

# **Les méthodes de forage**

**par Gilles Bresson**

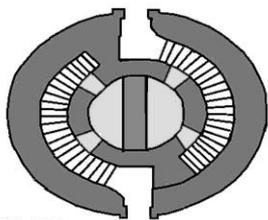
**Chacune de ces méthodes est adaptée  
au but recherché :**

- Exploration géologique et minière**
- Recherche et exploitation des eaux souterraines**
- Recherche et exploitation pétrolière**
- Exploitation de carrières ou percement de galeries**

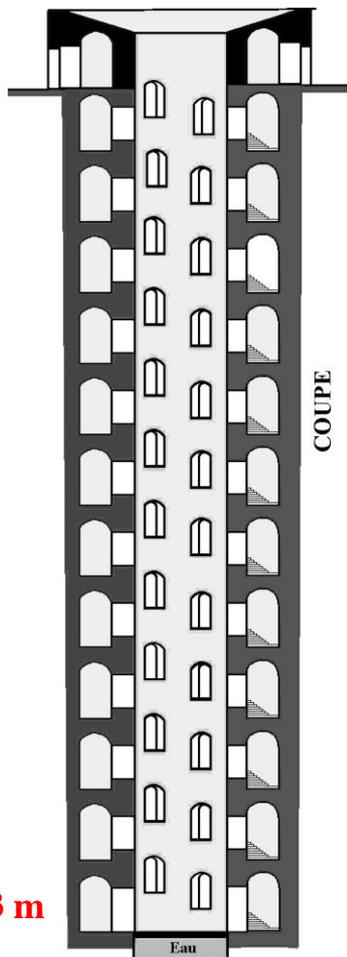
# **Un peu d'histoire...**

**Ce fut d'abord la main de l'homme qui creusa les premiers puits...**

## Puits Saint Patrice à Orvieto



PLAN



COUPE

- 53 m

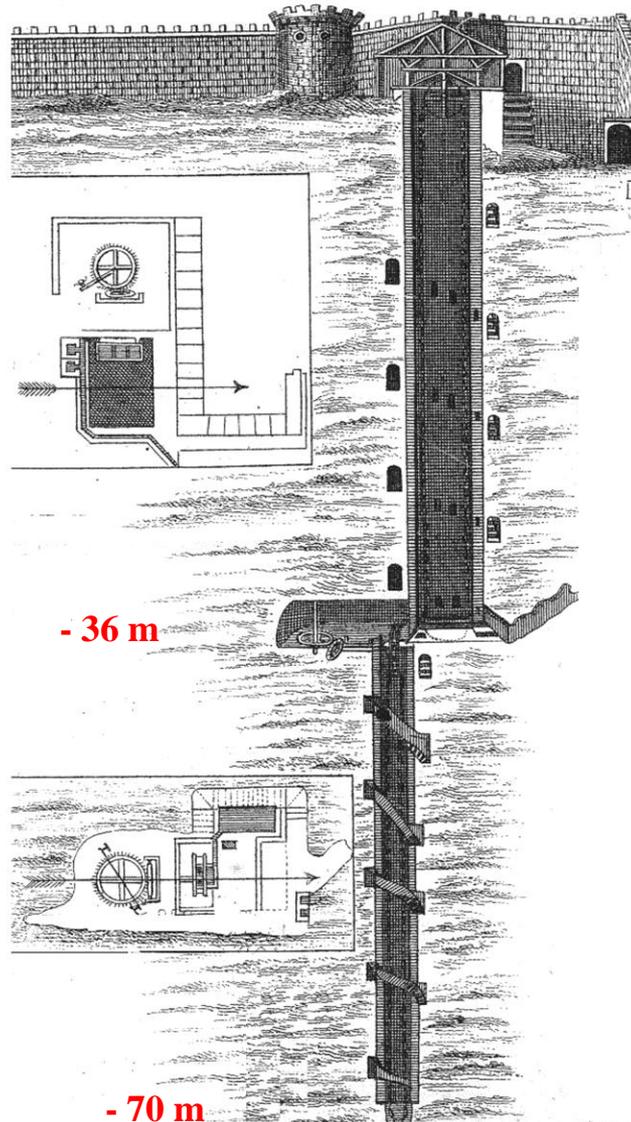
D'après un dessin réalisé en 1824  
par l'architecte français  
Henri Labrouste (1801-1875)

Ce puits a été creusé et  
aménagé entre 1527 et 1537  
à la demande du pape  
Clément VII réfugié à  
Orvieto pendant le sac de  
Rome par les troupes de  
Charles Quint en 1527.



Le puits Joseph aurait  
été creusé à la fin du  
XIIe siècle lors de la  
construction de la  
citadelle par Saladin

## Puits Joseph au Caire



- 36 m

- 70 m

D'après un dessin réalisé vers 1719 en Basse Egypte  
par le voyageur français Paul Lucas (1664-1737)

# **Seront présentés ici :**

- **Le forage au battage**
- **Le havage des puits à la benne**
- **Le forage à la tarière**
- **Le forage au rotary**
- **Le carottage**
- **Le forage au marteau fond de trou**
- **Le forage au marteau hors du trou**

# **Forage au battage**

## **La plus ancienne technique de forage**

**Ce sont les Chinois qui aurait inventé cette méthode de forage de puits au IIIe siècle avant JC en utilisant un trépan au bout de tiges de bambou.**

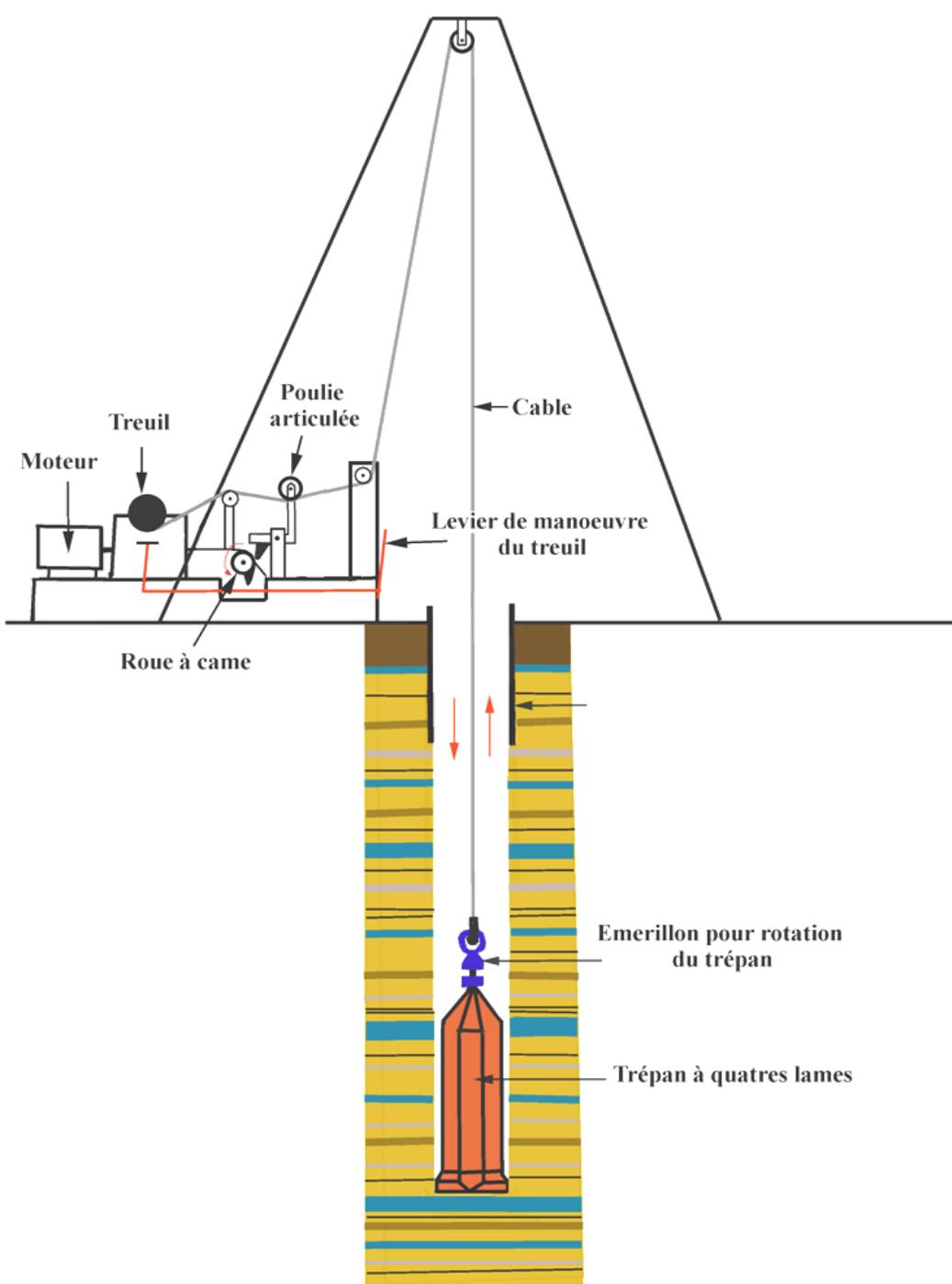
**Cette méthode de forage est très lente variant suivant la nature et la dureté de la roche rencontrée ainsi que le diamètre du trou, soit en moyenne de 1 à 5 m par jour**

**Le système pendulaire de l'outil de forage ne permet que la réalisation de trous verticaux.**

# Schéma d'une installation de forage au battage au câble

Un lourd trépan d'acier, à une ou deux lames, est suspendu au bout d'un câble relié à un treuil.

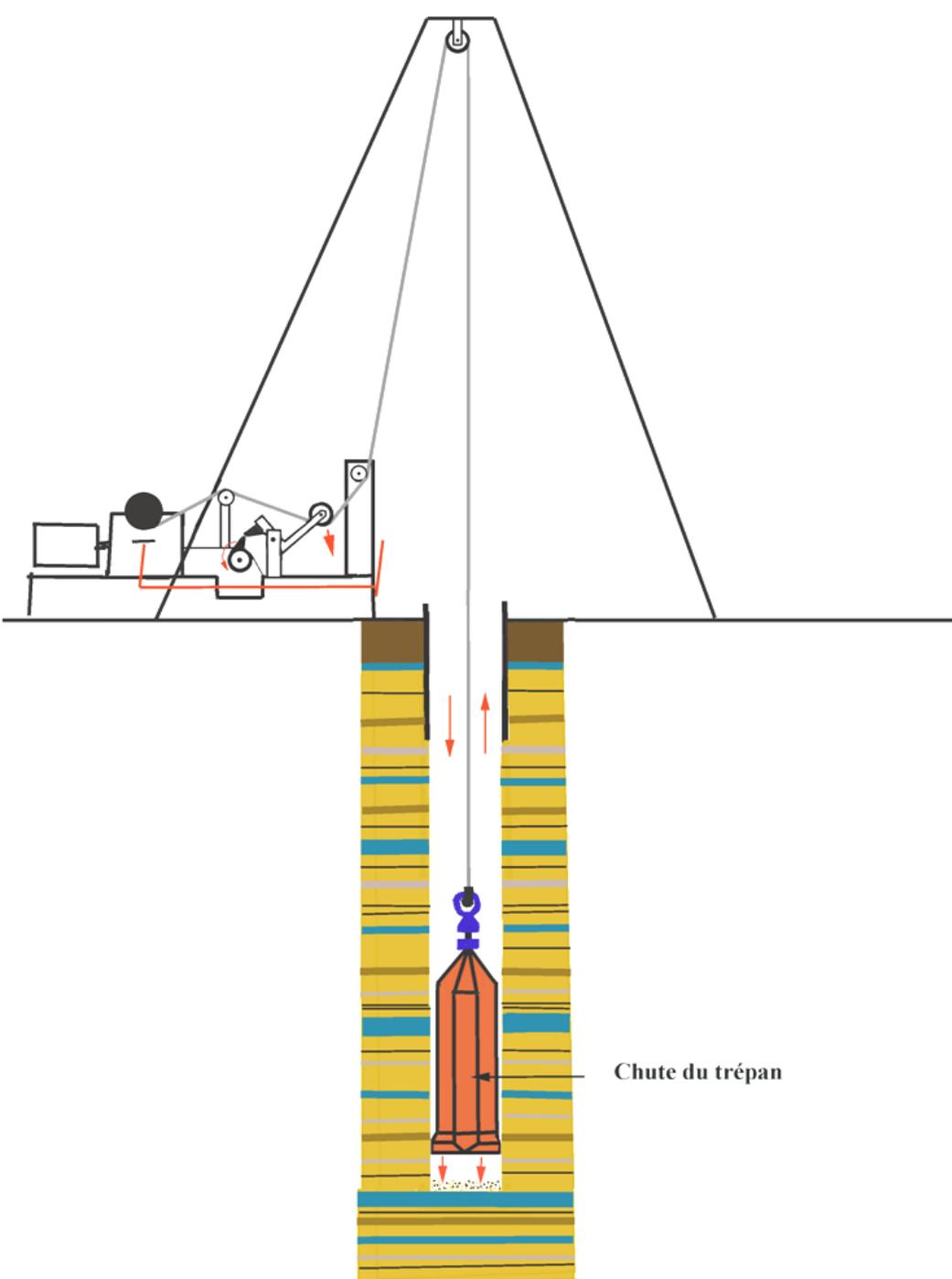
Un dispositif comprenant une poulie mobile reliée à un arbre à came, donne un effet de montée et de descente brusque sur le câble.

