

VALORISATION D'URANIUM ET MESURE RADIOLOGIQUE DANS L'INDUSTRIE DE PHOSPHATE

H. MAZOUZ
Chercheur Direction R&D OCP
A. KOSSIR
Directeur, R&D OCP



RESSOURCES MONDIALES EN URANIUM

WORLD*	2560	13.8	440	375,410	61	64,074	158	176,767	326	370,995	68,971
	billion kWh	% e	No.	MWe	No.	MWe	No.	MWe	No.	MWe	tonnes U
	NUCLEAR ELECTRICITY GENERATION		REACTORS OPERATING		REACTORS BUILDING		ON ORDER or PLANNED		PROPOSED		URANIUM REQUIRED

Demande mondiale en uranium est de l'ordre de 69000 tU/an

	World Production (tU)/ year *										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total	35 186	36 360	36 036	35 576	40 178	41 179	39 670	41 282	43 853	50 772	53 663

* Source: World Nuclear Agency 2011



RESSOURCES MONDIALES EN URANIUM (SUITE)

Répartition de la production minière en uranium

Ciel ouvert	28%
Souterrain	39 %
Lixiviation in situ	20%
Sous produit	13%

Demande mondiale en U: 69 000 t U/an*

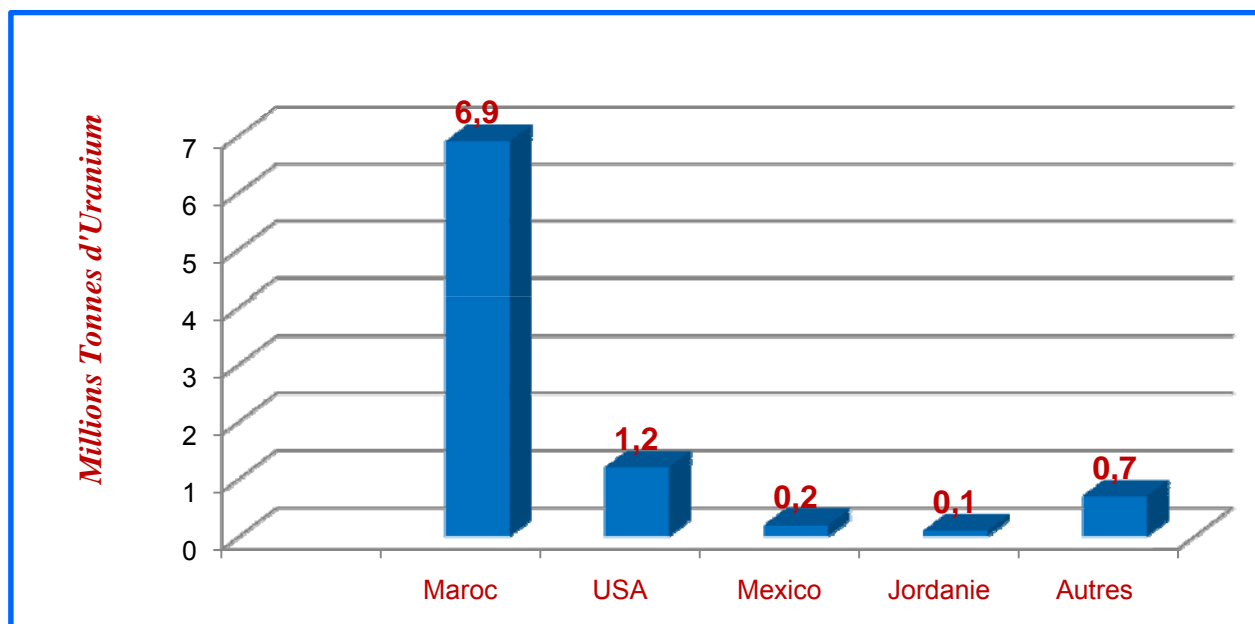


Épuisement des stocks stratégiques et militaires prévu pour 2015



SOURCES SECONDAIRES: URANIUM DES PHOSPHATES

9 MILLIONS T U



Estimation de la production mondiale en uranium à partir des phosphates: 3700 t/an* sur la base d'une production mondiale de phosphate de l'ordre de 142 millions tonnes/an à une teneur moyenne de 100ppm.

