

AU CŒUR DE L'URANIUM

Exploitation d'un site minier d'Uranium

Florian LANZI
Ingénieur Minier – Expert Mine



Orano

Développer les savoir-faire de transformation et de maîtrise des matières nucléaires pour le climat, pour la santé et pour un monde économe en ressources, aujourd'hui et demain

CHIFFRES CLÉS 2020

Collaborateurs

16 500

Chiffre d'affaires

4,7Md€

TOP 3

mondial dans chacun de ses métiers



Mines

Exploration,
Production
Commercialisation
Réaménagement



Conversion

Purifier et transformer
le minerai d'uranium.
Usine Philippe Coste



Enrichissement

Pour être utilisable
l'uranium naturel doit être
enrichi. Georges Besse II.



Recyclage

Traitement & Recyclage
Combustible usé.
la Hague et de Melox



Démantèlement

Gestion des déchets
radioactifs
Démantèlement de sites
nucléaires



Soutien à
l'exploitation

Fournisseur dans le
soutien à l'exploitation
des sites nucléaires :
logistique de chantier,
maintenance
spécialisée, sécurité
radiologique.



Ingénierie

Conseil en ingénierie,
Assistance à maîtrise d'ouvrage
ou maîtrise d'œuvre, conception
réalisation, démarrage et soutien
à l'exploitation des usines.



Emballages
nucléaires et Services

Conception, fabrication
d'emballages nucléaires
transports.



Médecine nucléaire

Orano Med,
thérapies dans la lutte contre
le cancer.



ACTIVITÉS MINIÈRES UN DES PILIERS DE L'OFFRE ORANO

NOTRE MISSION

Fournir de l'uranium naturel à nos clients, pour produire une électricité décarbonée

Ce faisant nous contribuons à la lutte contre le réchauffement climatique.



Notre engagement
Climat
Contribuer à la **neutralité carbone**



Notre engagement
Communauté
Être engagé et **responsable** localement dans notre **environnement**



Notre engagement
Compétences
Mobiliser des collaborateurs fiers et engagés, incarnant notre raison d'être



Notre engagement
Croissance clients
Innover pour la préservation des ressources et la santé



Notre engagement
Cash
Opérer efficacement en réduisant notre empreinte

NOS ENGAGEMENTS

Sécurité d'approvisionnement pour nos clients

La diversification de nos sources d'approvisionnement actuelles et de nos projets est indispensable pour garantir la sécurité d'approvisionnement pour nos clients

Responsabilité

La pérennité de nos activités passe par **des engagements forts** en matière de Responsabilité Sociétale d'Entreprise



ACTIVITÉS MINIÈRES UN DES PILIERS DE L'OFFRE ORANO



23,5%
du CA d'Orano

≈ 7
années
de CA
en carnet de
commandes

ORANO MINING EST PRÉSENT

DANS TOUTES LES ÉTAPES DU PROCESSUS MINIER

EXPLORATION



Découverte de nouveaux gisements (études géophysiques et géologiques, sondage, estimation de ressources).

PROJET MINIER



Ingénierie et construction des infrastructures minières.

OPÉRATIONS MINIÈRES



- Extraction du minerai (mine à ciel ouvert, mine souterraine, mine ISR).
- Concentration de l'uranium présent dans le minerai à l'aide de processus chimiques.

RÉAMÉNAGEMENT & RECONVERSION



Remise en état des sites miniers en accord avec les standards environnementaux en vigueur.

