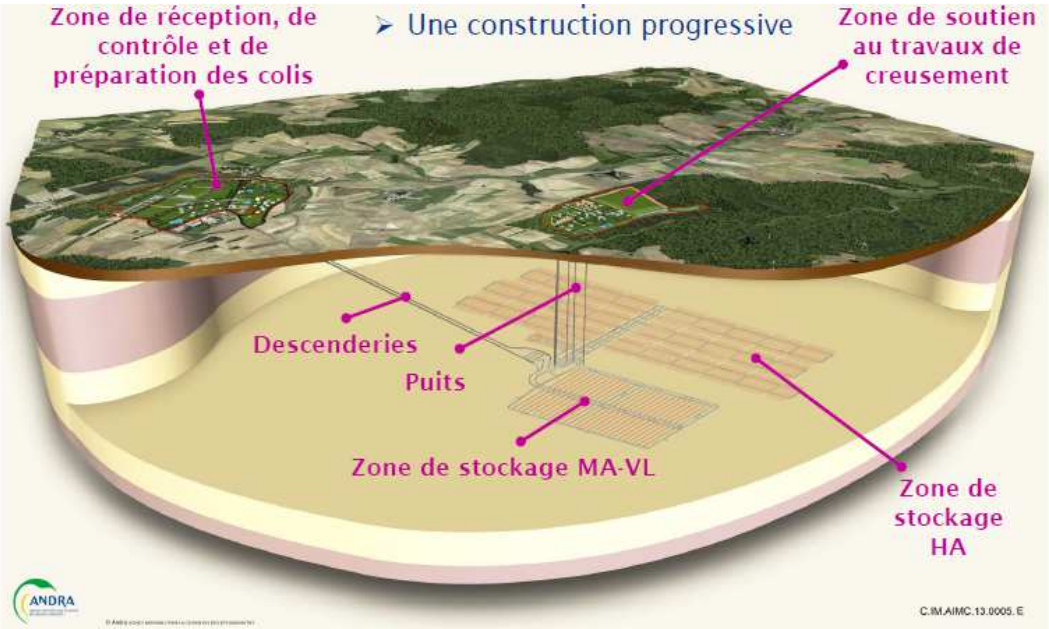
Sources documentaires :

Les failles de Cigéo avec les questions de l'IRSN

Cigéo est-il dans une impasse ?

CIGEO Centre Industriel de stockage Géologique



A propos de l'examen du Dossier des Options de Sûreté

Les questions de l'IRSN

Nos questions de 2012

Pourquoi une impasse ?

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Sources documentaires :

Situation 2014 Cigéo (pour chiffrage)

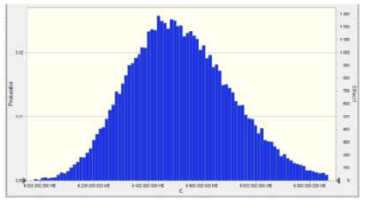
Contexte et cadre de mise en place (pour chiffrage 2014)

. Durée moyenne de d'exploitation des installations existantes : 50 ans

. Poursuite de la production électro-nucléaire avec traitement de tous les combustibles usés

. Déchets à stocker (conditionnés) : MAVL(Moyenne Activité) : 350 000 m^3 et HA (Haute Activité) : 30 000 m^3

Tranche 1 : construction



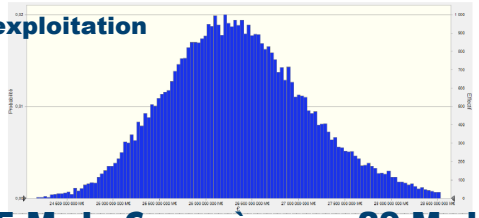
5 Mrds € à 6 Mrds €

32,5 Mrds €

25 Mrds €

Tranche 2 : exploitation

+



25 Mrds € à 29 Mrds €

Quelques chiffres pour rappel

265 kms de galeries, descenderie et alvéoles à creuser

10 à 15 kms^2 (jusqu'à 25 ou 30 km^2) de surface souterraine

7 à 8 millions de m^3 de roche à extraire

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Sources documentaires :

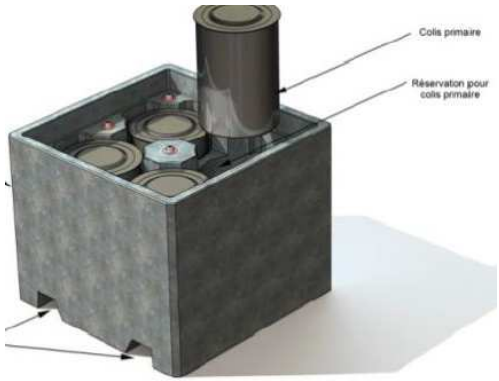
Les constats en 2017 de l'IRSN

(Inventaire des déchets)

1. Déchets de type MAVL (Moyenne Activité à Vie Longue)

Source Andra, 2013* :

350 000 m³ en colis conditionnés



* Source Andra, 2013

IRSN, 2017 :

400 000 m³ en colis de stockage (PGID-D*), mais :

. **18 %** en nombre, interdits (bitumineux)

. **20 %** en nombre, interdits (contenu incertain)

+ 104 000 m³ de déchets en réserve

Dimensionnement de Cigéo :
+ 44% de colis MAVL ou pas possible

* Programme de Gestion Industriel des Déchets – Version D

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Sources documentaires :

Les constats en 2017 de l'IRSN

(Déjà nos questions de 2012 sur les Combustibles Usés)

2. Déchets de type HAVL (Haute Activité à Vie Longue)

Source Andra, 2013* :