* Source rapport AIEA 2008



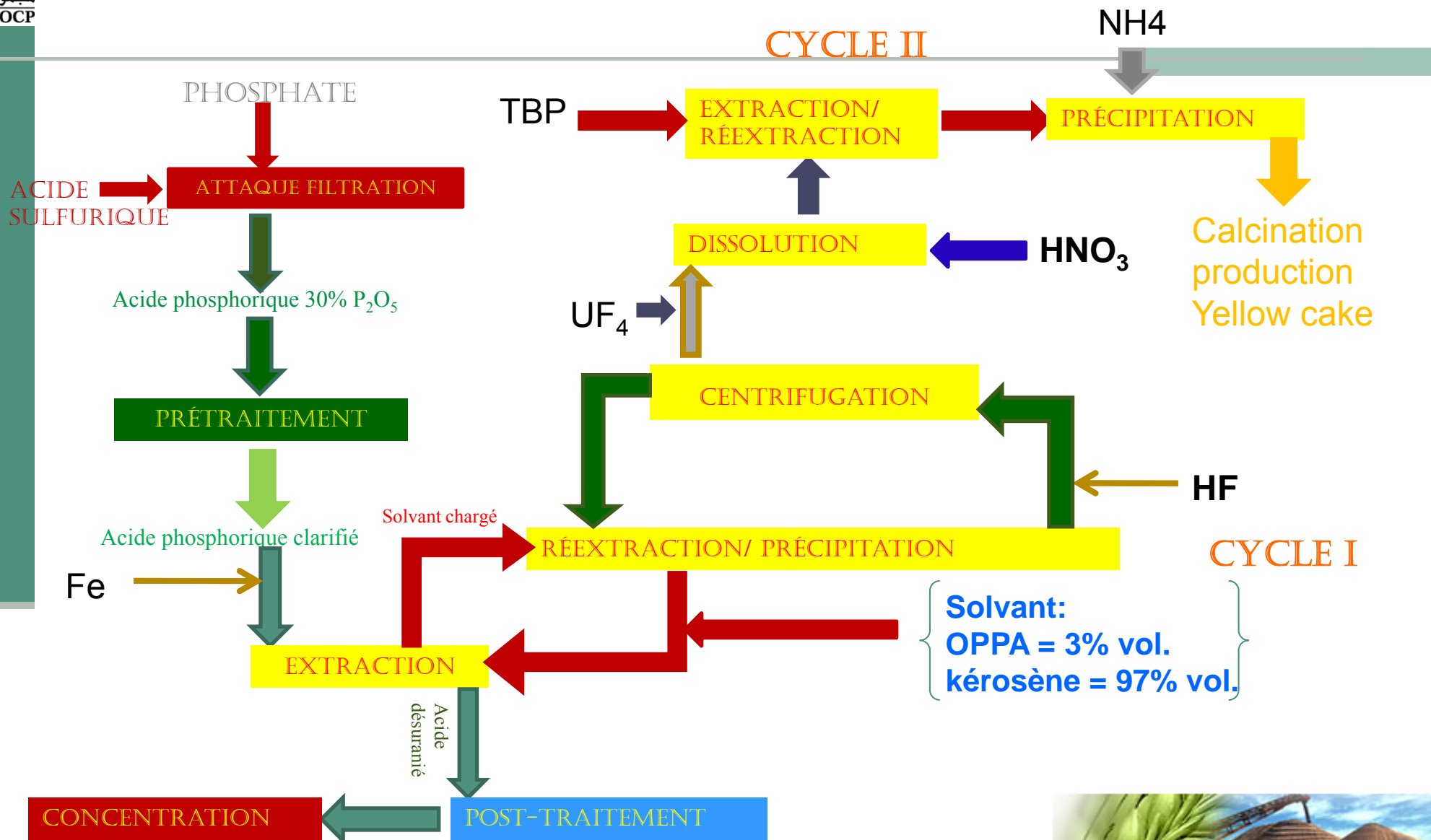


PROCÉDÉS DE VALORISATION D'U DE L'ACP

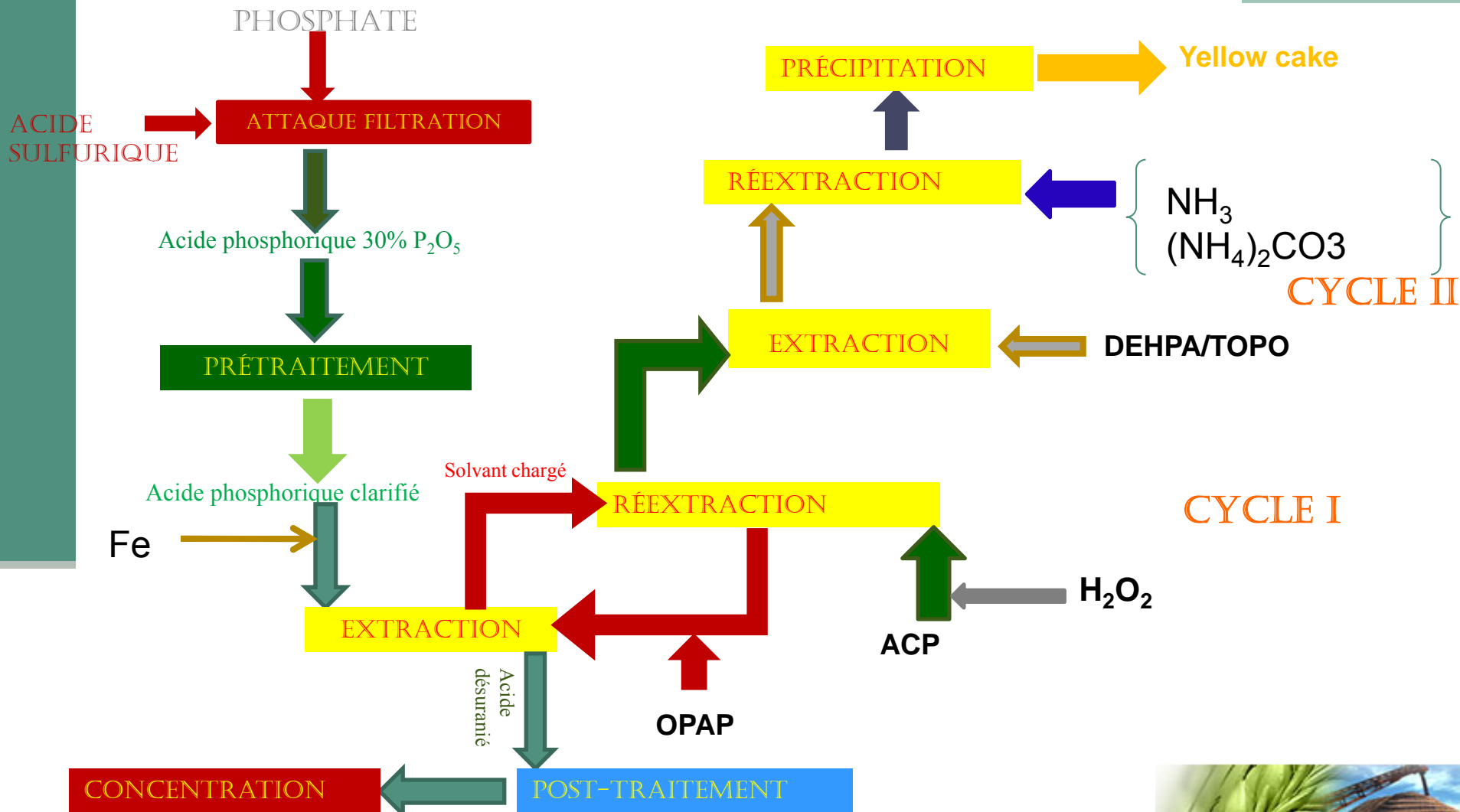
- EXTRACTION LIQUIDE – LIQUIDE
- PRÉCIPITATION
- RÉSINES ÉCHANGEUSES D'IONS
- MEMBRANES LIQUIDES
- FLOTTATION IONIQUE



