



Marseille - France

 EFMMIN 2

16-20 mai 2011

# L'Uranium, combustible nucléaire : Quelles opportunités pour le Maroc ?

## Présenté par

Taïb Marfak  
CNESTEN

Mustapha Chaïb  
ONHYM



# Plan

## 1. Situation Mondiale

- Historique, offre/demande, évolution future

## 2. Contexte marocain

- Secteur minier, opérateurs, exploration d'U , projets en cours

## 3. Rôle du CNESTEN

- Recherche, Cartographie Géologique, Radioprotection, Gestion des déchets radioactifs

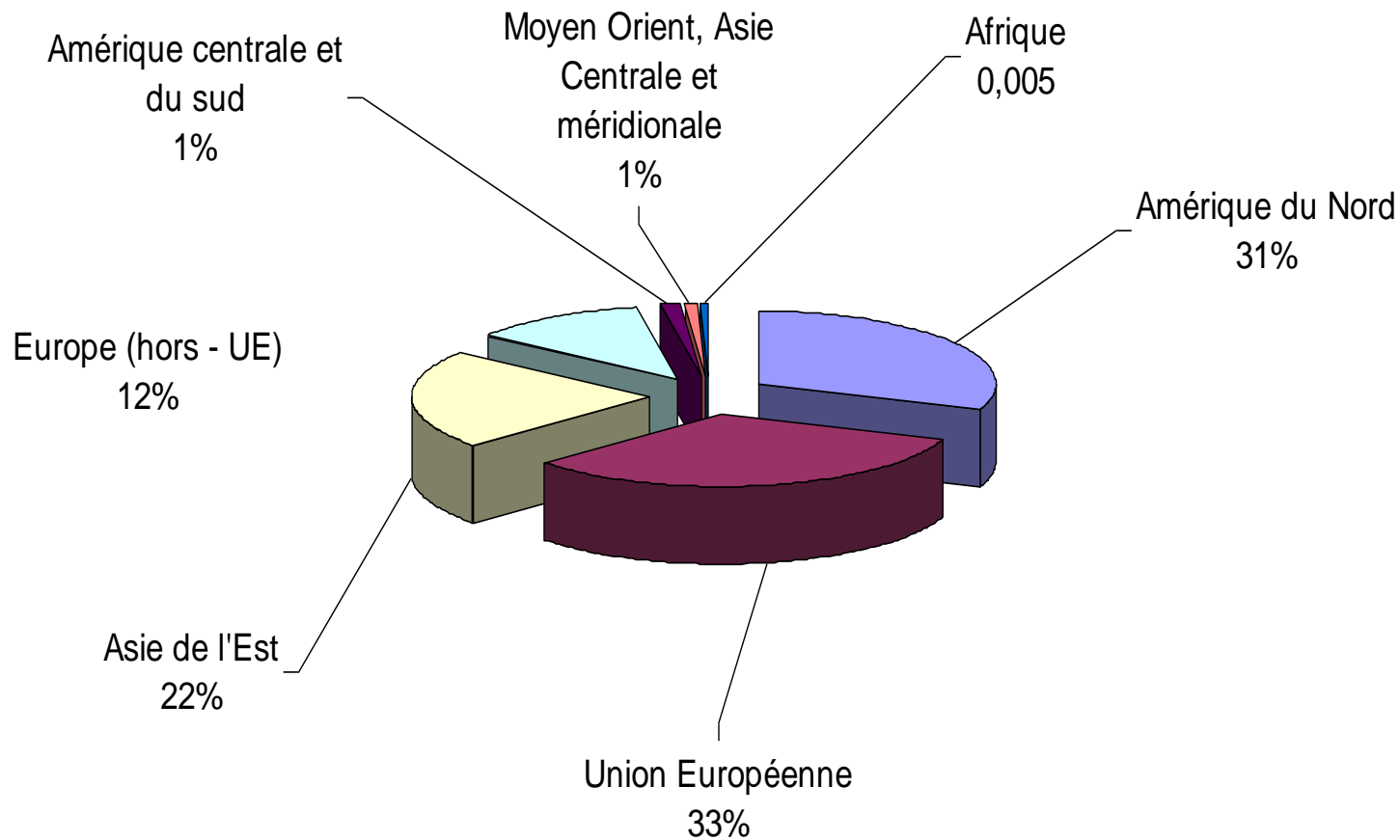


## Situation Mondiale

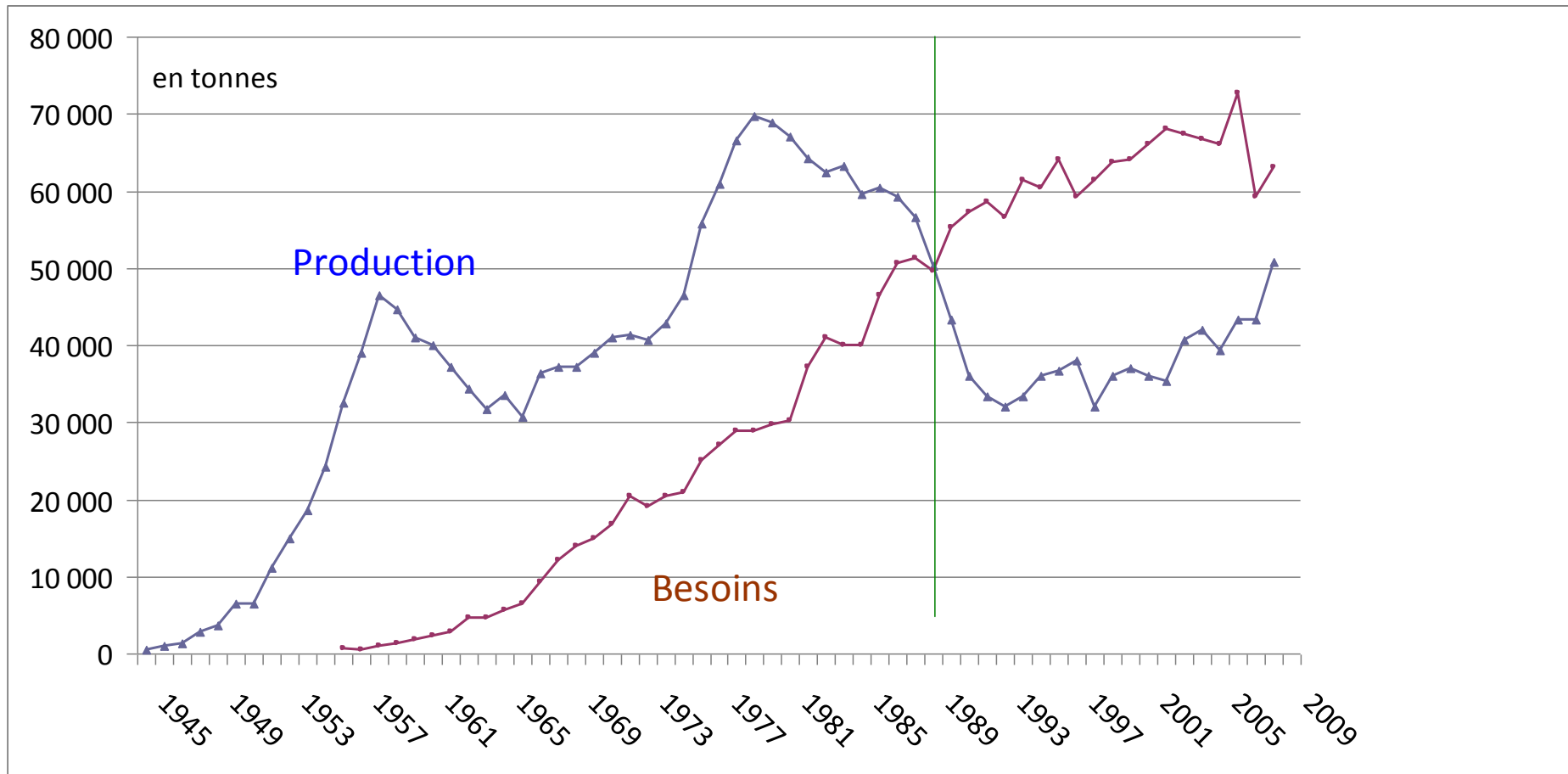
1. En 2009 les besoins mondiaux en U : **61 730 Tonnes**  
**4,5 % en plus par rapport à 2008**
2. Puissance nucléaire installée : **372,69 GWe net**
3. Production nucléaire : **2 611 TWh**
4. 438 réacteurs : **dans 30 pays**
5. 46 réacteurs **en construction**