~15 ans

10 – 50 ans

10 ans et +



NÉGOCE
ACHAT ET
VENTE
D'URANIUM

PLUSIEURS MÉTHODES DE PRODUCTION

EXTRACTION 1



Mine à ciel ouvert



Mine souterraine



Récupération in-situ

MINERAIS

SOLUTION BASSE TENEUR

MISE EN SOLUTION 2



Lixiviation dynamique



Lixiviation en tas



Traitement solutions

SOLUTION RICHE EN URANIUM

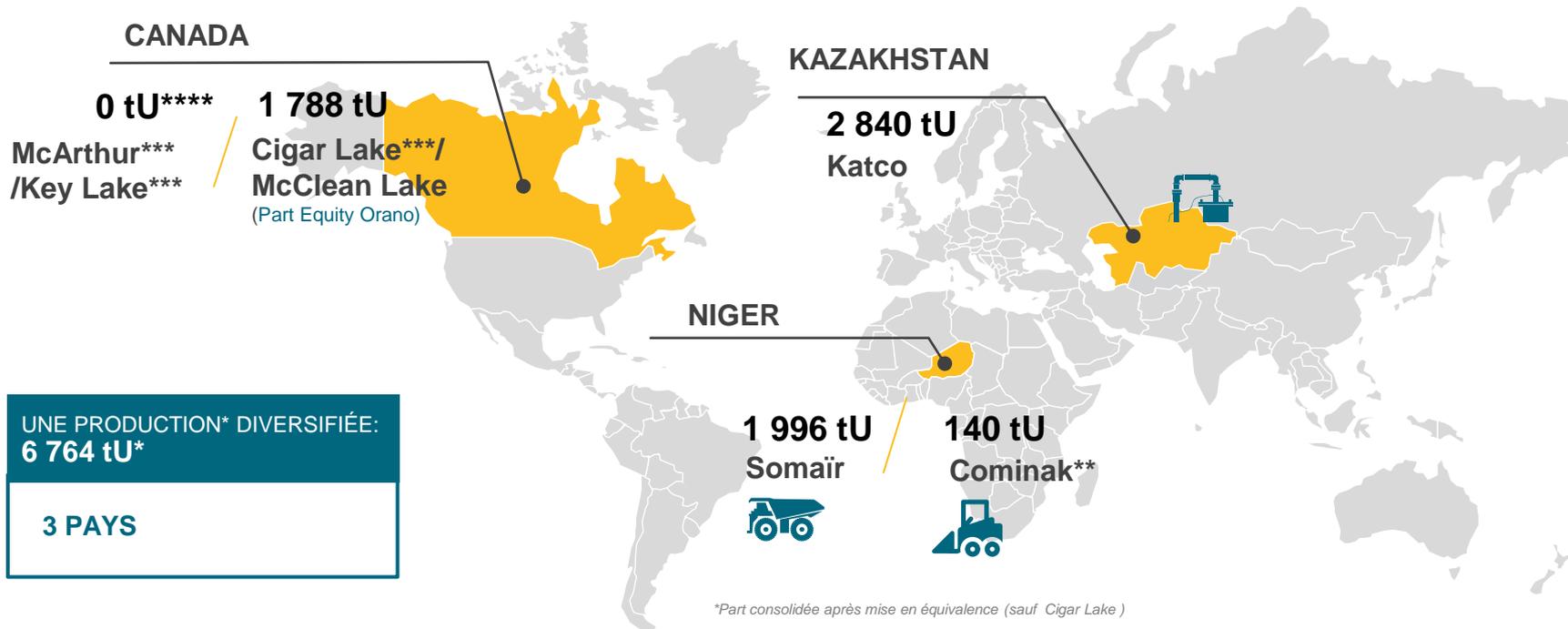
PURIFICATION ET CONCENTRATION 3



CONCENTRÉ D'URANIUM : U_3O_8 / « YELLOW CAKE »



LES MINES D'ORANO EN PRODUCTION* (2021)



*Part consolidée après mise en équivalence (sauf Cigar Lake)

**Cominak est consolidée depuis février 2021

***Opérateur – Cameco

****Depuis fin janvier 2018, à la demande de son actionnaire majoritaire Cameco les activités de la mine de McArthur et de l'usine de Key Lake sont suspendues pour une période indéterminée du fait des conditions du marché de l'uranium



**TONNES D'URANIUM
PRODUITES :**

+ de
75 710 tU
depuis 1971

**CAPACITÉ
DE TRAITEMENT
DE L'USINE :**
2 000 tU/an

**TENEUR*
MOYENNE 2020 :**

1,81%

TRAITEMENT :