10 054 m³ colis primaires

Conteneur standard de déchets vitrifiés (CSD-V), Image ANDRA

* Source Andra, 2013

IRSN, 2017 :

10 072 m³ colis primaires (PGID-D*) :

+ 68 500 m³ colis primaires de Combustibles Usés à prendre en compte , mais conception à revoir

Dimensionnement de Cigéo :
+ 681% de colis HAVL ou pas possible

* Programme de Gestion Industriel des Déchets – Version D

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Sources documentaires :

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Les constats en 2017 de l'IRSN

Problème de conception

Concernant les colis bitumineux :

dimensionnement permettant d'exclure le risque d'emballement reste à ce jour incertaine. **L'IRSN appelle ainsi l'attention sur la fragilité de la stratégie de sûreté de l'Andra vis-à-vis des risques de démarrage de réactions exothermiques dans un alvéole MAVL menant à un emballement, en l'état actuel des connaissances sur les colis de déchets de boues bitumées et de la conception de l'alvéole.**

Problème de conception

Concernant les combustibles usés :

En tout état de cause, l'IRSN considère que les dimensions actuelles des ouvrages de ZSL et d'accès aux alvéoles de stockage de Cigéo ne sont pas adaptées à la manutention des colis de combustibles usés.

Dépassement de la ZIRA

superficie de l'installation souterraine pourrait dépasser l'emprise de la ZIRA. Au cours de l'instruction, l'Andra a indiqué que « *la ZIRA n'a pas été définie comme une zone d'exclusion ; cette zone de 30 km²* définie en 2010

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Sources documentaires :

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Les constats en 2017 de l'IRSN

Sur l'hydrogène et les explosions

2 à 5 semaines sans ventilation = explosion

		Délai d'atteinte d'une concentration de 75 % de la LIE pour 40L/colis/an (en semaines) Entre parenthèses, pour 100L/colis/an
Transfert des colis	Hotte de transfert (accumulation en partie haute)	3 (9 jours)
Installation souterraine	Alvéoles MAVL	5 (2)

Tableau 20 - délai d'atteinte d'une concentration de 75 % de la LIE pour un débit de 40 L/colis de stockage/an (Andra, [39])

Ainsi, l'IRSN estime qu'à ce stade de la conception de Cigéo, les éléments apportés par l'Andra ne satisfont pas encore à la partie de l'engagement 2010 E2.2 [1] relative à la justification des situations non retenues pour le dimensionnement de l'installation, et à la demande de l'ASN 2013 D8 [1] sur le même point.

Problème de conception

Dans le cas où cette justification ne pourrait pas être produite, il appartiendra à l'Andra d'évaluer les conséquences d'une explosion et, le cas échéant, de présenter les dispositions de surveillance, de prévention, de limitation des conséquences et/ou d'intervention retenues.

Conséquences d'une explosion ?

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Rejets gazeux

Image d'illustration

Notre question de 2012 sur l'hydrogène

(Question 4 de 2012 lors du débat avec Fabrice Boissier)

Des solutions concernant les dégagements d'hydrogène seront-elles trouvées avant la Demande d'Autorisation de Création ?

Radiolyse des colis

(environ 980 000 L/an)

Chargement des batteries[1]

(non quantifiée)

Corrosion des structures[2]

(1400 à 5000 m³ à 5 Mpa, 30°C / alvéole)

Explosions :

1. Risque d'explosion : en cas d'arrêt de ventilation
2. Maintenance difficile
3. Difficultés pour le scellement des alvéoles
4. Dangerosité du système d'auscultation
5. Perte de confinement, et dissémination en cas d'explosion
6. Blessures du personnel en cas d'explosion

Dé-confinements :

7. Endommagement des barrières de confinement [3]
8. Effet bouteille de gaz, en cas de réouverture d'alvéole
9. Gaz « Coussin » favorisant la migration des gaz radioactifs [3]
10. Passage facilité dans les scellements (argilite-bentonite) [4]

[1] : A9_Sûreté, p. 143
[2] : A5_269.pdf, p.209
[3] : Jean Talandier, projet FORGE 09.12.2010
[4] : Jacques Wendling, 10.12.2010

Sources documentaires :

Cigéo = Une usine à hydrogène

L'irradiation d'H_2O conduit à deux radicaux libres hautement réactifs :
HO° (oxydant) et H° (réducteur), et à la libération d'un électron dit « aqueux ».

	Masse de fer (kg)	Moles d'Hydrogène produites	Volume d'hydrogène (m^3)*
Alvéole C0	50 000	$1{,}2 \cdot 10^6$	600
Alvéole C1, C2, C3 et C4	28 000	$0{,}6 \cdot 10^6$	330
Alvéole de combustibles usés CU1	260 000	$6{,}3 \cdot 10^6$	3 100
Alvéole de combustibles usés CU2	110 000	$2{,}6 \cdot 10^6$	1 300
Alvéole B	Variables en fonction du type de déchets B		
	de 20 000 à 90 000	de $2{,}5 \cdot 10^6$ à 10^7	de 1 400 à 5 000

Corrosion HA (C) : env. 3 000 m³ par an

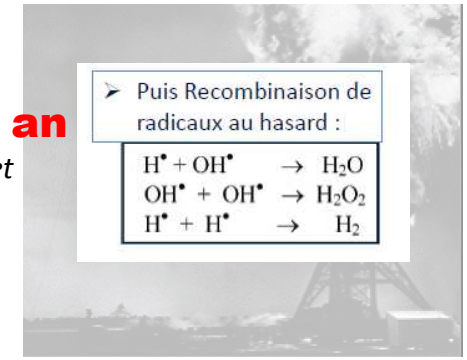
*[**330 m³**/2/4500 ans*50(5MPa à 0,1MPa, équivalent à la pression atmosphérique)*1500 alvéoles]*

