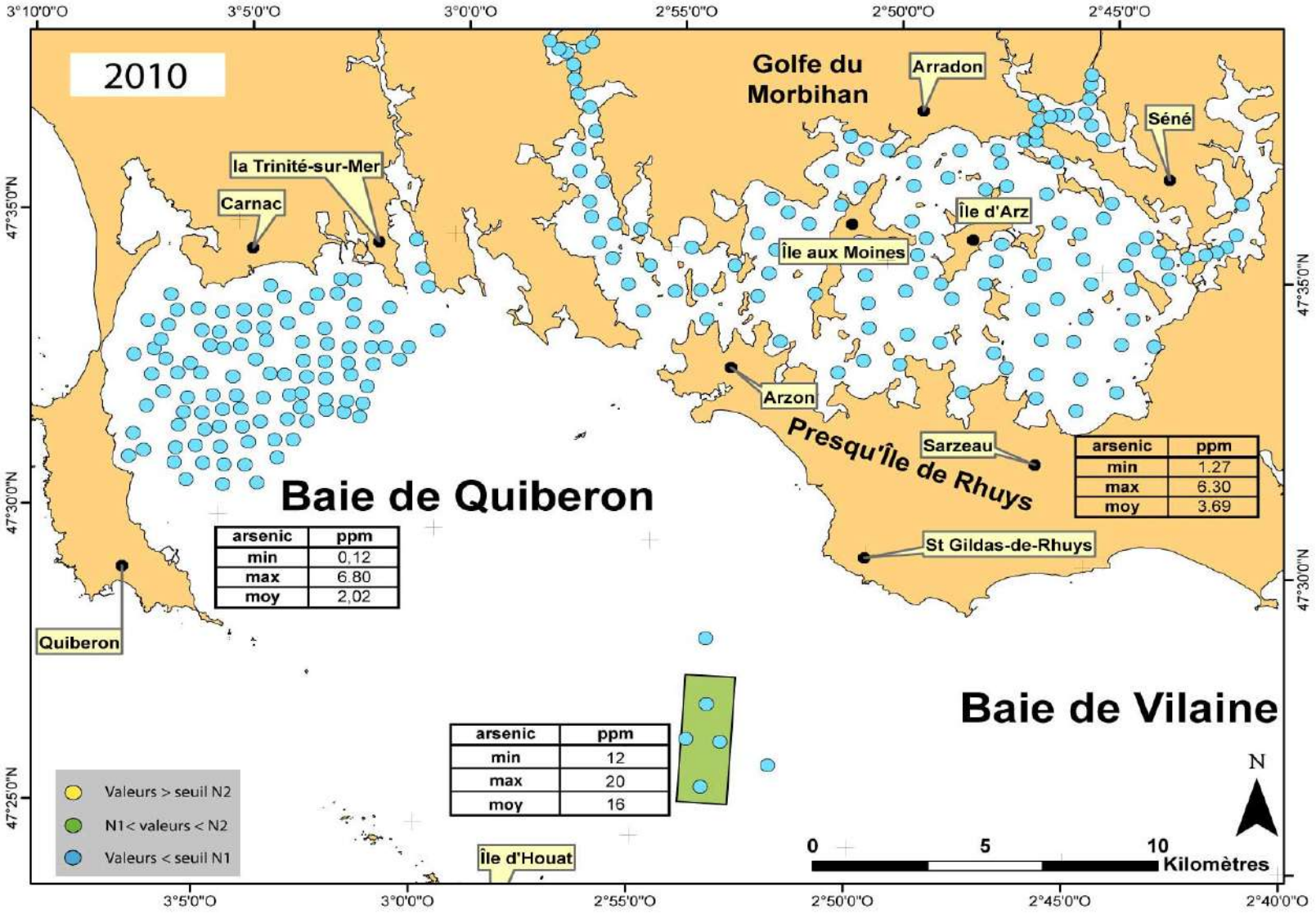
Métaux lourds : exemple de la baie de Quiberon et du Golfe du Morbihan:

Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010
(ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

As
(ppm = mg/kg)

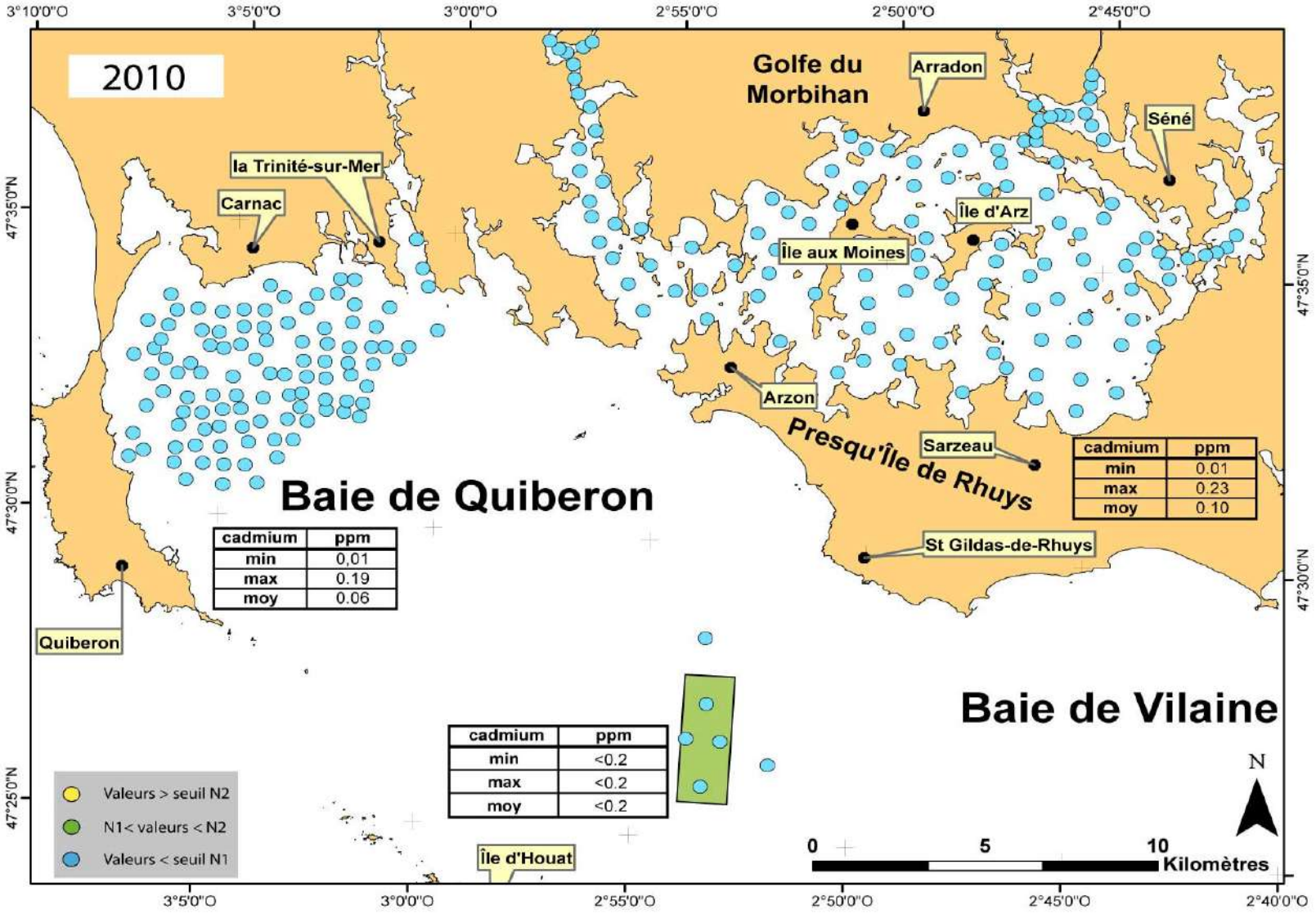
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Cd
(ppm = mg/kg)