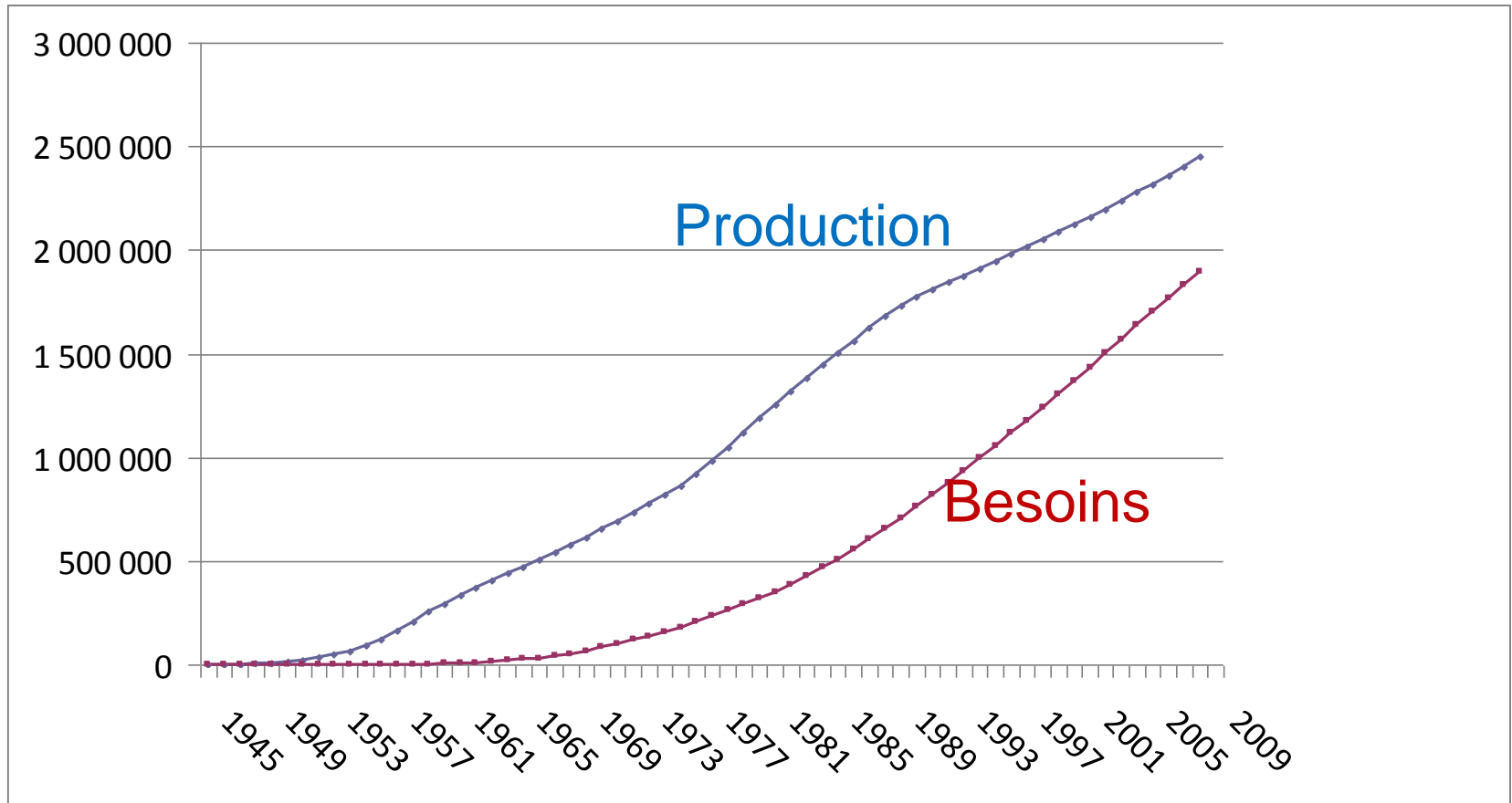
# Demande Mondiale en Uranium



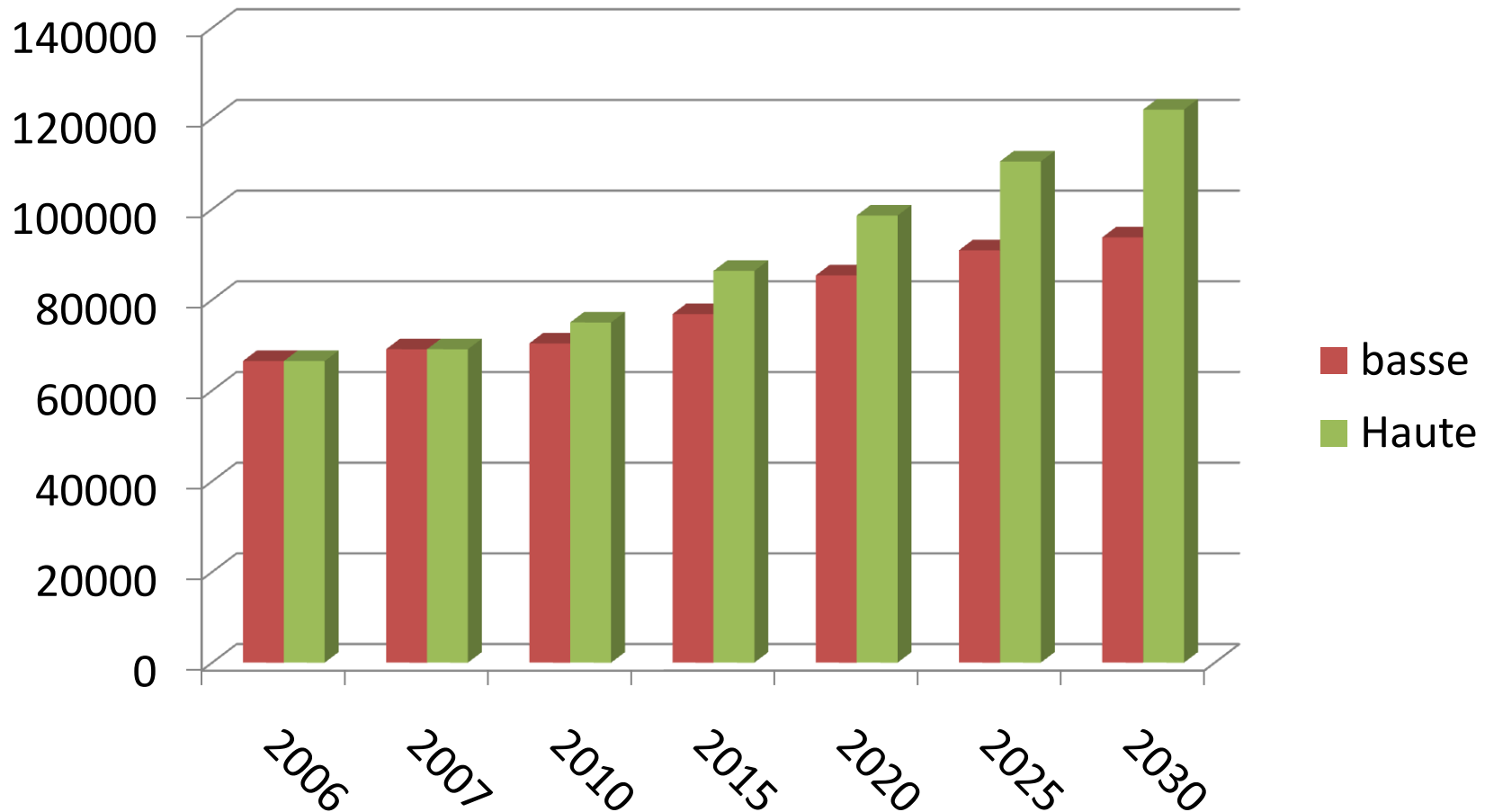
# Évolution de l'offre et la demande



# Offre & Demande Cumulées



# Projection Future



## Équilibre (Demande et Offre)

1. Pas de pénurie au cours des 40 dernières années
2. 50 à 60 % assurés par la production primaire
3. Importance des stocks secondaires (Uranium naturel et enrichi, retraitement et stocks à des fins militaires)





# Analyse des ressources identifiées

■ Ressources totales = RRA + RP

Catégorie	2007	2009	Variation