- lixiviation dynamique
- lixiviation en tas
par voie acide

SALARIÉS

740

Certifié ISO 14001 et ISO 45001

PRODUCTION 2021

1 996 tU

CONSOLIDÉ 100%

SOMAÏR dispose aujourd'hui d'une dizaine
d'années de visibilité de production

FAITS MARQUANTS 2020

Construction d'une nouvelle aire de
lixiviation en tas

- > Traiter économiquement des minerais à
faible teneur (1/3 de production)



TONNES D'URANIUM
PRODUITES :

+ de

73 000 tU

depuis 1978

PROFONDEUR :

+ de **250m**

SALARIÉS :

600

TENEUR
MOYENNE (2020) :

2,47 ‰

TRAITEMENT :

**Lixiviation
dynamique**



Certifié ISO 14001 et OHSAS 18001

PRODUCTION 2021

140 tU

Part consolidée après mise en équivalence

Arrêt de la production
31 mars 2021

Début de réaménagement
1 avril 2021

Durée de réaménagement
12 ans



TONNES D'URANIUM
PRODUITES :

+ de **50 000 tU**
depuis 2006

PUITS EN ACTIVITÉ :
≈450

CAPACITÉ DE
PRODUCTION
ANNUELLE :
4 000 tU

CONCENTRATION
MOYENNE (2020) :
42,6 mg/L

SALARIÉS* :
1 200



Certifié ISO 14001 et ISO 45001

PRODUCTION 2021

2 840 tU

Part consolidée après mise en équivalence

Développement du projet
de South Tortkuduk

Visibilité de production
jusqu'à mi-2030



MCARTHUR RIVER / KEY LAKE

MINE SOUTERRAINE (OPÉRÉE PAR CAMECO)



PROFONDEUR :
600m

MÉTHODE
D'EXPLOITATION :

long hole stoping (drill
blasting)

EN OPÉRATION :
Depuis **1999**

CAPACITÉ DE
PRODUCTION
ANNUELLE :

18 Mlbs U308
(**≈6 900 tU/an**)

TENEUR
MOYENNE:

5,83 %



Vers Key Lake

*Usine de Key Lake :

Orano ▶ 16,7 %, CAMECO ▶ 83,3 %

Certifié ISO 14001 et OHSAS 18001

PRODUCTION 2021

0 tU

Le redémarrage courant 2022 de la mine de McArthur River et de son usine de Key Lake, mises en care and maintenance depuis juillet 2018

ACTONNARIAT



CAMECO
69,8%

ORANO
30,2%





CIGAR LAKE MINE SOUTERRAINE OPÉRÉE PAR CAMECO



PROFONDEUR :
450m

CAPACITÉ DE PRODUCTION :

6 900 tU/an
(18 Mlbs U3O8/ an)

TECHNIQUE MINIÈRE :

Jet-boring
(à jet d'eau haute pression)

DÉBUT DE PRODUCTION :

2014

TENEUR MOYENNE (2020) :

13,5 %
par tonne de minerai

Vers Mc Clean Lake



PRODUCTION 2021

4 747 tU
(1 788 tU *Part Equity Orano*)