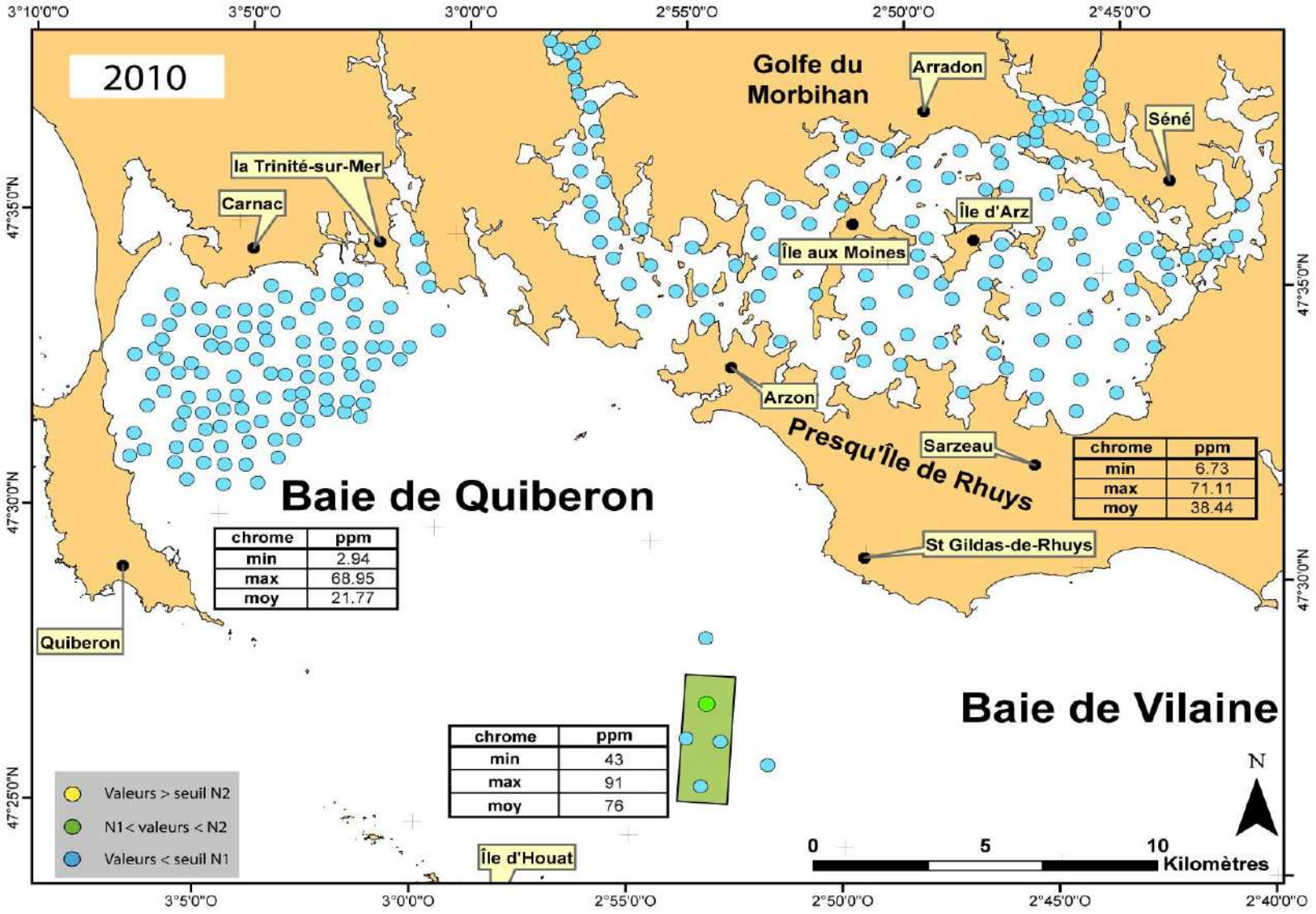
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Cr
(ppm = mg/kg)

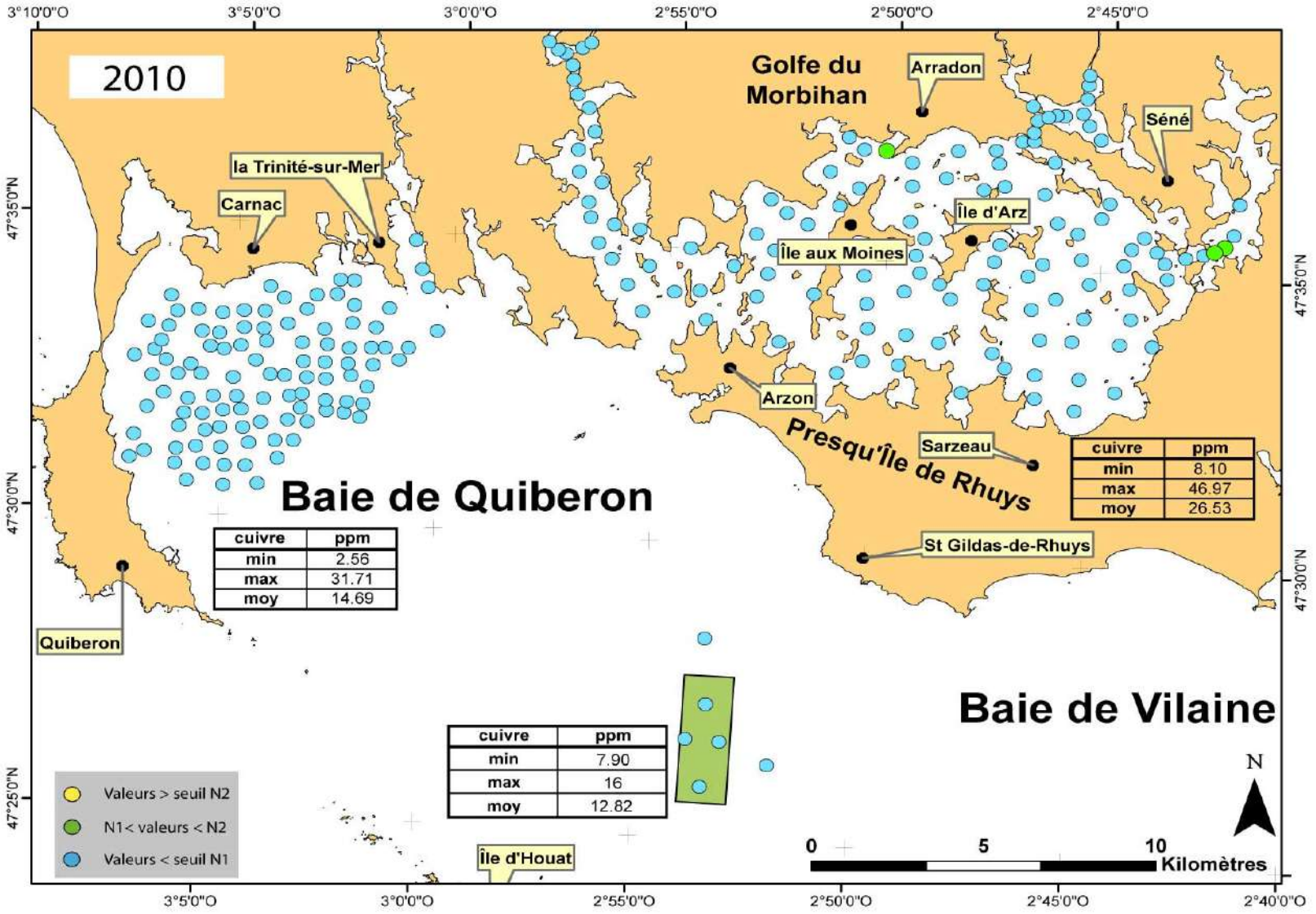
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Cu
(ppm = mg/kg)