< 130 USD/kgd'U	5469	5404	- 65
< 80 USD/kgd'U	> 4456	3742	-715
< 40 USD/kgd'U	2970	>796	-2174



# Analyse des ressources identifiées

## ■ Ressources présumées

Catégorie	2007	2009	Variation
< 130 USD/kg d'U	> 2130	>1879	-251
< 80 USD/kg d'U	> 1858	1226	-632
< 40 USD/kg d'U	1204	>226	-978



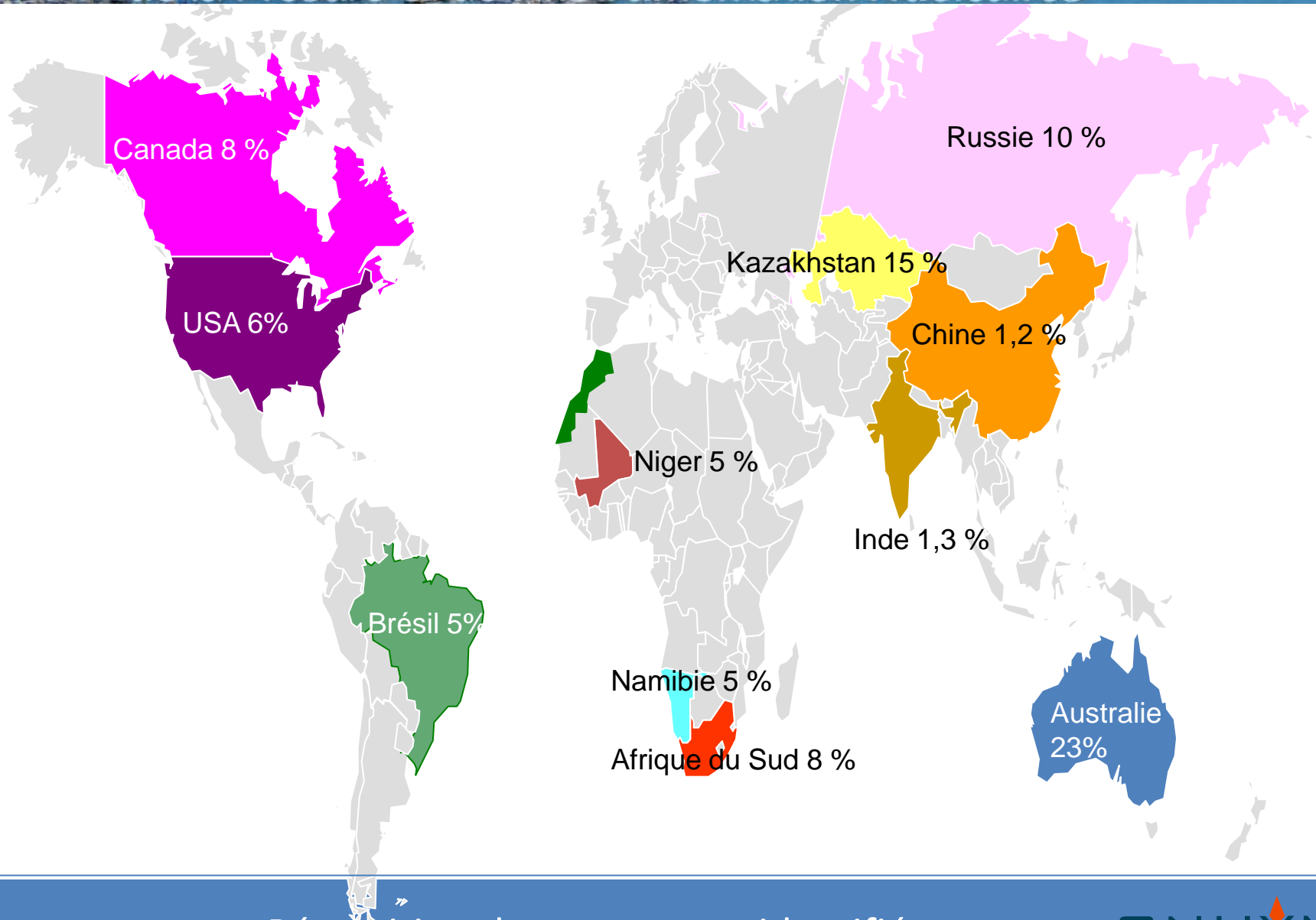
# Analyse des ressources identifiées

## ■ Ressources raisonnablement assurées RRA

Catégorie	2007	2009	Variation
< 130 USD/kgd'U	> 3338	3525	+187
< 80 USD/kgd'U	2598	>2516	-82
< 40 USD/kgd'U	> 1766	570	-1196