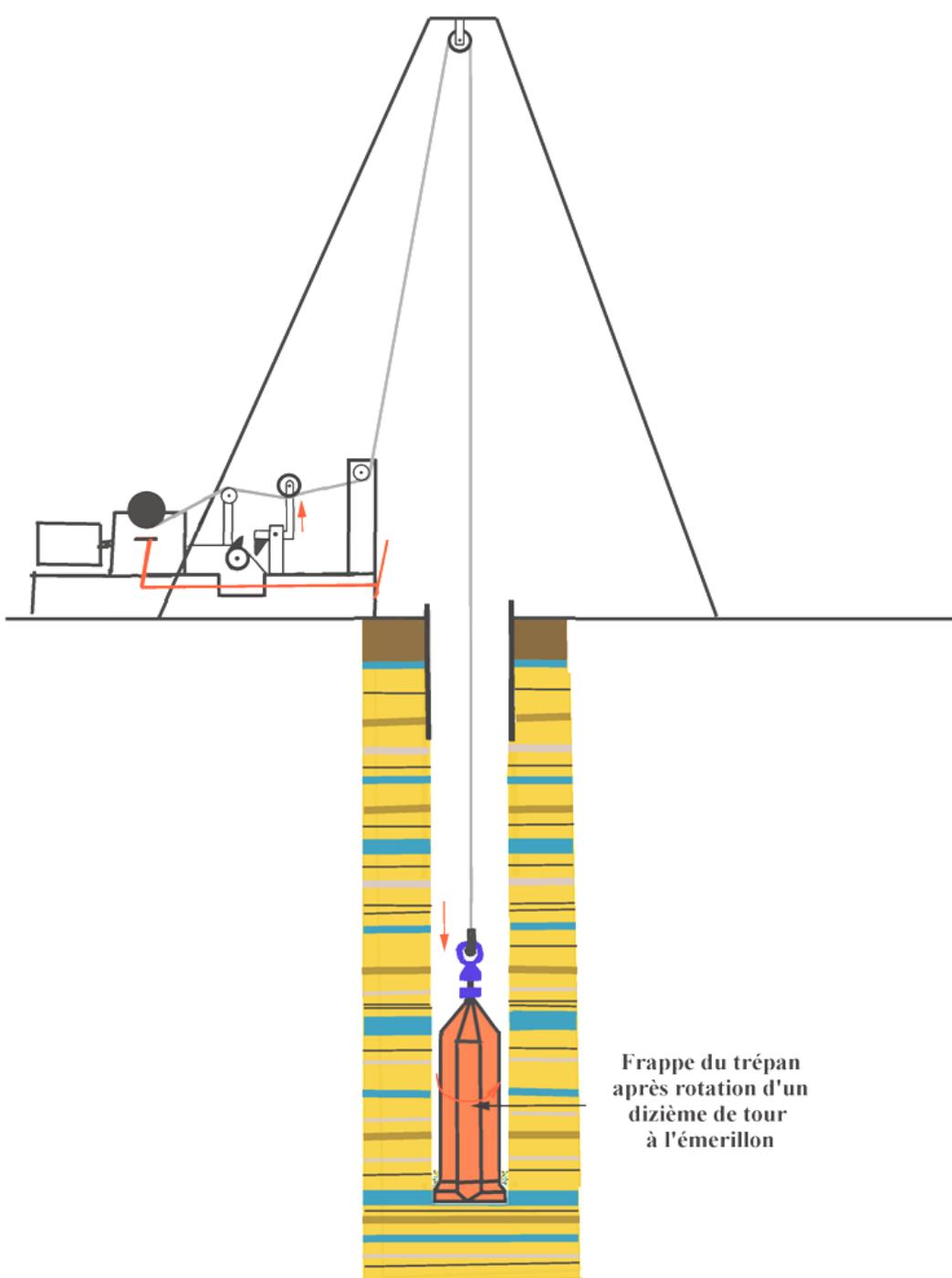


# Dispositif de battage au câble

On utilise la chute rapide du trépan sur la roche pour la fracturer.

L'injection d'eau dans le trou améliore la fracturation.

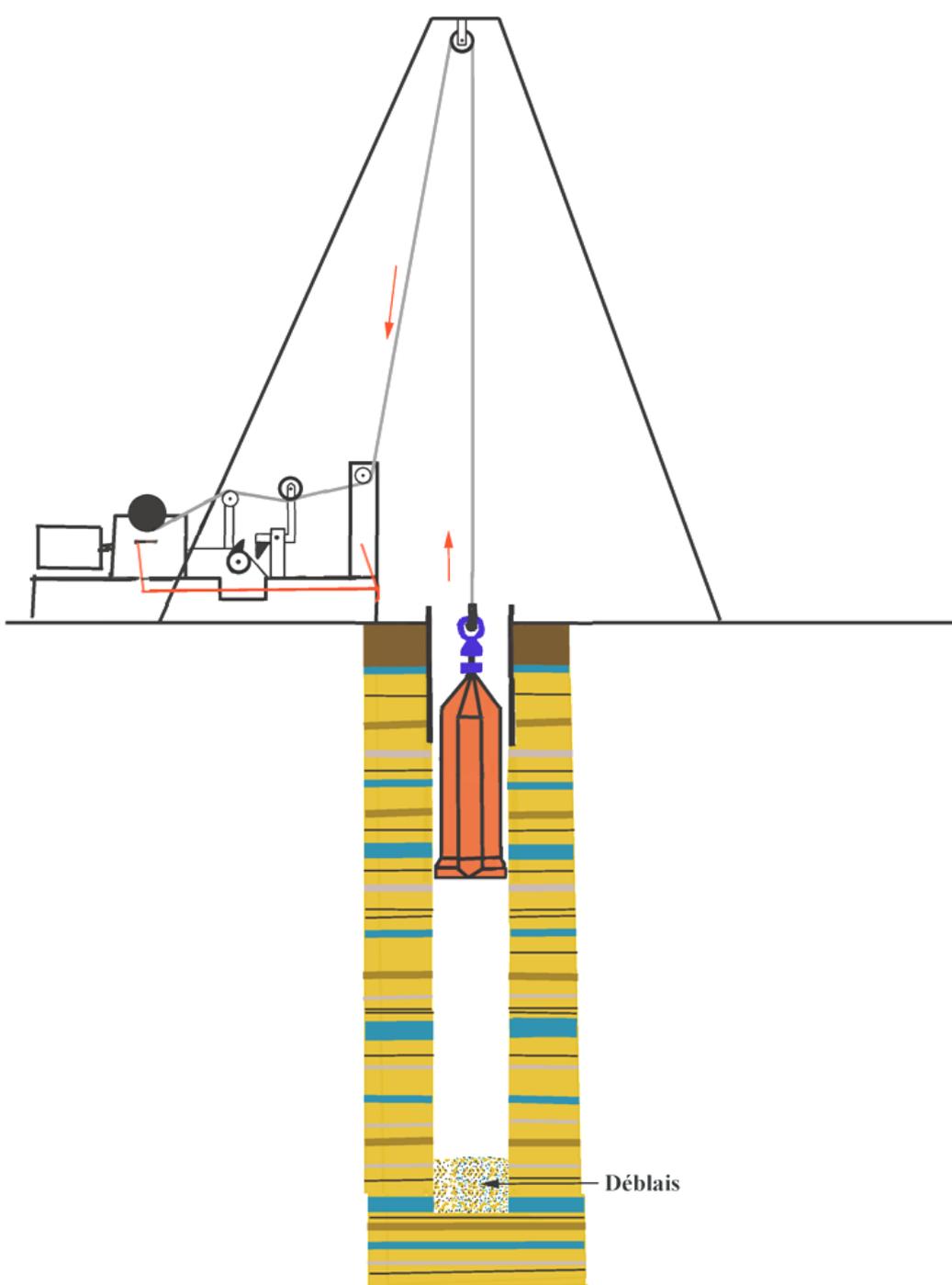




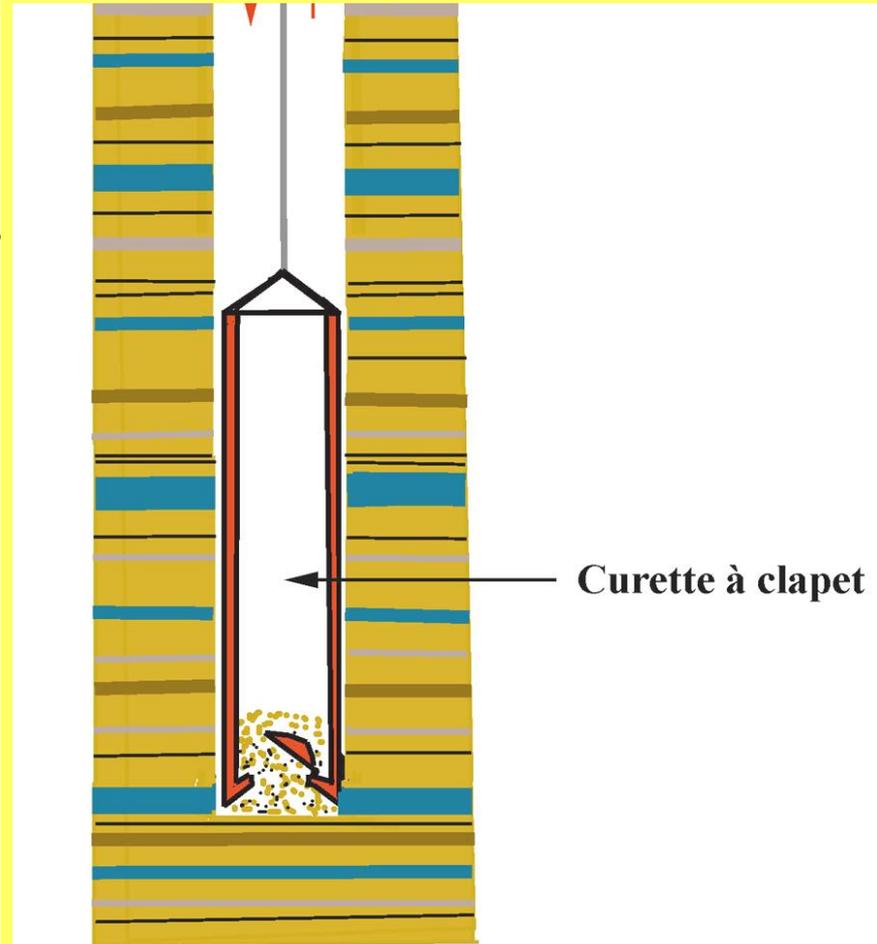
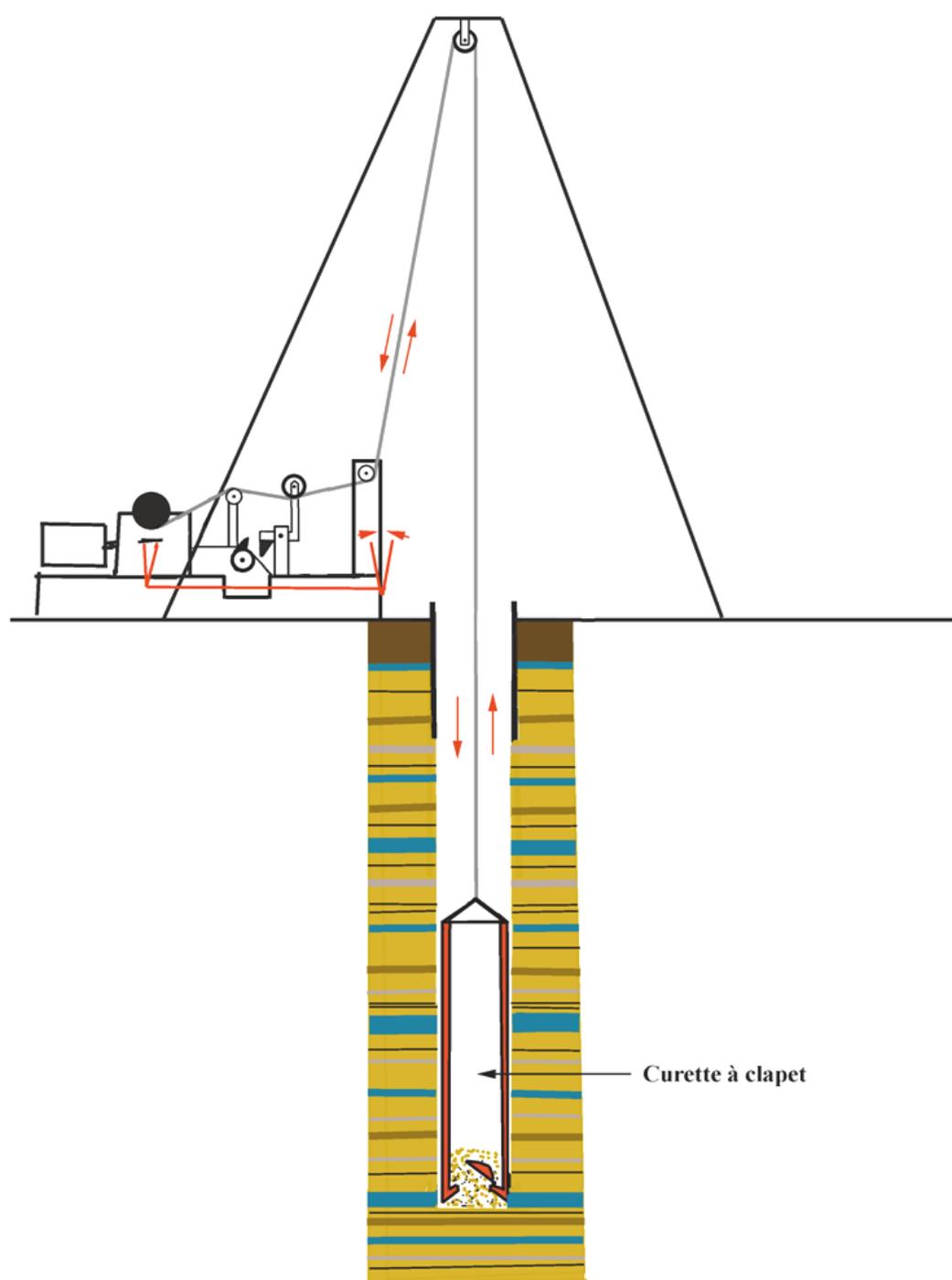
**A la suite de quelques dizaines de chutes du trépan, des morceaux de roche s'accumulent au fond du trou formant un matelas de déblais. Celui-ci ralentit le forage en empêchant le trépan de frapper directement sur la roche**