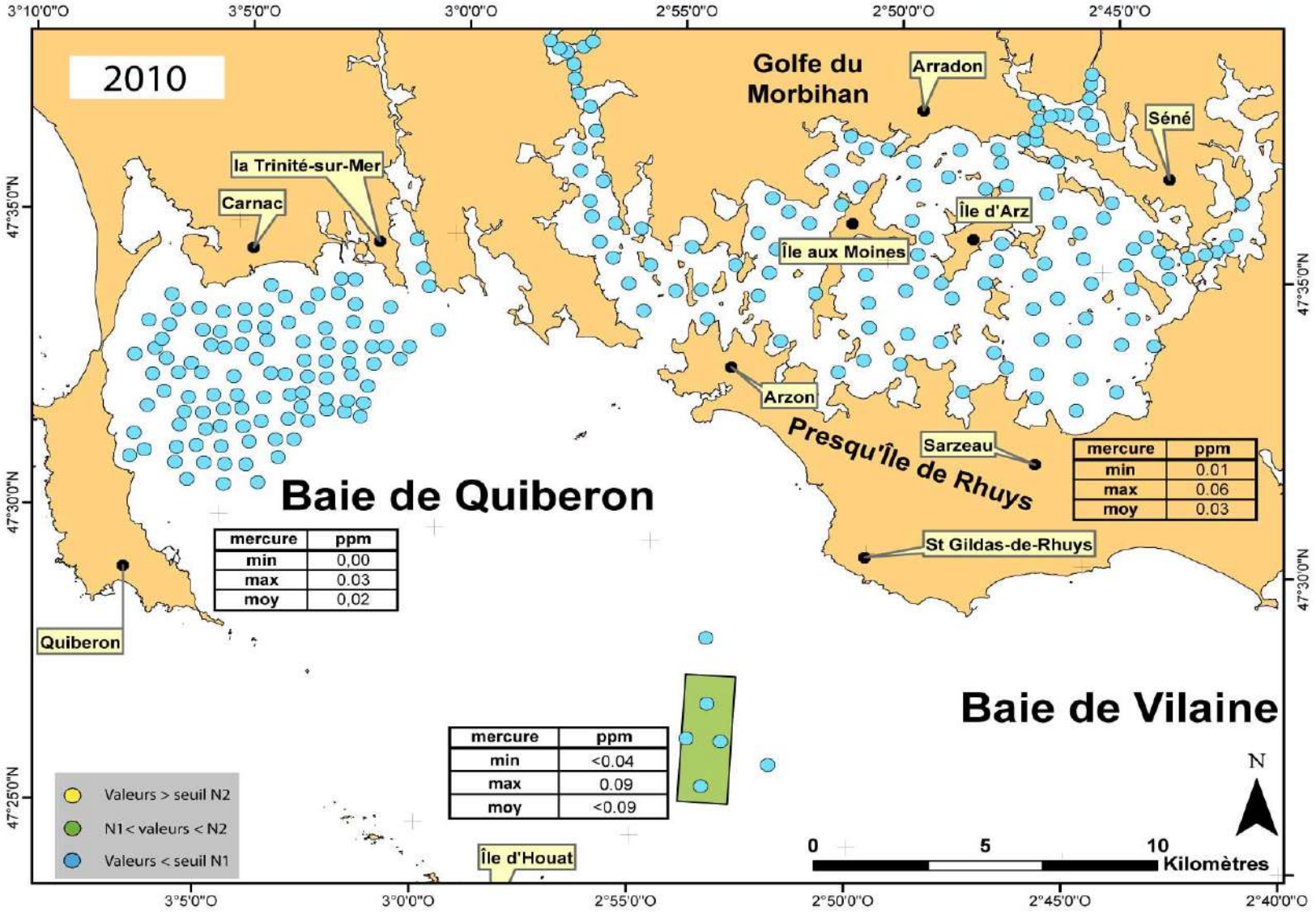
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Hg
(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