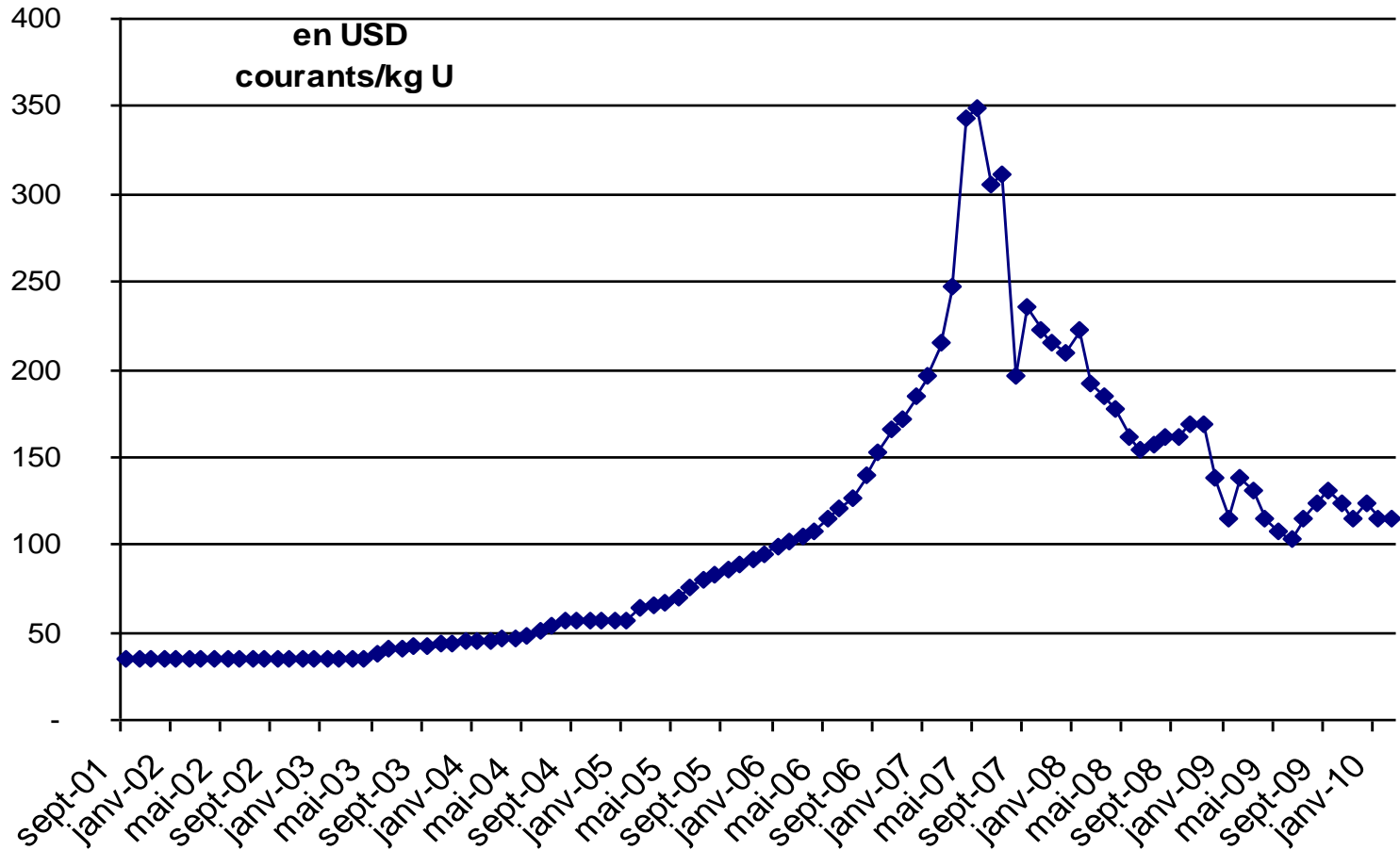


# Deuxieme Ecole Franco-Marocaine de la Mesure et de l'Instrumentation Nucléaires



Répartition des ressources identifiées

# Évolution des Prix



## Équilibre (Demande et Offre)

1. La demande actuelle et projection future
2. La prospection de l'Uranium dans le monde
3. Opportunités pour l'Afrique



## Contexte marocain

- Contribution de secteur minier au PIB : **6%**
- Part dans les exportations nationales ( en valeur) : **22%**
- Effectif : **34 200**
- Production globale : **20 MT (dont 92 % en phosphates)**
- dérivés de phosphate : **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (3,077 MT)**
- Acide purifié : **82 000 tonnes**
- Engrais : **2,5 MT**
- Autres produits transformés : **44 000 tonnes**
- Ventes totales : **29,5 Milliards de DH**



## Contexte marocain

- Exportations : 20 Milliards de DH
- Investissements : 8,4 MMDHS
- Nombre de permis en vigueur : 4287
- Concessions : 77
- Permis d'exploitations : 563
- Permis de recherche : 3647
- Opérateurs : OCP, ONHYM, ONA et sociétés privées
- Uranium : ONHYM (80 permis de recherches de 7ème catégorie)