après traitement du minerai par l'usine de McClean Lake

MINE AYANT LA PLUS FORTE TENEUR EN URANIUM AU MONDE

Suspension de l'activité pendant 4 mois en 2021 suite au contexte COVID-19

ACTIONNAIRIAT

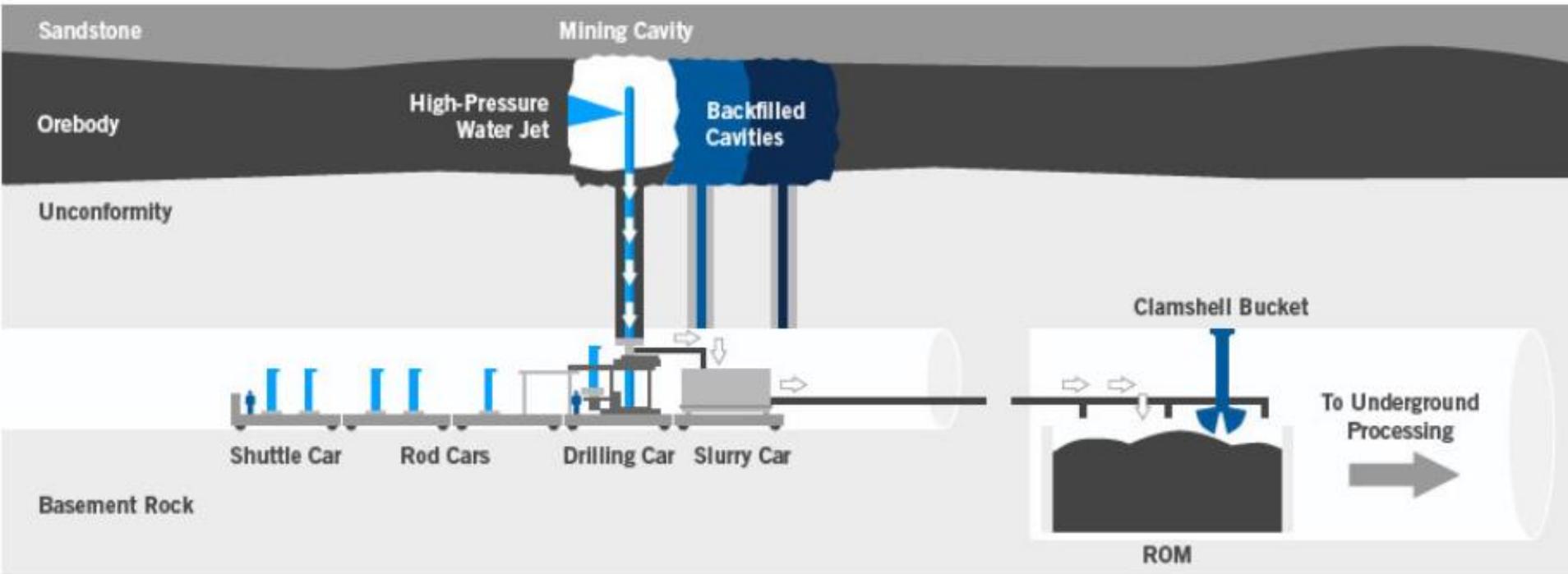


CAMECO 50%	ORANO 37,1%
IDEMITSU 7,8%	TEPCO 5%



*teneur moyenne des réserves à fin décembre 2020

Cameco - Jet Bore Mining - Cigar lake



Cigar Lake Remote Mining

Jet Boring Cavity

Ore Body

JBS Drilling

Production Level

Freeze Pipes

Freeze Level

6 m

21 m

15 m



Niveau des réserves

150.000 tU @ 850ppm

Type de mine :

Ciel ouvert et/ou -ISR à l'étude

Capacité de production envisagée

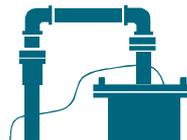
5 000 tU / an

Durée de vie de la mine

>40 ans

STATUT

En 2014, Orano et ses partenaires ont pris la décision de suspendre les travaux préparatoires à la mise en production d'IMOURAREN du fait de la baisse du prix de l'uranium. **La date de mise en production estimé est aux environs 2035 et dépendra de l'évolution des conditions du marché. Des études d'optimisations du projet sont en cours. Ces études ont pour but d'évaluer la faisabilité d'opérer avec d'autres méthodes d'extraction afin d'essayer de réduire les coûts d'exploitation et d'écoconcevoir le projet**



Découvertes :

- Dulaan Uul en 2002
- Zuuvch Ovoo en 2010

Ressources **

(Zuuvch Ovoo – part Orano) :

- mesurées + indiquées :
15.000 tU
- Inférées :
17.000 tU

Méthode d'exploitation :

ISR

2016

3 licences d'exploitation attribuées à **Badrakh Energy**

2017-2019

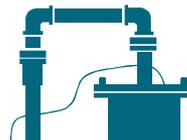
Construction du Pilote ISR sur le site de Zuuvch Ovoo

2020

Début de traitement des résines (traitement des résines chargées en Uranium issues du pilote 2011)

2021

Début de l'opération de la 1ère cellule ISR



2020-2023

Réalisation des **opérations de prospection géologique**, comprenant

- des travaux de forage,
- d'analyses en laboratoire,
- de modélisations
- d'essais pilotes

en vue de confirmer la faisabilité technique, économique et environnementale de l'extraction des ressources uranifères dans la région de Djengeldi à l'aide de la méthode ISR (In Situ Recovery).