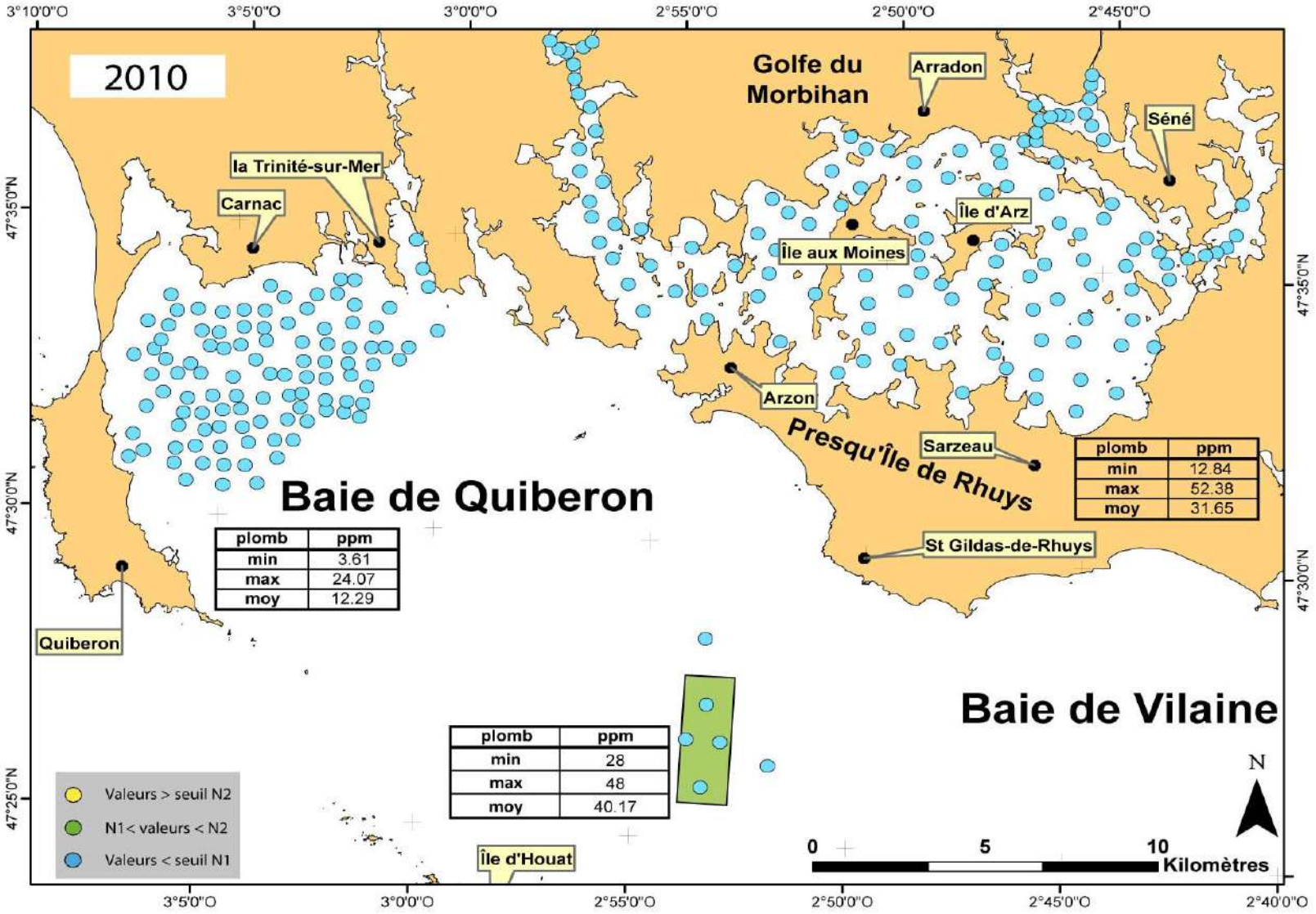


Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Pb

(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

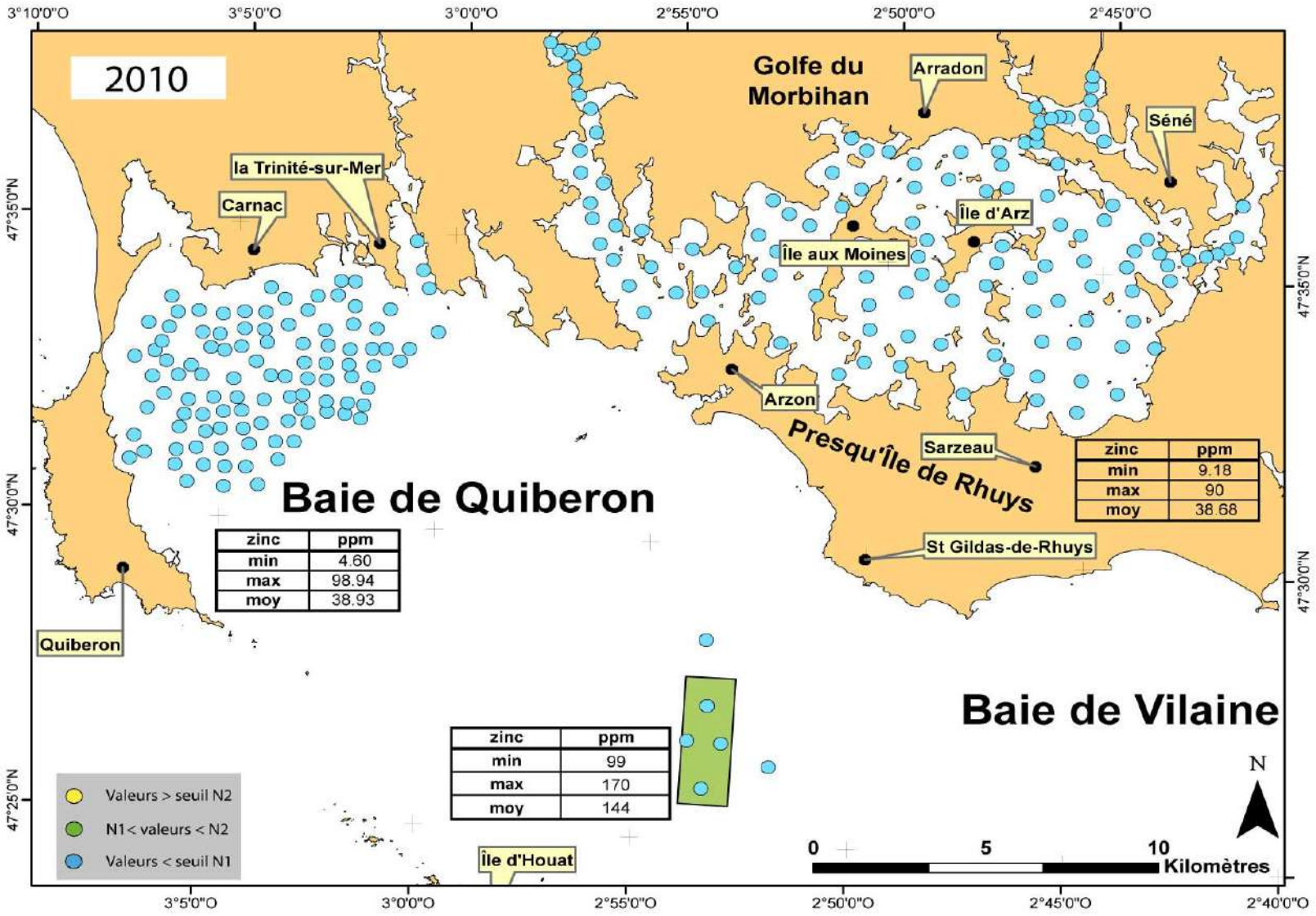


Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

Zn

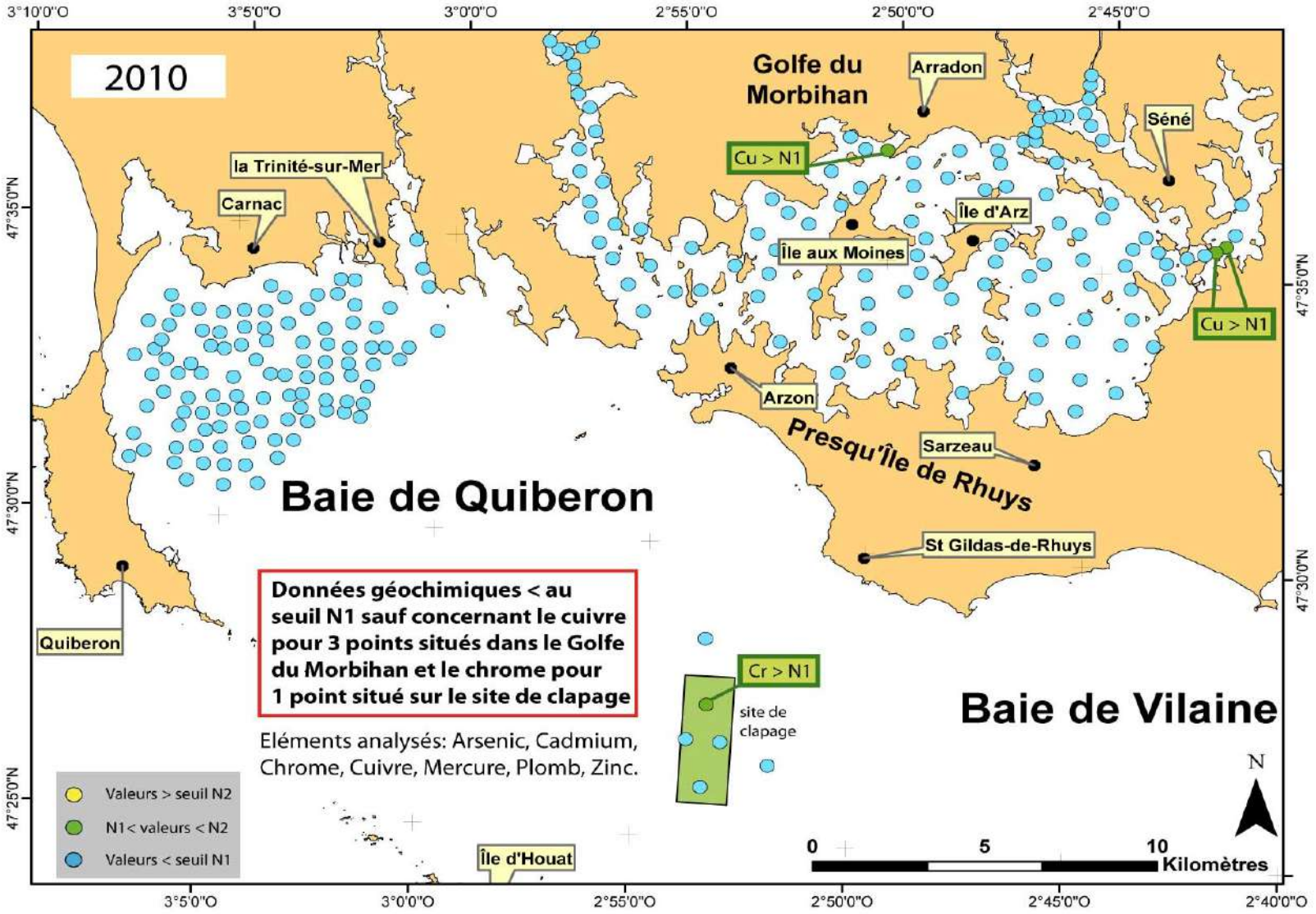
(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE, résumé des données 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