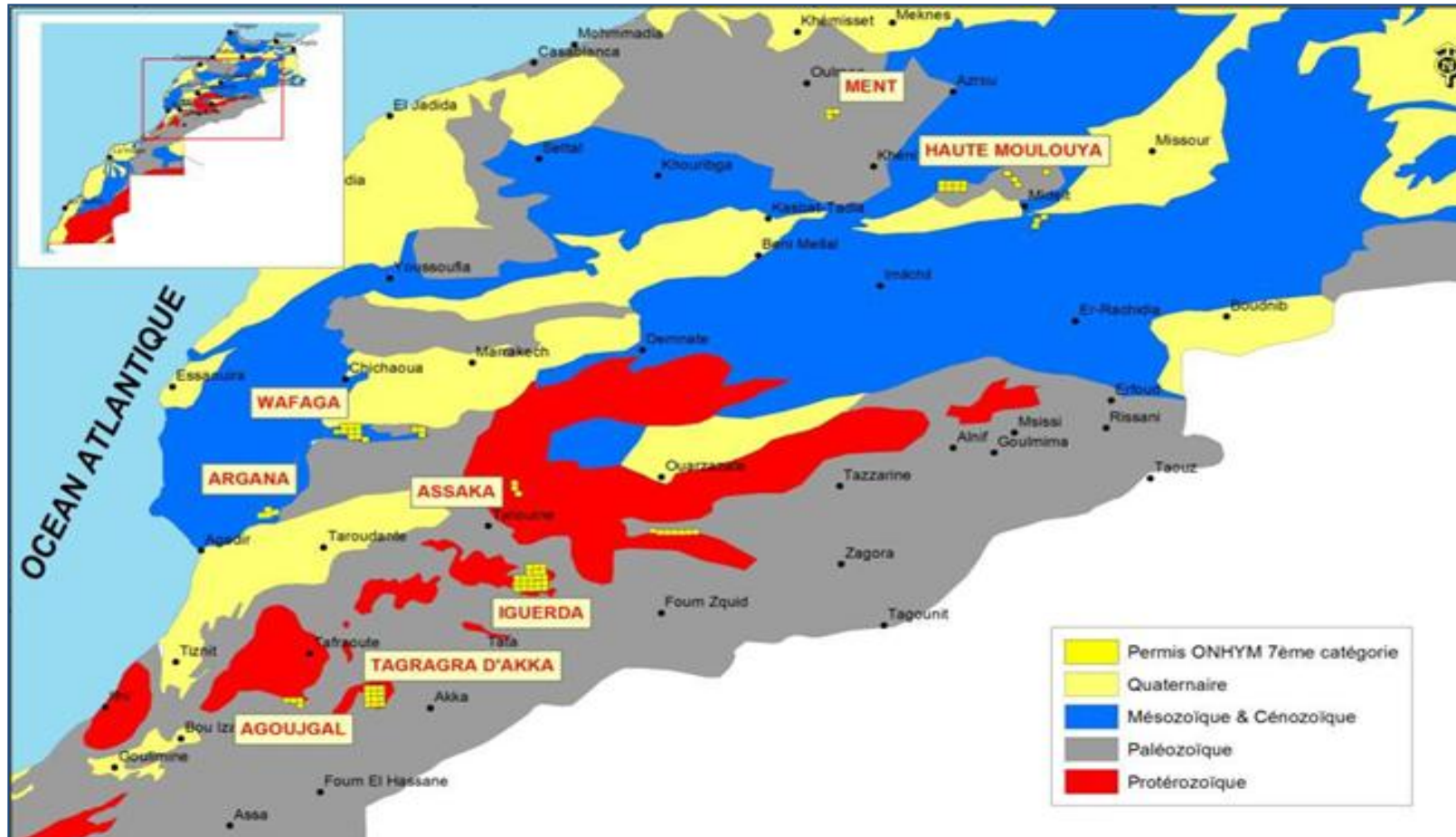


# Historique de l'exploration uranifère

- 1946-1953 : CEA a exécuté plusieurs programmes d'exploration sur les bassins de phosphate et du charbon, granites hercyniens et mines sélectionnées (découverte de minéralisations uranifères à Azegour et dans le gisement de cobalt de Bou Azzer).
- 1953-1956 : Société Marocaine de Recherches et d'Etudes Minières explora les minéralisations hydrothermales de l'uranium.
- 1970-1983 : des programmes d'exploration assez importants ont été exécutés par l'ex BRPM avec l'assistance de l'AIEA, Technoexport soviétique et JICA du Japon.



# Prospects d'Uranium au Maroc



# Principales Occurrences Uranifères

Site	Localisation	Résultats
<b>WAFAGGA</b>	90 km au SW de Marrakech	mise en évidence de ressources estimées à 500 tonnes à 700 ppm $U_3O_8$ .
<b>TAMAZEGHT</b>	10 à 20km au SE de Midelt	les ressources pourraient atteindre les 100 tonnes métal pour des profondeurs de 25m.
<b>ASSAKA</b>	Environ 260 km au NE d'Agadir	Présence de minéraux d'uranium sous forme d'autunite et minéraux noirs portés par des tufs et trachytes tertiaires dont les volumes ne sont pas estimés.
<b>MENT</b>	Environ 30 km au nord de Khénifra	Filon Marquis à quartz, pyrite et oxydes de fer qui constituent des pièges pour l'uranium dont le volume n'a pas été estimé



# Principales Occurrences Uranifères

Site	Localisation	Résultats
<b>TAGRAGRA D'AKKA</b>	90 km au SW de Marrakech	Présence d'indice d'U en dyke doléritique encaissé dans les granites précambriens présentant une radioactivité de 1500 à 12500 c/s.
<b>IGUERDA</b>	100 km SO de Ouarzazate	Présence d'indices uranifères associés à des épisyénites dont le volume n'est pas estimé.
<b>ARGANA</b>	60 km au NE d'Agadir	Présence de minéraux d'uranium liés au Cuivre dont les volumes estimés supérieurs à 2 T
<b>PROVINCES DU SUD</b>	S et SE de Dakhla	Présence d'indices uranifères très importants. Estimation : Lafhouda à 49 millions de tonnes à 0,4 % $Nb_2O_5$ et 508 $U_3O_8$ et Twihinate à 346 Millions de tonnes à 0,36 % $Nb_2O_5$ et 250 ppm $U_3O_8$ .