# Remontée du trépan pour le curage du trou

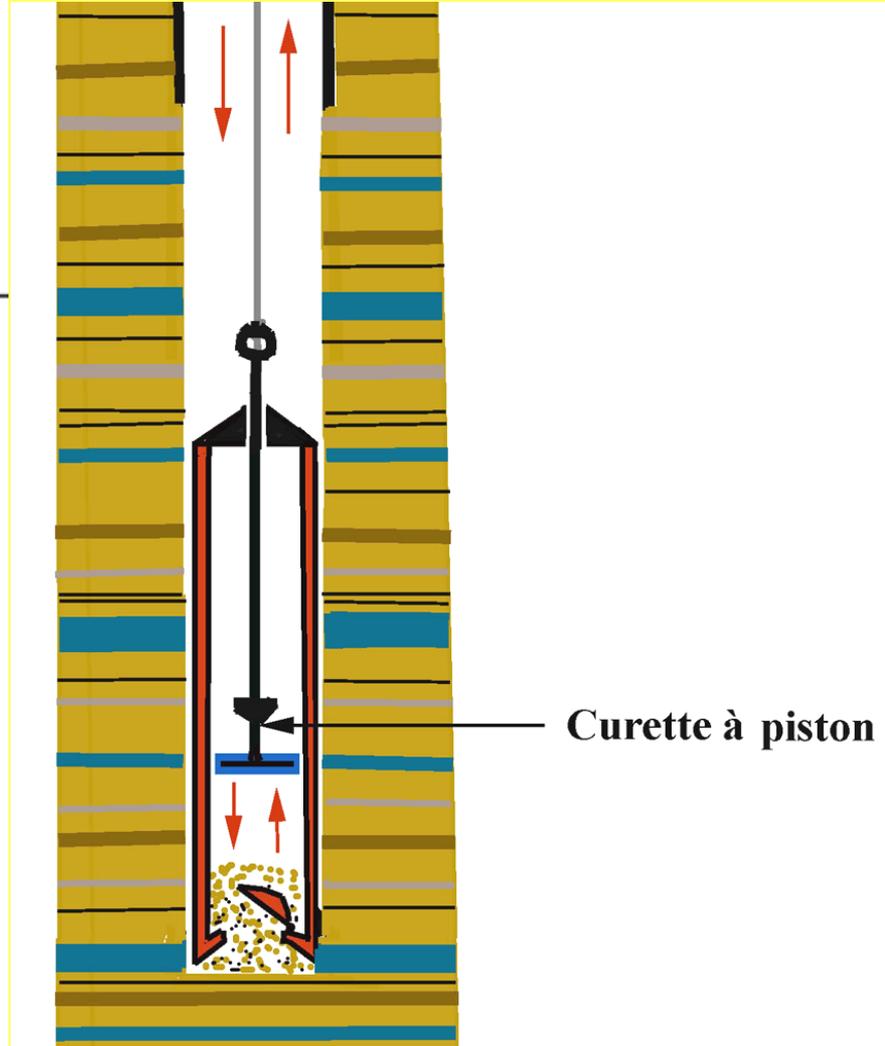
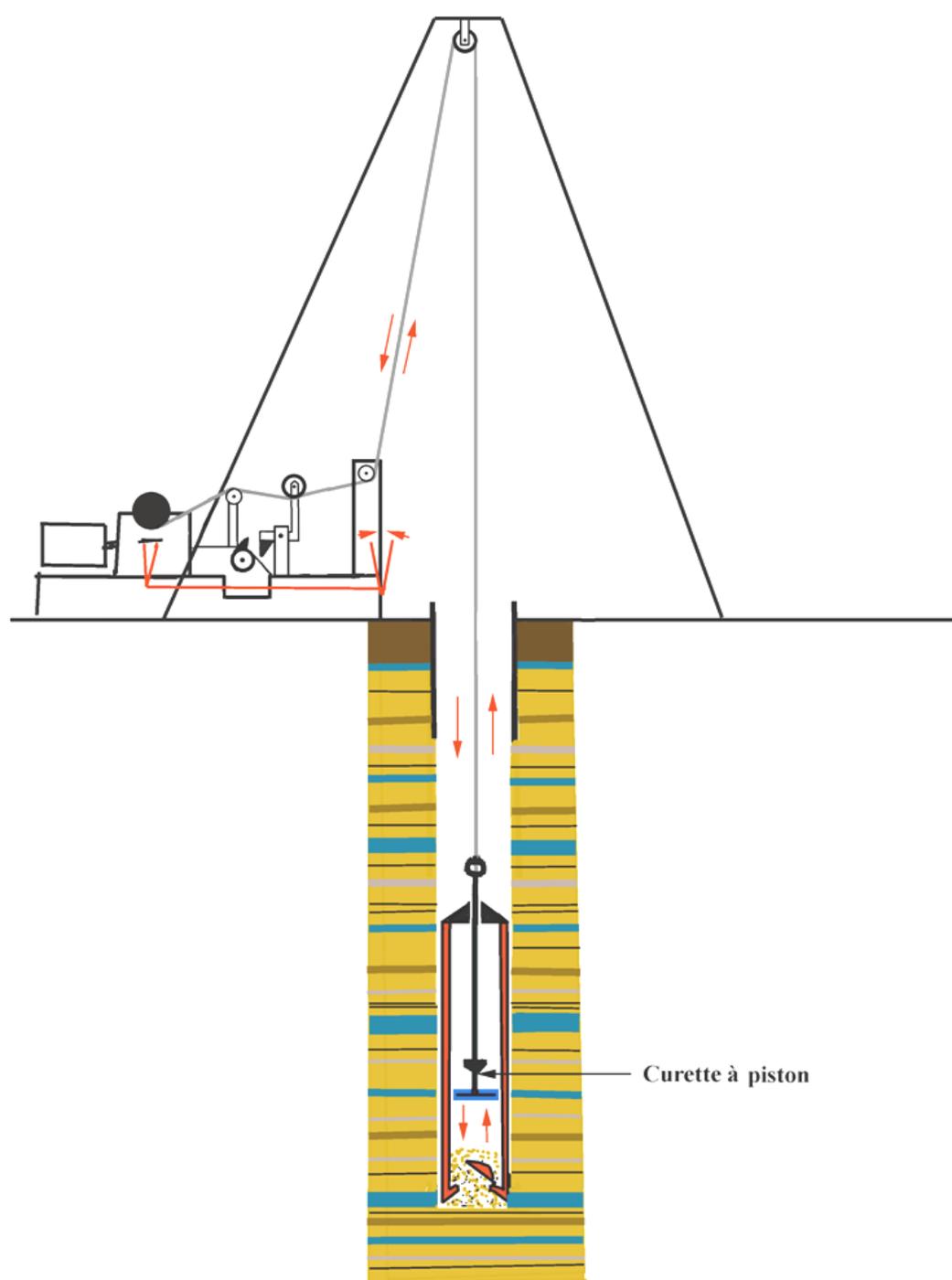
Lorsque la couche de déblais devient trop importante (environ 0,30 m) il est nécessaire de remonter le trépan afin de procéder au curage du trou de ses déblais