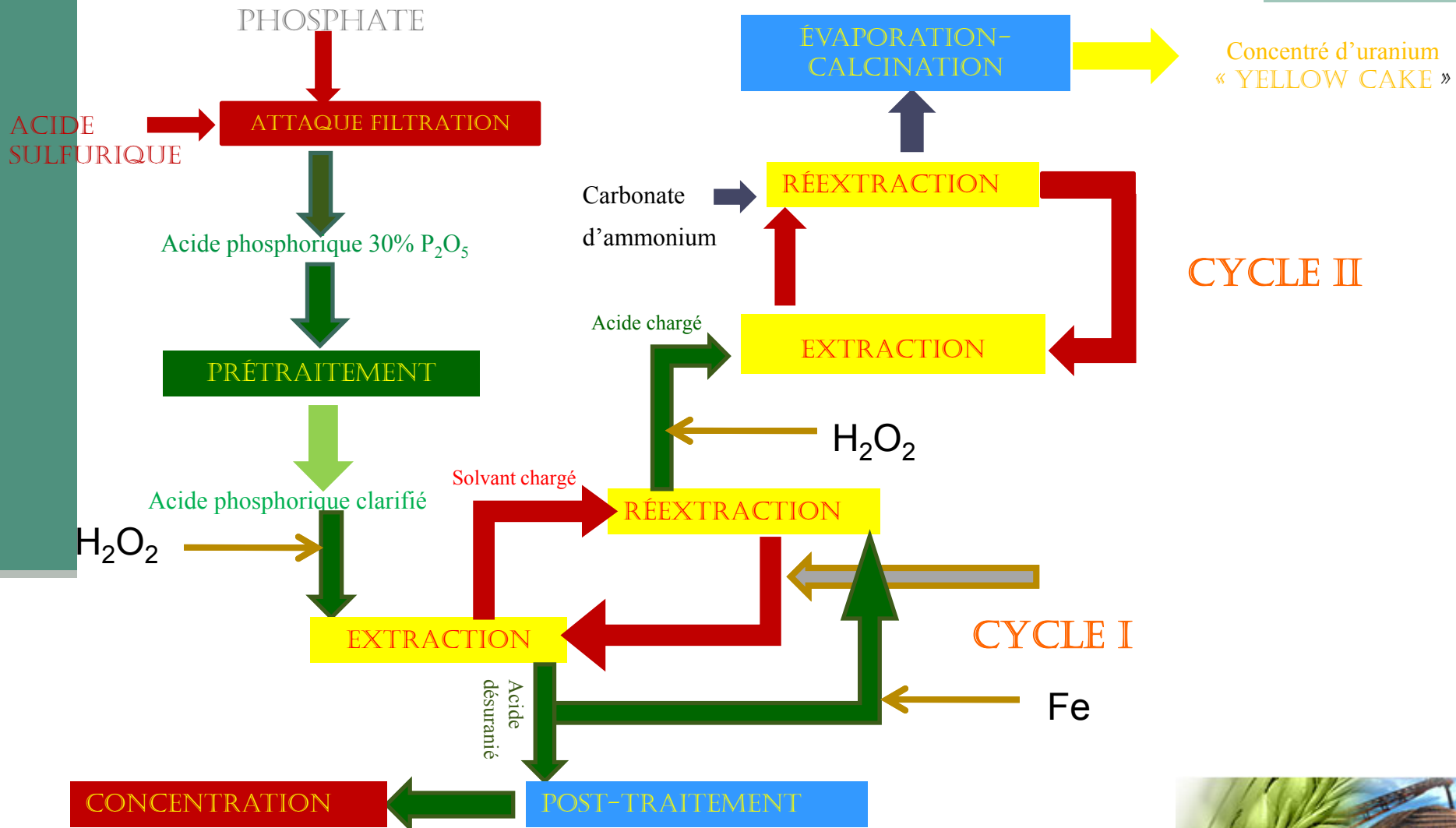
PROCÉDÉ OPPA « OCTYL PYROPHOSPHORIC ACID »