BASSIN DE L'ATHABASCA AU CANADA

Les concentrations les plus élevées connues - avec des teneurs en uranium dans le minerai pouvant dépasser 20 % - se situent dans le Bassin de l'Athabasca au Nord de la province du Saskatchewan

En 2022,
Orano est opérateur

Forage – 4 projets

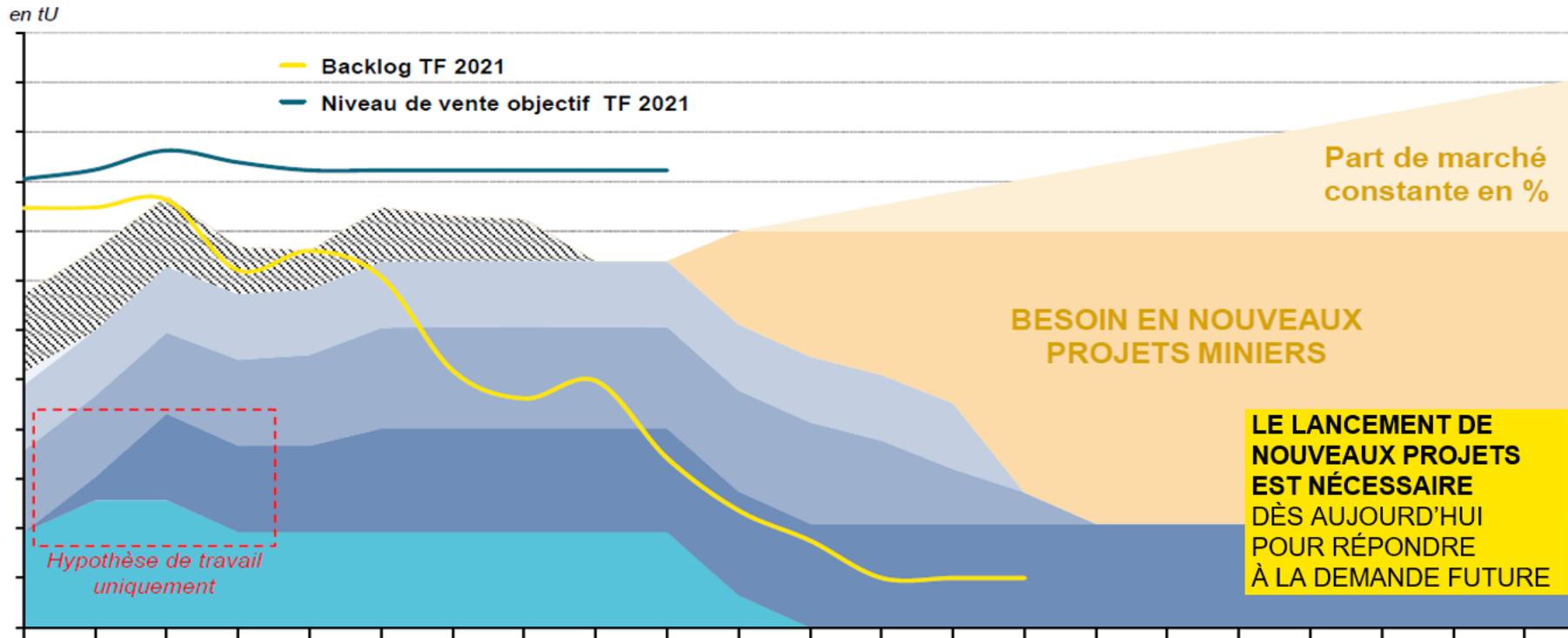
Géophysique – 5 projets

Nos partenaires sont opérateurs :