# Curage du trou de forage à l'aide d'une curette à clapet

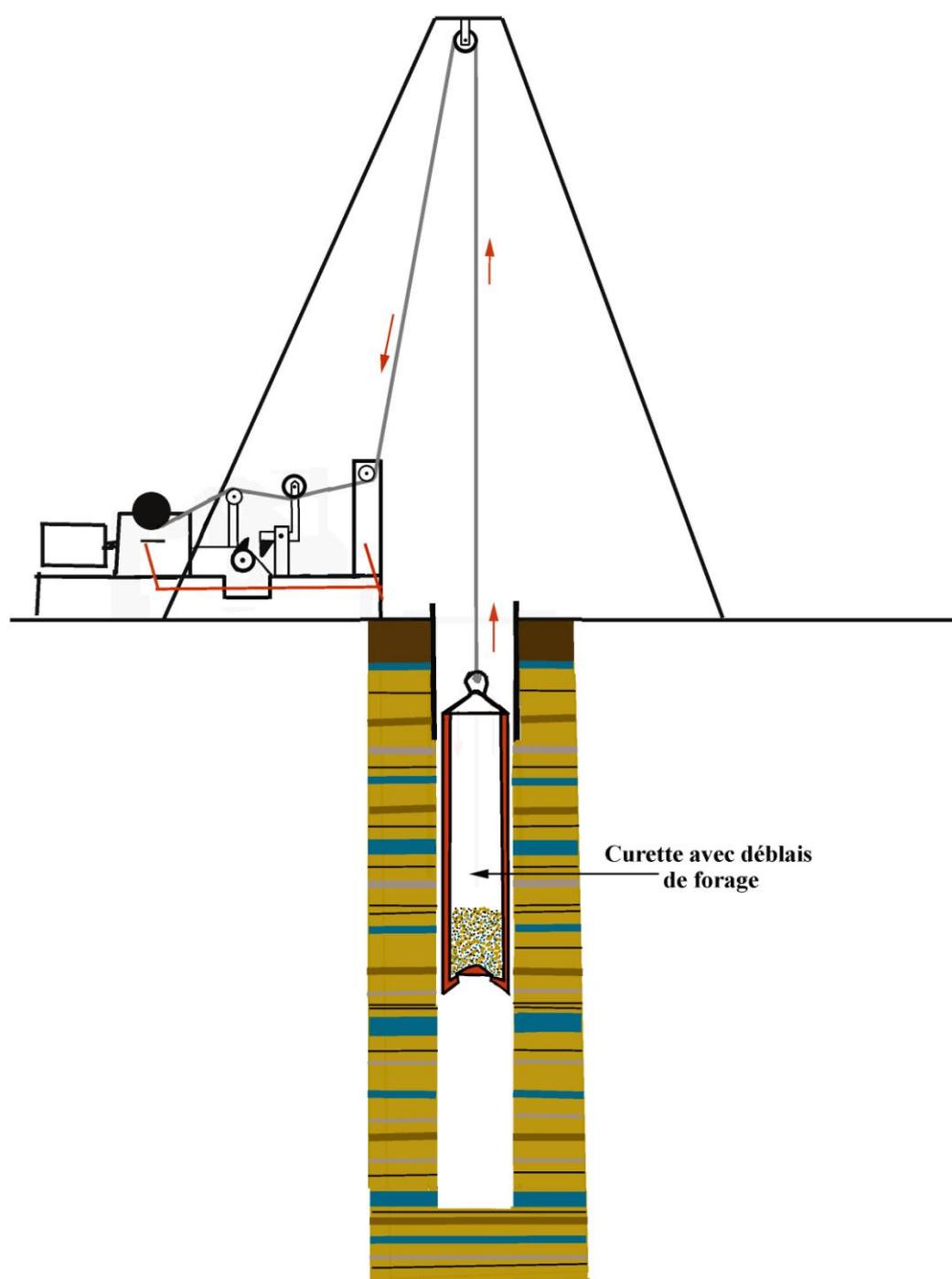


# Curage du trou de forage à l'aide d'une curette à piston

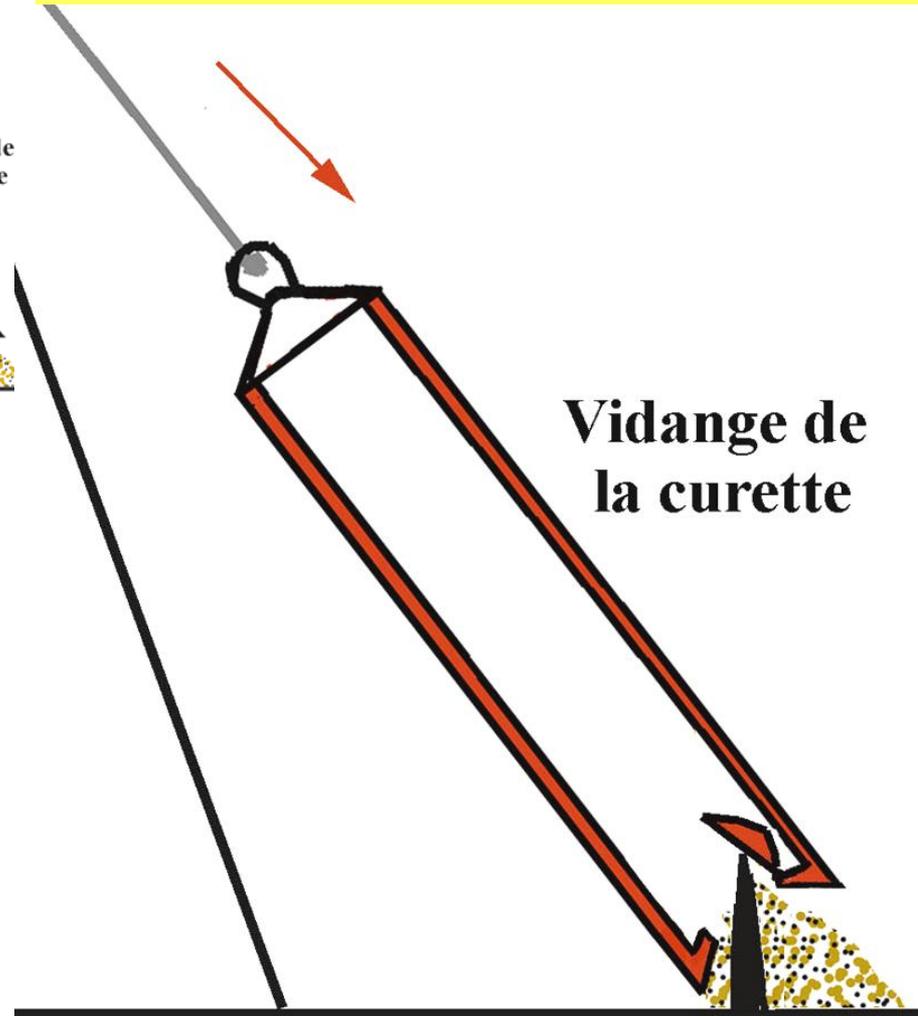
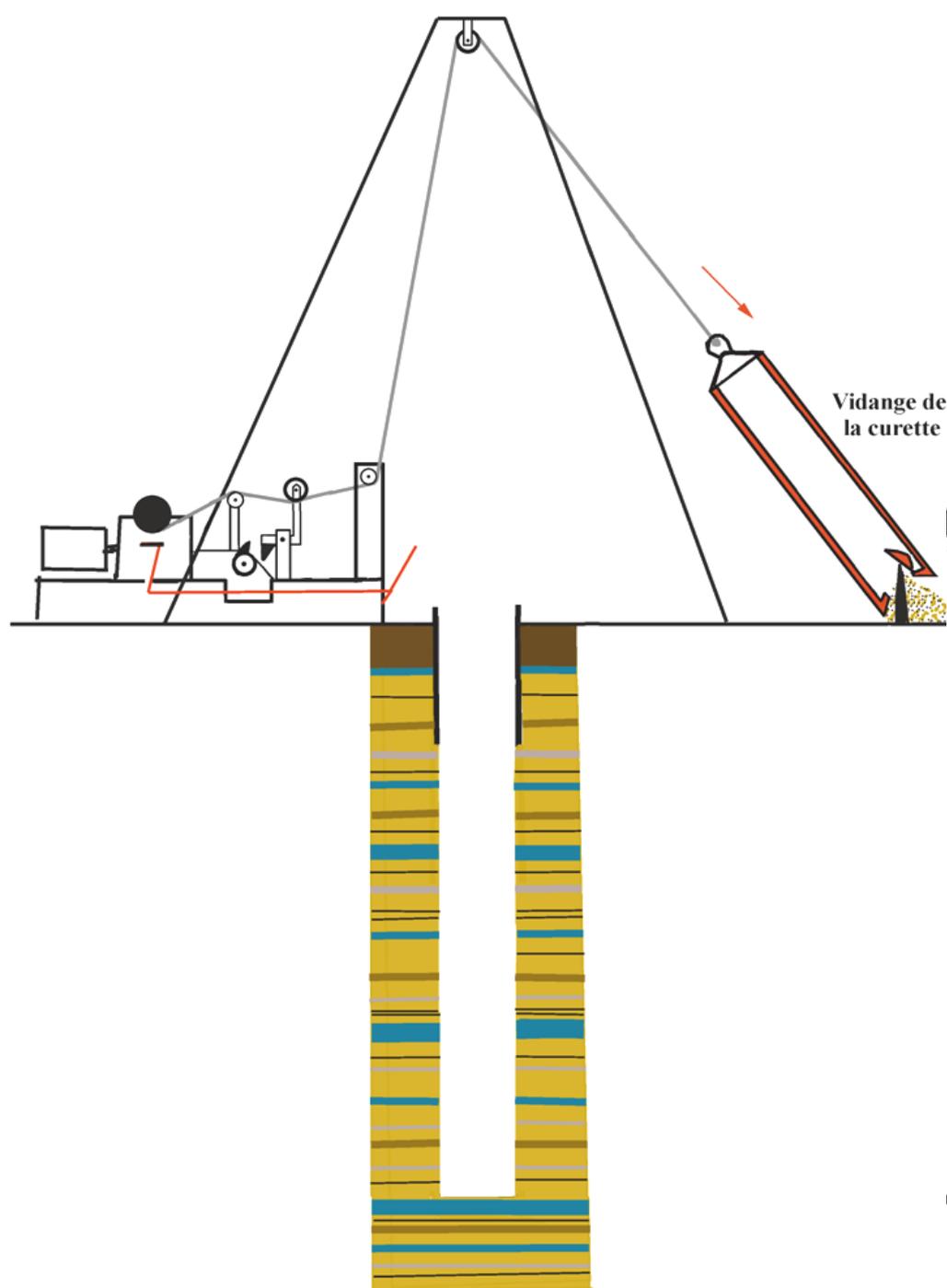


# Remontée de la curette pleine de déblais

Le curage est effectué à l'aide  
d'une « curette » composée  
d'un tube avec à la base un  
clapet mobile qui se referme  
lors de la remontée.



# Vidange de la cuvette de ses déblais



# Trou de forage réalisé au battage



# Les anciens forages au battage réalisés à Paris

## Le forage de Grenelle

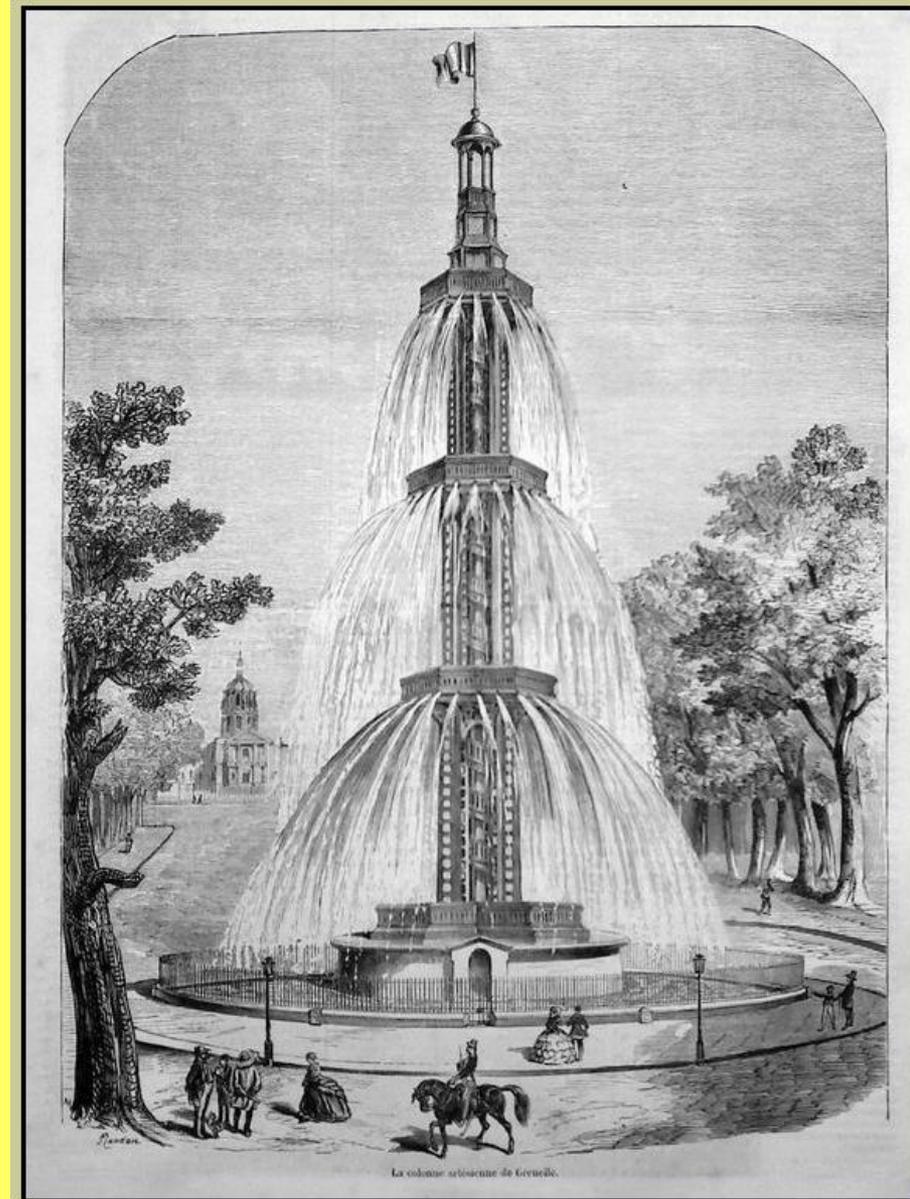
Réalisé entre 1833 et 1841 par Georges Mulot, ce forage atteignit la nappe de l'Albien à 548m et provoqua un jaillissement de l'eau à plus de 43 m de hauteur.

## Le forage de Passy

Réalisé entre 1855 et 1861 jusqu'à la nappe de l'Albien atteinte à la profondeur de 586 m. Il alimente aujourd'hui une fontaine artésienne dans le square Lamartine (16<sup>e</sup>)

## Le forage de la place Hebert

Réalisé entre 1863 et 1891, ce forage atteignit la nappe de l'Albien à 719 m de profondeur. Il a alimenté longtemps une fontaine et une piscine mais fut remplacé depuis par un autre forage.



# Forage ou havage de puits en gros diamètre

Utilisation d'une benne à mâchoires du type Benoto





# Forage à la tarière

Méthode utilisée dans les terrains peu consolidés, du type argile, sable argileux, sables et graviers



# Forage au rotary

**Méthode de forage utilisée pour la prospection et l'exploitation pétrolière, mais également en géothermie**

**Le forage au rotary permet d'atteindre de grandes profondeurs dépassant parfois les 5 000 m.**

**Cette méthode peut être utilisée pour des forages obliques et même horizontaux.**

**Le forage au rotary nécessite l'utilisation d'un fluide composé d'eau et d'argile formant une « boue » afin de remonter les déblais en surface.**

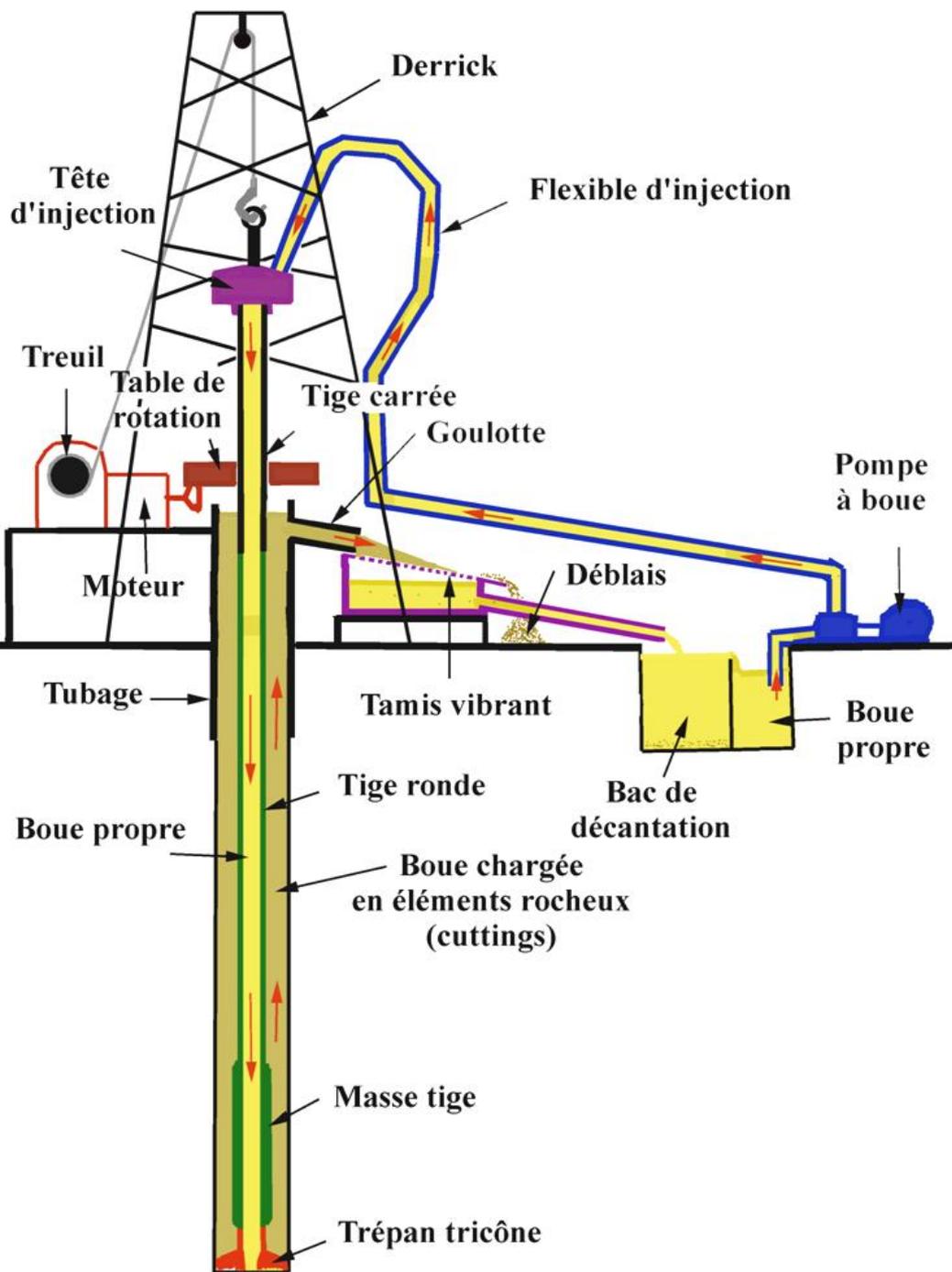
# Matériel de forage au rotary

Schéma de fonctionnement

Un train de tiges terminé par un outil tricône est actionné par une table de rotation grâce à une tige carrée coulissante.