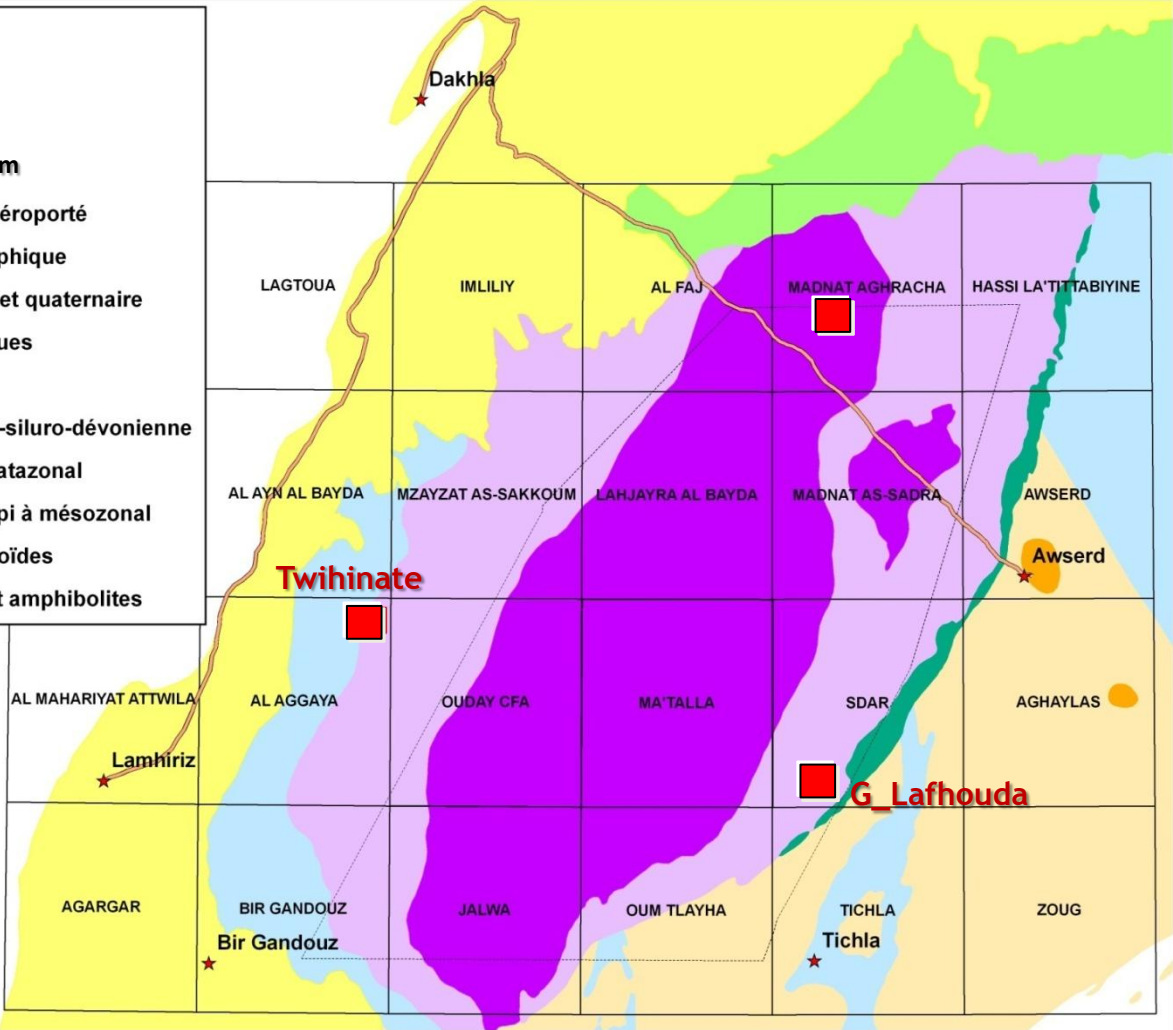
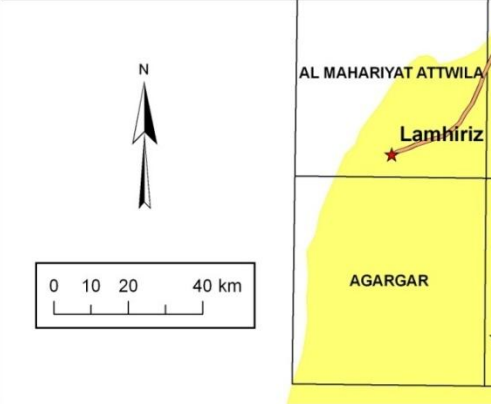
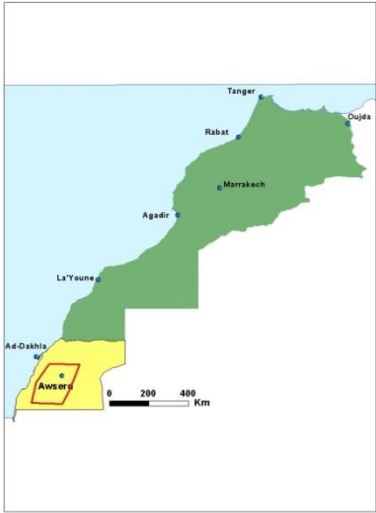


# Deuxième Ecole Franco-Marocaine de la Mesure et de l'Instrumentation Nucléaires

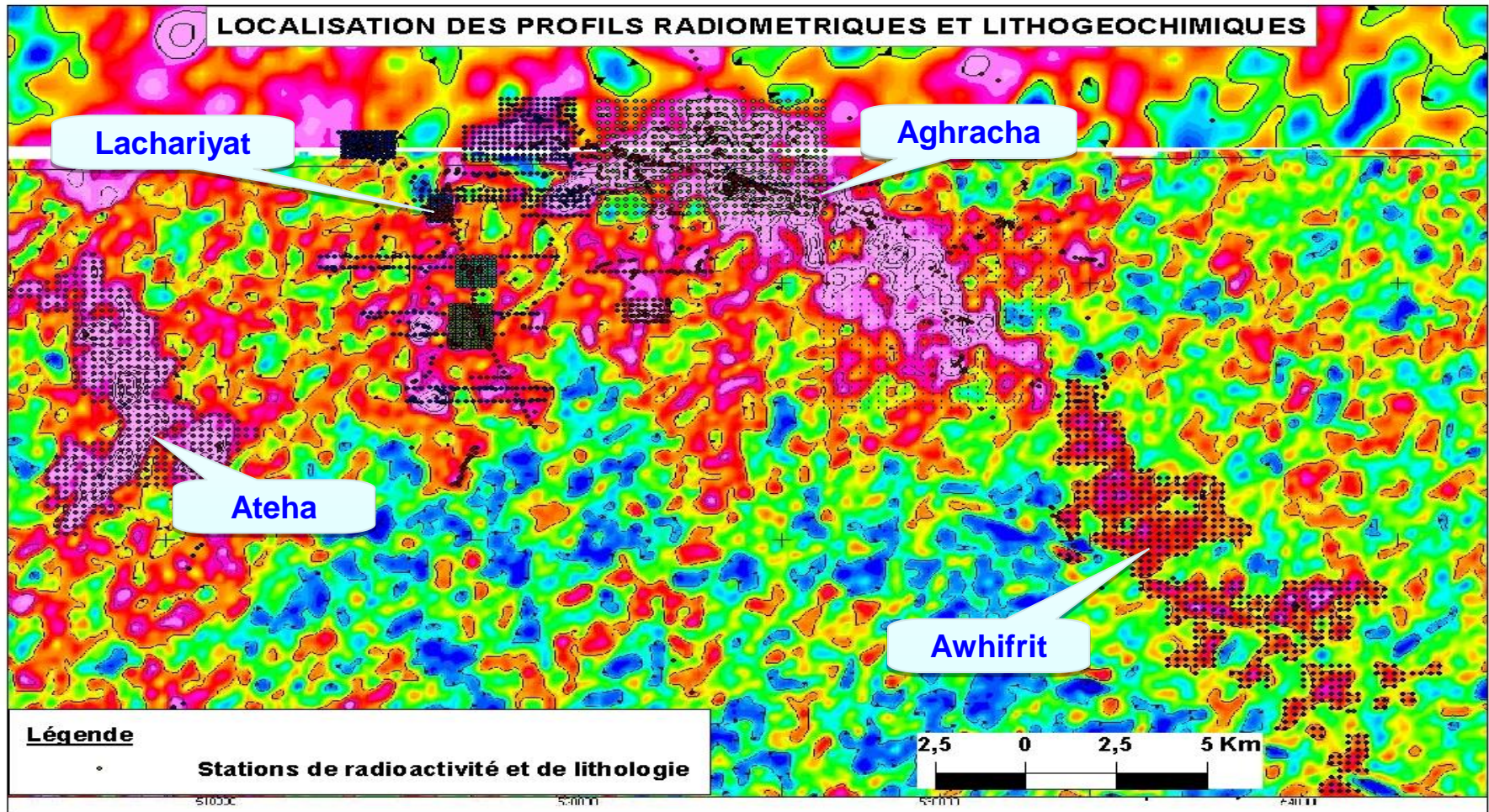
## PROVINCES DE SUD : REGION D'AWSERD

### SITUATION DE LA ZONE DES TRAVAUX

- Légende**
- ★ Villes et villages
  - Routes
  - Prospects d'uranium
  - Levé géophysique aéroporté
  - Découpage topographique
  - Couverture tertiaire et quaternaire
  - Syénites néphéliniques
  - Crétacé
  - Couverture ordovici-siluro-dévonienne
  - Nappes à matériel catazonal
  - Nappes à matériel épi à mésozonal
  - Migmatites et granitoïdes
  - Gneiss, leptynites et amphibolites