Corrosion MAVL (B) : env. 1 000 m³ par an

*[**3200 m³**/2/4500 ans*50(5MPa à 0,1MPa, équivalent à la pression atmosphérique)*50 alvéoles]*

Colis MAVL (rejets H_2) : env. 1 000 m³ par an

*[**980 600 l** / ans, selon l'inventaire de la production par type de colis en L et par an * nombre de colis*

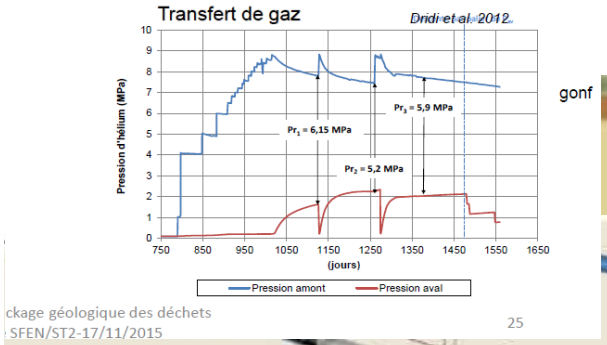


Type	Nombre (SB)	H_2 (en L/an/colis)	H_2 total (en L/an)
B2.2	11 200	9	100 800,00
B2.3	15 780	9	142 020,00
B2.5	46 690	9	420 210,00
B3.1.2	9 520	10	95 200,00
B3.1.3	180	1	180,00
B3.2.3	470	1	470,00
B.3.3.2.	3 440	1	3 440,00
B.3.3.7	1 050	1	1 050,00
B.3.4.1	2 240	1	2 240,00
B.3.4.2	410	1	410,00
B.4.1	1 520	120	182 400,00
B.4.2	9 330	1	9 330,00
B.4.3.	860	1	860,00
B.7.1	40	1	40,00
∑ B.9.1	950	10	9 500,00
B.10.1	430	1	430,00
B.11.1	2 190	1	2 190,00
B.11.2	5 660	1	5 660,00
B.11.3	660	6,3	4 158,00
	85 660		980 588,00

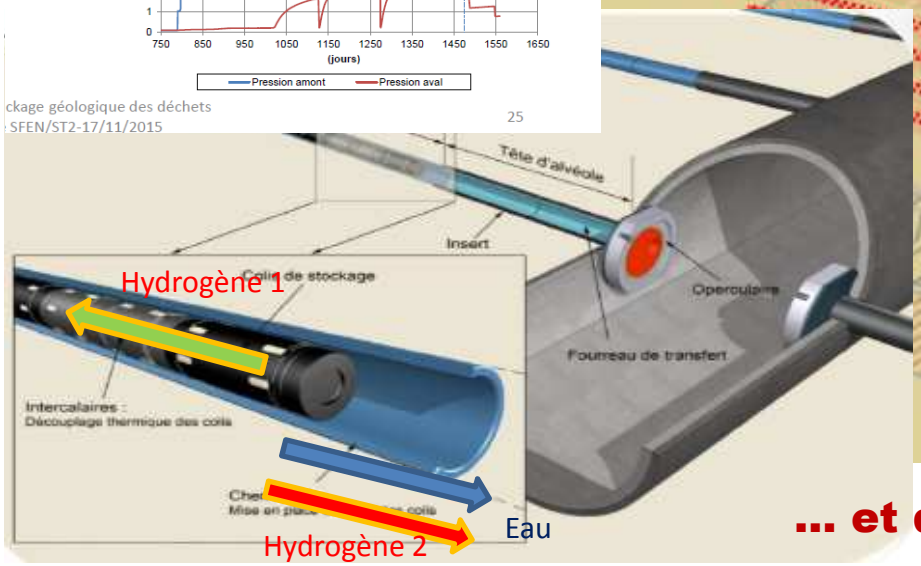
Bertrand Thuillier, le 10.07.2016

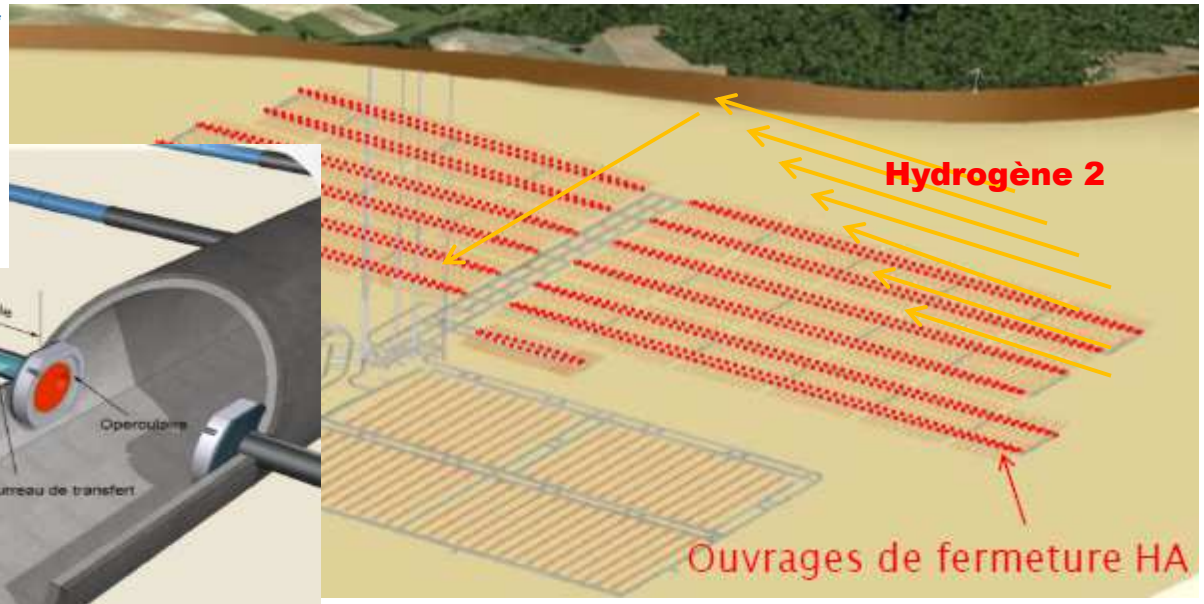
Sources documentaires :