PROCÉDÉ OPAP OCTYL-PHENYL-ACID-PHOSPHATE



PROCÉDÉ D₂EHPA/TOPO



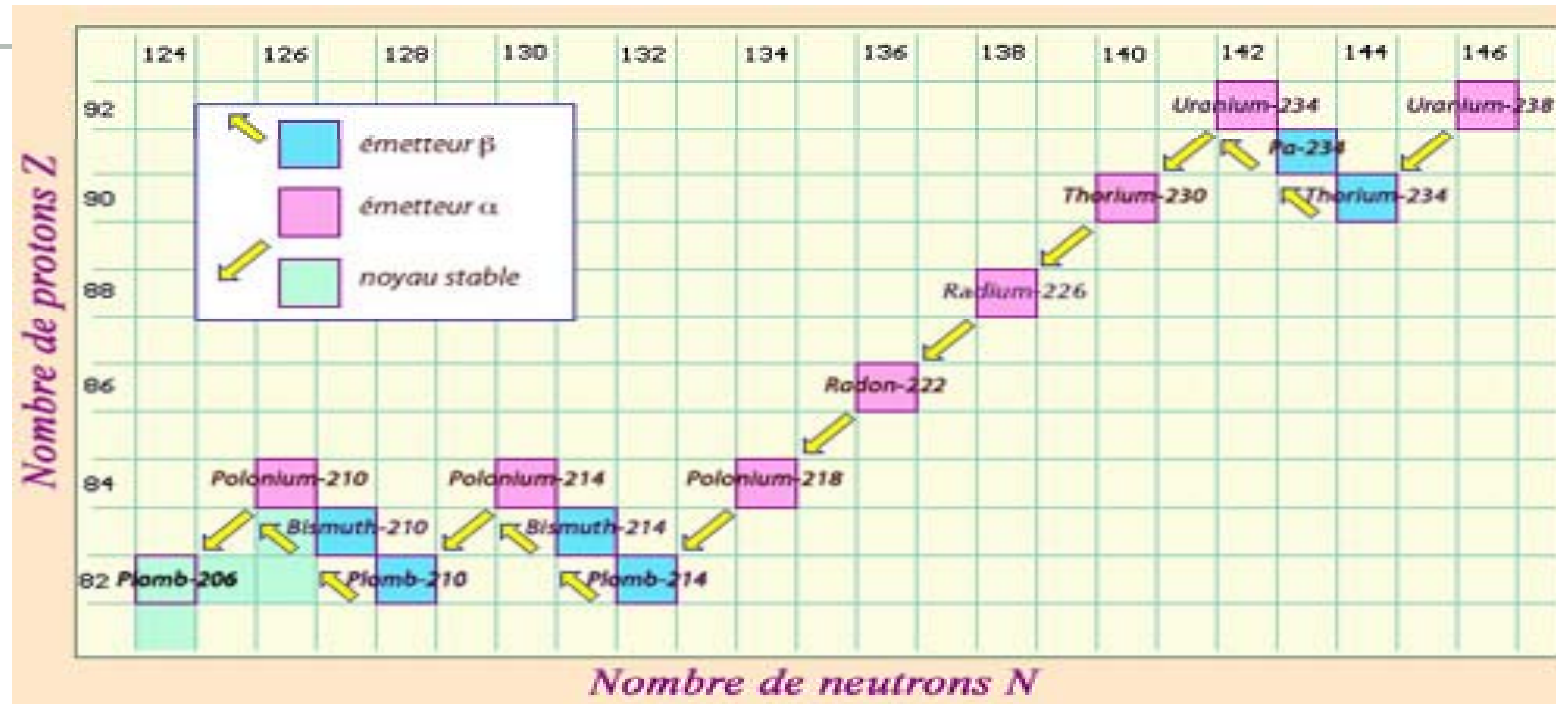
VALORISATION D'U : LES PROCÉDÉS INDUSTRIALISÉS

- ⇒ Depuis 1976, 8 unités ont été construites aux USA:
 - ✓ 6 utilisaient D₂EHPA/TOPO
 - ✓ 1 OPPA
 - ✓ 1 OPAP
- ⇒ 1980- 1982 fermeture des deux unités OPAP et OPPA (difficultés d'opération)
- ⇒ 1981 Fermeture d'une unité D₂EHPA/TOPO (diminution de la capacité de production d'ACP)
- ⇒ Début 1980 construction de nouvelles unités au Canada, Taiwan et Belgique.
- ⇒ Fin 1999 fermeture de la dernière unité



Présence d'uranium → radioactivité naturelle dans les phosphates

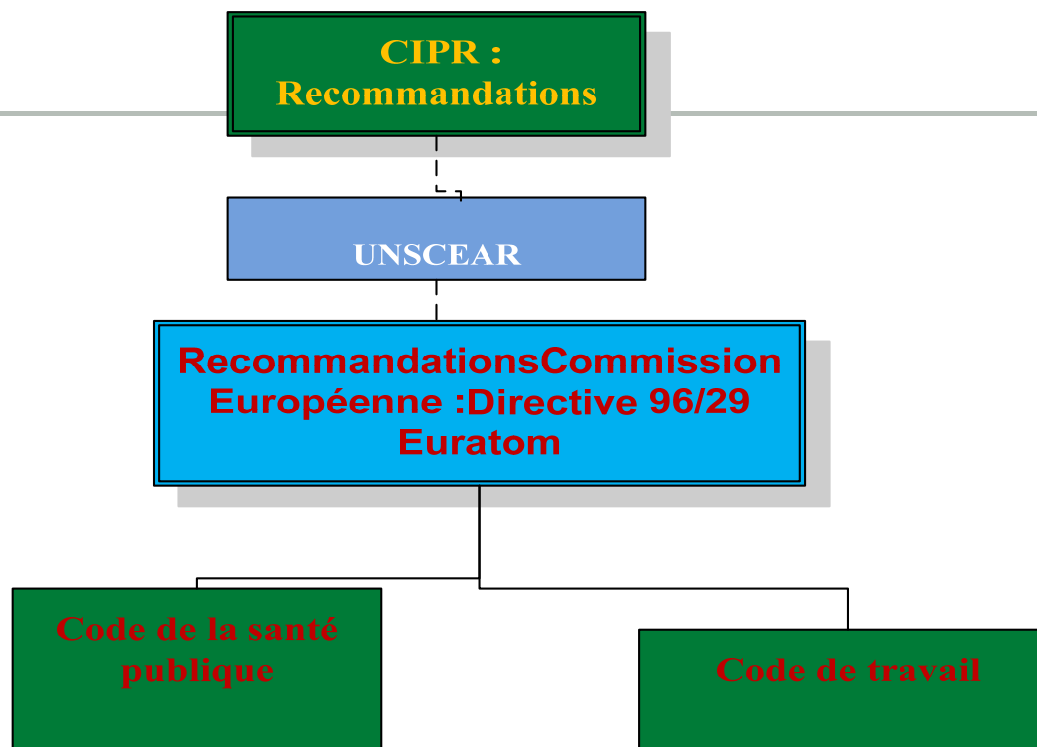
Radioactifs de père en fils ...