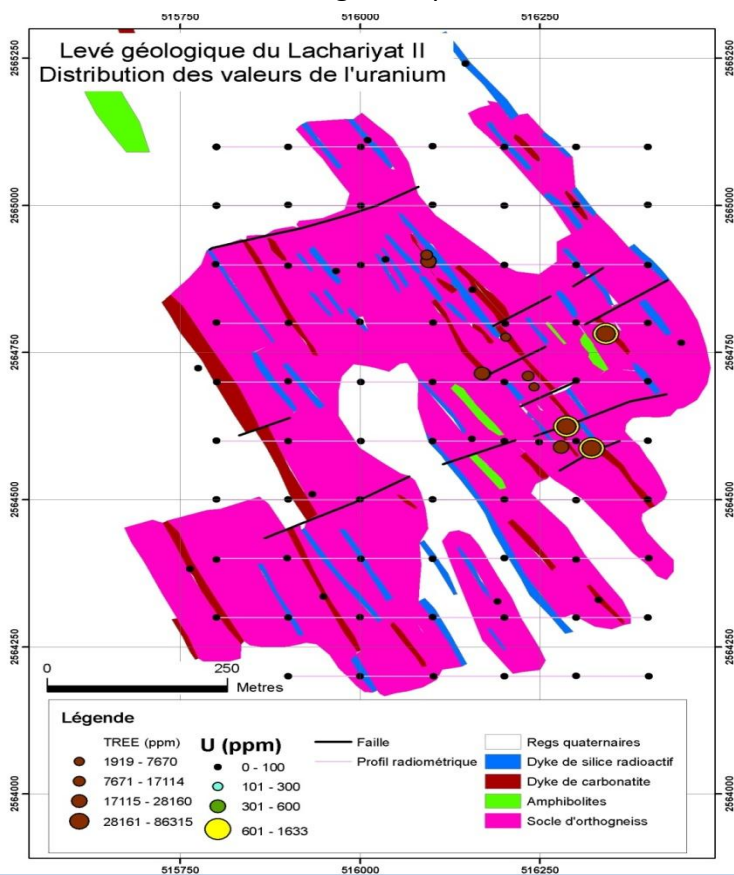
## Localisation des cibles pour la prospection d'uranium



# Indices uranifères : Lachariyat & Aghracha

## LACHARIYAT

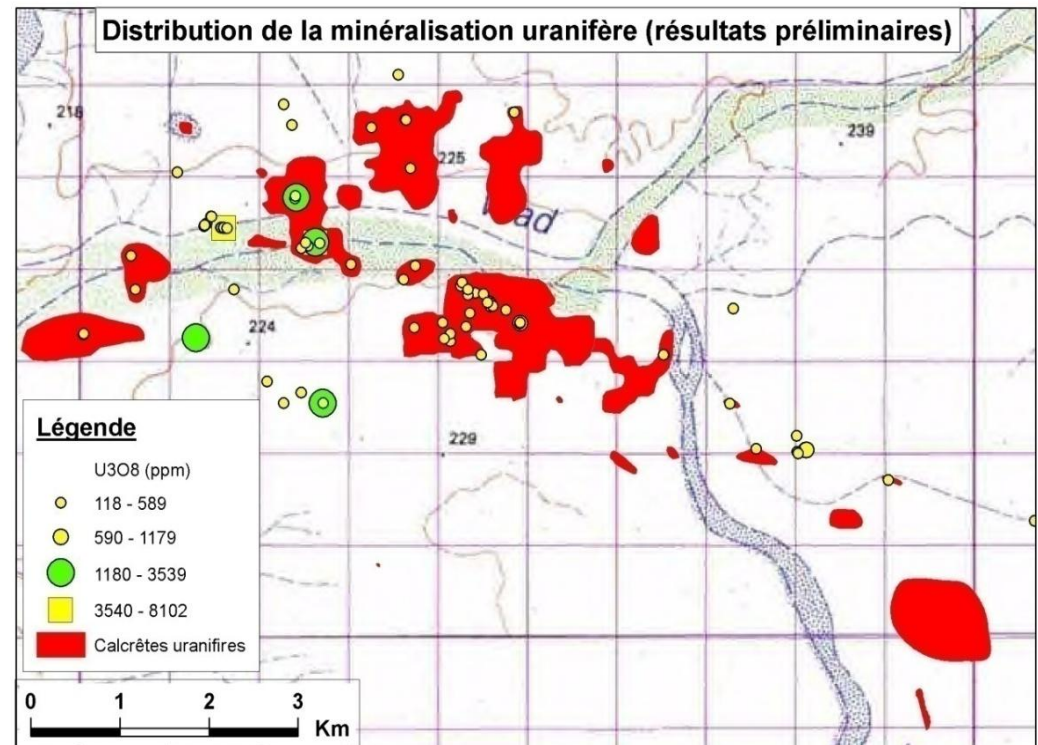
Minéralisation d'uranium associée aux terres rares légères le long des dykes NW de carbonatites traversant le socle orthogneissique



## AGHRACHA

Minéralisation uranifère dans les calcrêtes à carnotite sur une superficie de plus de 20 km<sup>2</sup>.