La pression sur l'outil est exercée par le poids du train de tiges et celle d'une masse-tige placée eu dessus de l'outil

Une pompe envoie sous pression la boue de forage à travers le train de tiges



# **Le boue de forage au rotary**

**Généralement la boue utilisée est un mélange d'eau et d'argile (bentonite)**

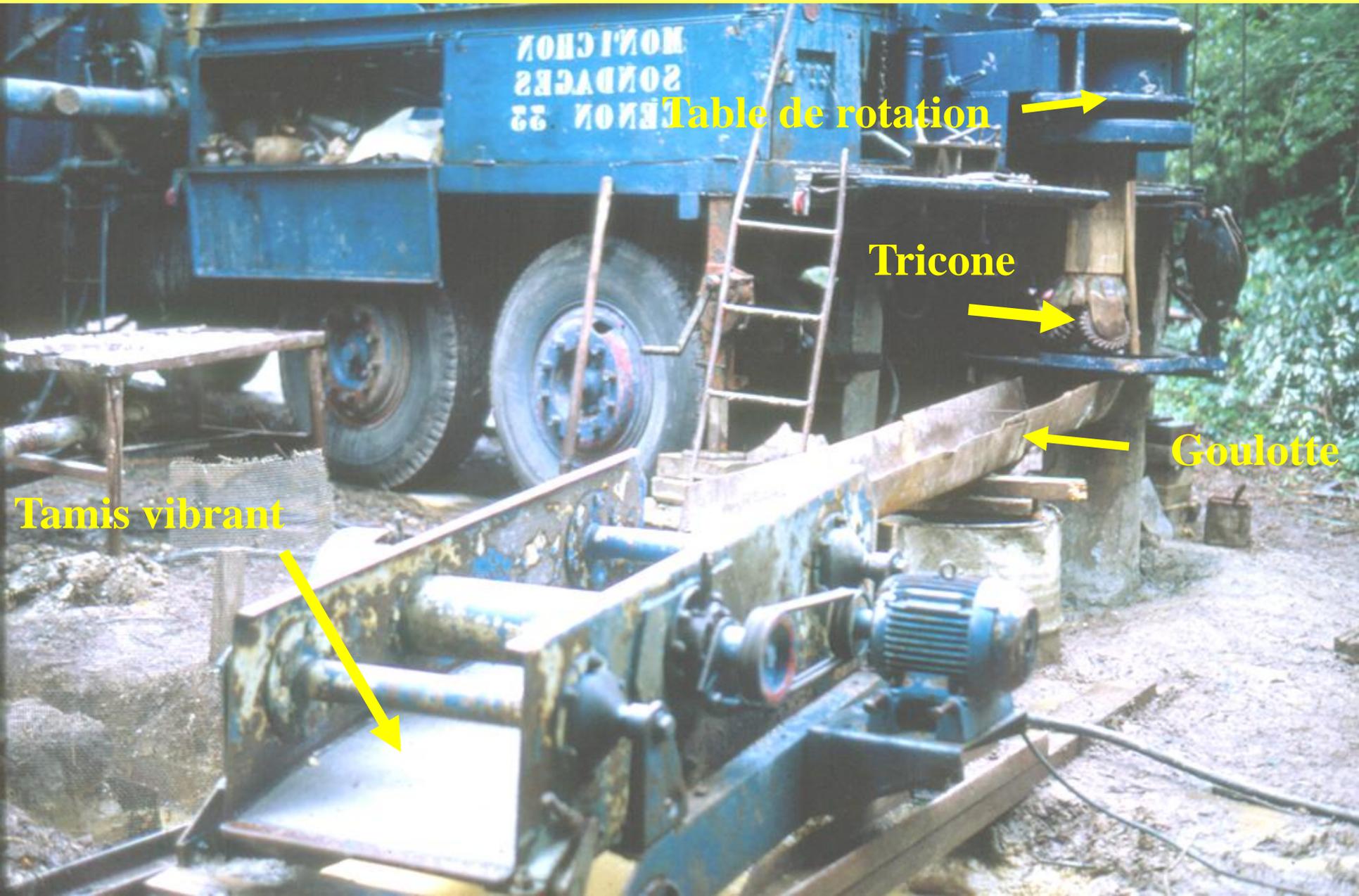
**Le rôle de la boue de forage est multiple :**

- Remonter en surface les déblais depuis le fond du trou**
  - Refroidir l'outil de forage (tracône)**
  - Faciliter le travail de l'outil sur la roche**
- Maintenir la stabilité des parois du forage avec la formation d'une couche protectrice, le « cake »**
- Alléger le poids du train de tiges (poussée d'Archimède)**

# L'outil de forage au rotary : le tricône



# Une installation de forage au rotary



MONICHOY  
SONDAGES  
L'ENON 22

Table de rotation

Tricone

Goulotte

Tamis vibrant

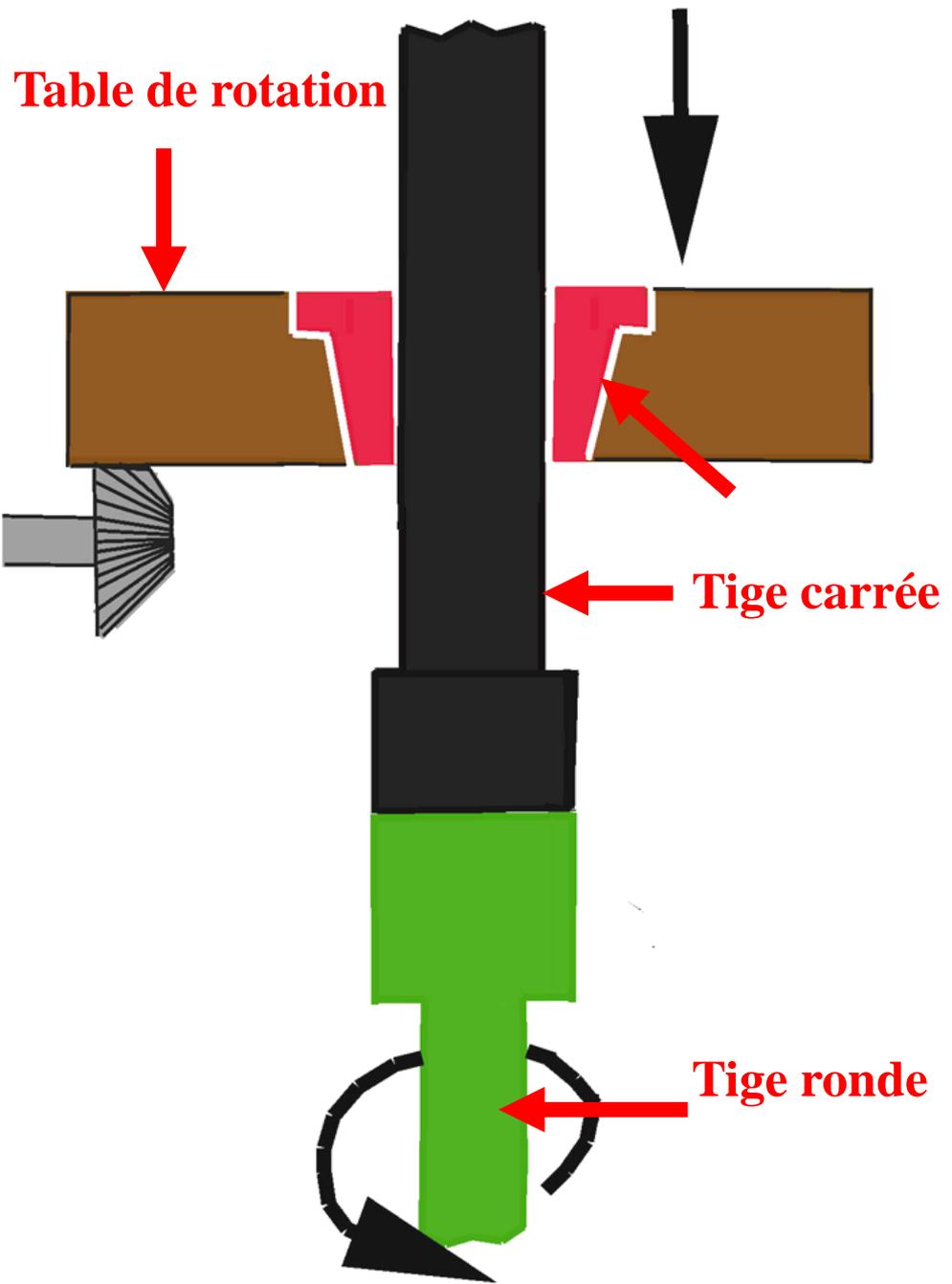
## Sortie de la boue du forage au rotary



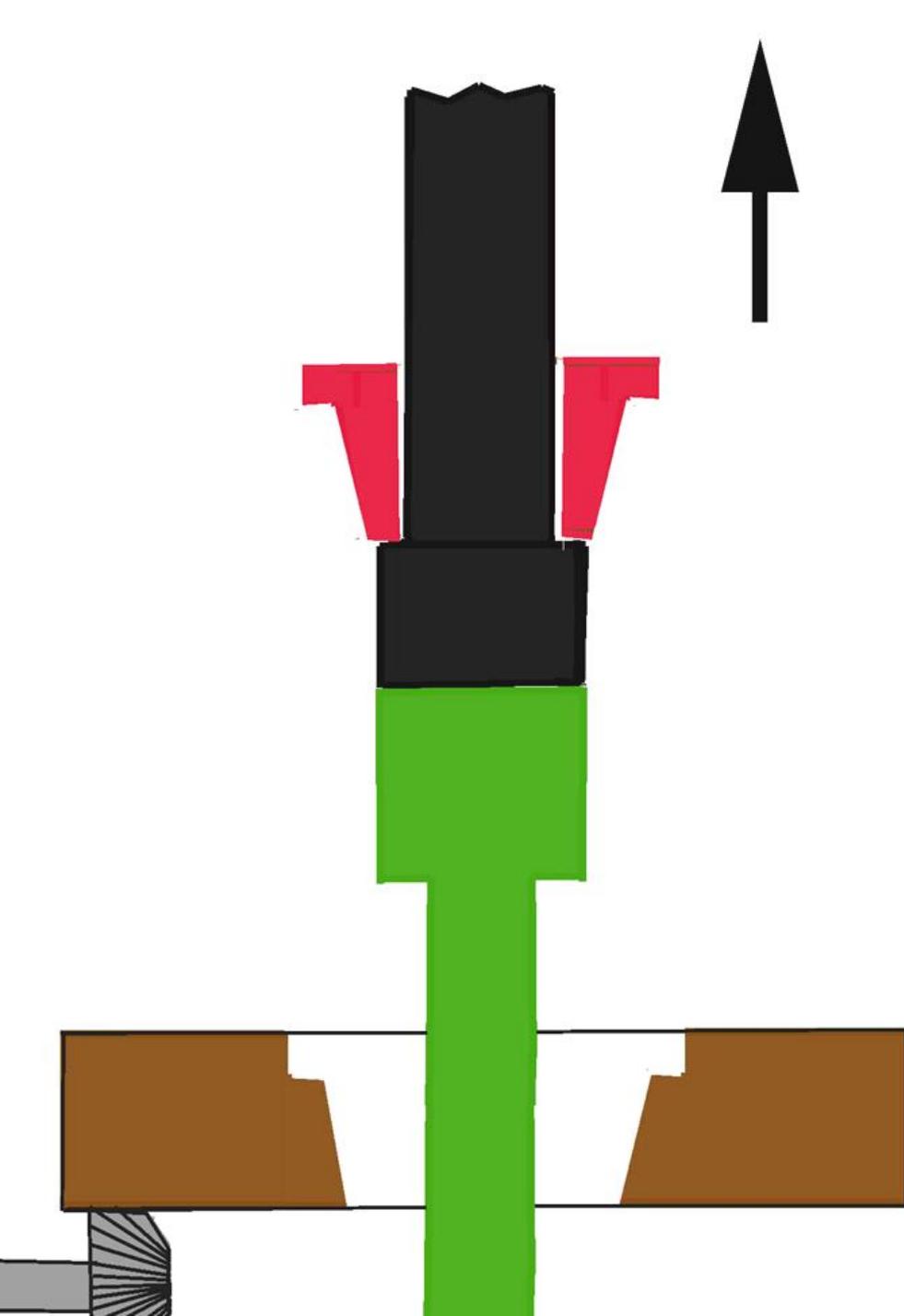
# **La manœuvre des tiges**

**Les gros chantiers du type pétrolier ou géothermique nécessitent l'utilisation d'un lourd matériel rendant complexe les différentes manœuvres comme par exemple l'ajout de tiges en cours de forage**