Métaux lourds : exemple de la baie de Quiberon et du Golfe du Morbihan:

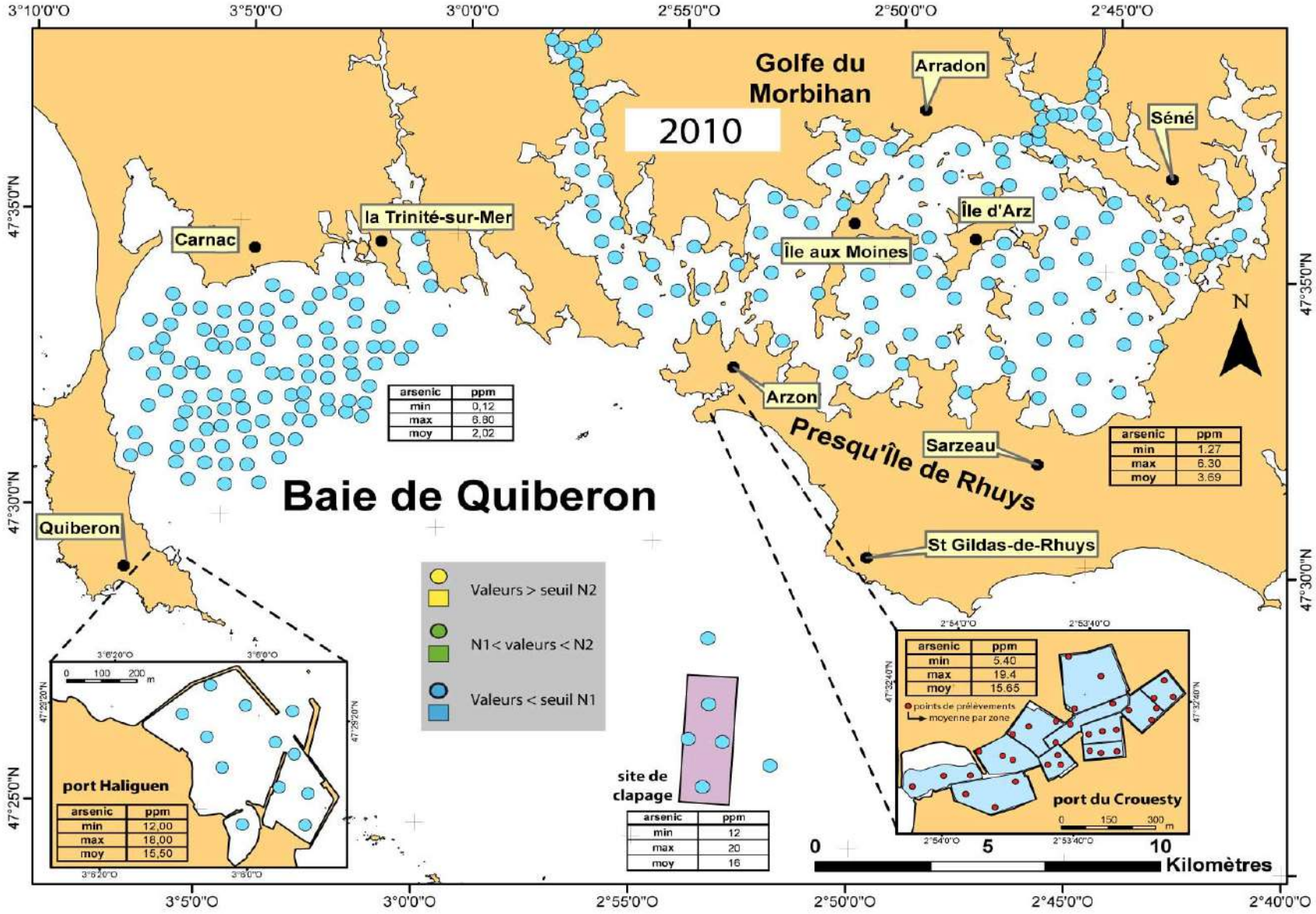
Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010, mise en parallèle avec les données de port Haliguen
et du port du Crouesty
(ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010 – In Vivo 2011)

Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010 – In Vivo 2011)

As

(ppm = mg/kg)