Forage : 5 projets

Géophysique : 2 projets

Projections enlèvement matière et besoins de nouveaux projets- Confidentiel



Introduction à l'ISR

Avantages

Pas d'extraction de minerai

Economies:

- Transport
- Concassage-broyage
- Production d'effluents solides et stockage

Réductions:

- CAPEX
 - Pas de découverte ou de puits d'accès
 - Pas d'équipements miniers lourds
 - Pas d'usine de préparation du minerai
- OPEX
 - Personnel réduit → Forte productivité **KgU/personne**
 - Consommations: Energie,
- Risques radiologiques faible
- Limitation des impacts des GES, déchets, eau,...
- Délai de mise en production

Amélioration:

- Sécurité
- Résultats financiers

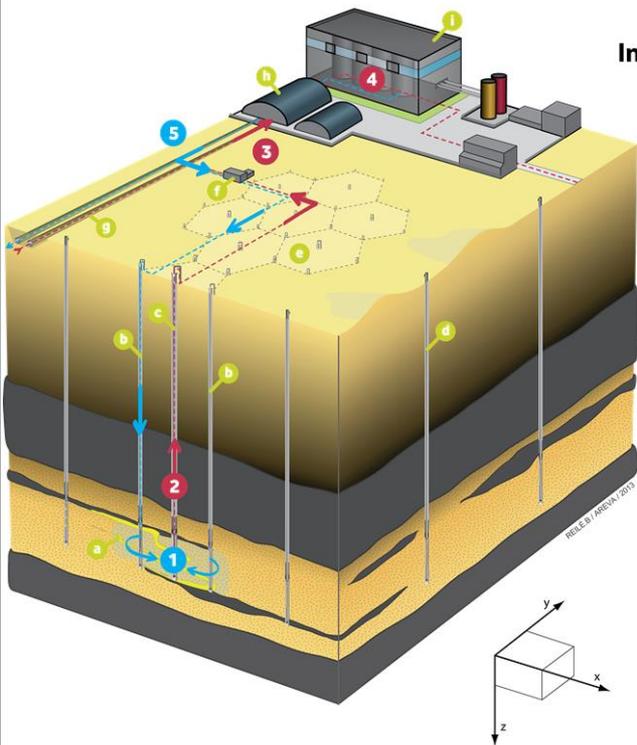
Accès à de nouvelles ressources

- Gisement dispersés, de faible extension
- Gisement à faible teneur
- Gisement localisés dans un environnement sensible

Inconvénients

- Adapté à une certaine géologie
- Taux de récupération réduit
- Risque de contamination des aquifères
- Cinétique de récupération difficile à prévoir
- Canalisation d'acide sur le champs de puits

In-Situ Recovery principles



Processing

- 1 Depleted solution injection & Leaching**
 - 1.1 Reagent injection
 - 1.2 Uranium leaching & transportation
- 2 Pumping pregnant solutions**
 - 2.1 Pumping by submerged pump
 - 2.2 Transportation to well house
 - 2.3 Filtration and flow management
- 3 Pregnant solutions transportation**
 - 3.1 Transportation of pregnant solutions by pipeline:
 - 3.2 Injection of pregnant solution in ponds
 - 3.3 Pumping to processing plant
- 4 Uranium treatment**
 - 4.1 Absorption
 - 4.2 Desorption
 - 4.3 Precipitation
 - 4.4 Filtration
 - 4.5 Drying/calcination
 - 4.6 Packaging & Shipping
- 5 Depleted solution transportation & injection**
 - 5.1 Pumping of depleted solutions
 - 5.2 Transportation of depleted solution by pipelines
 - 5.3 Adding reagent in depleted solution
 - 5.4 Acid solution injection

Infrastructures

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1 Uranium roll-front | 7 Wellhouse |
| 2 Injection well | 8 Primary lines |
| 3 Production well | 9 Decantation ponds |
| 4 Piezometric well | 10 Treatment plant |
| 5 Well field | |

Comment déterminer la méthode d'exploitation pour un gisement ?