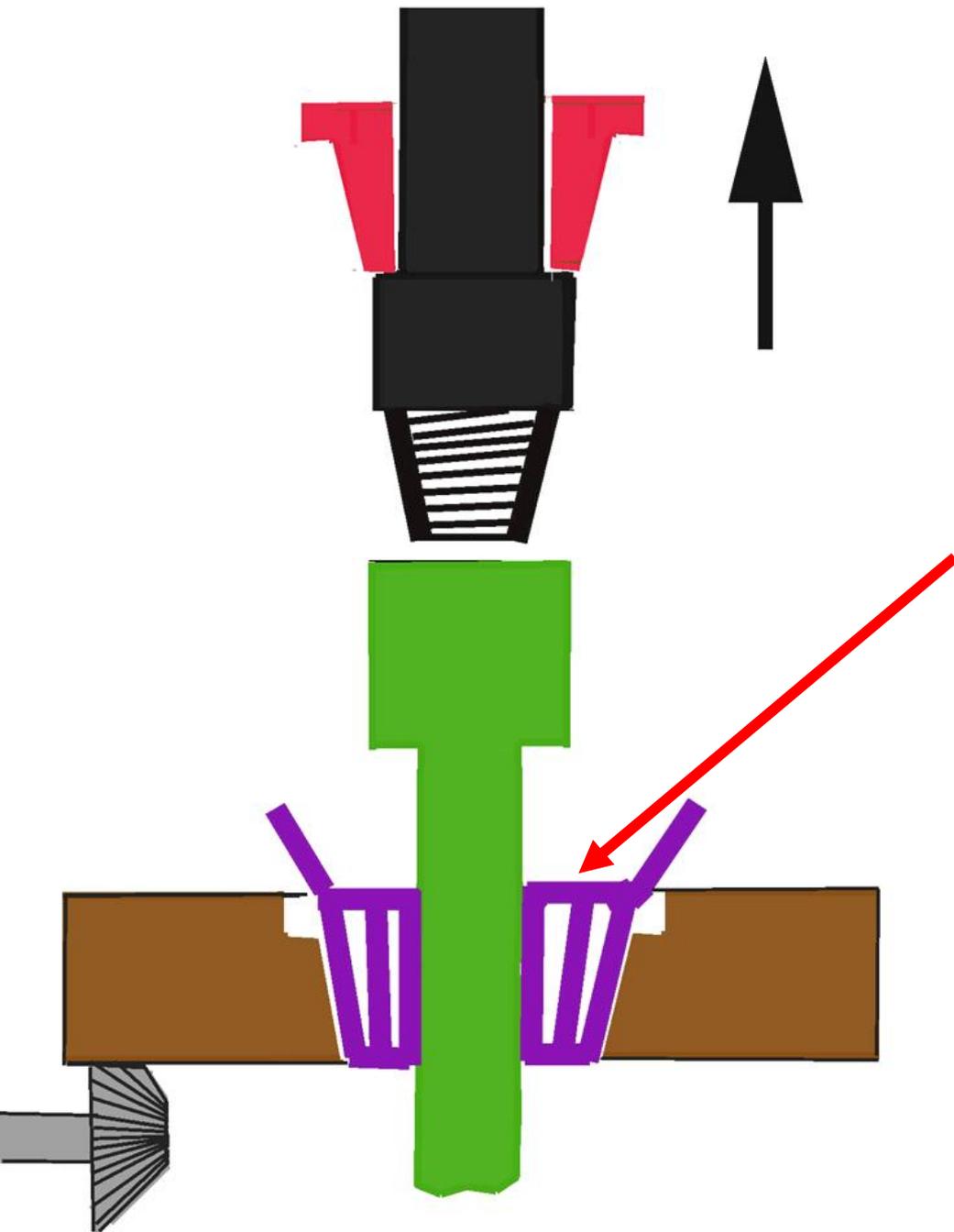
**Table de rotation**



# **Train de tiges en cours de forage**

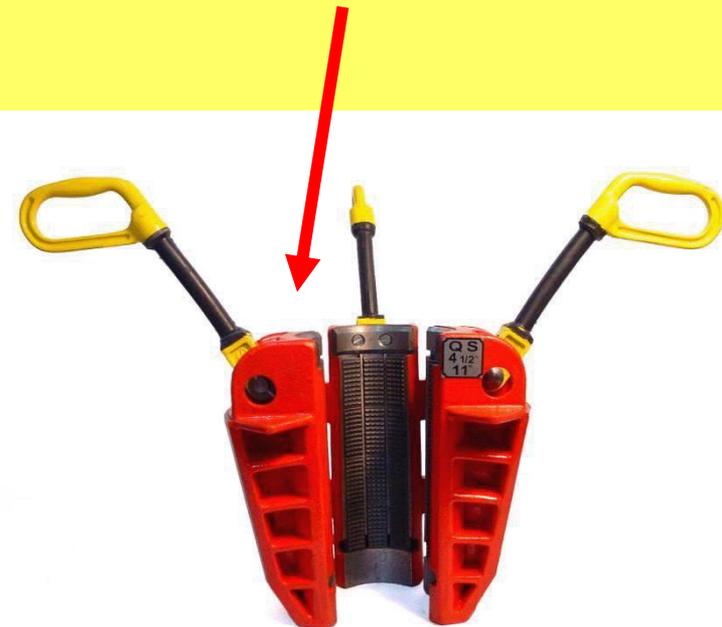


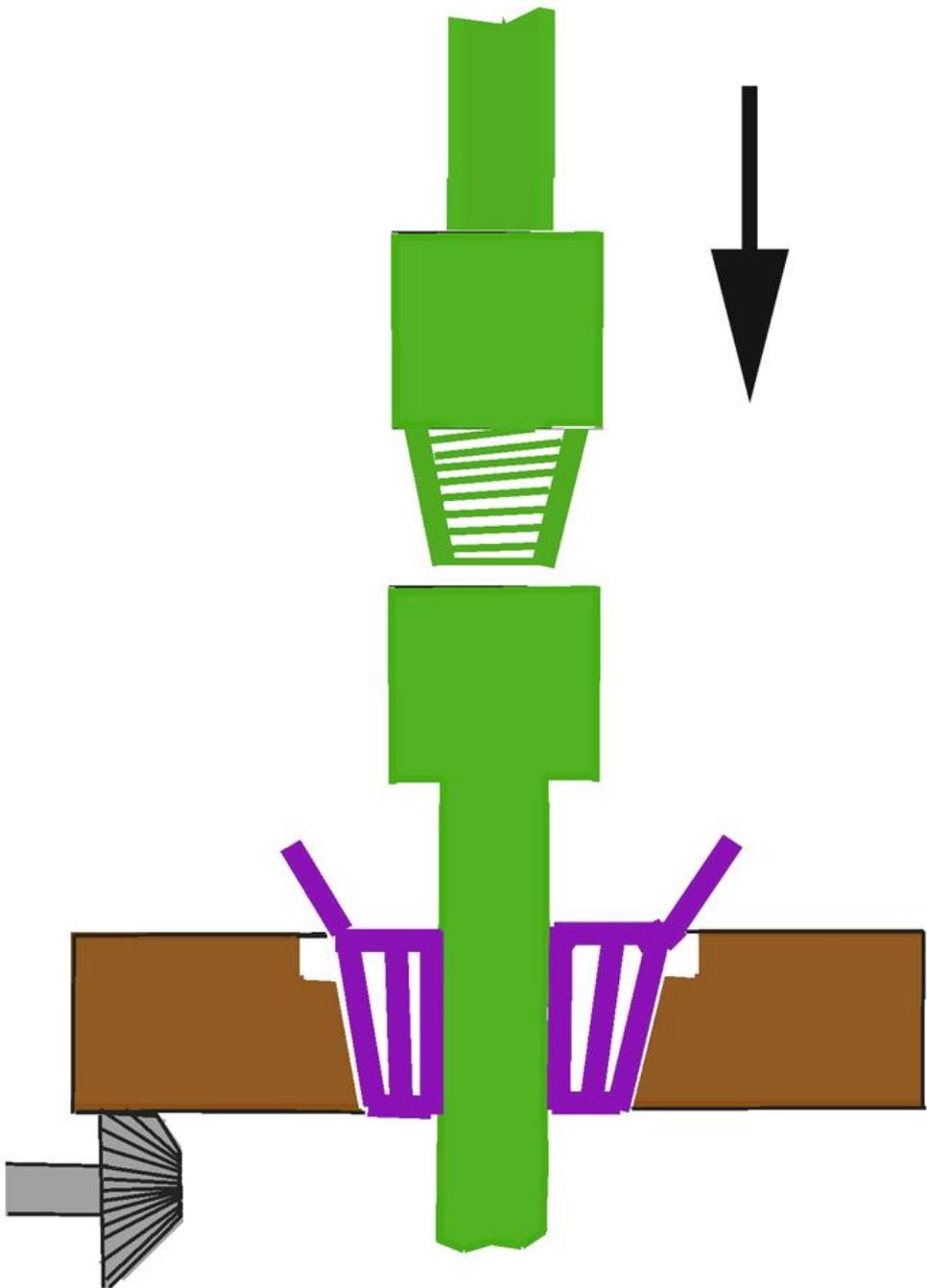
**Remontée du train  
de tiges**



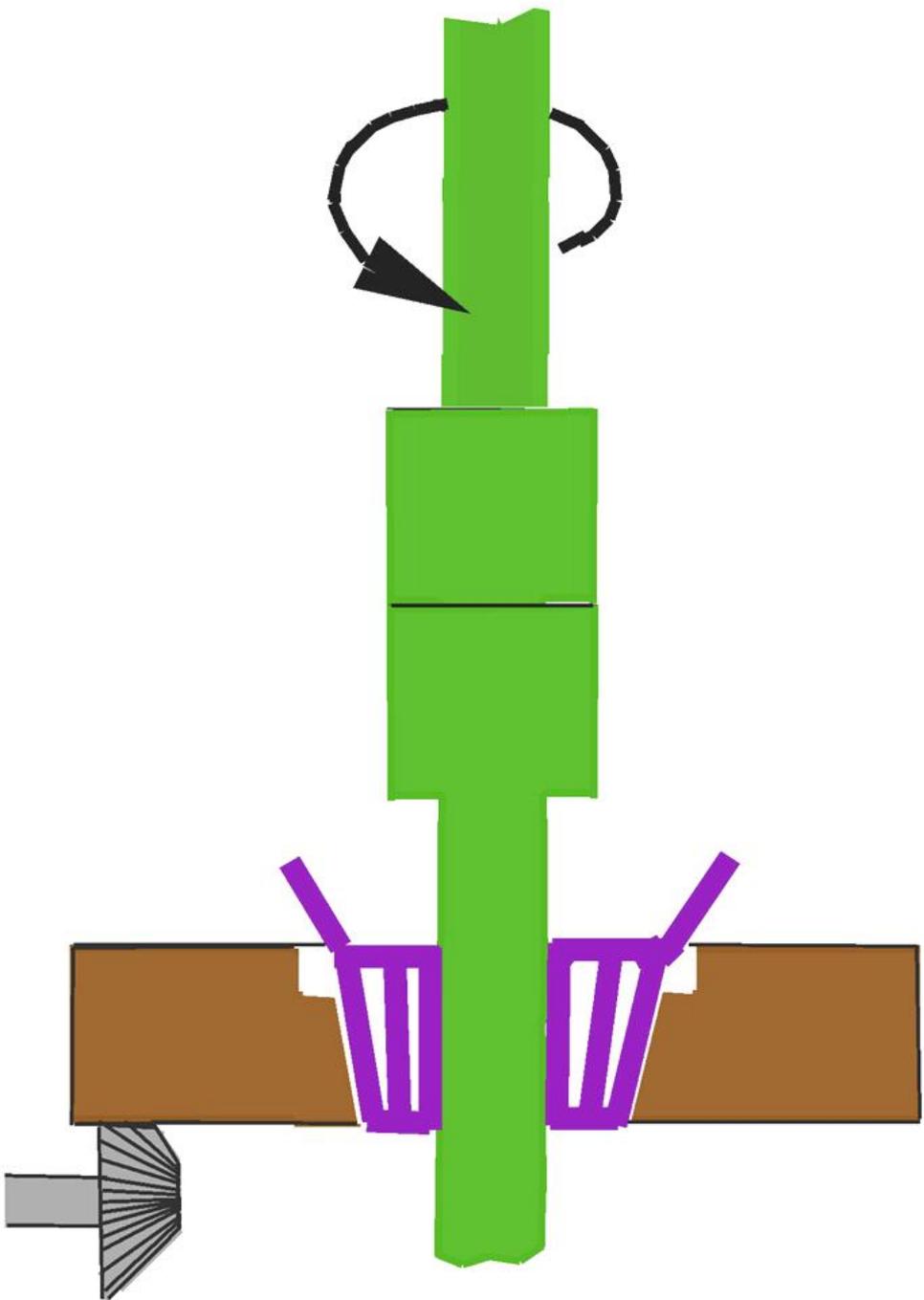