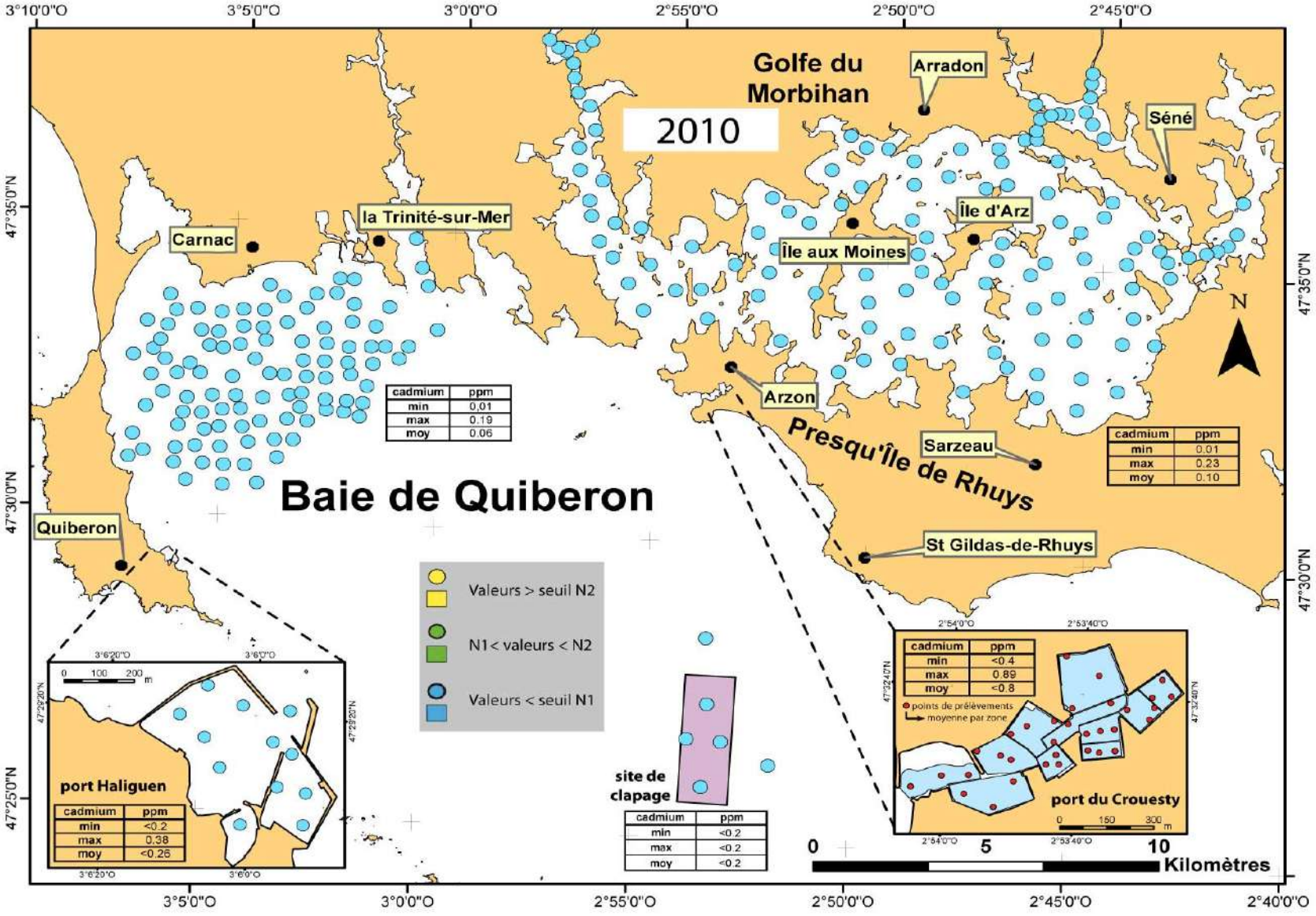
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010 – In Vivo 2011)

Cd
(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

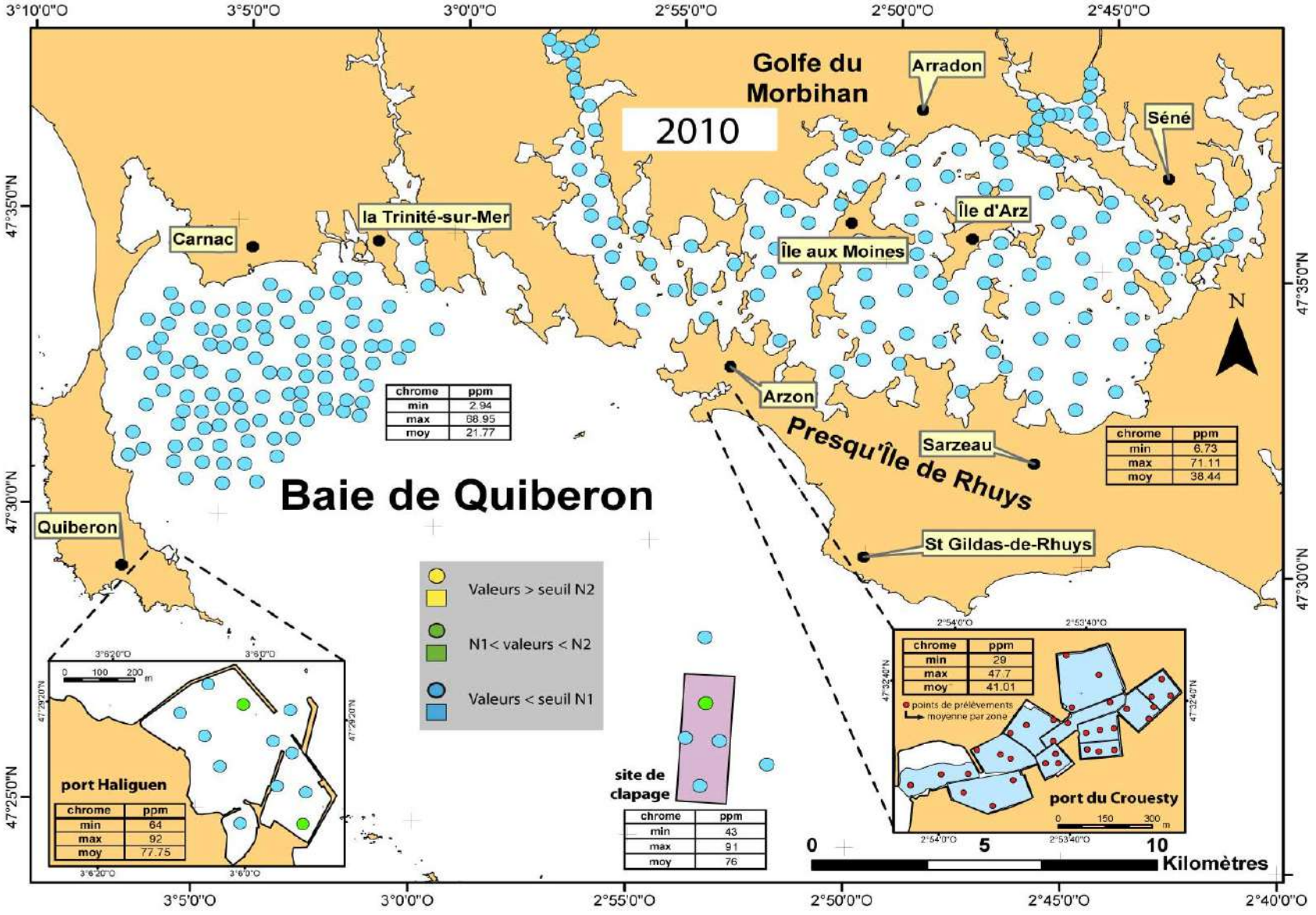


Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010 – In Vivo 2011)