Les radio-isotopes les plus fréquents dans les roches terrestres (y compris les phosphates) sont l'isotope 238 de l'uranium (^{238}U), l'isotope 232 du thorium (^{232}Th), et surtout l'isotope 40 du potassium (^{40}K).



Réglementation en radioprotection



Les limites légales de radioprotection:

Travailleurs (Situation normale)		Public	
Dose efficace	Dose équivalente	Dose efficace	Dose équivalente
100 <u>mSv</u> sur 5 ans	Cristallin : 150 <u>mSv/an</u> Peau (1cm ²) : 500 <u>mSv/an</u> Extrémités : 500 <u>mSv/an</u>	1 <u>mSv/an</u>	Cristallin : 15 <u>mSv/an</u> Peau (1cm ²) : 50 <u>mSv/an</u>



Réglementation en radioprotection (suite)

Classification des zones de travail; relation entre les doses reçues par les travailleurs et le degré de contrôle radiologique

Zone 1: dose annuelle inférieure à 1 msv (pas de contrôle)

Zone 2: dose annuelle entre 1 et 6 mSv (zone surveillée, niveau bas de contrôle)

Zone 3: dose annuelle entre 6 et 20mSv (zone surveillée, niveau élevé de contrôle)

Zone 4: dose annuelle supérieure à 20 mSv (zone interdite)



La radioactivité naturelle des phosphates: mesure radiologique des phosphate

Des mesures effectuées par le centre de recherche Kemira Agro sur différentes qualité de phosphate a donné lieu les concentrations d'activité regroupées dans le tableau:

Référence phosphate	Ra-226 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/Kg)
ΦΦS1	320	20
ΦΦS2	500	80
ΦΦS3	900	<20
ΦΦS4	1000	<15
ΦΦS5	1200	<20
ΦΦS6	1440	10
ΦΦS7	1500	30
ΦΦI1	10	25
ΦΦI2	40	100
ΦΦI3	100	<10
ΦΦI4	250	150

ΦΦS phosphate sédimentaire; ΦΦI phosphate igné

L'activité du ΦΦI est inférieure à celle du ΦΦs car ce dernier est caractérisé par une teneur élevée en uranium

L'activité moyenne et les valeurs limites min et max mesurés dans les phosphates sédimentaires

	Moyenne (Bq/kg)	Min (Bq/kg)	Max (Bq/kg)
226 Ra	75	3	283
210 Po	25	0,5	110
232 Th	2818	9	6501
40 K	283	7	589

- Variabilité de la radioactivité d'un phosphate à un autre



La radioactivité naturelle des phosphates

Dose effective annuelle mesurée au niveau de certains industries*

Industrie	Dose effective annuelle (mSv)	
	Min	Max
Manufacture of ceramics containing zircon or zirconia	0.01	1
Manufacture of refractories containing zircon or zirconia	0.05	0.8
Separation of heavy minerals from monazite-containing ores	~1	7
Chemical extraction of rare earths from monazite	3	9
Manufacture of phosphate fertilizer, wet-acid process (dust)	0.02	0.8

La dose effective annuelle pour le cas de l'industrie de phosphate et dérivé est inférieure à 1