## Dévisserie de la tige carrée

Frein de tige :  
système de coin  
articulé de blocage

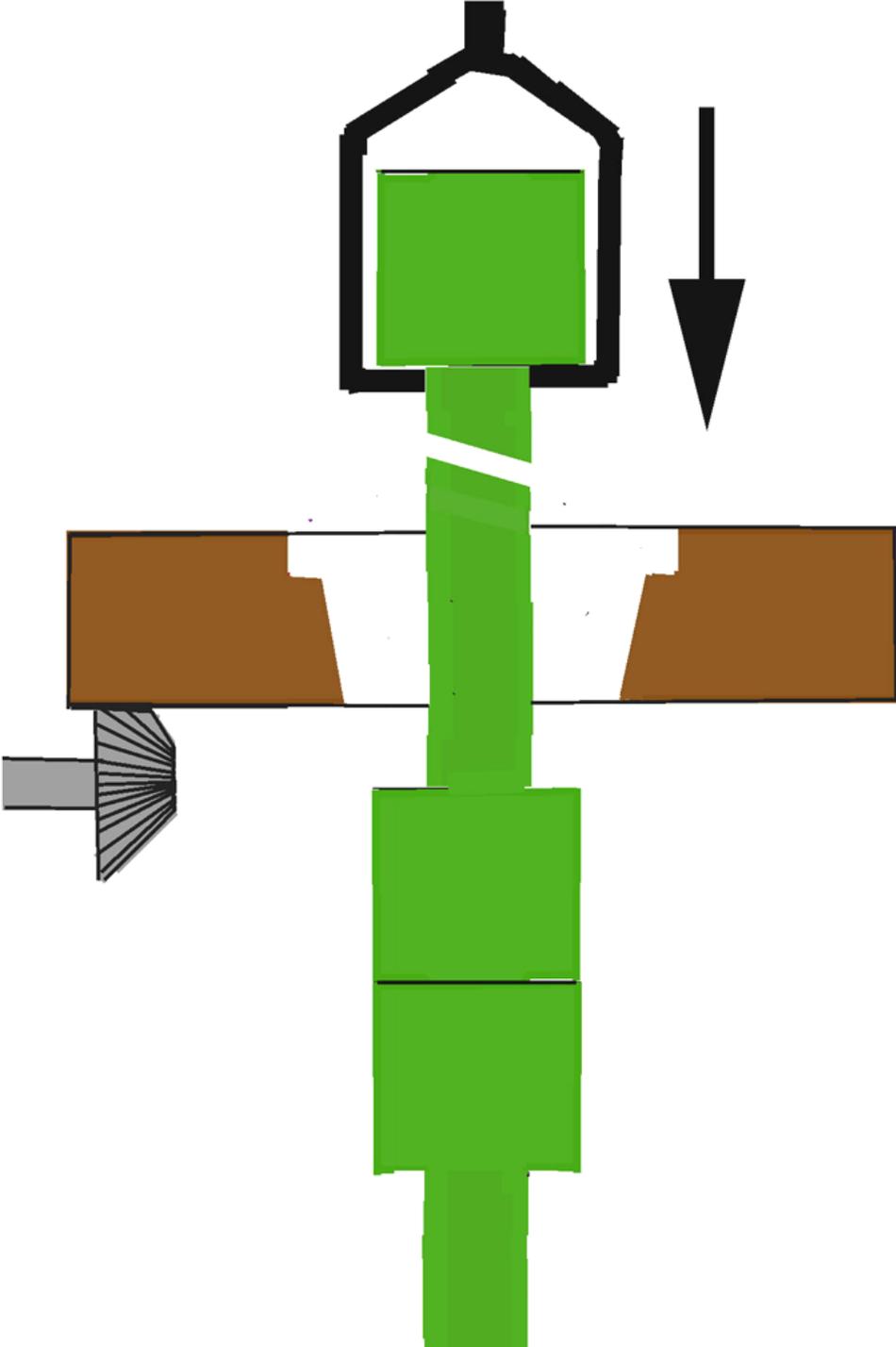




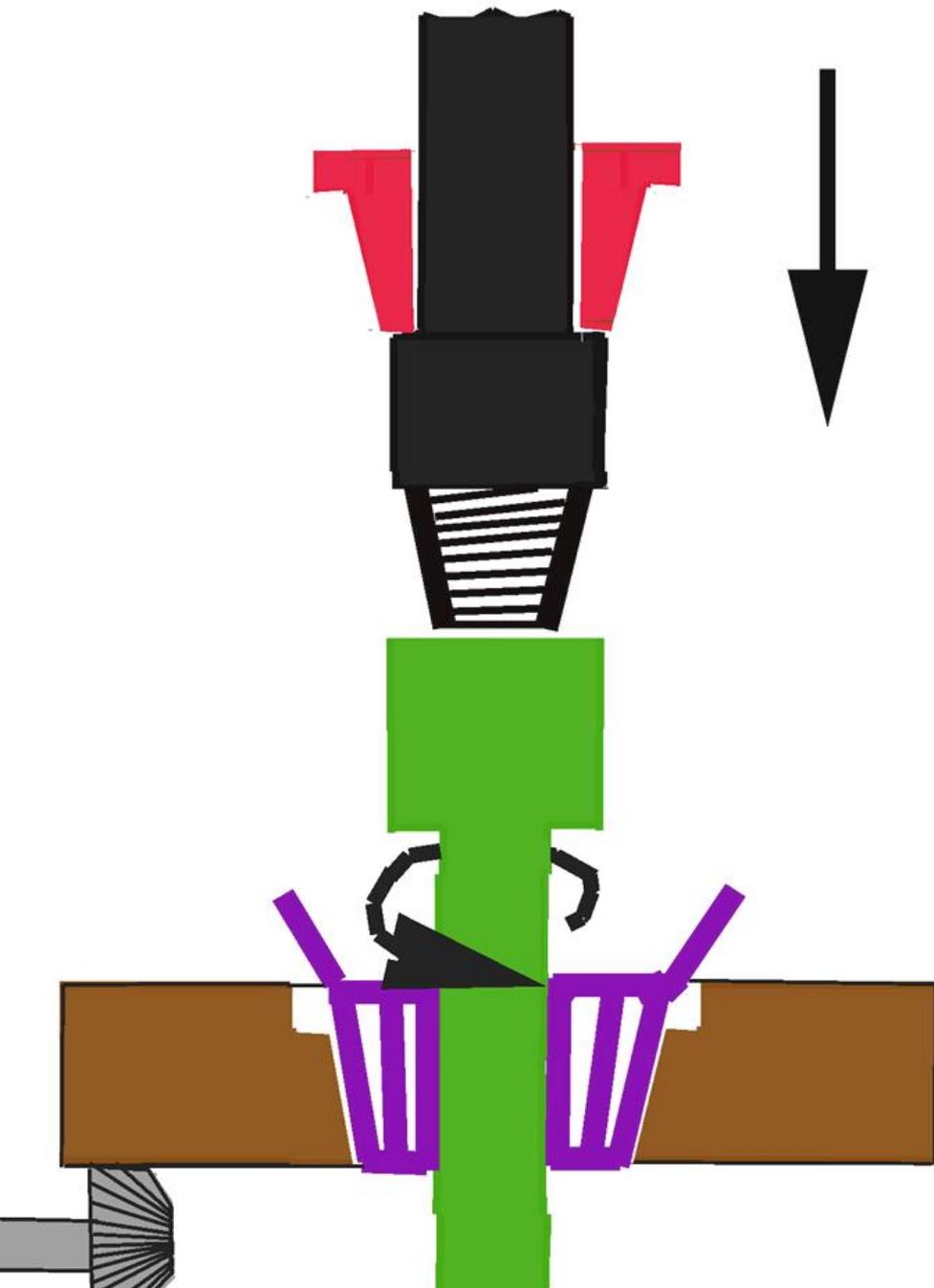
**Mise en place d'une nouvelle tige**



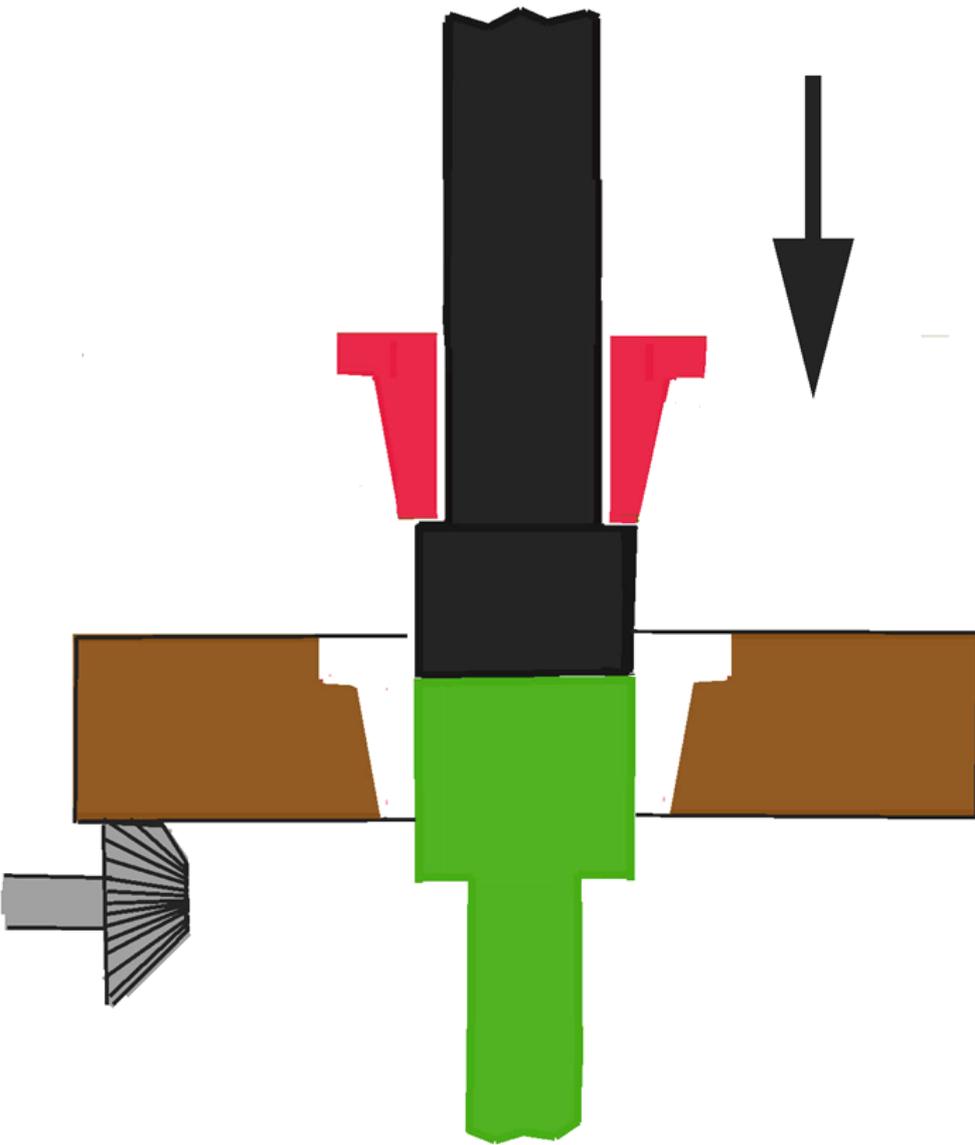
**Vissage de la nouvelle  
tige sur la précédente**