Cr

(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

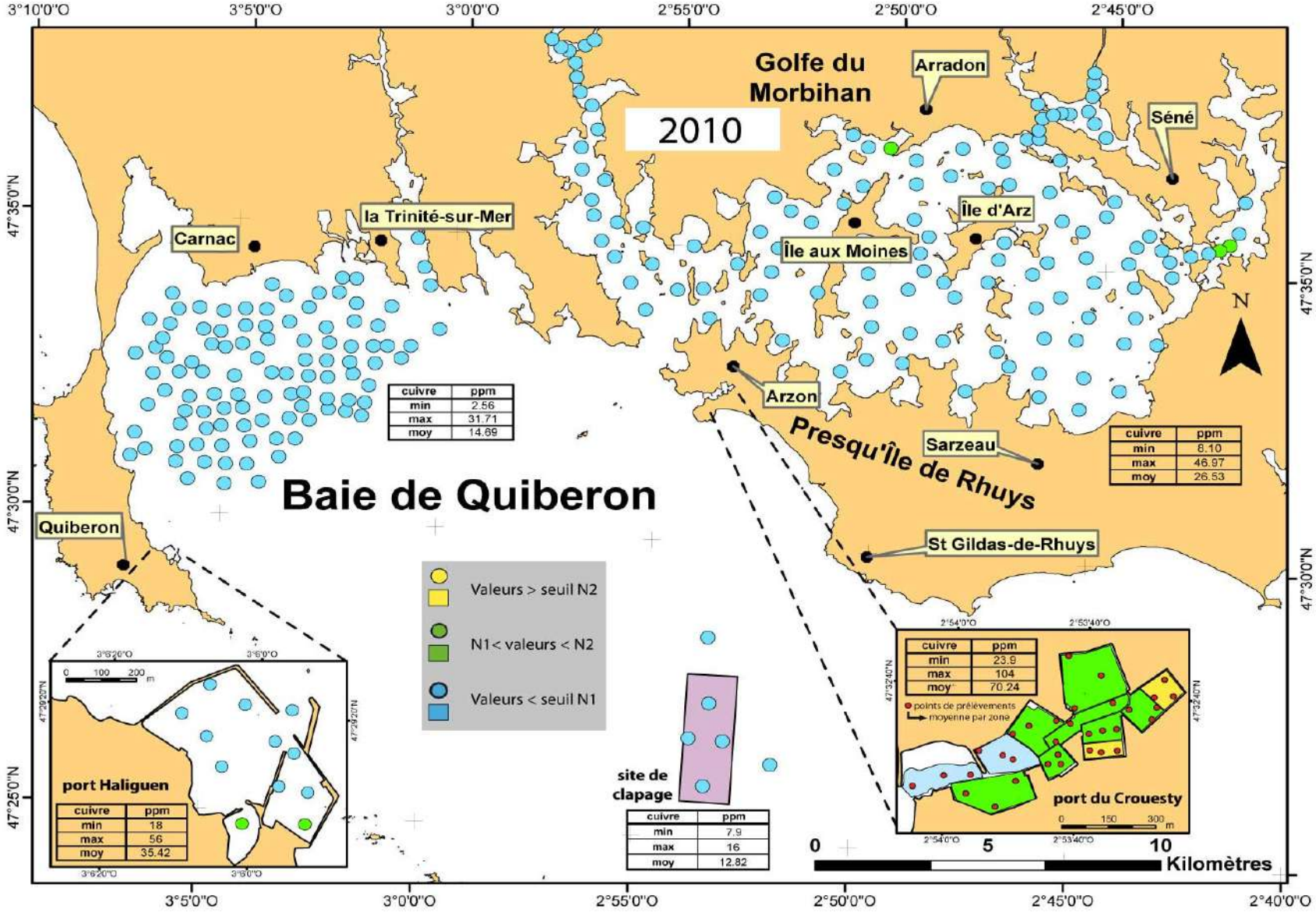


Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010 – In Vivo 2011)

Cu

(ppm = mg/kg)

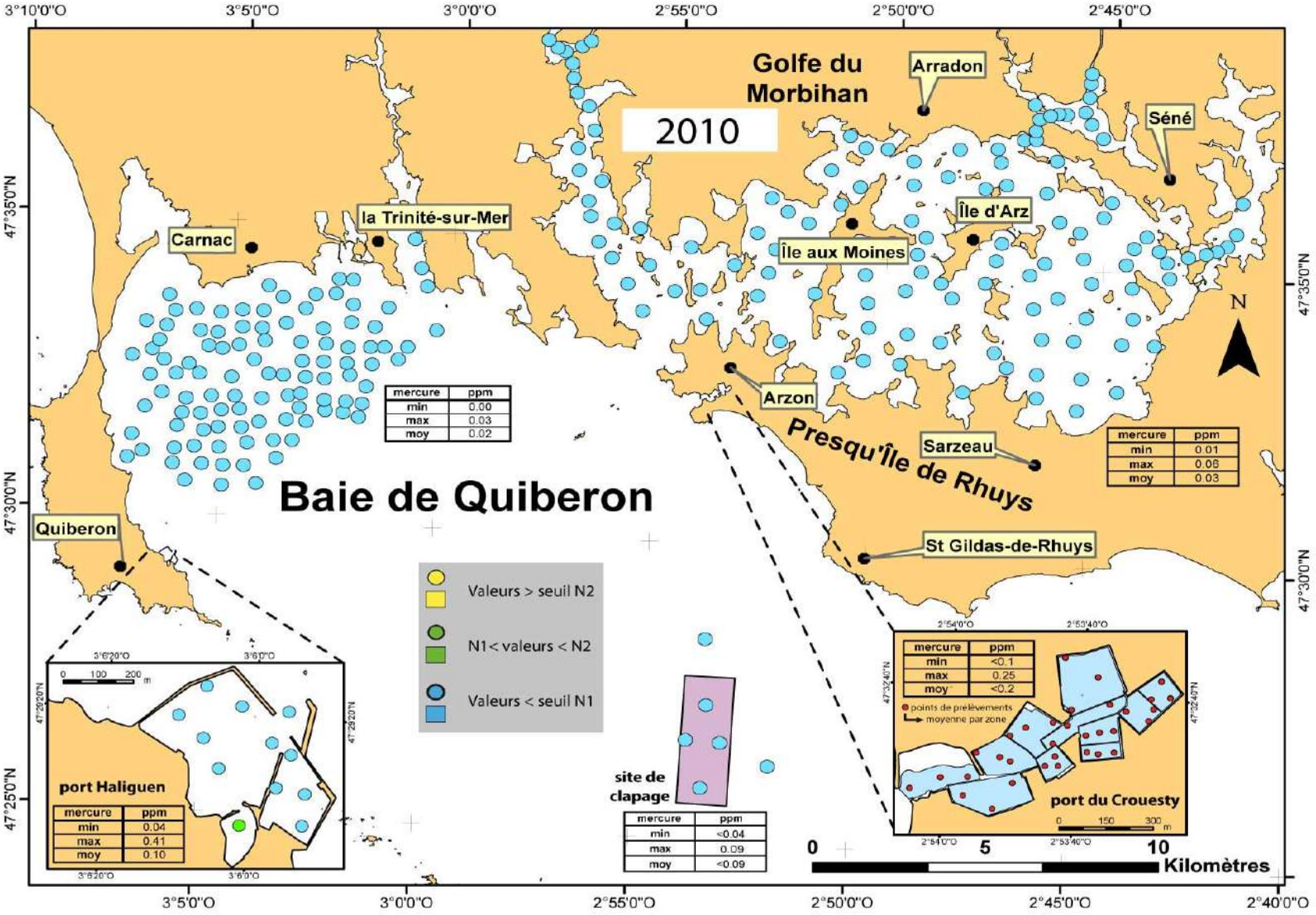
GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010 – In Vivo 2011)