- Teneur moyenne U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> = 560 ppm
- Teneur maximale U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> = 8102 ppm



## Résultats du contrôle géologique des anomalies radiométriques aéroportées

Indices U	Typologie et contexte géologique	Analyse chimique (Teneurs moyennes)
Lachariyat II, III et IV	Dykes de carbonatites à <u>uranium associé aux terres rares légères</u> (Monazite, uraninite?, terres rares légères)	<b><math>U_3O_8 = 1531</math> ppm</b> • <b><math>Tr_2O_3 = 9,74</math> %</b> Th = 3400 ppm
Aghracha	Calcrêtes (20 km <sup>2</sup> ) à minéraux jaunâtres de vanadates d'uranium (Carnotite seule sans Th ni REE)	<b><math>U_3O_8 = 560</math> ppm.</b> Teneurs jusqu'à 0,8% $U_3O_8$ .
Lachariyat I	Complexe de Carbonatites radioactives (1 km <sup>2</sup> ) à <u>thorium et terres rares légères</u> (Monazite faiblement uranifère associée aux terres rares)	<b><math>U_3O_8 = 568</math> ppm</b> <b><math>Tr_2O_3 = 3,7</math> %</b> Th = 1194 ppm
Awhifrit	Placer (U, REE) orienté NW et long de 2 km dans un socle à texture pegmatitique	<b><math>U_3O_8 = 400</math> ppm</b> <b><math>Tr_2O_3 = 2,4</math> %</b> (résultats préliminaires)
Ateha	Anomalies radiométriques liées aux calcrêtes à uranium (Carnotite)	<b><math>U_3O_8 = 300</math> ppm</b> (résultats préliminaires)



## Perspectives

- Intérêt manifesté par plusieurs compagnies étrangères pour une prospection approfondie de certaines zones prometteuses ;
- Bonnes perspectives de découvertes de nouveaux gisements d'uranium dans les provinces du Sud.



## Rôle & Missions du CNESTEN

- Promotion et développement des sciences et technologies nucléaires
- Appui à l'État
- Contribution au programme électronucléaire



# Centre d'Études Nucléaires



## Utilisations du Réacteur

1. Production des radio-isotopes
2. Analyses par Activation neutronique
3. Neutronradiographie
4. Diffraction Neutronique
5. Formation



## Sûreté & Sécurité

1. Calcul de Sûreté Nucléaire
2. Radioprotection
3. Dosimétrie
4. Surveillance radiologique
5. Plan d'urgence radiologique

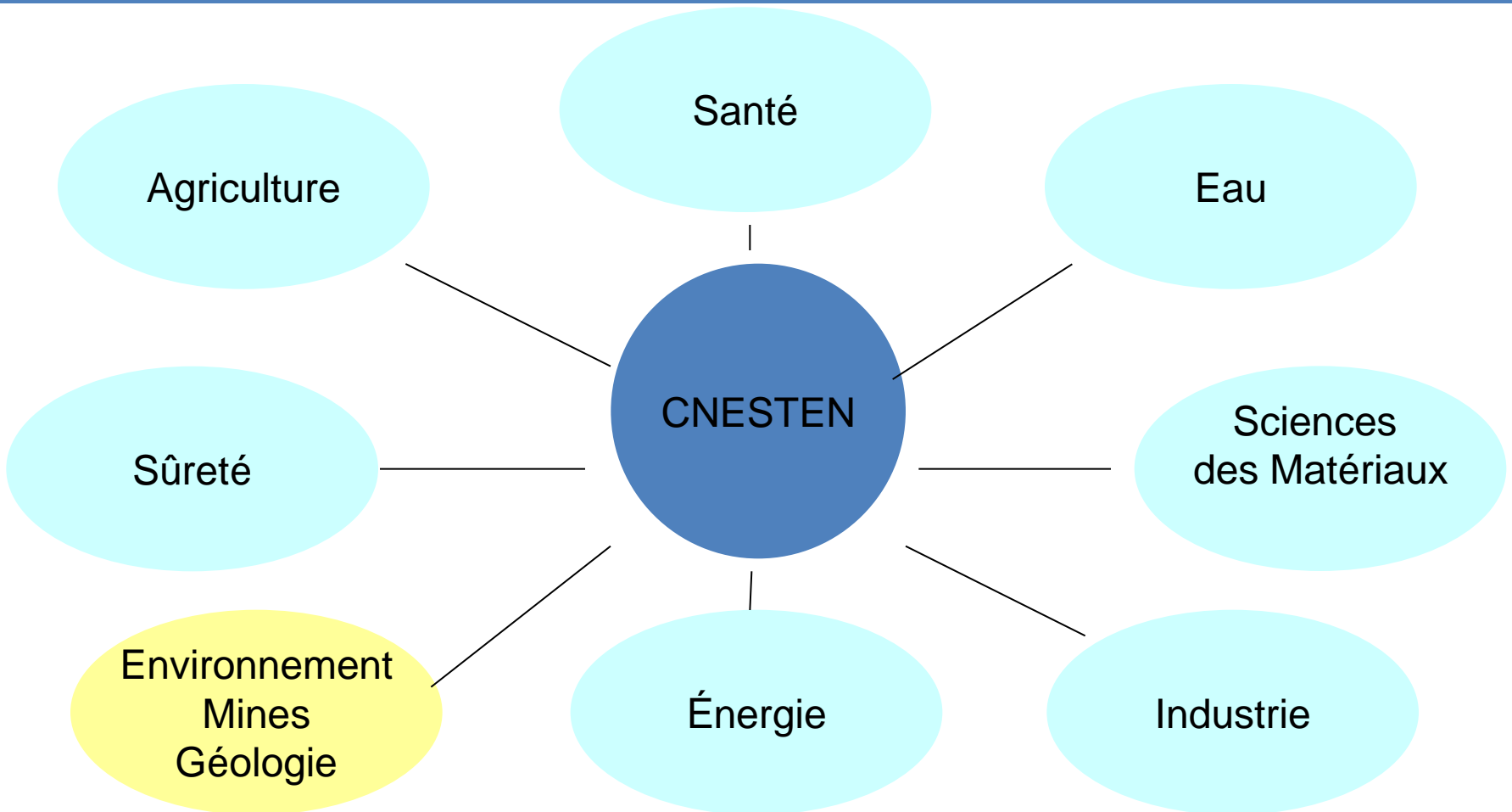


# Gestion des déchets radioactifs

1. Sources usées (industrie, santé, agriculture, enseignement, ...)
2. Contribution à un plan national de gestion des déchets radioactifs



# Domaines d'intervention



# Techniques Radiométriques

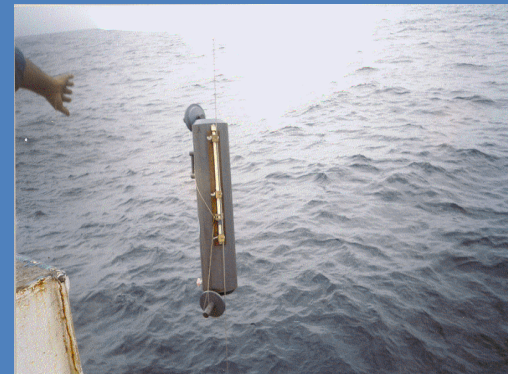
## 1. Spectrométrie gamma

$^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ...



## 2. Spectrométrie alpha

Isotopes: U, Th, Pu, Am, Po...



## 3. Spectrométrie bêta

$^{90}\text{Sr}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ...





# Préparation



# Spectrométrie $\gamma$ , $\beta$ et $\alpha$

1. Germanium hyper-purs  
Type P et type N ( eff. 30 à 50 %, Res. 1.8 keV),
2. Diodes à barrières de surfaces  
Eff. 25 %, Res.24 keV
3. Scintillateur liquide très bas bruit de fond:  
Quantulus 1220, Eff. 60 %