Concernant toute l'architecture et l'exploitation du stockage …



gonf





… et durant toute la durée du stockage !!

Bertrand Thuillier, le 10.07.2016

Sources documentaires :

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Les constats en 2017 de l'IRSN

Sur les essais d'incendie

Non représentativité des essais effectués

a donc estimé que la prise en compte de ces évolutions microstructurales sous auto-irradiation pouvait **remettre en cause la représentativité et la modélisation des essais à moyenne échelle conduits sur des enrobés non irradiés.** A cet égard, le CEA a transmis fin 2016 un complément d'étude pour répondre à cette observation,

fortiori leur contribution potentielle à la charge calorifique mobilisable en situation d'incendie. **L'IRSN n'est donc pas en mesure de se prononcer sur la représentativité du foyer (intensité et durée) retenu par l'Andra pour les essais de feu réel (cf. *infra*), vis-à-vis d'un incendie en partie utile d'un alvéole MAVL.**

Etudes à revoir

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Tests de sécurité

Image d'illustration

Notre question de 2012 sur les essais d'incendie

(Question 13 de 2012 lors du débat avec Fabrice Boissier)

Un essai de test de tenue au feu sur une éprouvette est-il représentatif de l'incendie d'un colis ?

« Un essai de tenue au feu a été **réalisé sur deux éprouvettes en "ciment-bitume"**. La combustion d'une nappe de kérosène a permis d'exposer les éprouvettes à un feu dont la température moyenne des flammes était de **800°C, pendant 30 minutes**. ... Des fissures plus ou moins importantes apparaissent, ce qui indique que le **pouvoir de confinement ne serait plus le même en cas d'incendie**. »

Type	Nombre (SB)	Poids Bitume	Essai Tenue au feu	Bitume total (en kg)
B2.2	11 200	130	oui (400°C max)	1 456 000
B2.3	15 780	130	oui (400°C max)	2 051 400
B2.5	46 690	130	oui (400°C max)	6 069 700
B3.1.1	90	478	?	43 020
B3.1.3	180	478	oui (800°C) en éprouvette	86 040
B.10.1	430	47	oui (800°C) en éprouvette	20 210
				9 726 370,00

hotte est estimée à environ 1 400 °C, alors que le retour d'expérience sur des incendies en milieu souterrain donnent des températures généralement comprises entre 800 et 1 200 °C [116], [117].

Sources documentaires :

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Les constats en 2017 de l'IRSN

Sur les colis bitumineux

Impossibilité de stocker les colis bitumineux en l'état

n'est pas démontrée. En conséquence, l'IRSN estime que l'Andra devrait *a minima* considérer un scénario d'incendie impliquant l'intégralité du contenu du colis primaire présent dans la cellule de « contrôle C5 » dans les scénarios retenus pour le dimensionnement de l'installation nucléaire de surface EP1.

L'IRSN appelle l'attention sur le fait que si un tel procédé ne pouvait être mis en œuvre des évolutions de conception majeures des alvéoles MAVL sont nécessaires par rapport à la conception présentée au stade du DOS, pour réduire au mieux les risques liés au stockage des déchets bitumés en l'état. De telles évolutions de conception et les études associées apparaissent difficilement compatibles avec l'échéancier actuellement retenu pour la remise du dossier de DAC.

Problème de conception

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Risques d'incendie

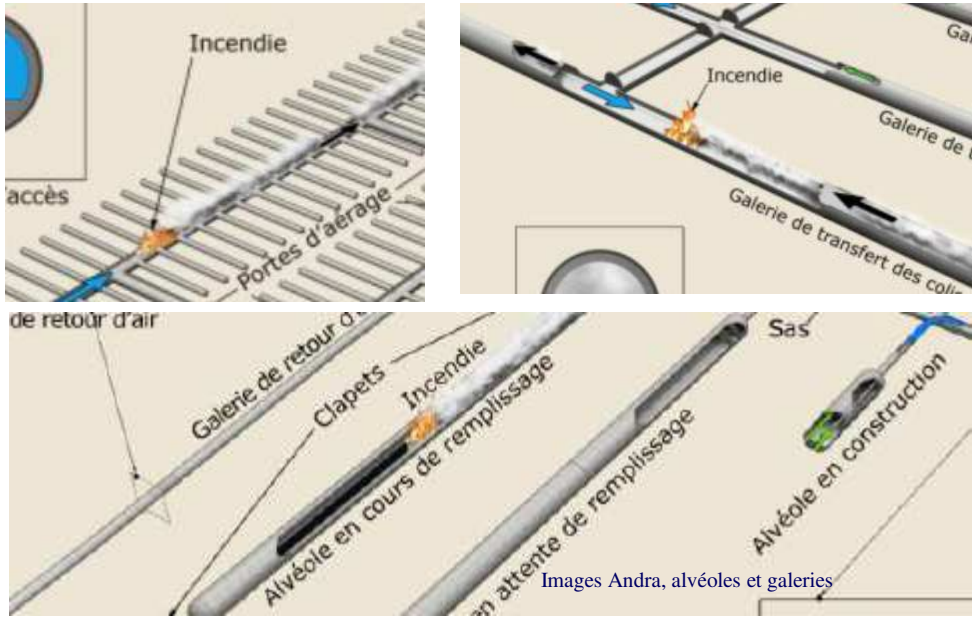
Image d'illustration

Notre question de 2012 sur les colis bitumineux

(Question 16 de 2012 lors du débat avec Fabrice Boissier)

A-t-on maintenant une solution concernant l'incendie d'un engin transportant des colis bitumineux ?

« Les incertitudes sur les résultats des simulations thermiques impliquant l'incendie d'un **véhicule transportant un colis de stockage d'enrobés bitumeux, ne permettent pas à ce stade de s'affranchir du risque de relâchement radioactif en cas d'incendie** » Argile 2009, Sûreté, p. 236



Images Andra, alvéoles et galeries

Sources documentaires :

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Les constats en 2017 de l'IRSN

Sur l'incendie

Détection et extinction en sous 2 heures maximum

exprimées ci-avant sur les risques d'atteinte des seuils de déclenchement de réactions exothermiques, l'IRSN estime que les dispositions de détection et d'extinction ne sont pas suffisantes dans la partie utile de l'alvéole MAVL dans la mesure où elles ne permettent pas de garantir la maîtrise d'un incendie dans le délai de l'ordre de l'heure, en cas de défaillance d'un des systèmes.

Pas de maîtrise d'un incendie

seules 20 % des suies produites sont effectivement déposées sur le niveau de filtration THE, la masse de suies produite par l'incendie est suffisante pour colmater rapidement un caisson de filtration THE, en 20 minutes environ.

Filtres colmatés en 20 minutes

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Risques d'incendie

Image d'illustration

Notre question de 2012 sur la maîtrise d'un incendie

(Question 17 de 2012 lors du débat avec Fabrice Boissier)

Pourra-t-on réellement limiter la durée d'un incendie à deux heures maximum ?

« La structure-porteuse des installations du fond est conçue pour rester stable au feu 2 heures et n'être que faiblement altérée par un incendie... »

« la tenue au feu des murs, structures et galeries sera supérieure à 2 heures pour l'évacuation de personnel, l'accès des secours et la protection des équipements sensibles »

Image d'illustration, impact du feu sur le béton : écaillage

Sources documentaires :

Les facteurs d'incendies

Hydrogène toujours… associé à du combustible, des étincelles, et de l'oxygène …

Bitume

Colis bitumineux : 9 700 tonnes de bitume pur au total

Type	Nombre (SB)	Poids Bitume	Bitume total (en kg)
B2.2	11 200	130	1 456 000
B2.3	15 780	130	2 051 400
B2.5	46 690	130	6 069 700
B3.1.1	90	478	43 020
B3.1.3	180	478	86 040
B.10.1	430	47	20 210
Totaux	74 370		9 726 370,00

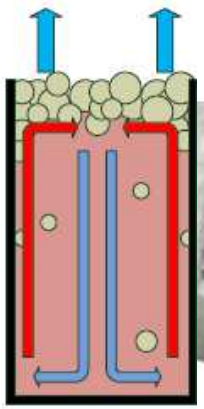
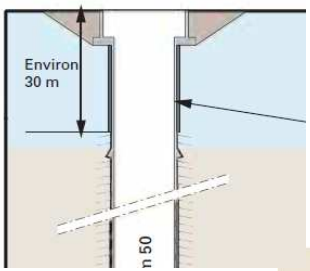


Image SFEN – Au-delà de 110°C

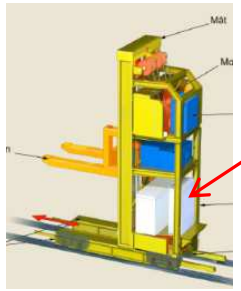
Ventilation

la ventilation, élément essentiel de

Ø : 11 m 50 : 1,8 Millions de m³ / heure



Batteries



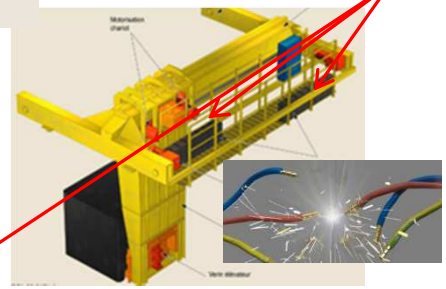
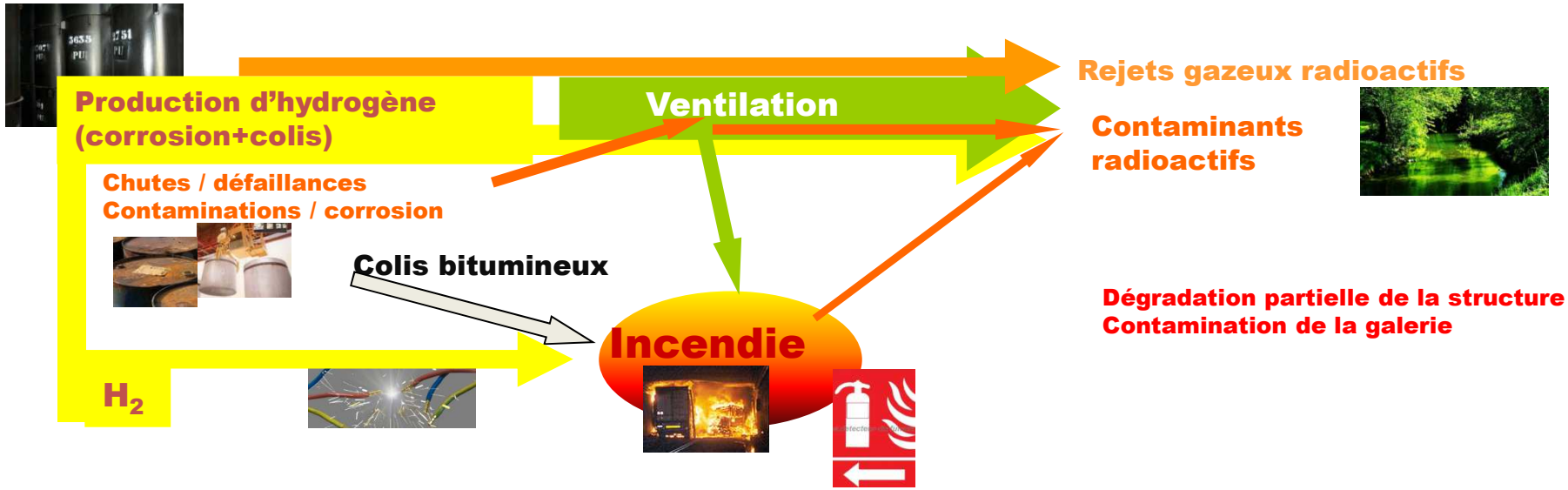


Image d'illustration

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Incendie (moins de 2 heures)

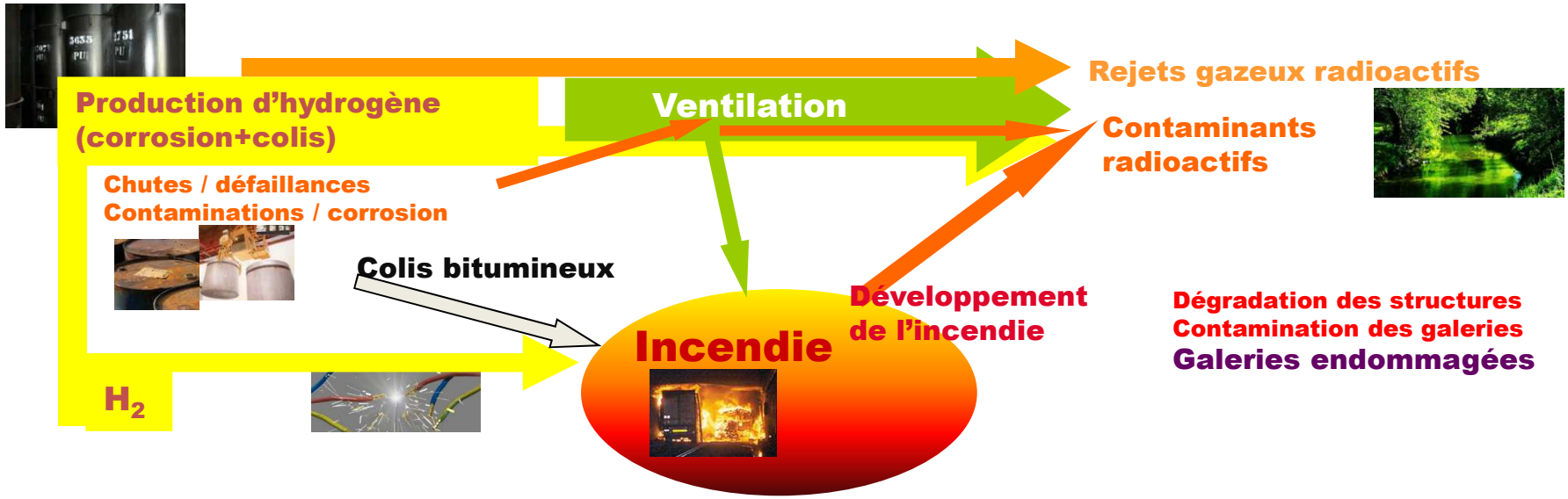
Détection immédiate impérative



Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Incendie (plus de 2 heures)

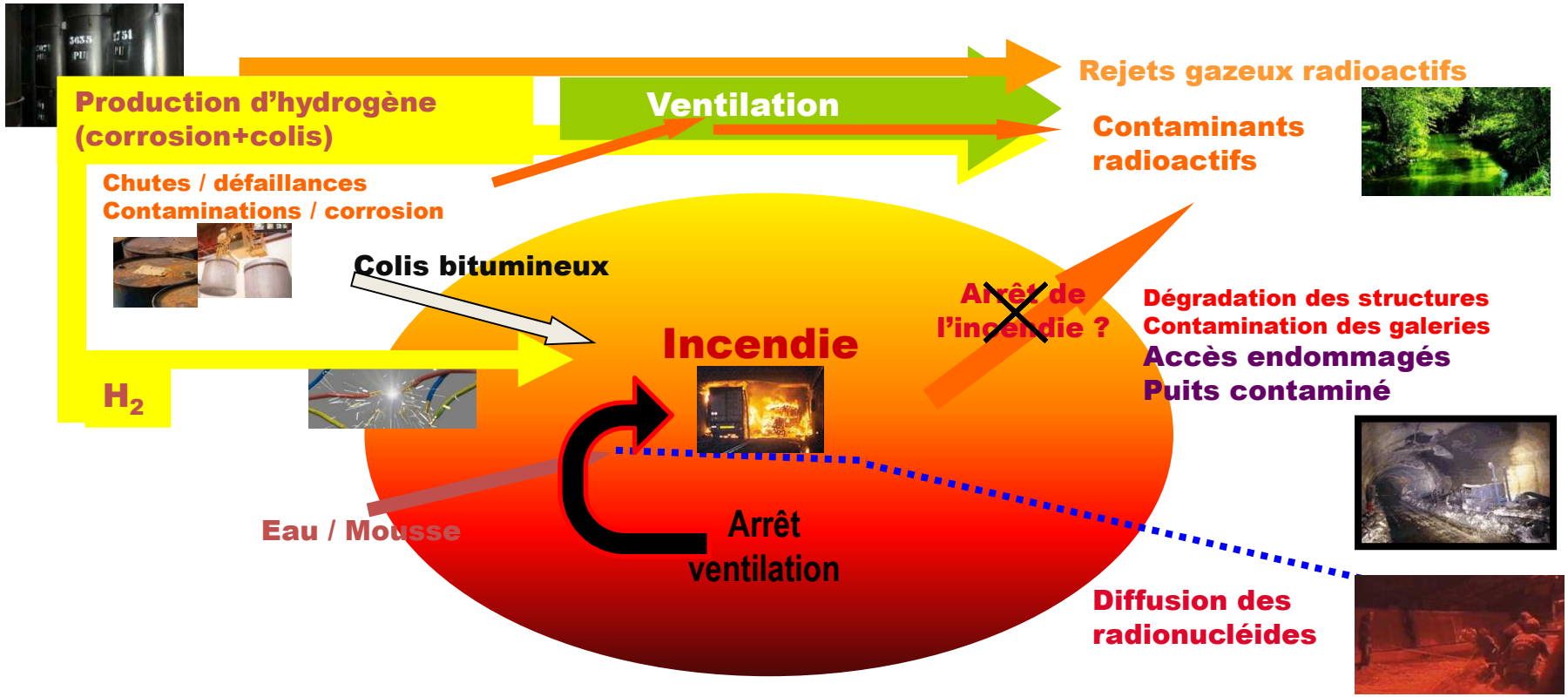
Détection tardive ou alvéole



Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Incendie (après quelques heures)

Accès impossible – Ventilation endommagée – Zone contaminée



Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Sources documentaires :

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Les constats en 2017 de l'IRSN

Après un accident / incendie / Effondrement

Aucune disposition de reprise de l'exploitation

l'exploitation dans les conditions qui prévalaient avant la survenue de l'accident. **A cet égard, l'IRSN regrette qu'aucune disposition particulière ne soit étudiée par l'Andra au stade du DOS pour favoriser la reprise d'exploitation après un accident.** L'IRSN considère *a fortiori* qu'en amont de ces éventuelles dispositions, l'analyse

Arrêt de l'exploitation …

Rien de prévu …

stade, l'Andra présente des solutions possibles pour observer le génie civil ou la voie de roulement du pont stockeur d'un alvéole MAVL actif mais ne présente pas de moyen qui lui permettrait d'intervenir sur un désordre constaté.

l'IRSN considère que l'Andra devra associer, à l'examen de la mise en exploitation de Cigéo, dans le dossier de DAC, l'analyse de la possibilité de retrait de colis susceptibles d'être impactés lors d'accidents de dimensionnement de l'installation ou du PUI et l'identification, le cas échéant, de dispositions complémentaires. Ce point fait l'objet de l'engagement E49-2017 de la lettre Andra DG/17-0097 du 25 avril 2017,

Retrait des colis impossible …

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Risques d'incendie

Image d'illustration

Notre question de 2012 sur la maîtrise d'un incendie

(Question 19 de 2012 lors du débat avec Fabrice Boissier)

1. Décontamination d'une alvéole non accessible ?
2. Distorsion entre constats et recommandations ?

1. **Rejet des gaz radioactifs** en continu par les colis MAVL
2. **Dispersion de matières radioactives**, suite à des chutes, accidents ou problèmes de manutention
3. **Perte d'une fonction de confinement**, suite à une explosion liée à l'hydrogène
4. **Migration de radioéléments**, lors du gonflement des colis bitumineux
5. **Perte de confinement**, suite à des fissures sur enrobage ciment-bitume, si incendie

... dans l'installation souterraine. Il doit donc être démontré que toute possibilité de contamination des locaux est exclue *(IRSN, 29.11.2010)*

Incendie en tunnel

Image d'illustration

Et après un incendie ?

Comment alors (en un mois) :

Décontaminer les retours d'air
Retirer les colis endommagés
Retirer les engins de manutention
Décontaminer l'alvéole
Réparer les structures
Re-décontaminer les retours d'air
Remettre les engins de manutention
Relancer la ventilation …

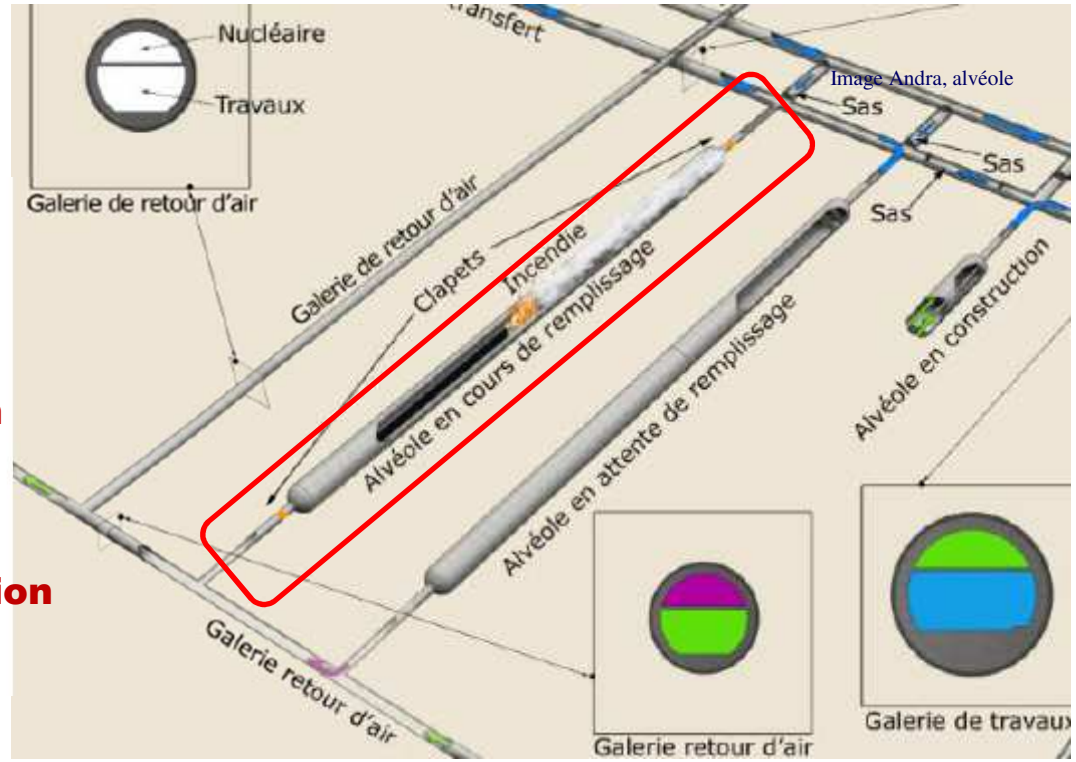
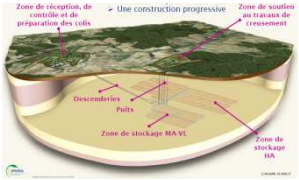


Image Andra, alvéole

Bertrand Thuillier, le 10.07.2016



CIGEO Centre Industriel de stockage Géologique

En résumé Cigéo est une impasse !

N'est pas dimensionné pour enfouir tous les déchets (60 Mrds €+ ?)

N'a pas été conçu correctement

N'a pas été étudié complètement

Illustration : Journal de l'Andra – Edition Aube - n° 19 - Hiver 2014/2015 - page 22

⟹ l'Andra semble 'incompétente'

⟹ l'Andra ne peut répondre aux questions

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Le ‘choix’ de l’enfouissement

Pourquoi ?

Loi dite ‘Bataille’ du 30 décembre 1991 :
3 voies & des laboratoires

1994 : 4 laboratoires : Gard, Meuse, Haute-Marne et Vienne (granit)

1996 : 3 demandes de construction de laboratoires

1998 : 1 laboratoire à Bure

Accord des élus de Meuse et de Haute-Marne

Dossier Andra 2005 : propriétés de confinement l’argile

Loi du 28 juin 2006 : Stockage profond « réversible » uniquement

2006 : 1 stockage souterrain à Bure

Raisons : Socio-politiques et non scientifiques

. Loi de 1991 non respectée
. Débat public de 2005 non pris en compte
(-> entreposage longue durée)
. Pas de choix, car pas d’autres alternatives étudiées

Bertrand Thuillier, 12 août 2017

Pourquoi ?

1. Le ‘choix’ structurel de Bure

Stockage dans de l’argile

Conséquences : Stockage dans une matrice argileuse friable et saturée en eau (7 à 8 %)

Nécessité de structures souterraines renforcées (roche non auto-porteuse)

-> Quantités d’acier très importantes (corrosion)

Eau + Rayonnements = Radiolyse de l’eau

-> Hydrogène et éléments très corrosifs

-> Problème de l’hydrogène

Pourquoi ?

2. Les ‘choix’ conceptuel de l’Andra

Conception effectuée en dépit du bon sens

Coût du volume souterrain utile très élevé par unité de volume

Ne pas doter les colis de protection radiologique pour des raisons de diminution de volume des colis

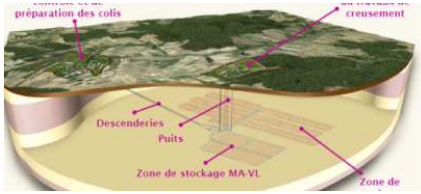
-> Alvéoles et colis inaccessibles en cas de problèmes

Faire des alvéoles les plus grandes possibles de type ‘entrepôts’ de surface pour des raisons d’optimisation

-> Sensibilité très forte à l’incendie

-> Risques incendie, sans surveillance, ni maintenance, ni récupération

Par conséquent, arrêter le projet Cigéo est un combat juste et justifié !



Alternatives : Ré-intégrer des voies véritablement démocratiques dans les projets liés au nucléaire

Cigéo : Construction de structures d'entreposage de longue durée à proximité des sites de production

Eviter une solution définitive très hasardeuse – Revenir aux conclusions du débat de 2005/2006

Bertrand Thuillier, 12 août 2017