Le choix de la méthode d'exploitation d'un gisement est conditionnée par:

- La Géologie
- Les Paramètres économiques

Les facteurs influant sont:

- La profondeur de la minéralisation
- La nature géologique de la minéralisation et de la roche stérile qui entoure le minerai (dureté, fracturation, perméabilité, minéralogie, type de minéralisation oxydée, réduite...)
- La géométrie de la minéralisation (épaisseur minerai, extensions, forme, orientation...)
- L'hydrogéologie (présence d'eau, type d'aquifère)
- La qualité du minerai (argileux, gréseux...)
- La richesse métal → Tonnage métal, **de teneur et de teneur de coupure**

Teneur métal et teneur de coupure ?

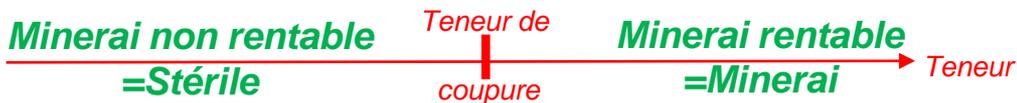
Teneur métal= C'est le métal contenu dans la roche. S'exprime sous forme d'un rapport. Exemple: Pourcentage (%), partie par millions (ppm), gramme de métal par tonne de minerai (g/t). A noter qu'au sein d'un même gisement les teneurs varient.

Définition de la teneur de coupure:

La teneur de coupure est la teneur minimale en métal pour laquelle un gisement peut être exploité de façon rentable.

En d'autres termes, c'est la teneur pour laquelle il y a **équilibre entre les dépenses et les recettes**.

« En dessous de la teneur de coupure, les dépenses sont supérieures aux recettes. Au dessus de la teneur de coupure les recettes dépassent les dépenses ».



Plus la teneur de coupure est faible plus les ressources rentables seront importantes

Pour calculer la teneur de coupure, l'entreprise minière doit connaître:

1-Coûts opératoire total (extraction et de traitement du minerai)

2-Prix de vente du métal

$$T_c = \text{Teneur de coupure} = \frac{\text{Coût opératoire}}{\text{Prix de vente métal}}$$

← Fonction de la méthode d'exploitation

← Fonction du marché (Offre-Demande)

1-Le coût opératoire

Le coût opératoire est spécifique selon la méthode d'exploitation envisagée: Mine à ciel Ouvert, souterraine, ISR...

Le choix de la méthode d'exploitation et donc les coûts associés sont les éléments clés sur lesquels l'exploitant peut agir sous réserve de la faisabilité technique de la méthode sélectionnée

Coût ISR < Coût Ciel ouvert < Coût Souterrain

Pour un même prix de vente → Tc ISR < Tc Ciel Ouvert < Tc souterrain

2-Le Prix de vente

Le prix de vente est fonction de l'offre et de la demande.: Le Prix de vente est un paramètre clé sur lequel l'exploitant ne peut pas agir

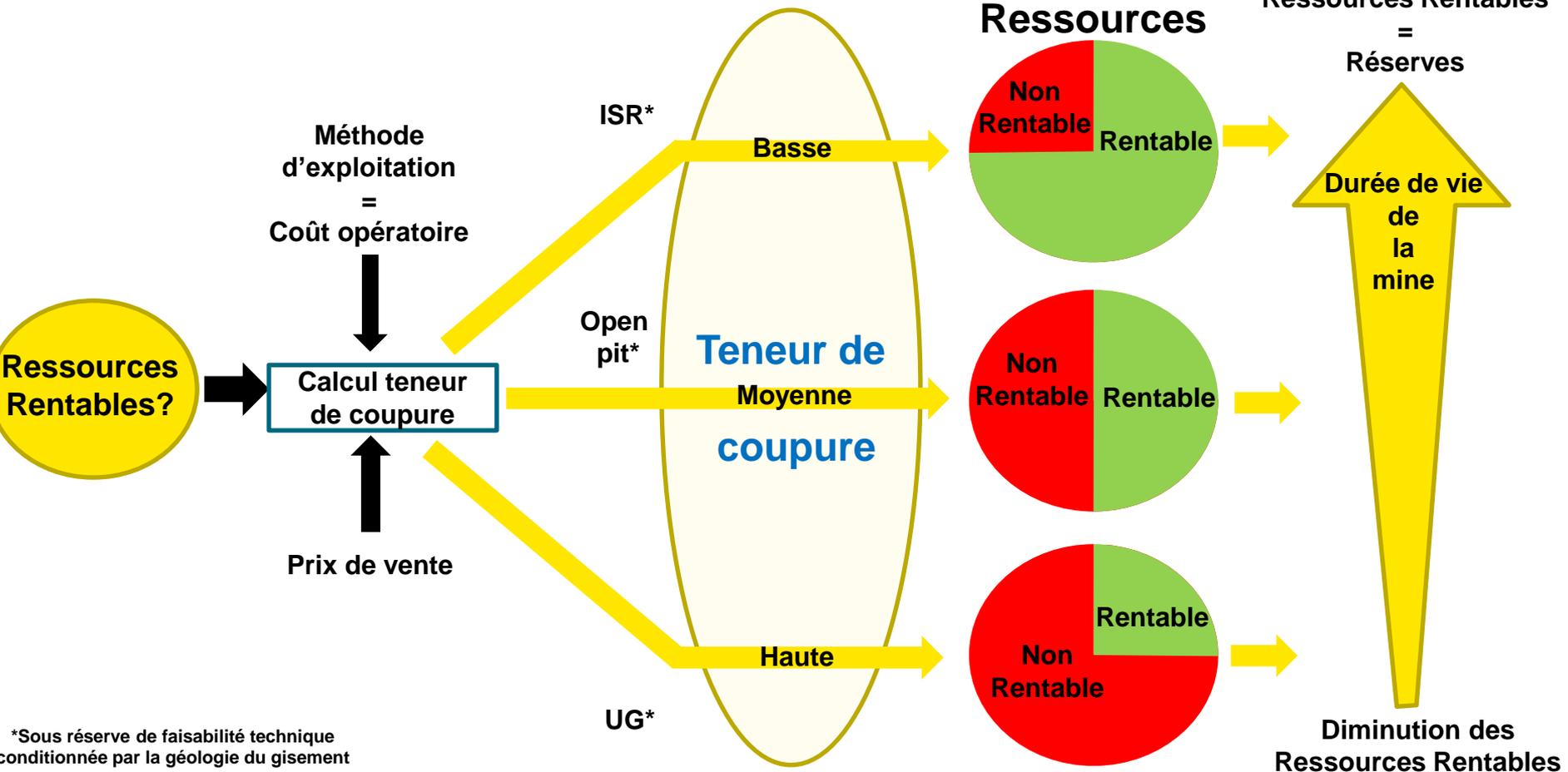
L'exploitant subit

En résumé

Coût ISR < Coût Ciel ouvert < Coût Souterrain

Evolution des Ressources

Augmentation des Ressources Rentables = Réserves



*Sous réserve de faisabilité technique conditionnée par la géologie du gisement



L'augmentation de la teneur de coupure diminue la quantité des Ressources rentables et donc de la durée de vie de la mine

Comparatif des caractéristiques clés de quelques gisements et leur méthode d'exploitation

		COMINAK	SOMAIR	KATCO	IMOURAREN	DASA	IZAKANAN
Localisation		Niger	Niger	Kazakhstan	Niger	Niger	Niger
Exploitant		Orano	Orano	Orano	Orano	Global Atomic Corp.	Global Atomic Corp.
Statut		Fermé	En opération	En opération	En étude	En étude	Etude faisabilité ISR en cours
Teneurs moyenne	Forte	X				X	
	Moyen		X				
	Faible			X	X		X
Profondeur	Forte	X		X		X	X
	Moyen				X		
	Faible		X				
Méthode d'exploitation utilisée - envisagée		Souterrain	Ciel Ouvert	ISR	Ciel Ouvert ? ISR ?	Souterrain	ISR

Imouraren est à la frontière entre deux méthodes d'exploitation envisageables car c'est un gisement à faible teneur mais d'une profondeur qui est à la limite des méthodes d'exploitation à Ciel Ouvert et ISR



orano

Donnons toute sa valeur au nucléaire