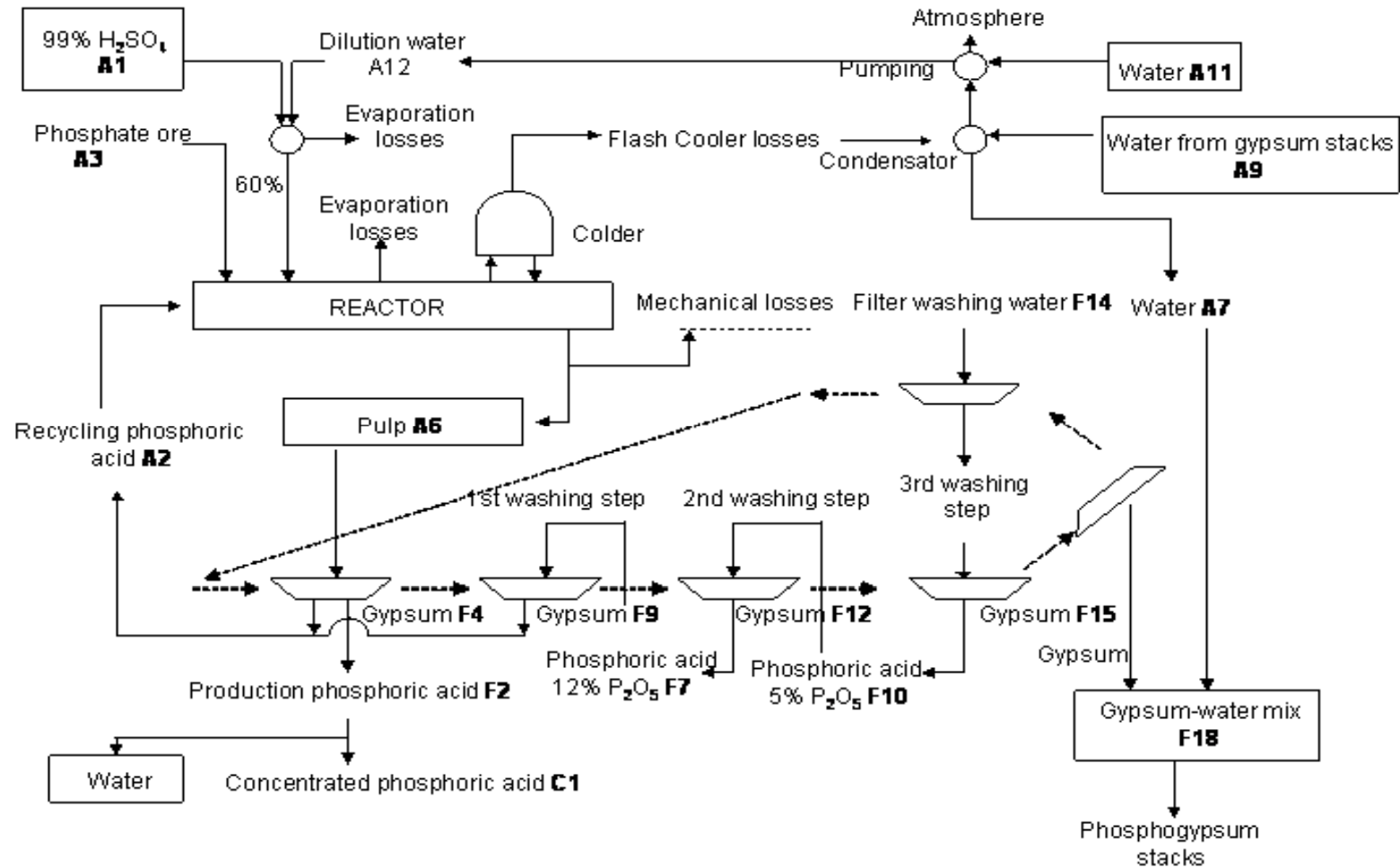
* B.K. Birky, Inhalation doses and regulatory policy in wet-acid processing of sedimentary phosphate rock, Seville 2007





La radioactivité naturelle des phosphates: mesure radiologique lors de la valorisation chimique