Hg
(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

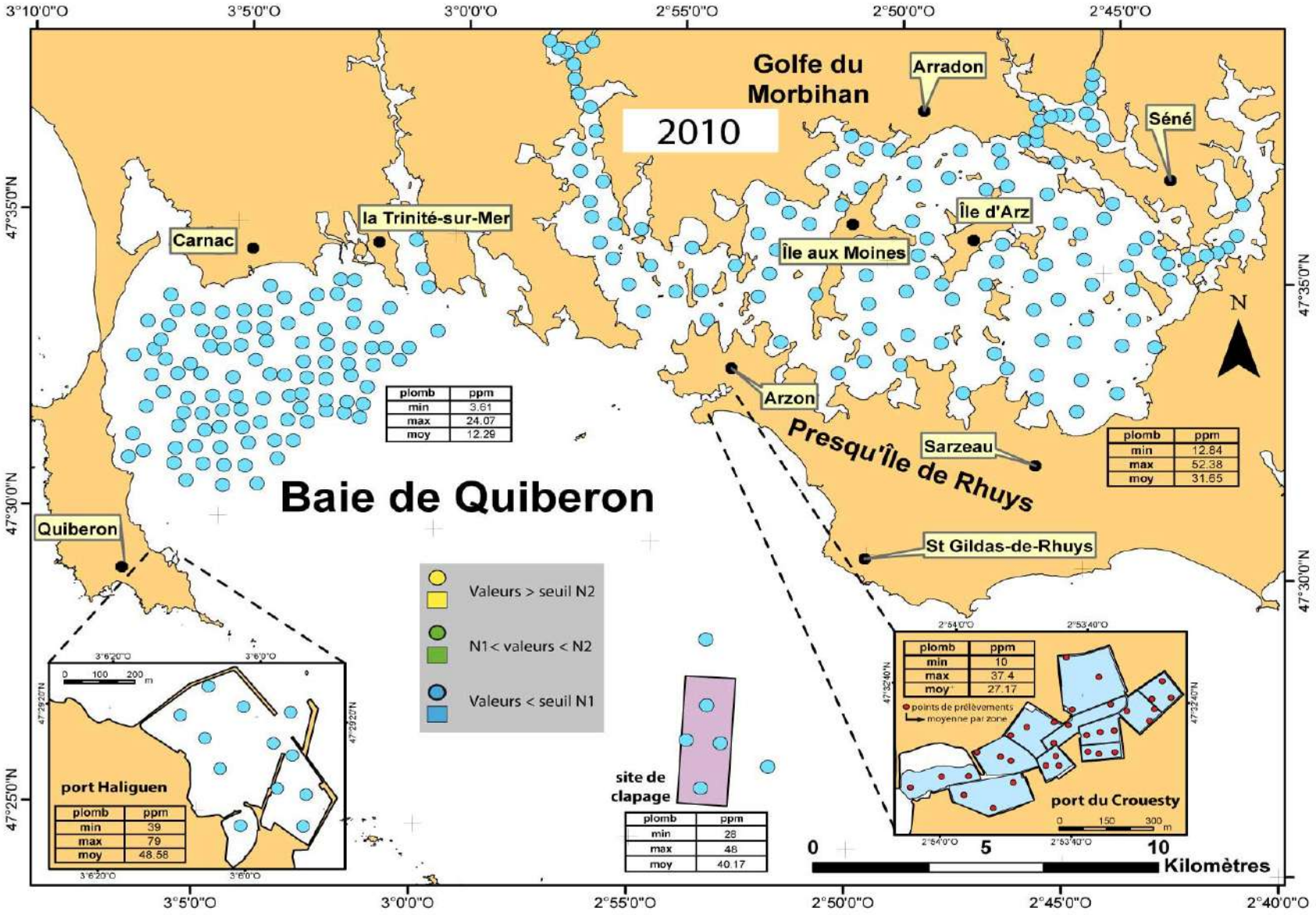


Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010 – In Vivo 2011)

Pb

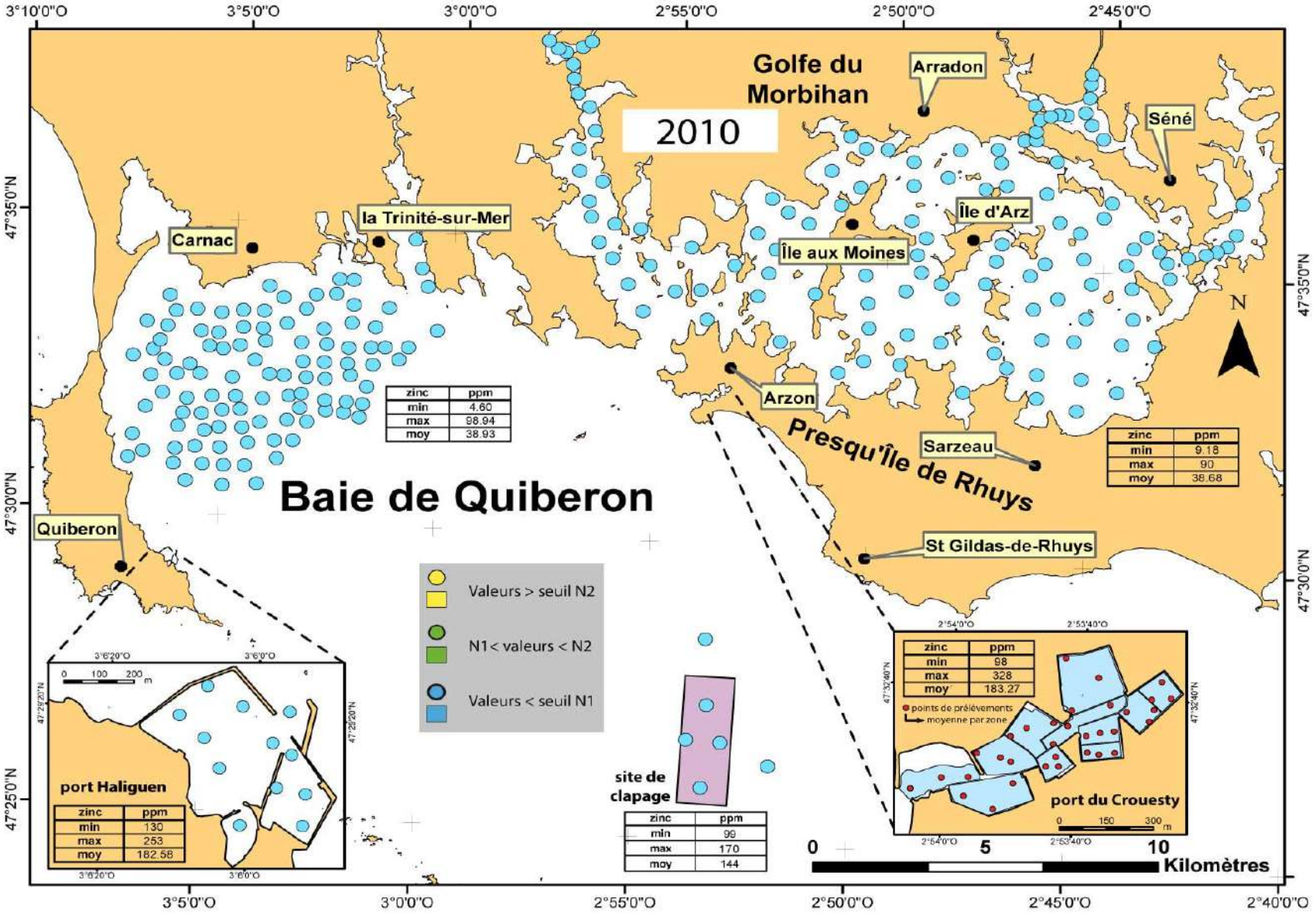
(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD



Cartographie et représentation des teneurs en métaux lourds par rapport au seuil GEODE pour 2010 (ONG M.C., 2011 – In Vivo 2010 – In Vivo 2011)

Zn

(ppm = mg/kg)

GÉOSCIENCES MARINES
GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD