



# Site minier de Bellezane

Commune de Bessines sur Gartempe



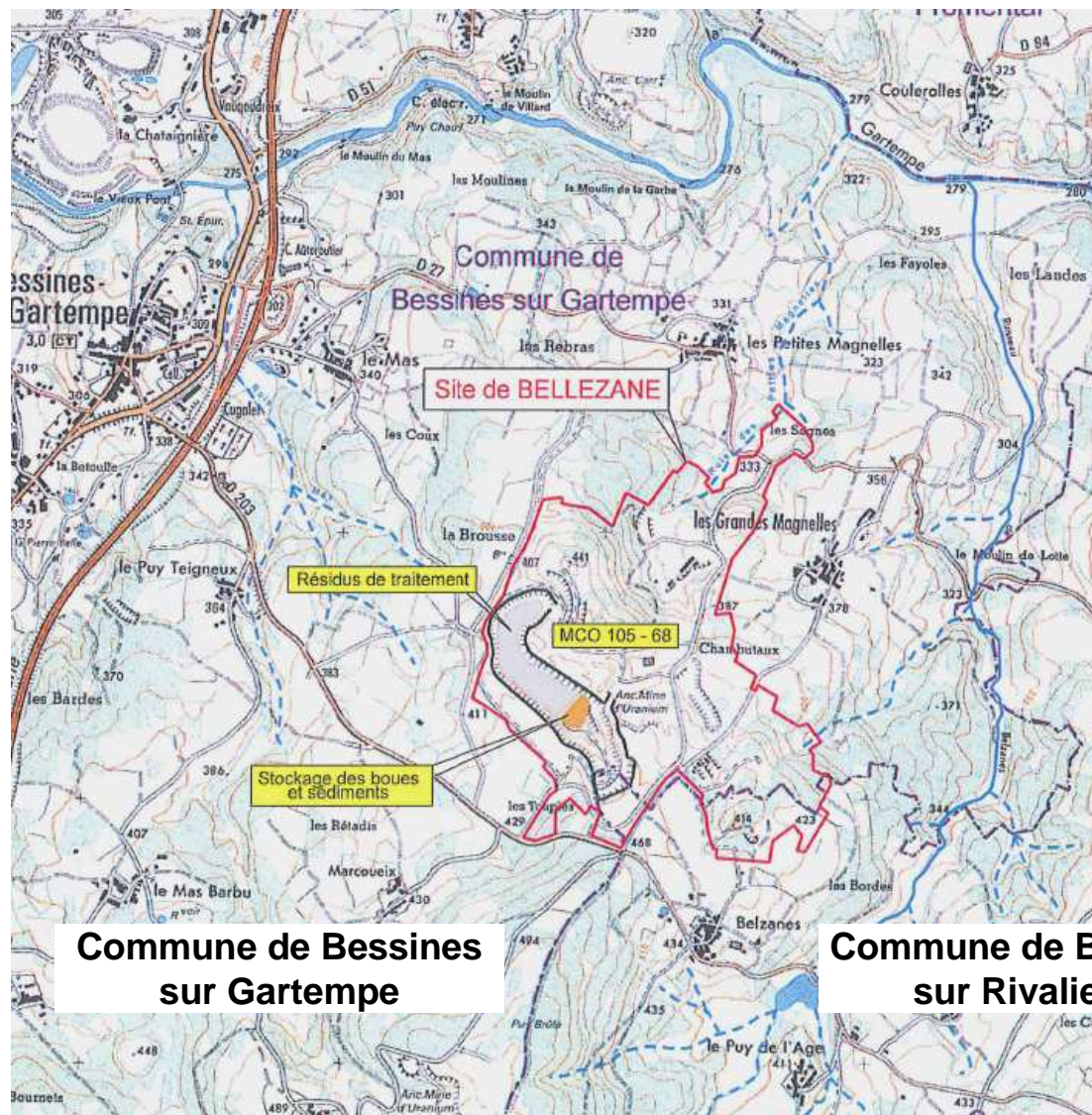
En exploitation



Après réaménagement



# Localisation du site de Bellezane

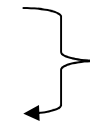


# RAPPEL HISTORIQUE



## ▶ Travaux miniers (1975 à 1992)

- ◆ Travaux souterrains → 2664 tonnes d'uranium
- ◆ Mines à ciel ouvert → 1389 tonnes d'uranium



2,8 Millions de tonnes minerais  
20,6 Millions de tonnes brutes

## ▶ Stockages (1975 à 1992)

- ◆ Résidus traitement → 1 556 000 tonnes (1989 à 1993)
- ◆ Sédiments et boues → 66 698 tonnes (2006 à 2012)

## ▶ Réaménagement (1992 à 1996)

- ◆ Travaux souterrains → noyage et mise en sécurité (obturation puits)
- ◆ Mines à ciel ouvert → remblayages total ou partiel
- ◆ Stockages → mise en place de couvertures

Pour plus de détail se reporter à diapositive annexe 1



# Site de Bellezane: Schémas



## 1: Emprise du site 120 ha

dont 18 ha pour la MCO 105-68

dont 7ha pour le stockage de résidus

dont 1 ha pour le stockage de sédiments



## 2: Schéma structural et travaux miniers souterrains associés

6 niveaux (N 360, N 315, N 270, N 210, N 150 et N90)



## 3: Schéma conceptuel du stockage

drainage de fond en lien avec les TMS

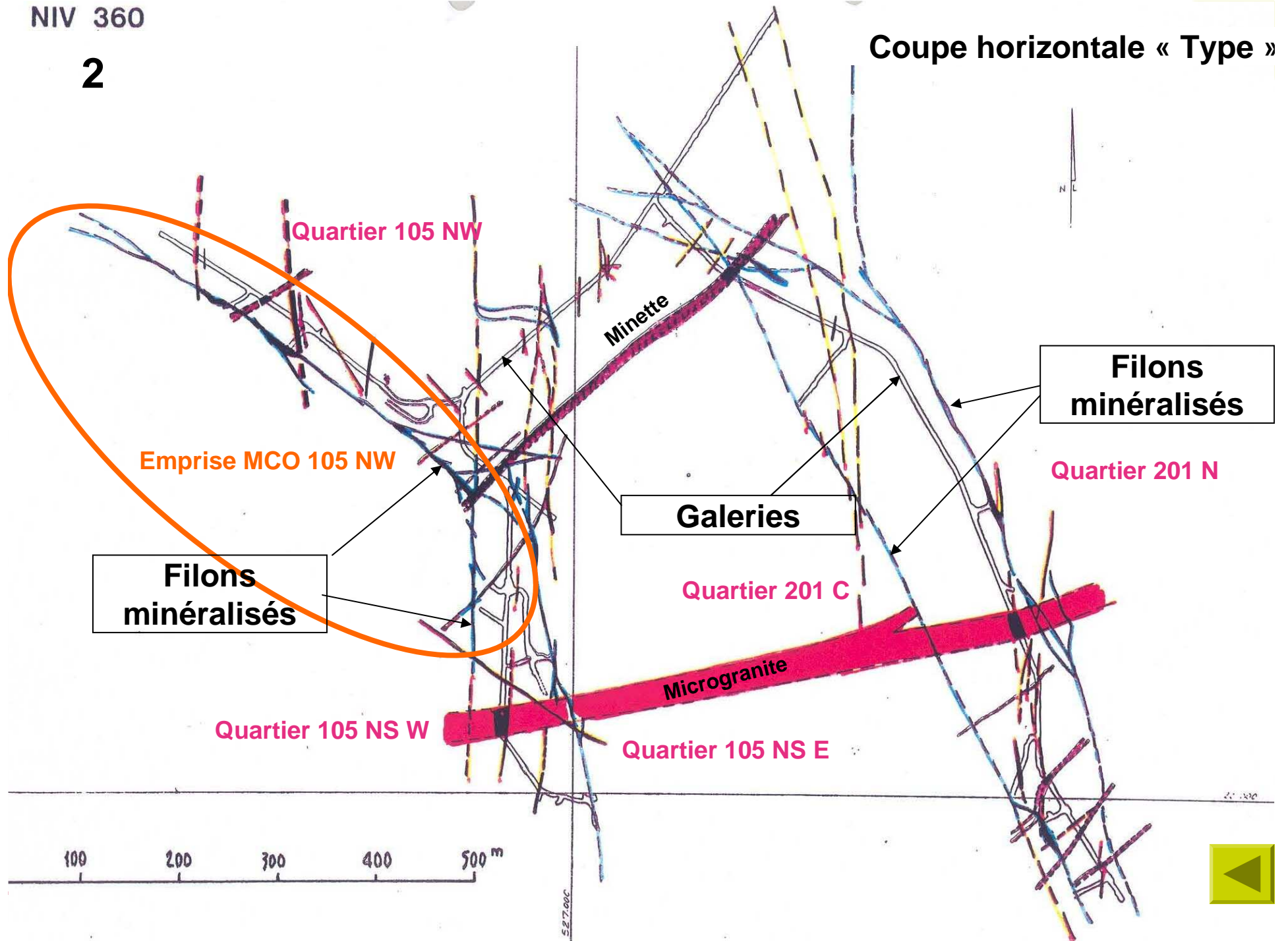
environ 30 m d'épaisseur de résidus

couverture stériles miniers compactés (épaisseur mini de 2 m)



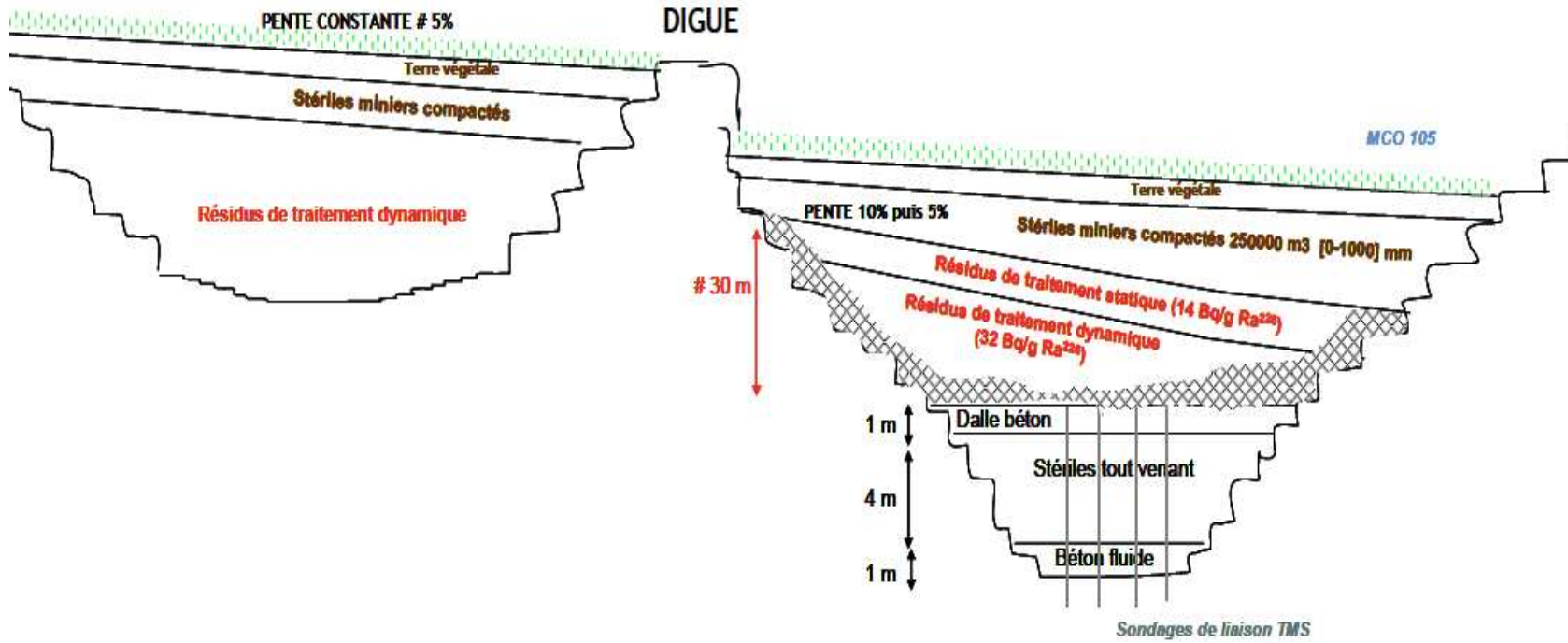


Coupe horizontale « Type »



3

MCO 68



Source: IRSN 2006





# Situation administrative



## ▶ Concession de la Gartempe (17/07/1961)

- ◆ Échéance le 31/12/2018

## ▶ Déclaration d'ouverture des travaux

- ◆ Travaux miniers: TMS (1974), MCO (1976, 1983, 1984)
- ◆ Rejets: 1978, 1981, 1984
- ◆ Stockages résidus de traitement (1988),
- ◆ Stockage de sédiments (31/08/2006, 17/07/2009),
- ◆ Entreposage temporaire de sédiments (19/08/2011)

## ▶ Arrêt des travaux

- ◆ MCO 201 – réaménagement stockage DIB (1993, 1995, 1996, 2001)
- ◆ Travaux miniers: 17/01/1997 (arrêt définitif des travaux)
- ◆ Stockage résidus: 03/04/1997 (réaménagement et surveillance)
- ◆ Stockage sédiments: Mise en Demeure le 29/06/2010 et dossier de cessation d'activité présenté le 10/11/2011: en cours d'instruction)

# Surveillance du site et de son environnement (eaux)




## ▶ En application des arrêtés préfectoraux de 1997 (Mines et ICPE) et 2010 (ICPE)


### ◆ Surveillance des eaux intra - site

- Voir schéma hydrogéologique (BURGEAP 2006 (annexe 2) et EMP 2010 (annexe 3))
- Voir circuit des eaux et résultats sur site (annexes 4 et 5) 

### ◆ Surveillance des rejets (et efficacité du traitement)

- Voir graphiques en annexes 6, 7 et 8 
- Efficacité Radium (86 à 95%) et Uranium (20 à 72%)

### ◆ Impact du site sur les eaux de l'environnement (surface et souterraine))

- Voir carte des bassins versants et points de contrôle (annexe 9) 
- Voir tableau de synthèse des résultats (annexe 10)

# Surveillance du site et de son environnement (impact dosimétrique)



▶ **En application des arrêtés préfectoraux de 1997 (Mines et ICPE) et 2010 (ICPE)**

- ◆ **Surveillance de l'air: dosimètres de site (radon et poussières) et détecteurs thermo-luminescents (rayonnement gamma)**
- ◆ **Surveillance bio indicateurs: sédiments de rivière, poissons (Gartempe), chaîne alimentaire (légumes, fruits, viande, eau de consommation)**

▶ **Estimation de la Dose Efficace Annuelle Ajoutée (respect de la valeur réglementaire de 1 mSv / an)**

**Adultes sur site ( 400 h ext + 0h int) : 0,01 à 0,33 mSv/an**

**Adultes retraités villages( 1360h ext + 7300h int) : 0,12 à 0,49 mSv/an**

**Enfants 2 à 7ans villages ( 860h ext + 6800h int) : 0,12 à 0,43 mSv/an**

# Site de Bellezane

## Site « Pilote » en matière d'études



- ▶ **Plusieurs études hydrogéologiques menées de 1994 à 2010**
  - ▶ **◆ Amélioration des connaissances par acquisition de nouvelles données (notamment piézométriques) – annexe 11**
  - ▶ **◆ Réalisation par différents organismes tiers indépendants (ANTEA, SGN, BURGEAP, EGEH, EMP)**
    - ◆ Pilotage par le GEP pour l'étude publiée en 2010 (Ecole des Mines de Paris)
  
- ▶ **Application des recommandations en cours de GEP**
  - ◆ Efficacité de la couverture au regard du rayonnement gamma et radon
  
- ▶ **Mise en œuvre d'études R&D dans le cadre du PNGMDR (publiées ou en cours)**
  - ◆ Evolution des résidus à long terme
  - ◆ Réactivité des stériles miniers avec les eaux météoriques
  - ◆ Impact dosimétrique du stockage de résidus
  - ◆ Traitement des eaux (voies alternatives au traitement physico-chimique)
  - ◆ .....

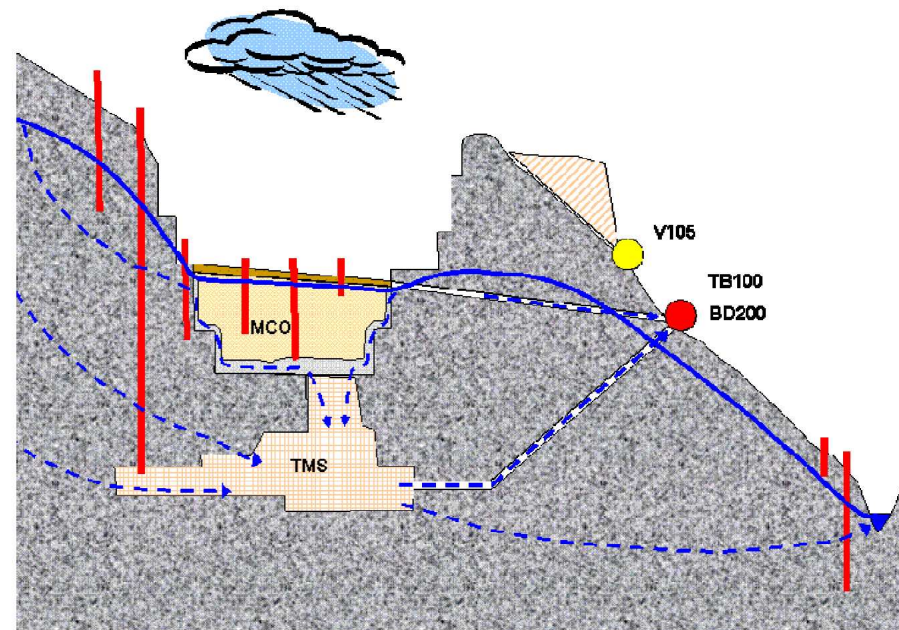
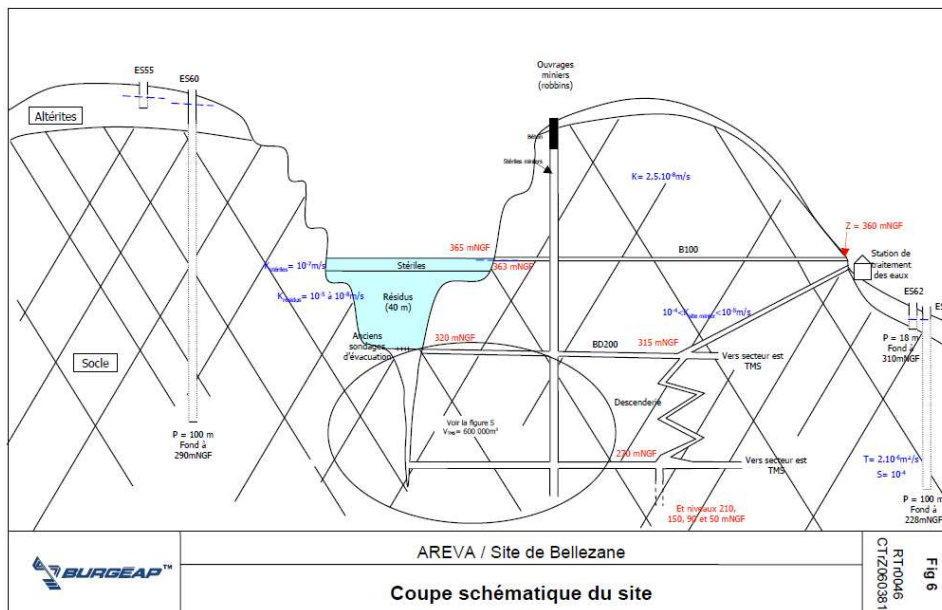
Voir référence étude en annexe 13



# Circulation des eaux: les principaux acquis

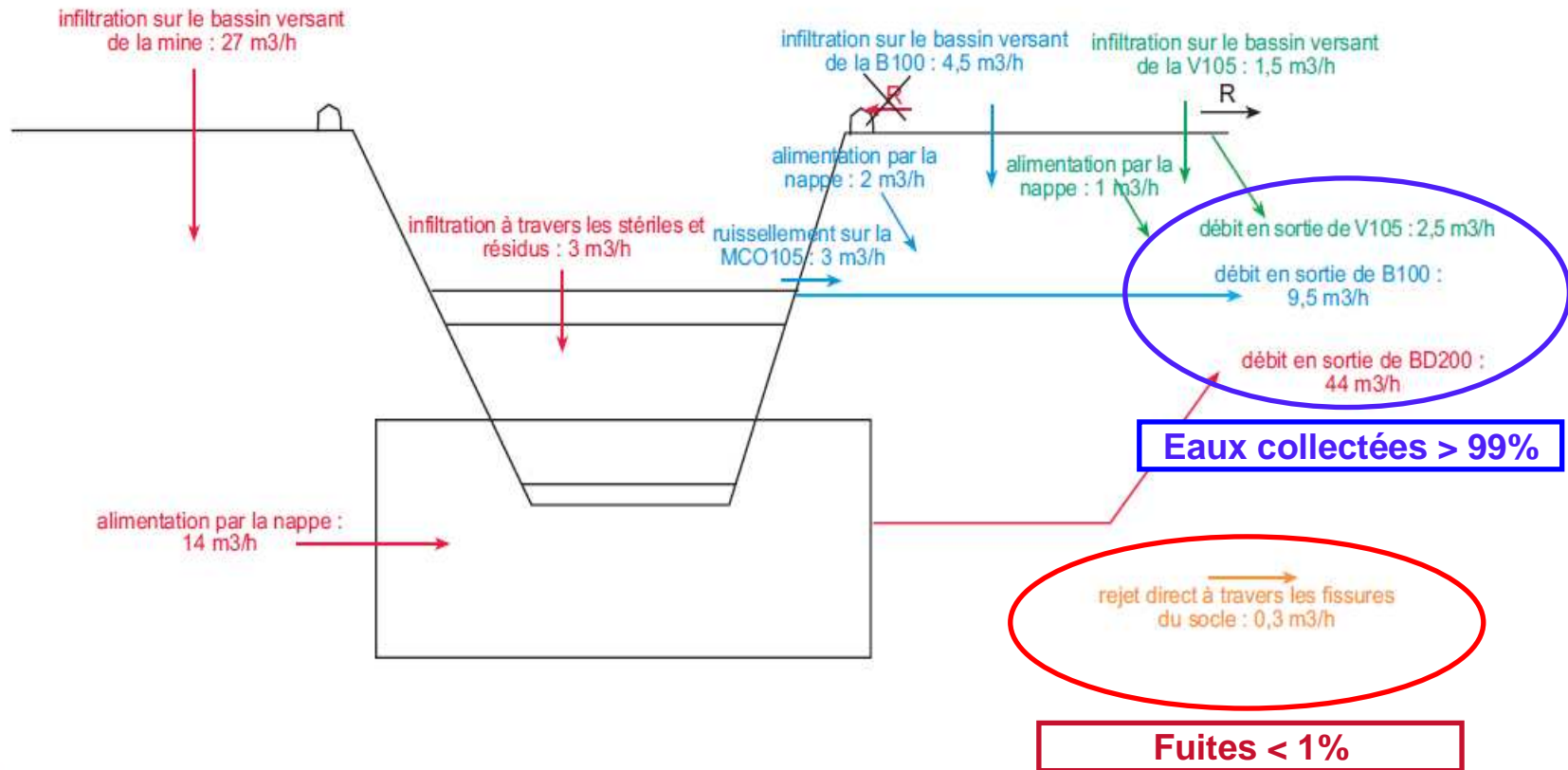


- Un schéma hydrogéologique avancé en 1994 (ANTEA), confirmé et précisé en 2006 (BURGEAP) et 2010 (EMP)



# Circulation des eaux: les principaux acquis

## ► Un bilan hydrique (entrées / sorties) équilibré (BURGEAP)



- BD200
- B100
- V105

Bilan hydrique croisé avec les concentrations théoriques et mesurées

# Conclusions BURGEAP



- ▶ **« L'exhaure de la mine de Bellezane est associée à un rayon d'action très faible »**
- ▶ **« D'un point de vue quantitatif, l'ancienne exploitation minière, en régime moyen interannuel, draine un débit de 55 m<sup>3</sup>/h »**
- ▶ **Le système d'exhaure mis en place permet de drainer la quasi-totalité des eaux des différents chantiers »**
- ▶ **« A la suite de la fermeture du site de Bellezane et du noyage des différents niveaux des TMS, la qualité des eaux d'exhaure et des eaux des points de contrôle a été modifiée mais semble désormais stabilisée »**

# Conclusions Ecole des Mines de Paris



- ▶ **« Interaction réservoir minier / massif granitique fissuré / MCO avec stériles et résidus »**
- ▶ **« TMS noyés jusqu'à la cote 360 avec variations de niveau faibles (<1 m) »**
- ▶ **« Eaux interstitielles des résidus (très peu perméables → circulation en périphérie) en continuité hydraulique avec les eaux des TMS »**
- ▶ **« Aquifère profond granitique très peu perméable et siège de circulation limitée le long des fractures ou dans la zone endommagée par les travaux miniers »**
- ▶ **« La topographie du site favorise la collecte des eaux et minimise les possibilités de fuites non contrôlées vers le milieu aquifère »**
- ▶ **« Le confinement des résidus peut ainsi être qualifié de dynamique car il ne repose pas sur la présence d'une enceinte imperméable mais sur la possibilité de collecter et contrôler les effluents »**



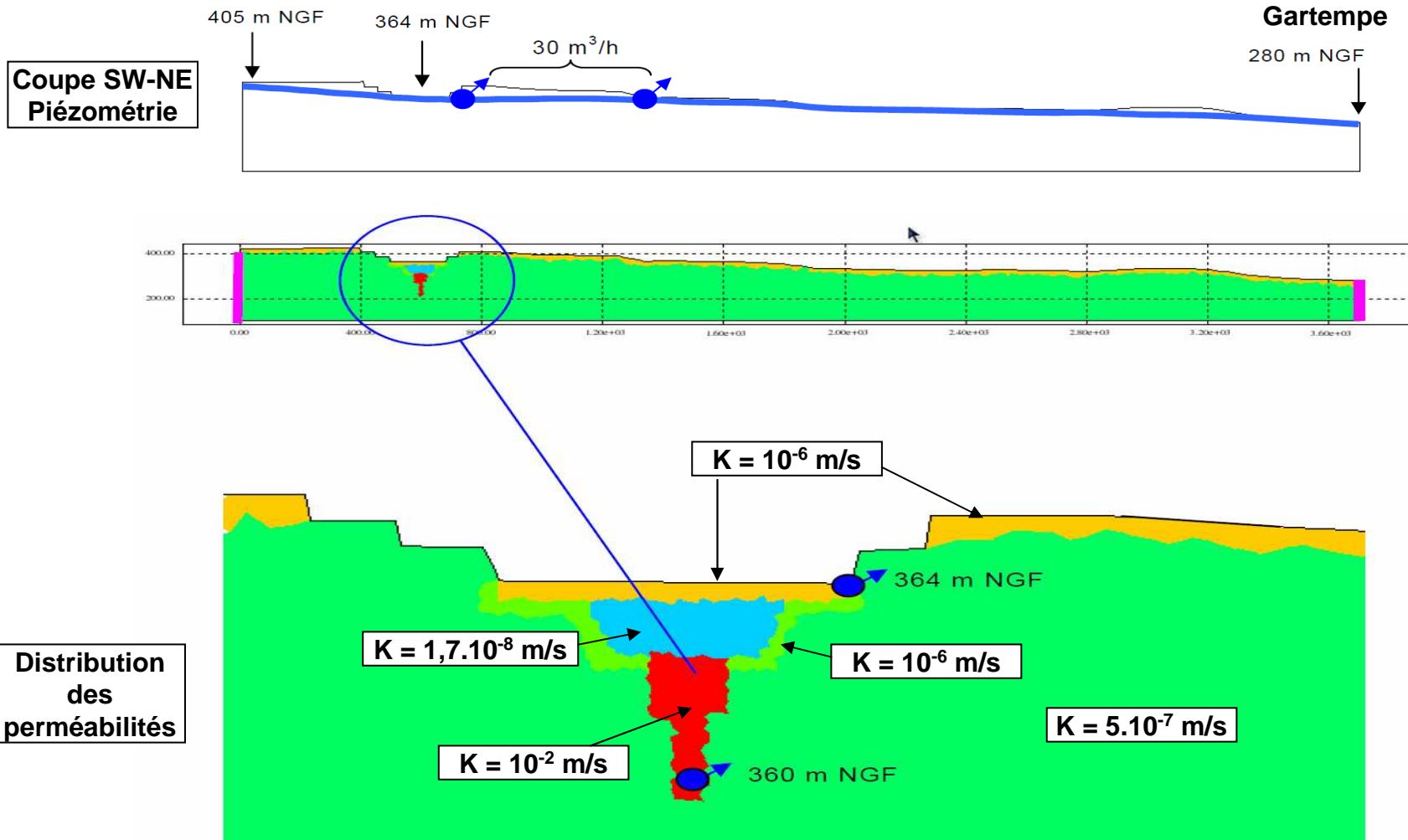
# Circulation des eaux: les principaux acquis



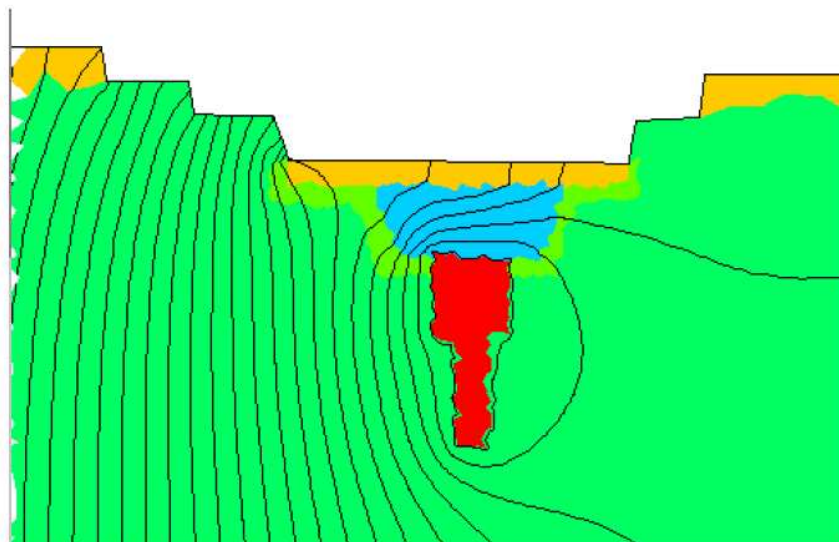
- ▶ **Une caractérisation géochimique des eaux (annexe 14)**
  - ▶ **« Les eaux de l'environnement naturel sont typiques des environnements granitiques (U sol de 5 à 10µg/l et Ra de 0,06 à 0,10 Bq/l) »**
  - ▶ **« Les eaux du réservoir minier s'écartent très peu du trend géochimique de ces eaux granitiques et leur qualité reste très proche des valeurs ci-dessus »**
  - ▶ **Les marqueurs de l'activité minière sont essentiellement l'uranium et le radium, et, dans une moindre mesure, le sulfate »**
  - ▶ **« Les résidus constituent le terme source majeur (U, Ra, sulfates), les verses à stériles un terme accessoire (U, sulfates)**
  - ▶ **« Les eaux au cœur des résidus sont fortement chargées » « Les parties supérieures et inférieures sont soumises respectivement à la percolation d'eau à dominante météorique et profonde »**
  - ▶ **« Les eaux souterraines environnantes ne sont pas impactées par le site minier »**
  - ▶ **« Les eaux de surface portent l'empreinte des eaux rejetées après traitement »**

# Circulation des eaux: les principaux acquis

- Un modèle hydrodynamique actuel et prédictif (EMP)



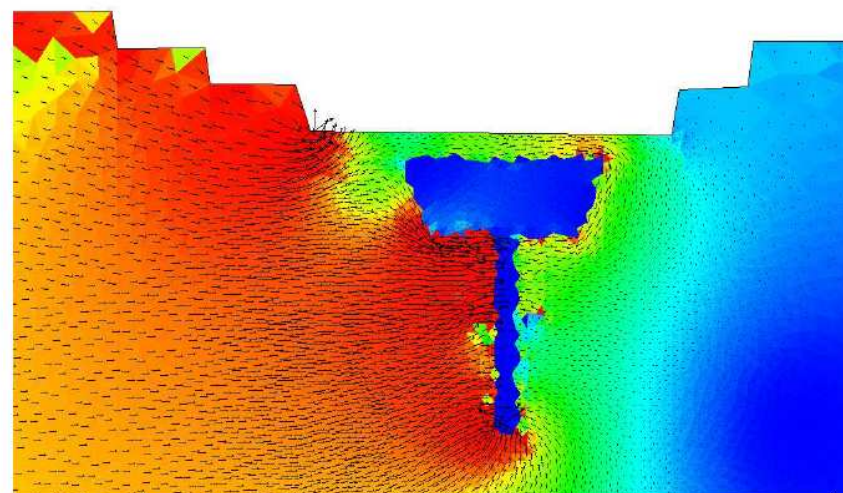
# Hydrodynamique et modélisation



**Carte piézométrique  
modélisée**

**Domaine fermé autour des TMS**

**Convergence des lignes de courant vers les TMS  
sous l'effet du drainage imposé à la cote 360**



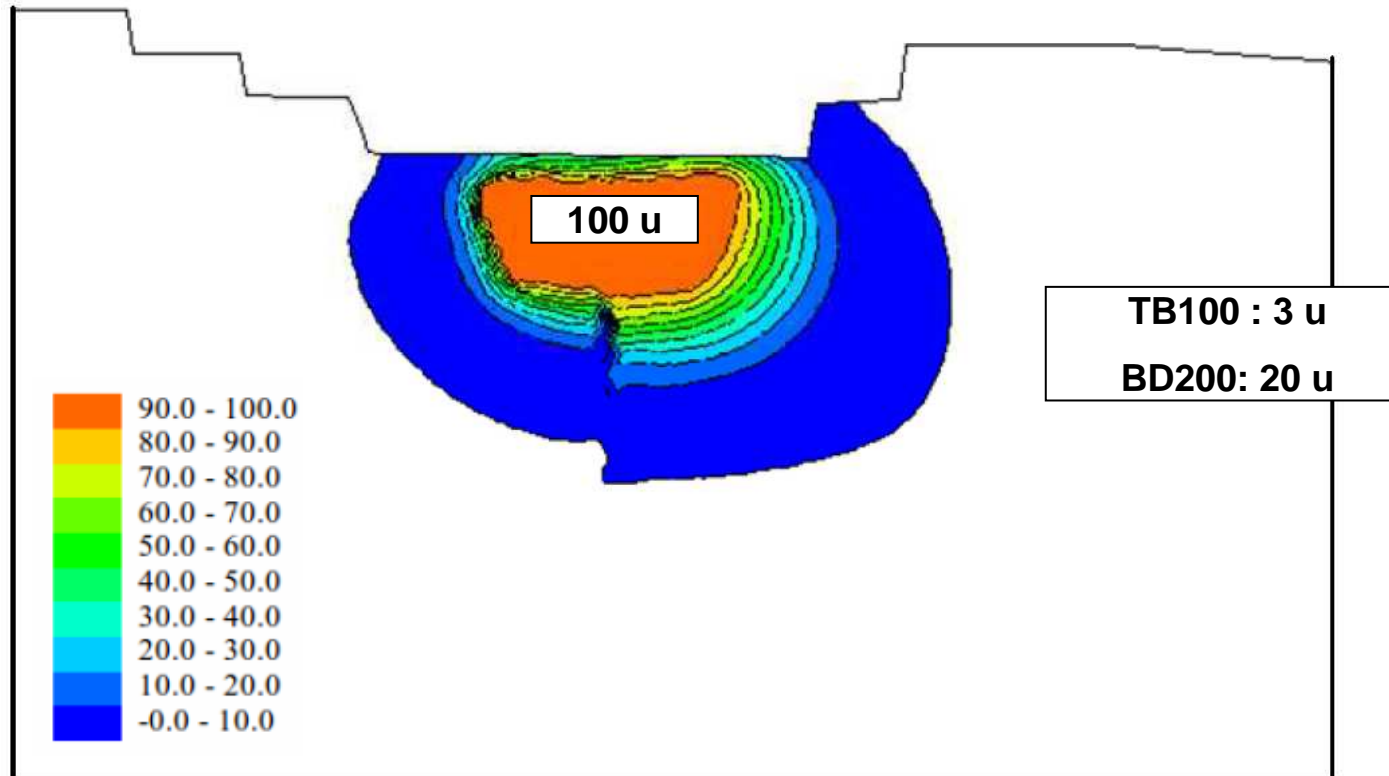
**Direction et intensité des  
vitesses d'écoulement**

**Convergence des lignes de courant vers les TMS  
confirmée**

**Vitesse nulle dans les résidus**

**Circulation autour du massif imperméable (résidus)**

# Hydrodynamique et modélisation








Distribution des concentrations autour du stockage **actuel**

Transfert d'un soluté émis dans l'eau souterraine par la masse des résidus

# Hydrodynamique et prédictions pour des scénarios dégradés ou modifiés



- ▶ **Hausse de la perméabilité de la couverture (annexe 14)** 
- ▶ **Rupture de la dalle de fond de la MCO et envahissement total des TMS par les résidus (annexe 15)** 
- ▶ **Détérioration des conditions de drainage par BD 200 (annexe 16)** 
- ▶ **Changement climatique (annexe 17)** 
- ▶ **Mise en place d'une couverture étanche (annexe 18)** 

# Hydrodynamique et modélisation

## Conclusions EMP



- ▶ Dans la situation actuelle le panache est limité en périphérie immédiate des travaux miniers qui drainent les eaux
- ▶ Le scénario dégradé le plus influent est incontestablement celui qui correspond à la déstructuration des résidus (augmentation des flux et des concentrations)
- ▶ Dans tous les scénarios dégradés (hormis le scénario changement climatique) le panache reste confiné en périphérie immédiate des travaux miniers
- ▶ La mise en place d'une couverture étanche en recouvrement du stockage joue un rôle minime

# Conclusions générales sur l'hydrogéologie du site de Bellezane



- ▶ L'hydrogéologie du site de Bellezane est parfaitement connue: elle a fait l'objet de nombreuses études menées par des experts indépendants (ANTEA, BURGEAP, Ecole des Mines de Paris, EGEH)
- ▶ Le stockage des boues et sédiments de 2006 à 2010 n'a eu aucune influence sur la qualité des eaux du site
- ▶ La collecte des eaux repose sur un système dynamique et non pas sur un principe d'étanchéité
- ▶ Ce dispositif permet la collecte, le contrôle et le traitement des eaux le cas échéant, de la quasi-totalité des eaux du site
- ▶ Les scénarios dits « dégradés » ont été modélisés: ils ne conduisent à aucune situation incontrôlable; le panache reste limité à la périphérie immédiate du site



**Le site présente les meilleures garanties dans le cadre du projet de stockage de sédiments radiologiquement marqués**



**MERCI DE VOTRE ATTENTION**





# ANNEXES

# Rappel historique (annexe 1)



## ► Exploitation minière (1975 à 1992)

### ◆ TMS (400 m de profondeur - 25 kms de galerie - emprise au sol = 1 km<sup>2</sup>)

• TBE = 2,2 Mt                      TN = 1,3 Mt                      U = 2 664 t

### ◆ MCO (7 mines à ciel ouvert)

• TBE = 18,4 Mt                      TN = 1,5 Mt                      U = 1389 t

## ► Stockage

### ◆ Résidus de traitement de minerai (MCO 105-68): 1989 à 1993

• 1 514 000 t (dynamique): 48,5 TBq Ra226 + 42 000t (statique): 0,6 TBq Ra 226

### ◆ Déchets Industriels banals (MCO 201) en cours d'exploitation

• 1 400 m<sup>3</sup>

### ◆ Sédiments radiologiquement marqués et boues de STE: 2006 à 2010

• 66 698 t (51 306 m<sup>3</sup>): 1,47 TBq (activité totale)

## ► Réménagement (1992 à 1996)

### ◆ MCO (remblayage intégral (70, 71, 120 et 420, 201), partiel (122), mise en place d'une couverture sur résidus (105 – 68)

### ◆ TMS (noyage, démantèlement puits et montages, obturation des ouvrages de liaison fond jour)

### ◆ Verses à stériles (remodelage, revégétalisation, plans compteurs (moy = 320 nGy/h))

### ◆ Nouvelle station de traitement des eaux

### ◆ Périmètres de sécurité (MCO 105-68, MCO 122, STE, bassins de décantation)

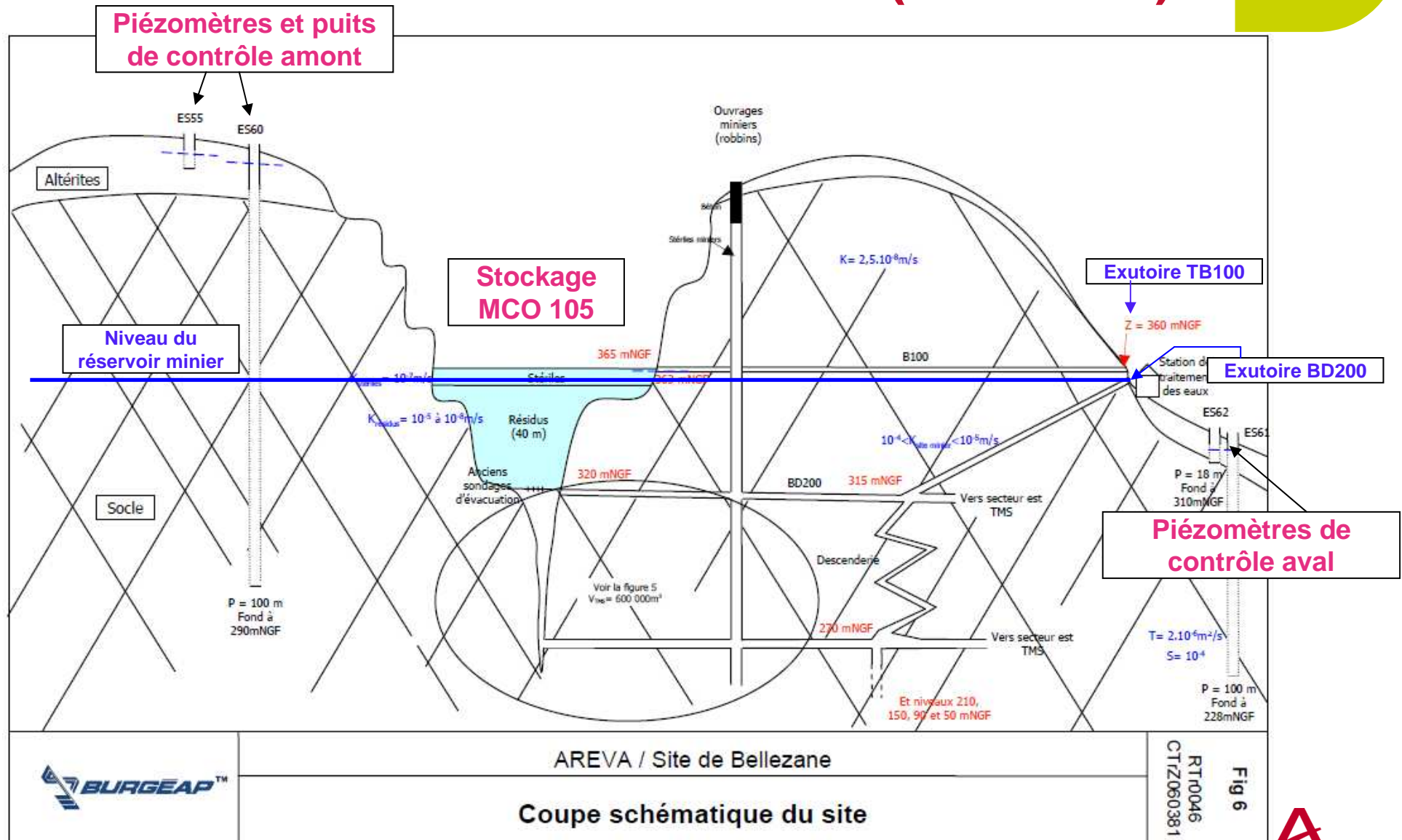
### ◆ Mise en place d'un réseau de surveillance (eaux, air, bio indicateurs)

### ◆ Mise en place d'une couverture étanche sur stockage de sédiments (2011)

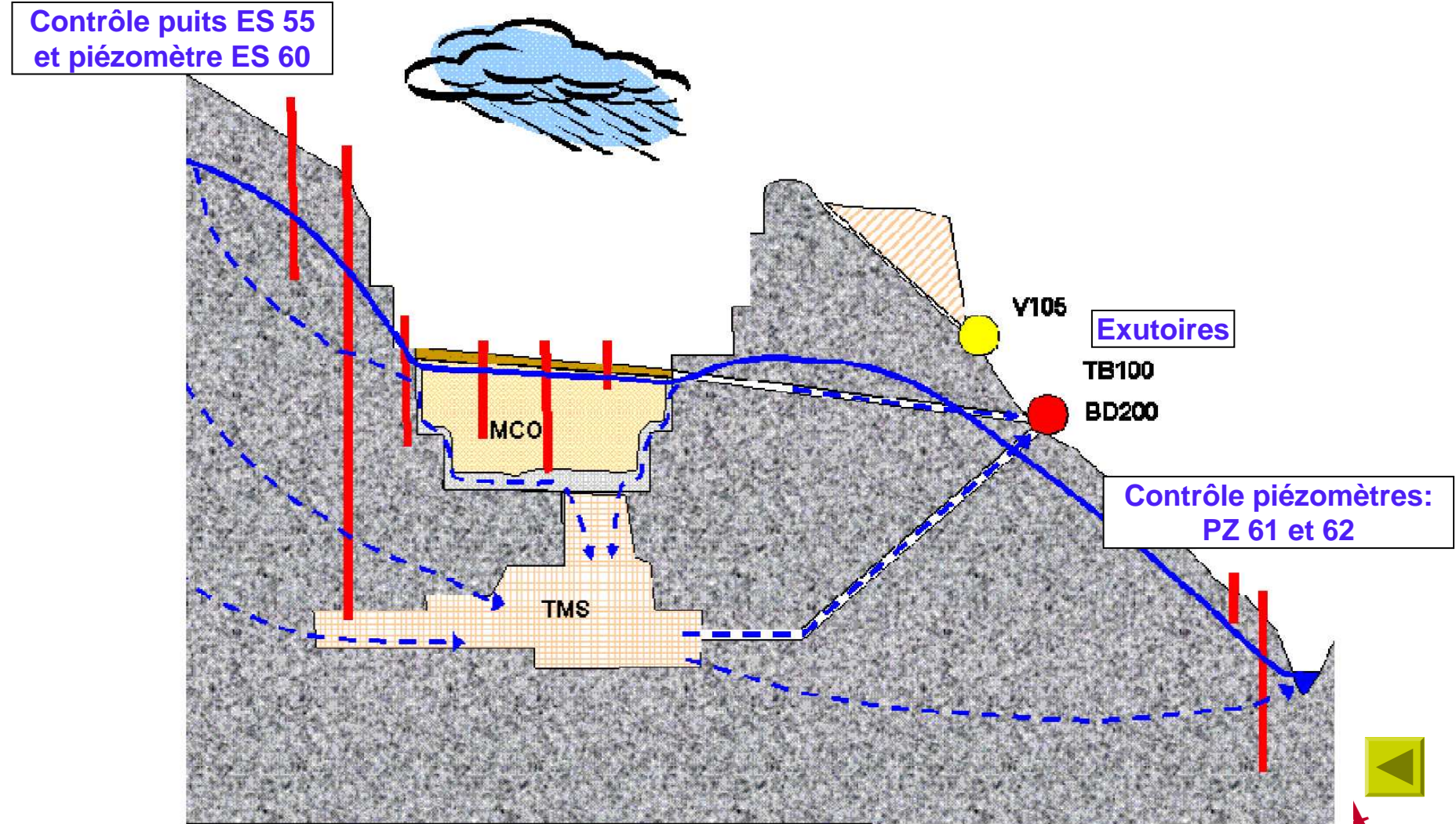


AREVA

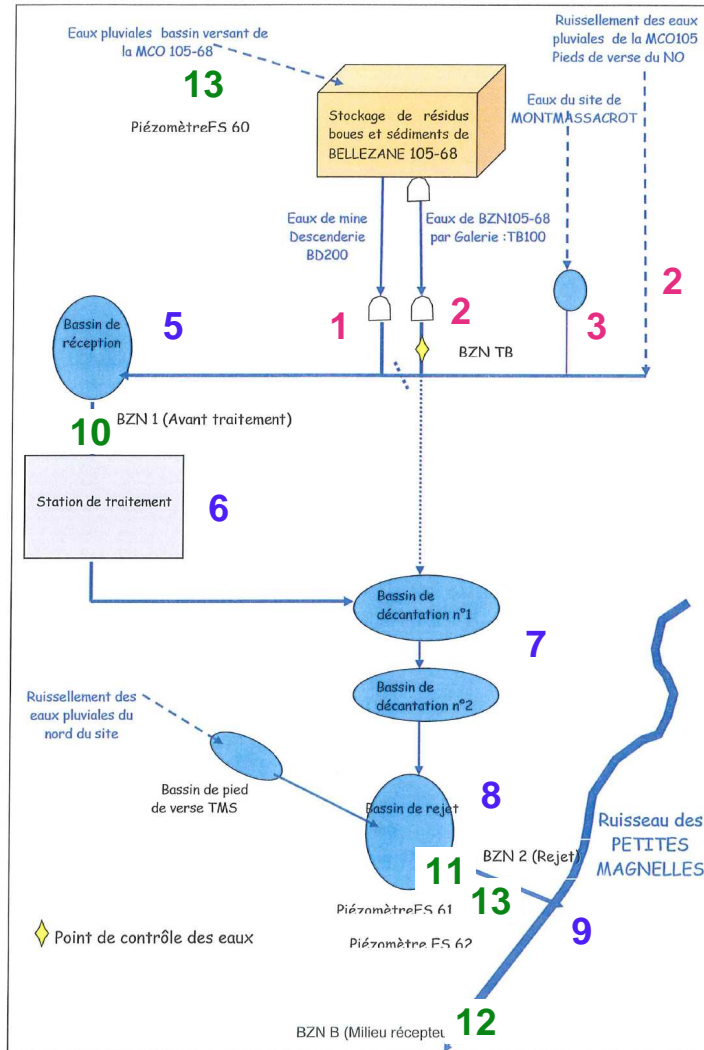
# Schéma hydrogéologique (annexe 2)



# Schéma hydrogéologique (annexe 3)



# Schéma de collecte des eaux: (annexe 4)



## Les eaux avant traitement:

- 1: BD 200 → réservoir minier (< niveau 360)
- 2: TB 100 → ruisellement MCO 105 + TMS quartier 201 niv 360
- 3: MMT1 → eaux du site de Montmassacrot
- 4: V105 → eaux pied de verse à stériles MCO 105

## La station de traitement des eaux

- 5: Un bassin de réception
- 6: Unité de traitement: BaCl<sub>2</sub> (Ra) Sulfate d'alumine (U)
- 7: Deux bassins de décantation
- 8: Un bassin de rejet
- 9: Rejet dans le ruisseau des Petites Magnelles

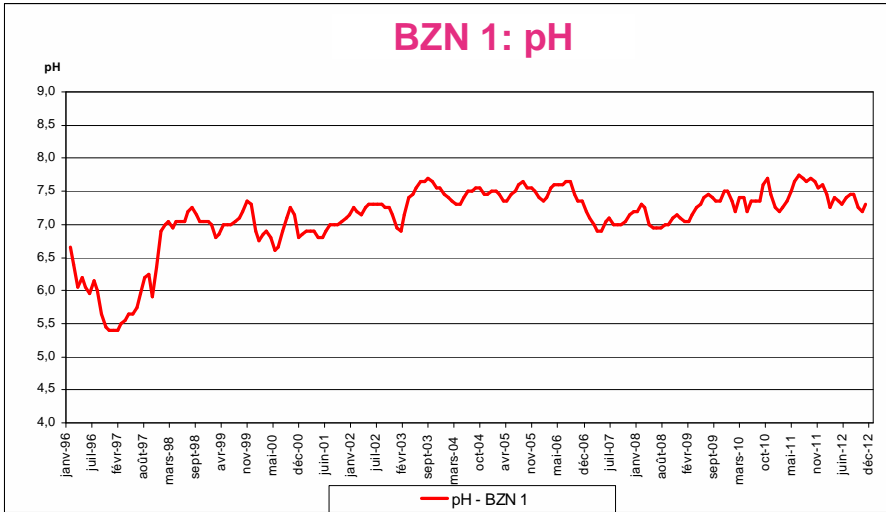
## Contrôle des eaux

- 10: TB 100 + BD 200 + MMT + Verse 105 = BZN 1 (Avant traitement)
  - 11: BZN 2 (après traitement et rejet)
  - 12: BZN Impact sur ruisseau des Petites Magnelles
  - 13: Piézomètres (1 référence amont et 2 en aval hydraulique)
- Hors schéma: Puits et sources

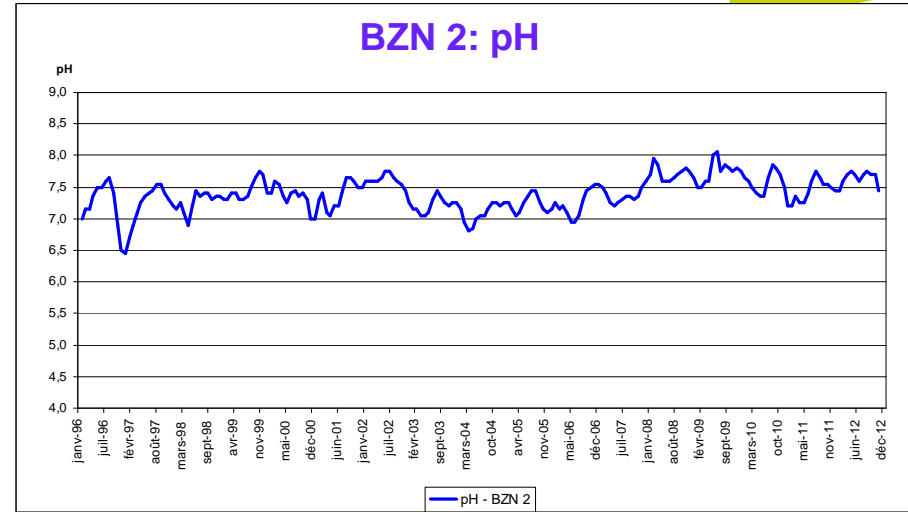
# Qualité des eaux avant (BZN1) et après traitement (BZN2) Annexe 6



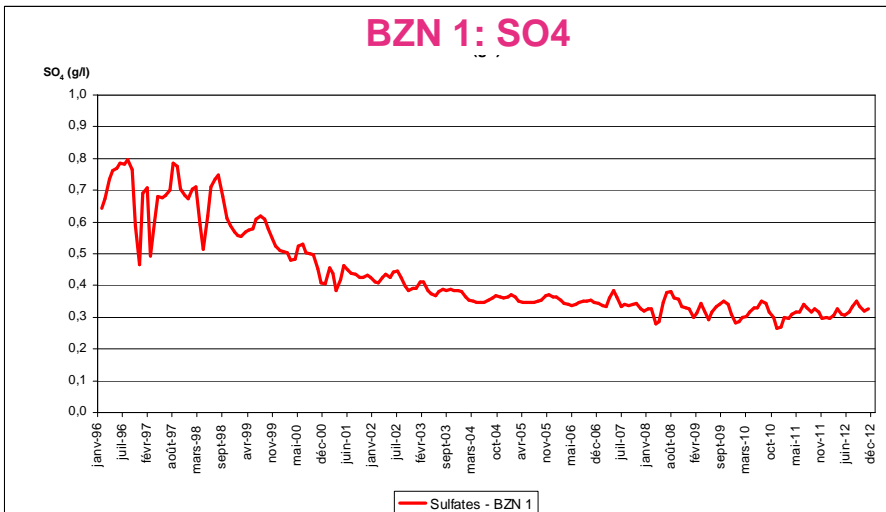
**BZN 1: pH**



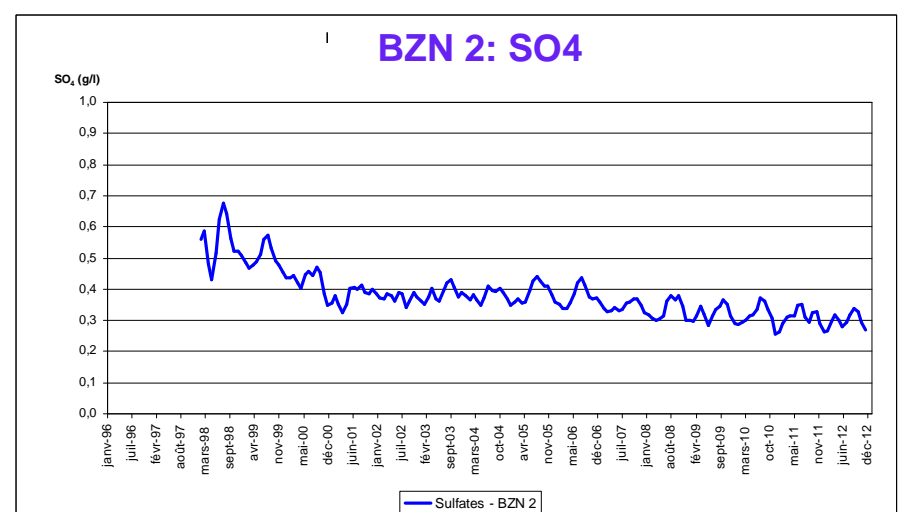
**BZN 2: pH**



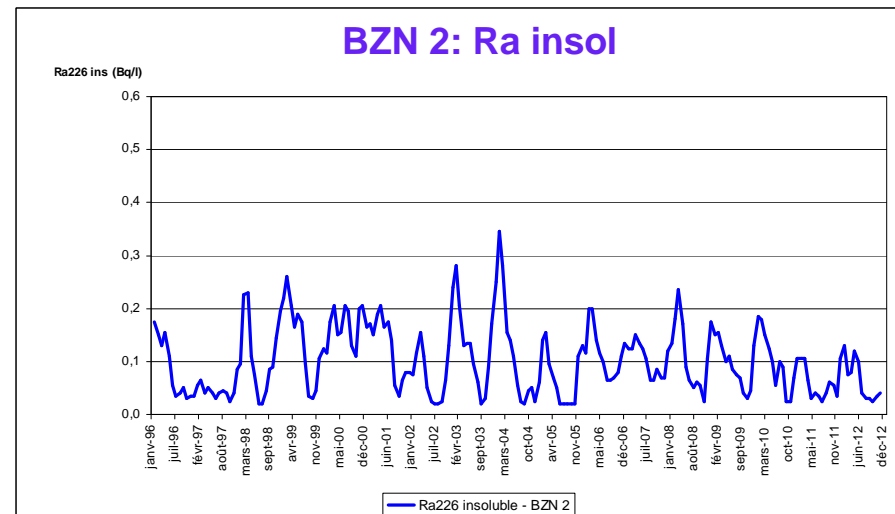
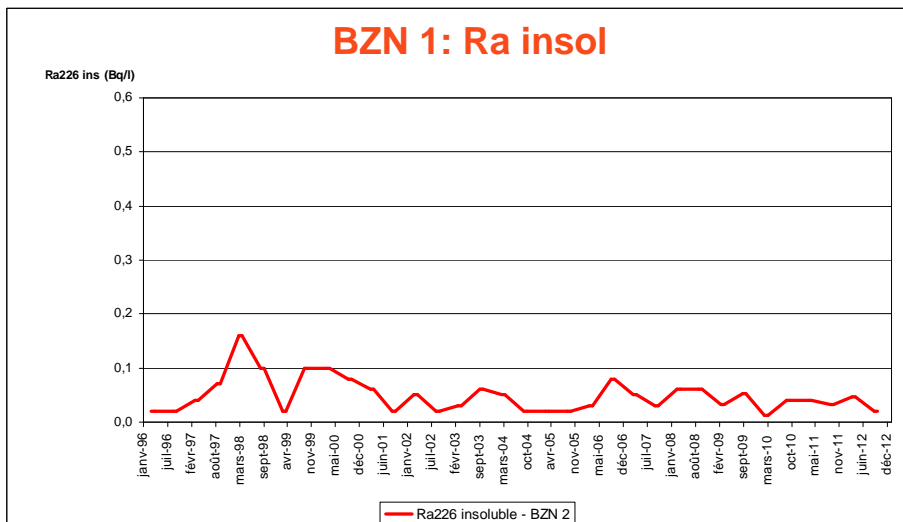
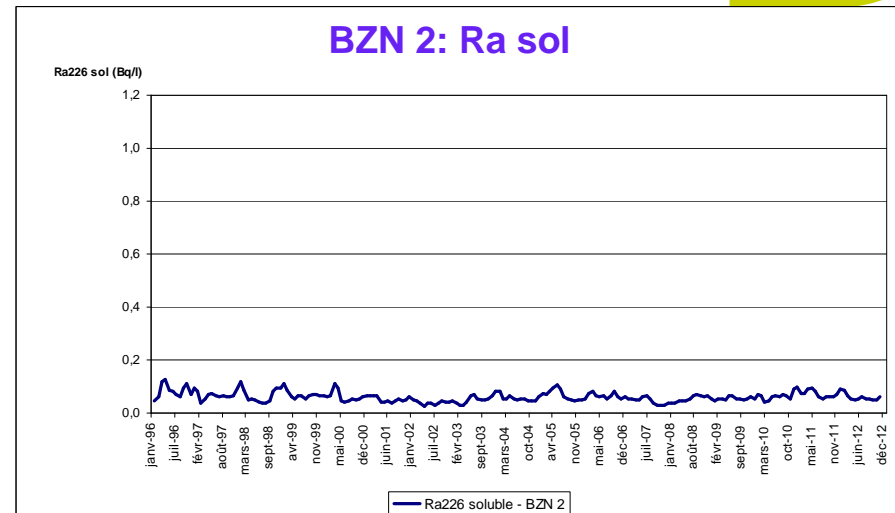
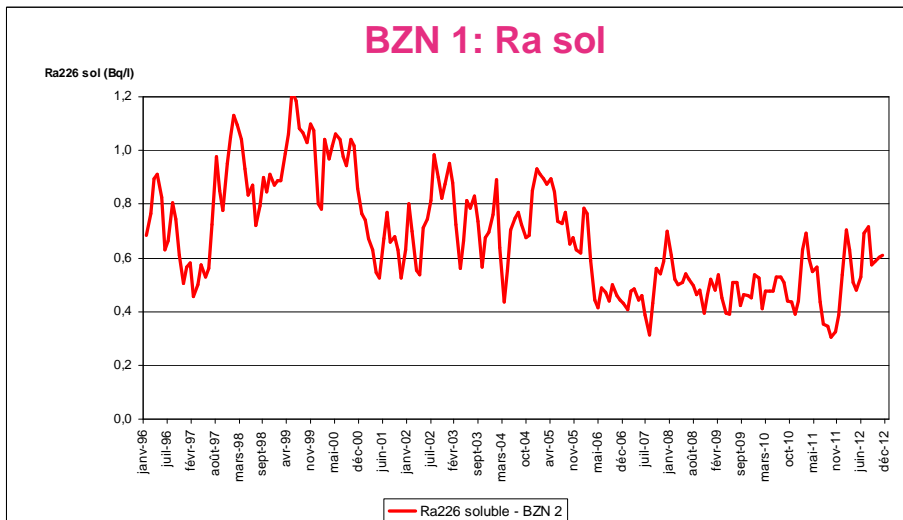
**BZN 1: SO4**



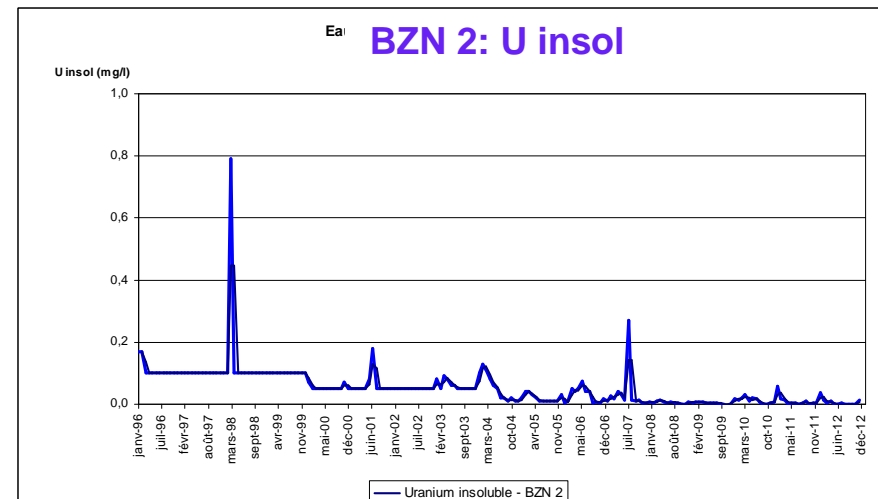
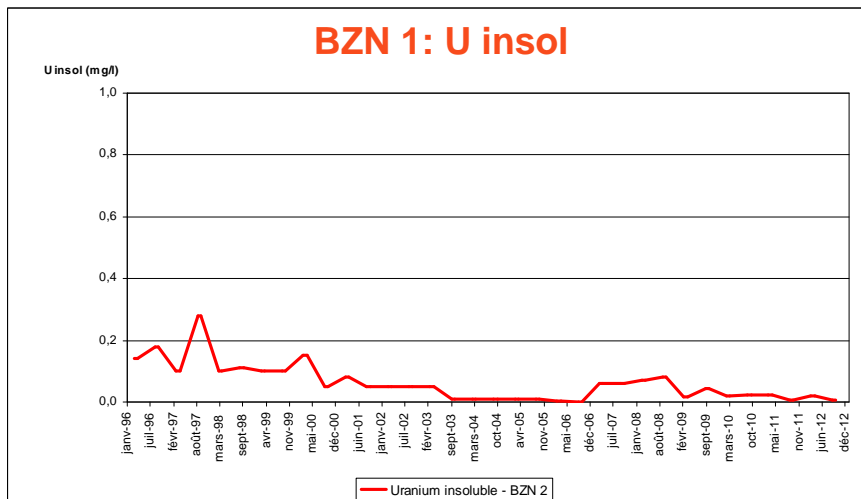
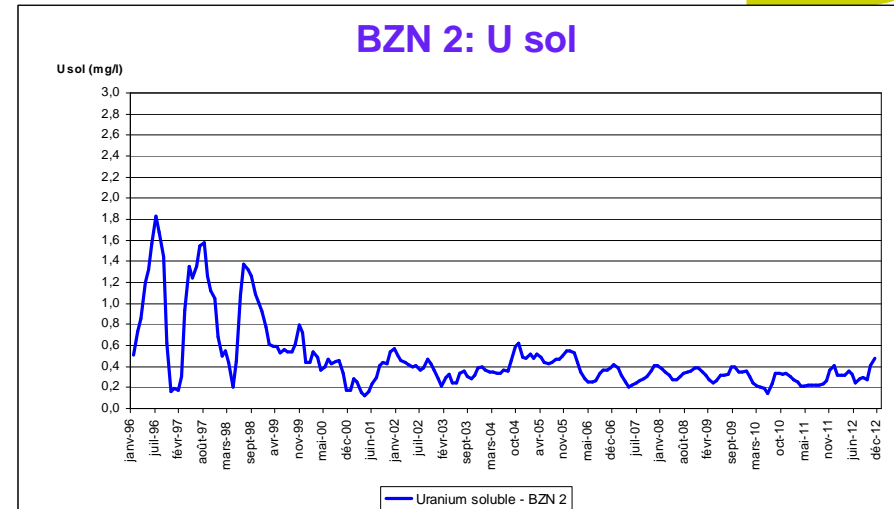
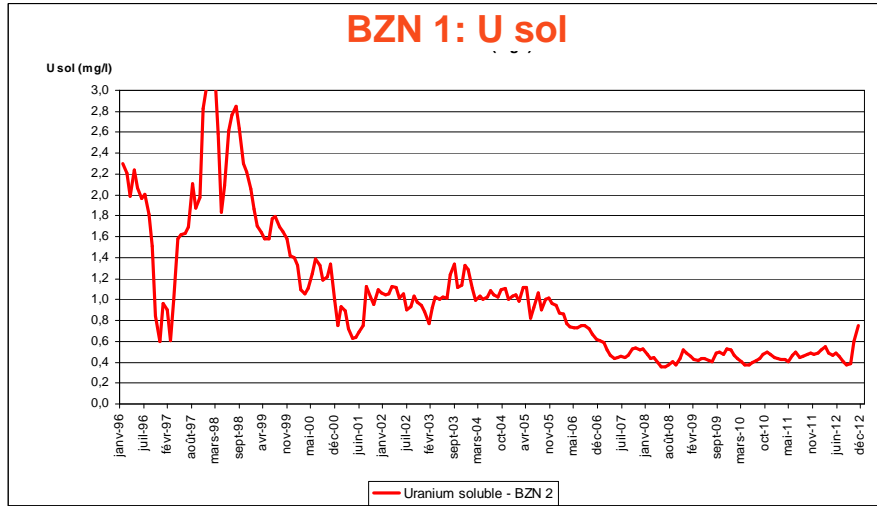
**BZN 2: SO4**



# Qualité des eaux avant (BZN1) et après traitement (BZN2) Annexe 7



# Qualité des eaux avant (BZN1) et après traitement (BZN2) Annexe 8





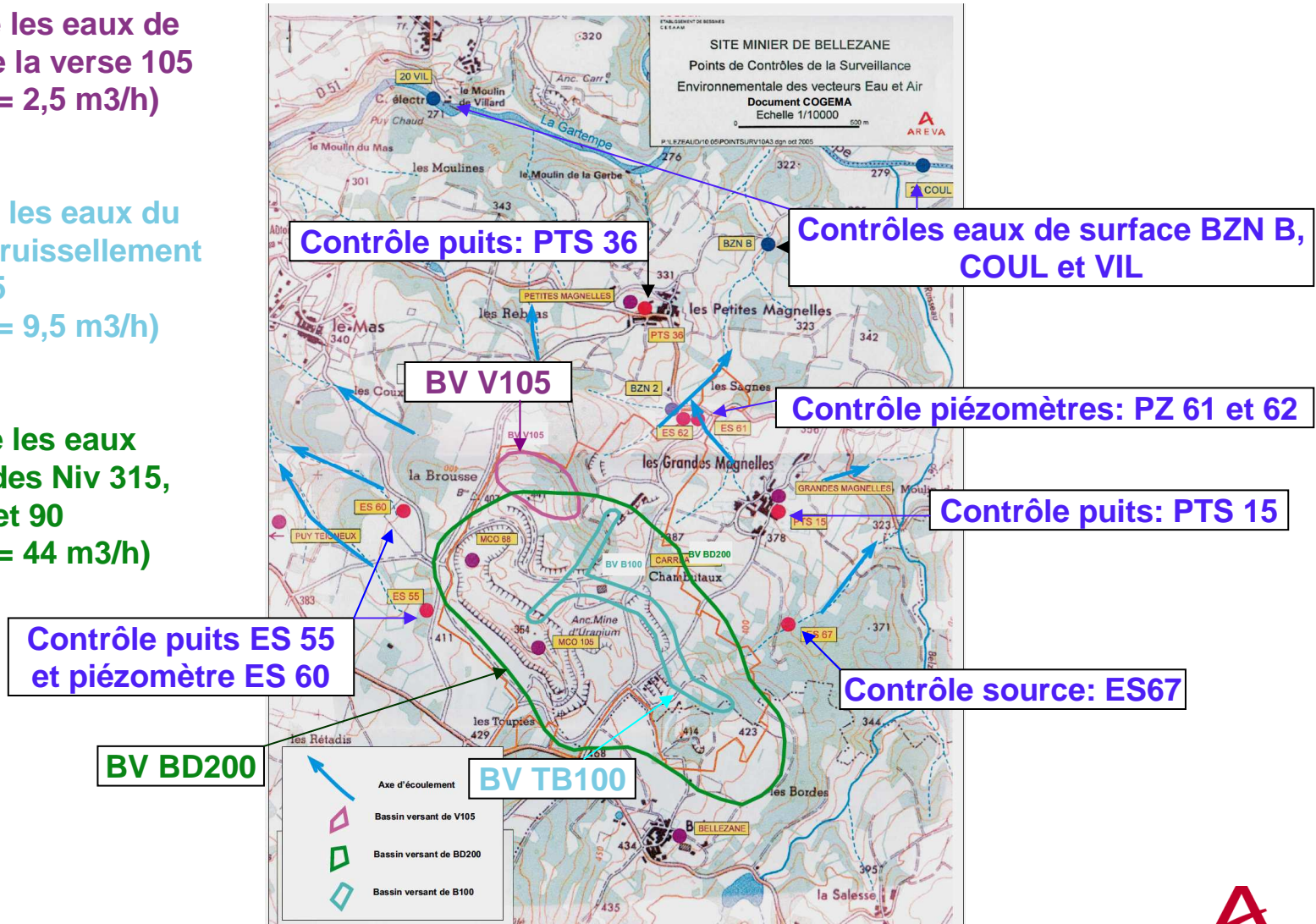
# Bassins versants et points de contrôle (annexe 9)



•V105 collecte les eaux de percolation de la verse 105 (débit moyen = 2,5 m3/h)

•TB100 draine les eaux du Niv 360 et les ruissellement de la MCO 105 (débit moyen = 9,5 m3/h)

•BD200 draine les eaux souterraines des Niv 315, 270, 210, 150 et 90 (débit moyen = 44 m3/h)



# Résultats radiologiques moyenne 2006 à 2012 (annexe 10)

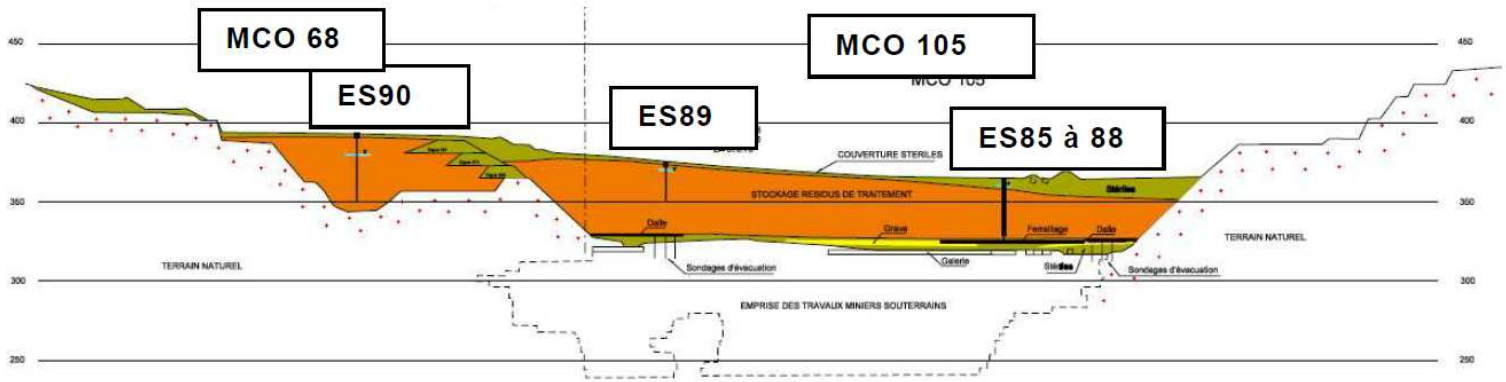
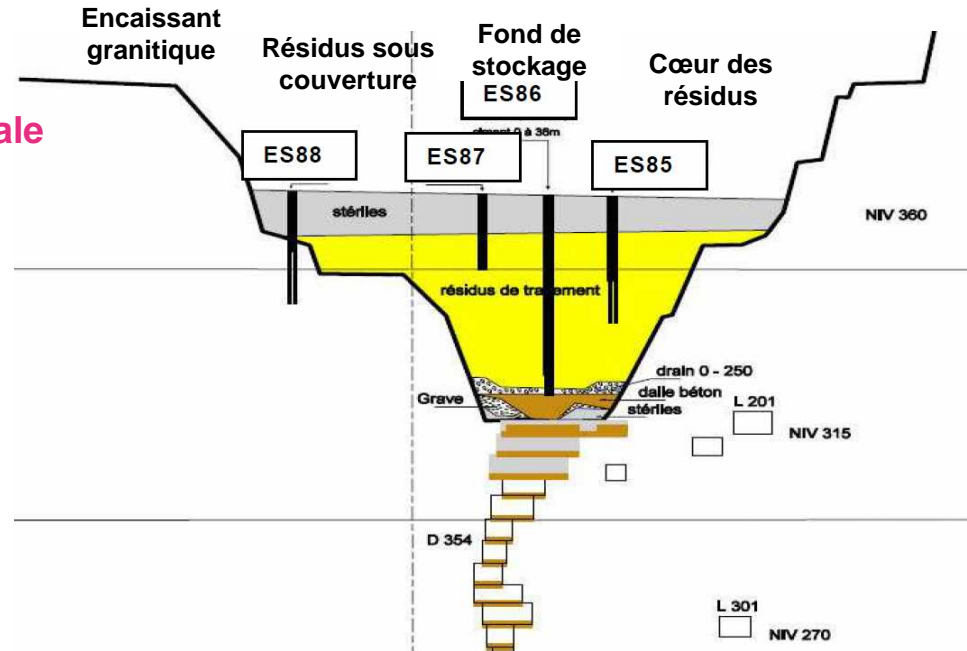


	pH	Ra sol en Bq/l	Ra insol en Bq/l	U sol en mg/l	U insol en mg/l
<b>Eaux avant traitement (BZN 1) et eaux après traitement (BZN2)</b>					
BZN 1	7.3	0.50	0.04	0.503	0.031
BZN 2	7.5	0.06	0.09	0.312	0.015
<b>Eaux souterraines (piézomètres)</b>					
PZ 60 (amont)	6.4	0.30	0.05	0.003	0.001
PZ 61 (aval)	5.5	0.13	0.13	0.006	0.017
PZ 62 (aval)	5.7	0.20	0.04	0.008	0.001
<b>Eaux souterraines (puits et source)</b>					
ES 55 (amont)	5.4	0.05	0.03	0.002	0.001
PTS 15 (aval)	6.5	0.09	0.04	0.003	0.001
PTS 36 (aval)	6.3	0.17	0.16	0.004	0.004
SC 67 (aval)	5.2	0.09	0.03	0.003	0.002
<b>Eaux de surface (Ru Petites Magnelles et Gartempe)</b>					
BZN B (aval)	7.0	0.07	0.05	0.157	0.015
COUL (amont)	7.1	0.04	0.03	0.002	0.001
VIL (aval)	7.2	0.05	0.03	0.002	0.001





Coupe transversale



Coupe longitudinale



# Annexe 12



**AREVA  
COGEMA**

## Étude du fonctionnement hydrogéochimique de l'ancien site minier de Bellezane (Limousin, France)

SITE DE BELLEZANE

### Expertise hydrogéologique et préconisations pour le site de stockage de sédiments et de boues

Rapport

**BURGEAP – Agence de Nantes**  
210, avenue du Saint Laurent - Zone Atlantis - 44811 Saint Herblain cedex  
Tél : 33 (0)2.40.38.67.06 – Fax : 33 (0)2.40.85.66.50  
agence.de.nantes@burgeap.fr

**BURGEAP – Antenne de Tours**  
8 – 12 rue du Docteur Herpin 37000 Tours  
Tél : 33 (0)2.47.75.25.45 – Fax : 02.47.75.02.07



E. Ledoux, J.M. Schmitt

RTr0046a/A16523/CTrZ060381	
JJ - STR - DV	
29/05/2006	1/50



*Références :*  
n° ARMINES : R100119EL  
n° AREVA : BGM/DGS RT 10/004

# Principales études engagées (annexe 13)



## ► Hydrogéologique et hydrogéochimiques

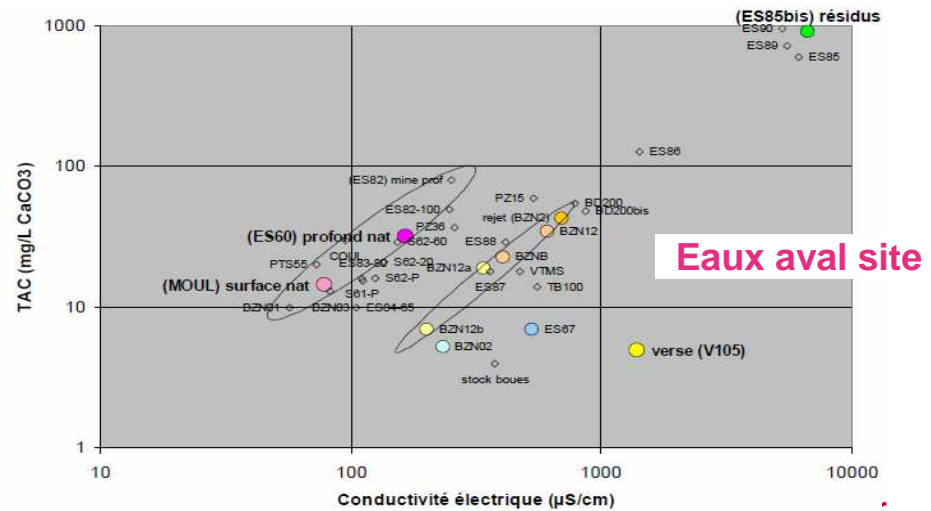
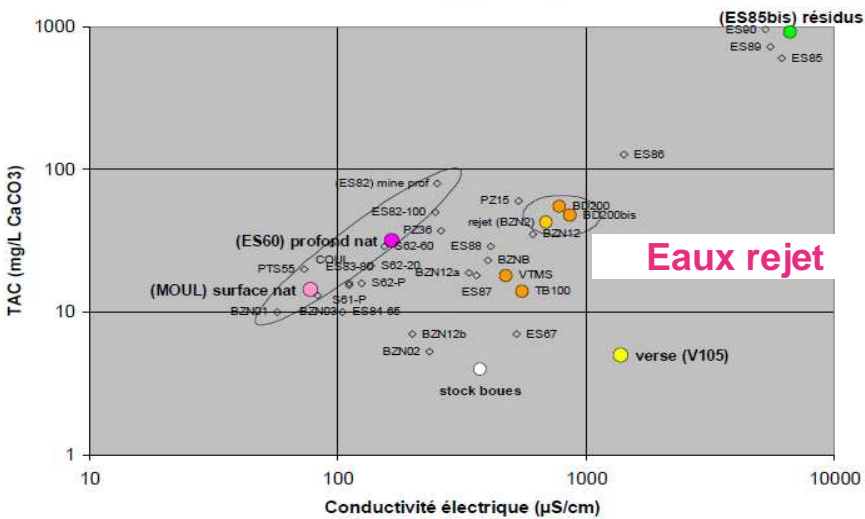
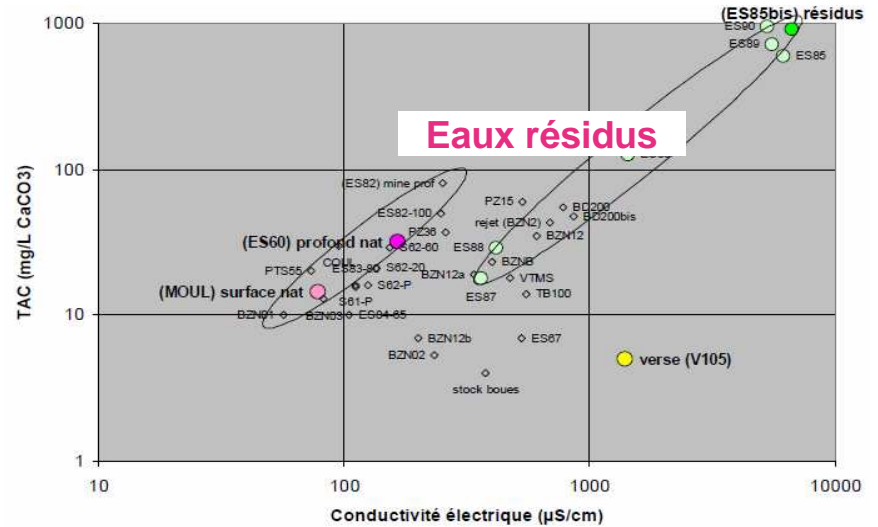
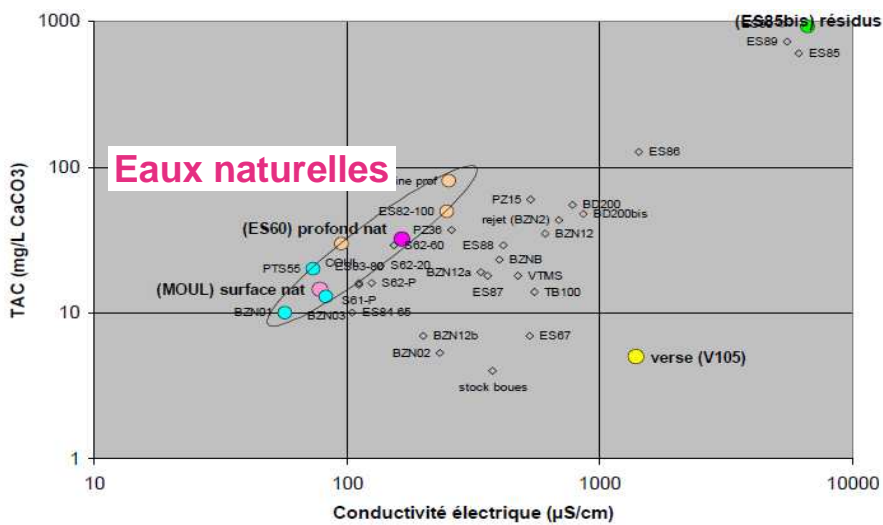
- ◆ Etude hydrogéologique du site minier de Bellezane – ANTEA mai 1994
- ◆ Audit hydrogéologique du site minier de Bellezane – SGN juin 1994
- ◆ Site de Bellezane: Expertise hydrogéologique et préconisations pour le site de stockage de sédiments et boues – BURGEAP mai 2006
- ◆ Etude du fonctionnement hydrogéochimique de l'ancien site minier de Bellezane – ENS Mines Paris 2010 (Pilotée par le GEP)
- ◆ Etude hydrogéologique du stockage des boues de la mine à ciel ouvert 105 -68 de Bellezane – EGEH septembre 2010

## ► Autres études

- ◆ Caractérisation des résidus de traitement de minerais de la MCO de Bellezane – AREVA/CREGU 2009 – 2012 (dans le cadre du PNGMDR)
- ◆ Etude de la réactivité des stériles miniers d'anciennes mines d'uranium du Limousin (Bellezane et Margnac) – AREVA R&D Mars 2012 (dans le cadre du PNGMDR)
- ◆ Calcul d'impact dosimétrique du site de stockage de résidus de traitement de minerai d'uranium de Bellezane – AREVA/SGN – Janvier 2009 (dans le cadre du PNGMDR)
- ◆ Etude de l'efficacité de la couverture mise en place sur le stockage de résidus de Bellezane au regard du rayonnement gamma et radon – ALGADE 2007 (Expertisée par le GEP)

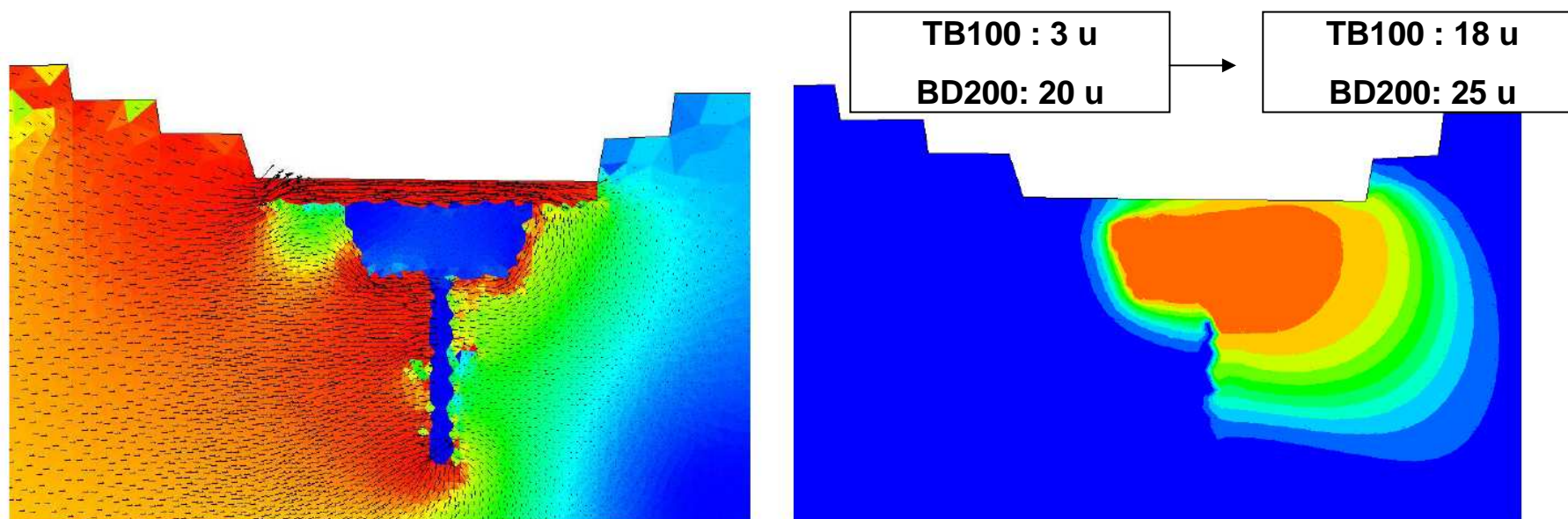


► Une caractérisation géochimique des principaux pôles d'eau (annexe 14)



# Hydrodynamique et modélisation (annexe 15)

Hypothèse: perméabilité de la couverture  $10^{-6}$  à  $10^{-5}$  m/s



- Accroissement des vitesses vers l'aval
- Apparition d'un panache vers l'aval

Distribution des concentrations autour du stockage avec **couverture dégradée**

Transfert d'un soluté émis dans l'eau souterraine par la masse des résidus

# Hydrodynamique et modélisation (annexe 16)

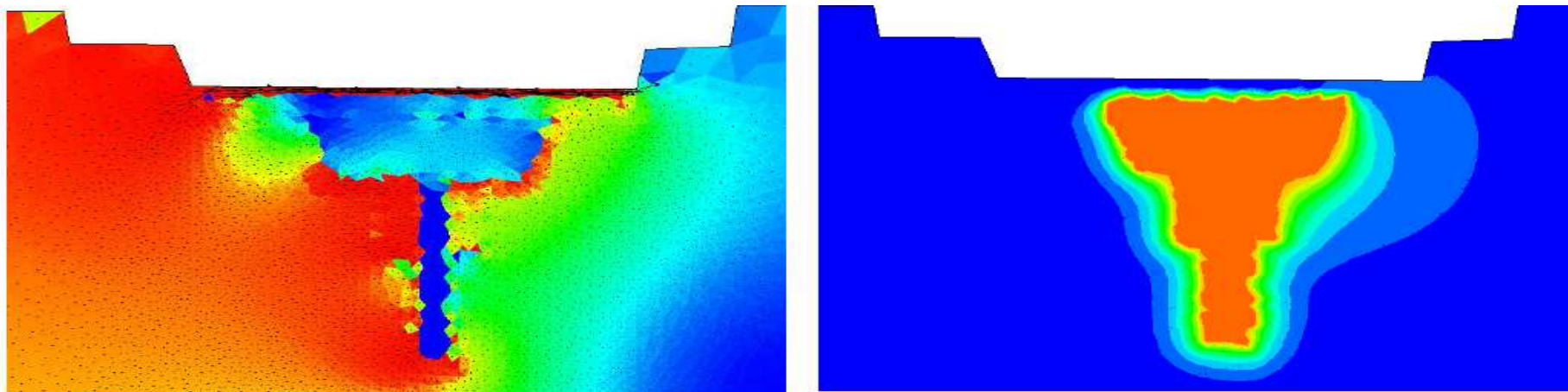


**Hypothèse: Rupture de la dalle de fond de la MCO**

**Envahissement total des TMS par les résidus (200 000 m<sup>3</sup>)**

TB100 : 3 u  
BD200: 20 u

TB100 : 20 u  
BD200: 97 u



- Apparition de vitesses rapides au sommet et au cœur des résidus et dans les TMS
- La galerie BD200 draine des eaux dont la qualité est proche de celle des résidus

**Distribution des concentrations autour du stockage avec destruction du stockage**

**Transfert d'un soluté émis dans l'eau souterraine par la masse des résidus**



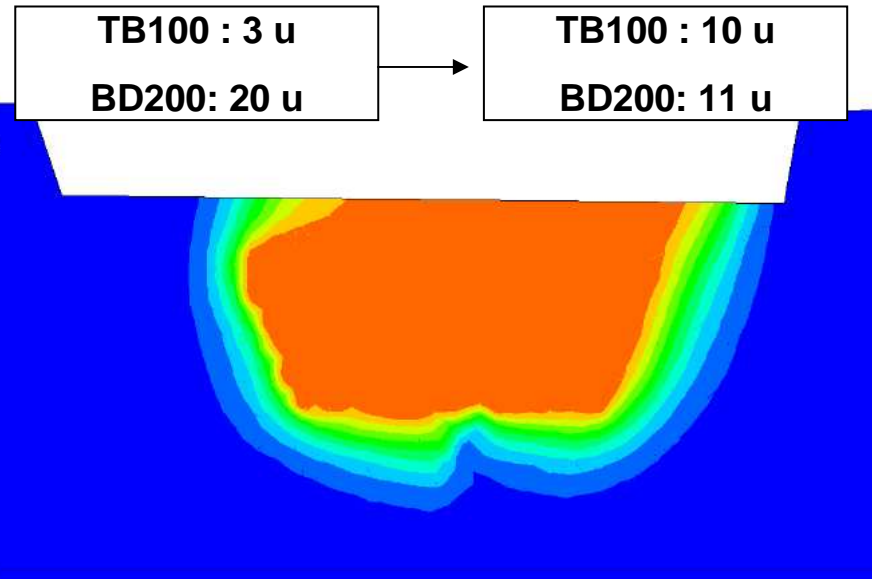
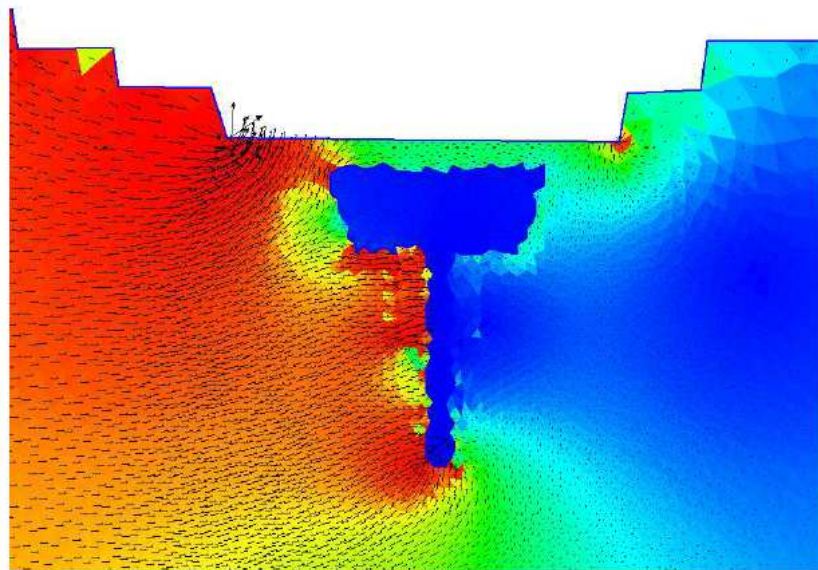


# Hydrodynamique et modélisation (annexe 17)



**Hypothèse: Détérioration conditions de drainage par la BD200**

**Elévation du niveau d'eau de 5 m**



- Réorientation des écoulements vers le fond de la MCO
- Développement du panache vers le haut

**Distribution des concentrations autour du stockage avec drainage par les TMS dégradé**

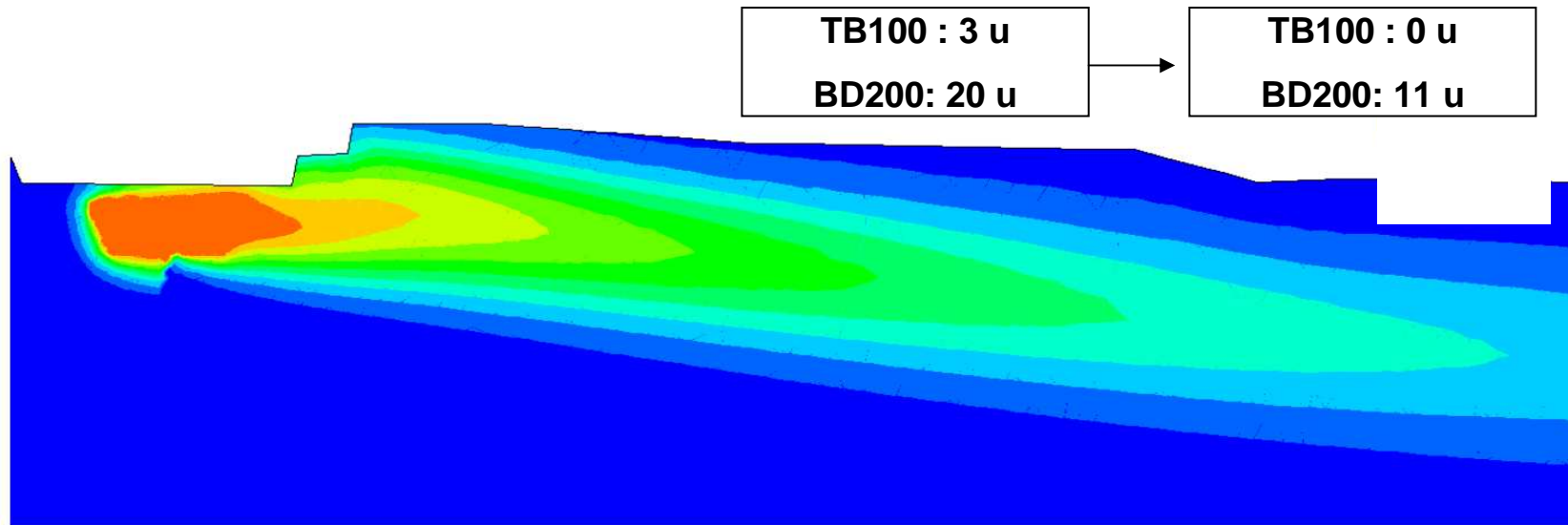
**Transfert d'un soluté émis dans l'eau souterraine par la masse des résidus**



# Hydrodynamique et modélisation (annexe 18)



Hypothèse: Pluie efficace passe de 150 mm/an à 50 mm/an



- Abaissement général de la piézométrie
- Suppression du drainage par les TMS
- Développement du panache au sein du granite (20% à 2 kms)

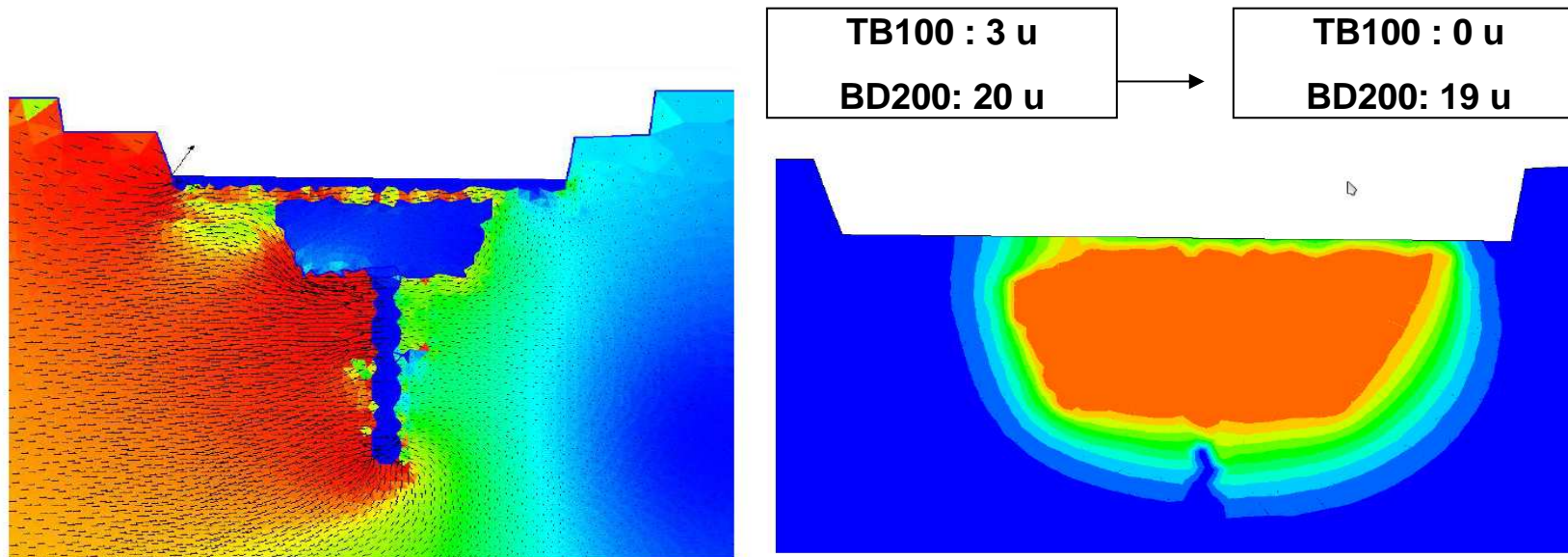


Distribution des concentrations autour du stockage avec **évolution climatique**

Transfert d'un soluté émis dans l'eau souterraine par la masse des résidus

# Hydrodynamique et modélisation (annexe 19)

**Hypothèse: perméabilité de la couverture  $10^{-6}$  à  $10^{-11}$  m/s**



- Comportement du système limité (disparition du drainage par TB 100)

**Distribution des concentrations autour du stockage avec couverture imperméable**

**Transfert d'un soluté émis dans l'eau souterraine par la masse des résidus**