Schéma de procédé de fabrication d'acide phosphorique avec stockage de gypse



La radioactivité naturelle des phosphates

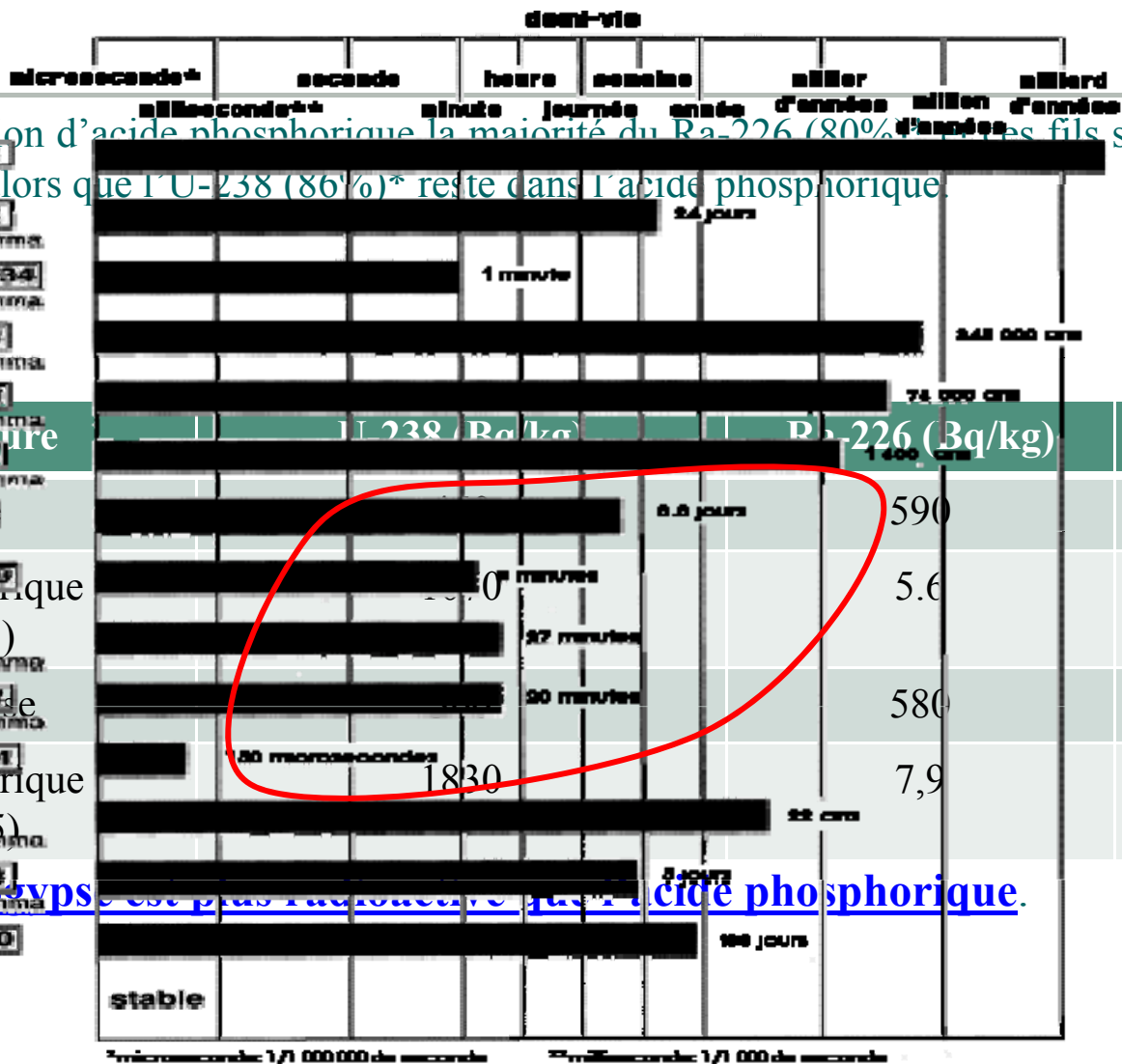
Lors de la fabrication d'acide phosphorique la majorité du Ra-226 (80% d'années) se retrouvent dans le phosphore, alors que l'U-238 (86%)* reste dans l'acide phosphorique.

Point de mesure

Acte in-situ

Acte in-situ

La majeure partie est pas radioactive que l'acide phosphorique.



*source US Environmental Protection Agency EPA



Activité du phosphogypse depuis la filtration jusqu'au stockage (Bq/kg)

Sample type	238-U	226-Ra
Phosphogypsum before washing	810 ± 50	880 ± 40
Phosphogypsum after first washing	460 ± 30	1040 ± 50
Phosphogypsum after second washing	450 ± 30	1000 ± 50
Phosphogypsum to be stored	310 ± 20	900 ± 50

Le lavage fait diminuer l'uranium dans le phosphogypse par contre le taux de radon reste constante

L'agence US « Environmental Protection Agency » a jugé que le phosphogypse destinés pour la plupart des applications, notamment agricoles et constructions doit avoir une concentration certifiée moyenne de 226-Ra ne dépassant pas 370 Bq / kg

Ra-226 > 370 Bq/kg → le phosphogypse produit dans la majorité d'unités de production d'ACP ne peut être valorisable



Conclusion

- ▶ Le phosphate constitue une réserve importante d'uranium,
- ▶ Sur la base de la production mondiale de phosphate, 3700 t/an d'uranium pourrait être obtenue comme sous produit de phosphate,
- ▶ Trois procédés ont été industrialisés pour la valorisation d'uranium à partir de l'acide phosphorique,
- ▶ La présence d'isotopes ^{238}U et ^{226}Ra , a fait que le phosphate est considéré comme source naturelle de radiation,
- ▶ L'activité des phosphate varie d'un phosphate à un autre,
- ▶ Les mesures radiologiques effectuées au niveau des différentes étapes du processus de fabrication d'acide phosphorique et engrais ont permis de détecter une forte activité au niveau du phosphogypse liée à la présence du radionucléide ^{226}Ra





مجموعة م ش ف
Groupe OCP

Merci pour votre attention