**Descente du train de tiges**

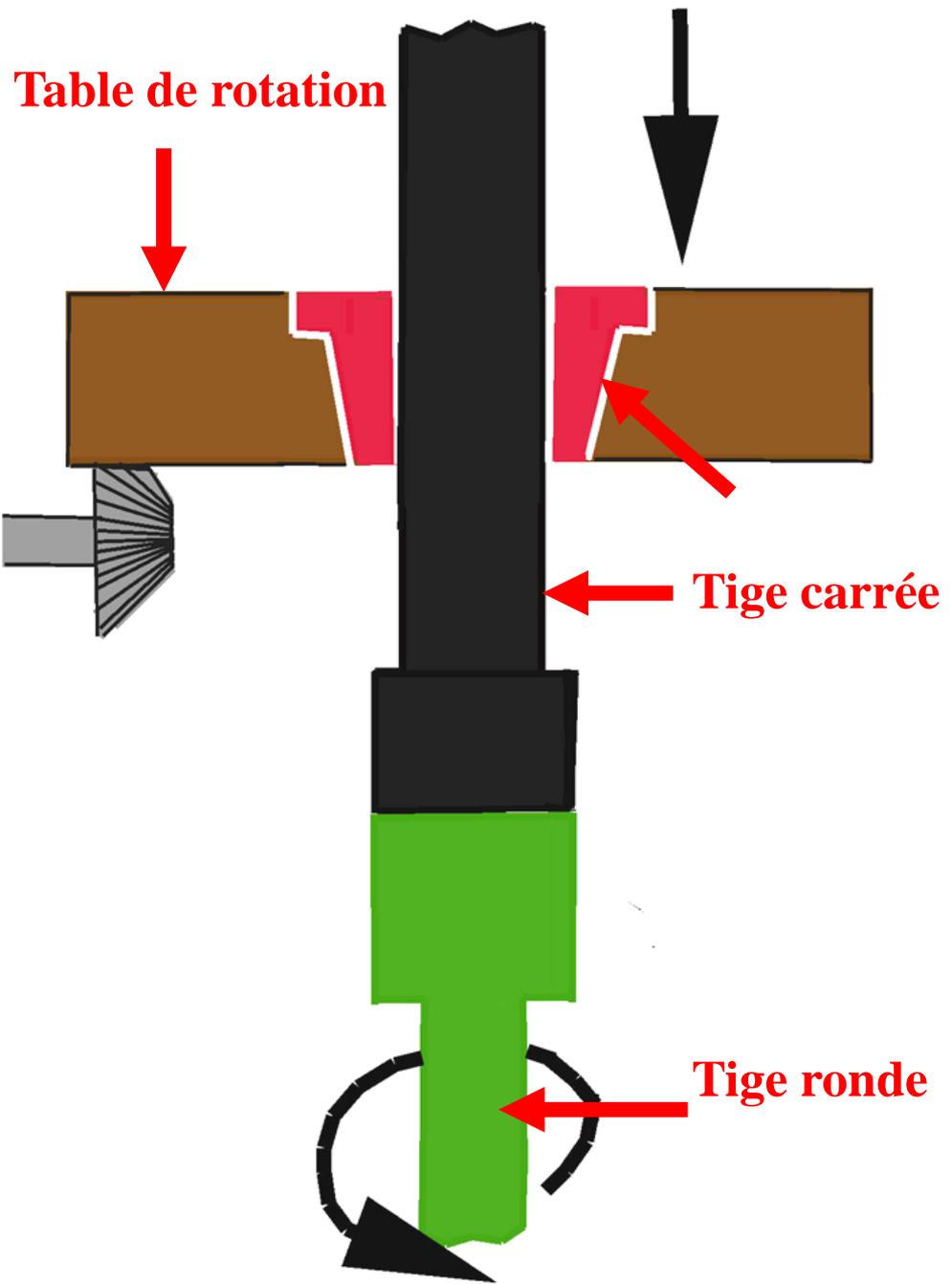


**Revissage de la tige  
carrée sur la nouvelle  
tige**



**Remise en place de la  
tige carrée dans la  
table de rotation**

**Table de rotation**



**Reprise du forage**

# **Le carottage**

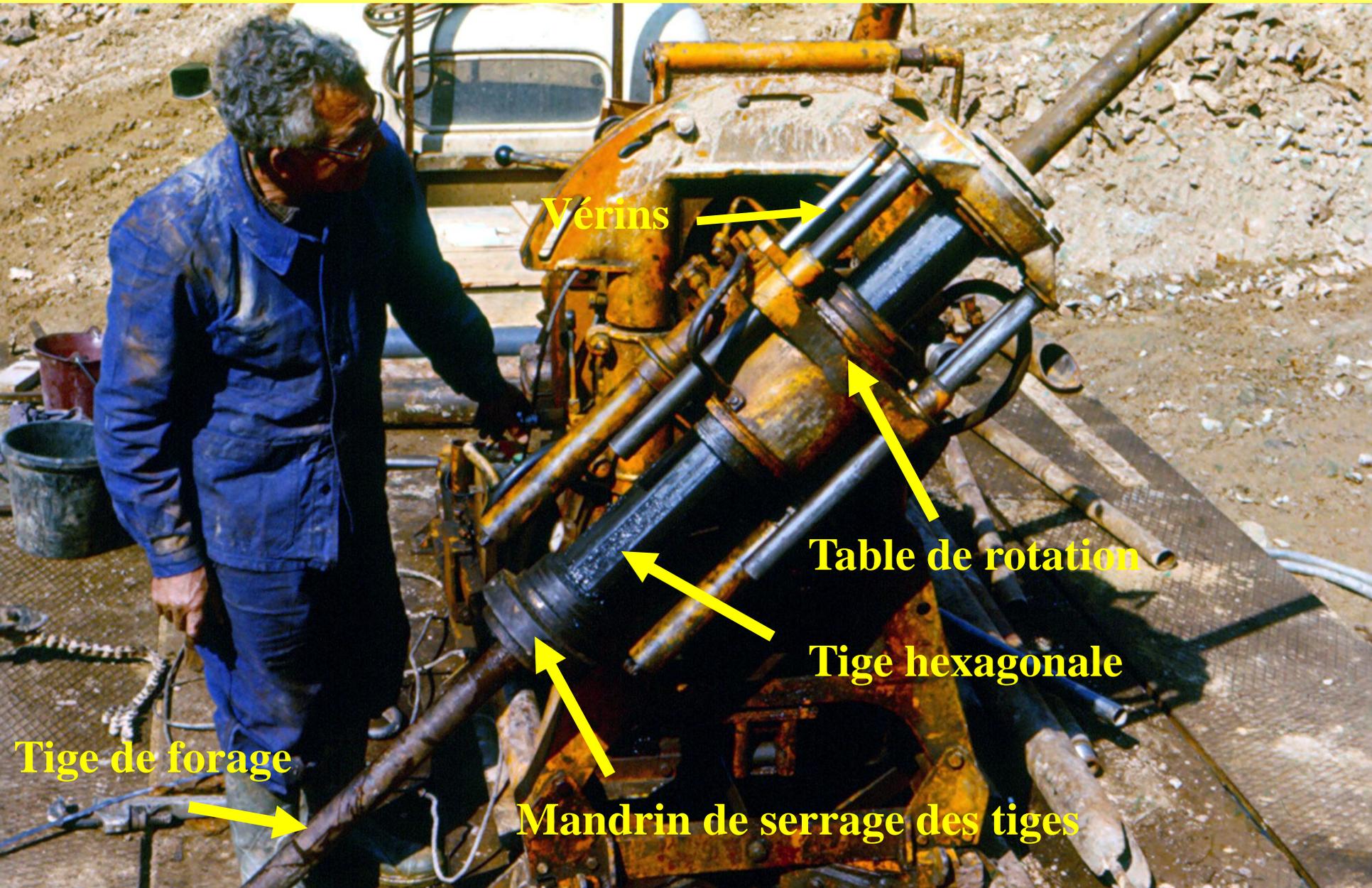
**Une méthode de forage pour prélever in-situ et en continu des échantillons de roche afin de dresser une coupe géologique d'une portion du sous sol.**

**A l'extrémité des tiges de forage on fixera un « carottier » pour la récupération d'une « carotte » par usure circulaire de la roche en place.**

**On utilise un fluide, eau claire ou boue très légère, pour refroidir l'outil diamanté et remonter les fins déblais occasionnés par ce dernier.**

**Le carottage peut être réalisé verticalement ou obliquement suivant le but poursuivi.**

# Une foreuse pour carottage



Vérins

Table de rotation

Tige hexagonale

Mandrin de serrage des tiges

Tige de forage

**Couronnes carbures**



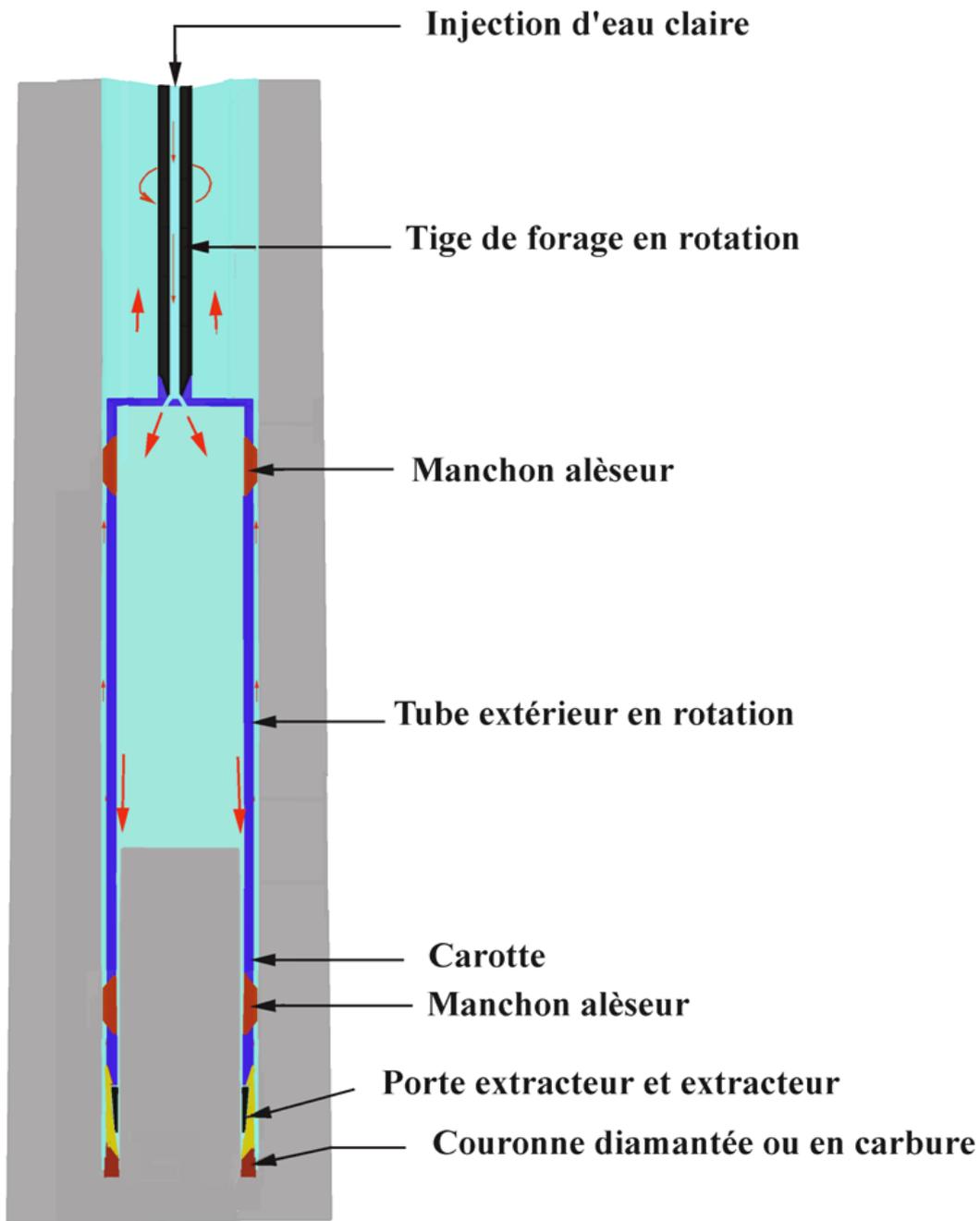
**Manchons alèseurs**

**Ressorts extracteurs**

**Porte-extracteurs**

# Les couronnes diamantées





# Carottier simple

Un seul tube pour recevoir la carotte

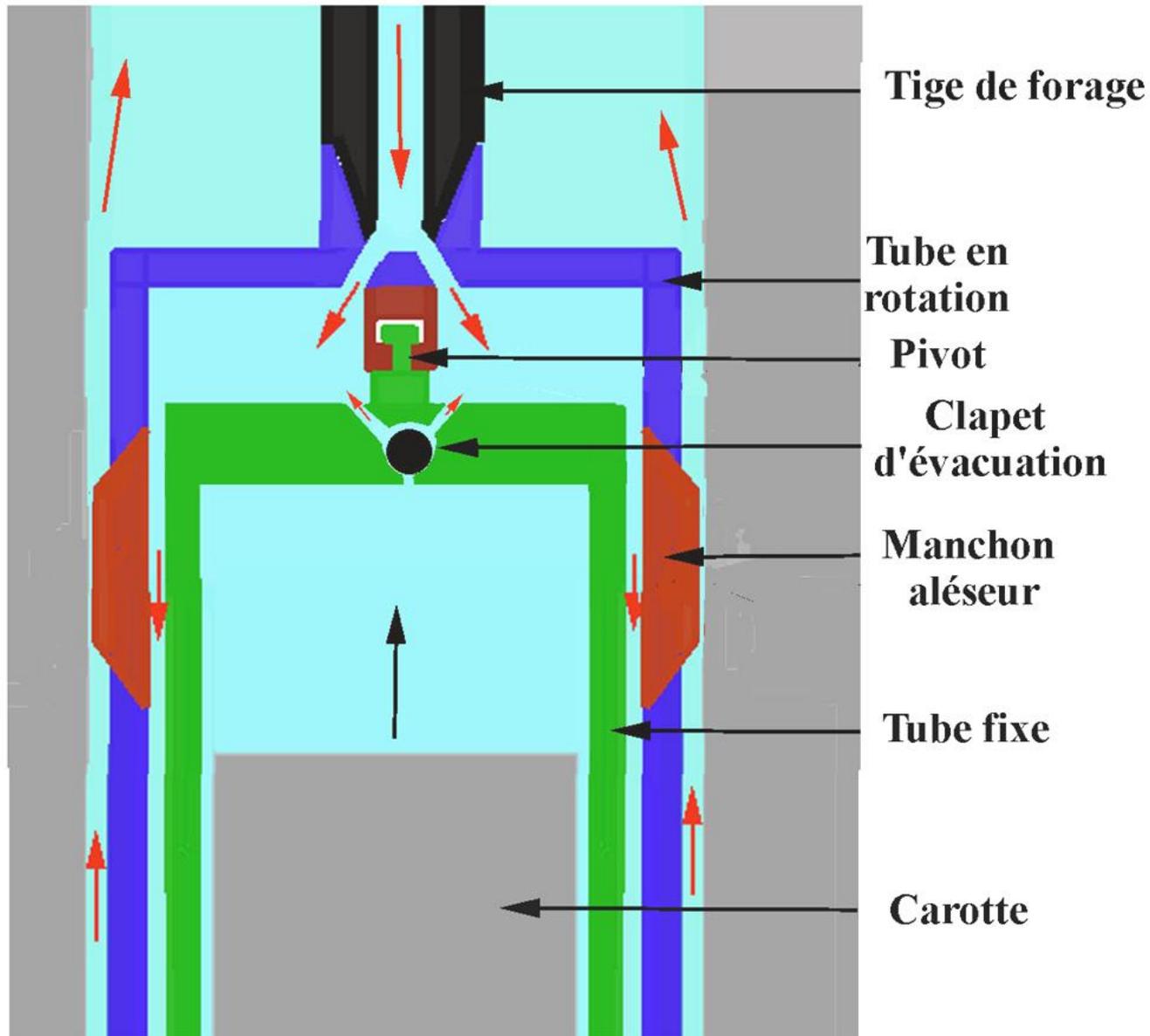
Ce type de carottier est utilisé pour forer les avant-trous dans les terrains de surface mal consolidés pour la mise en place d'un tubage de protection.

La récupération des échantillons est mauvaise ceux-ci étant délavés et usés par la rotation du carottier.





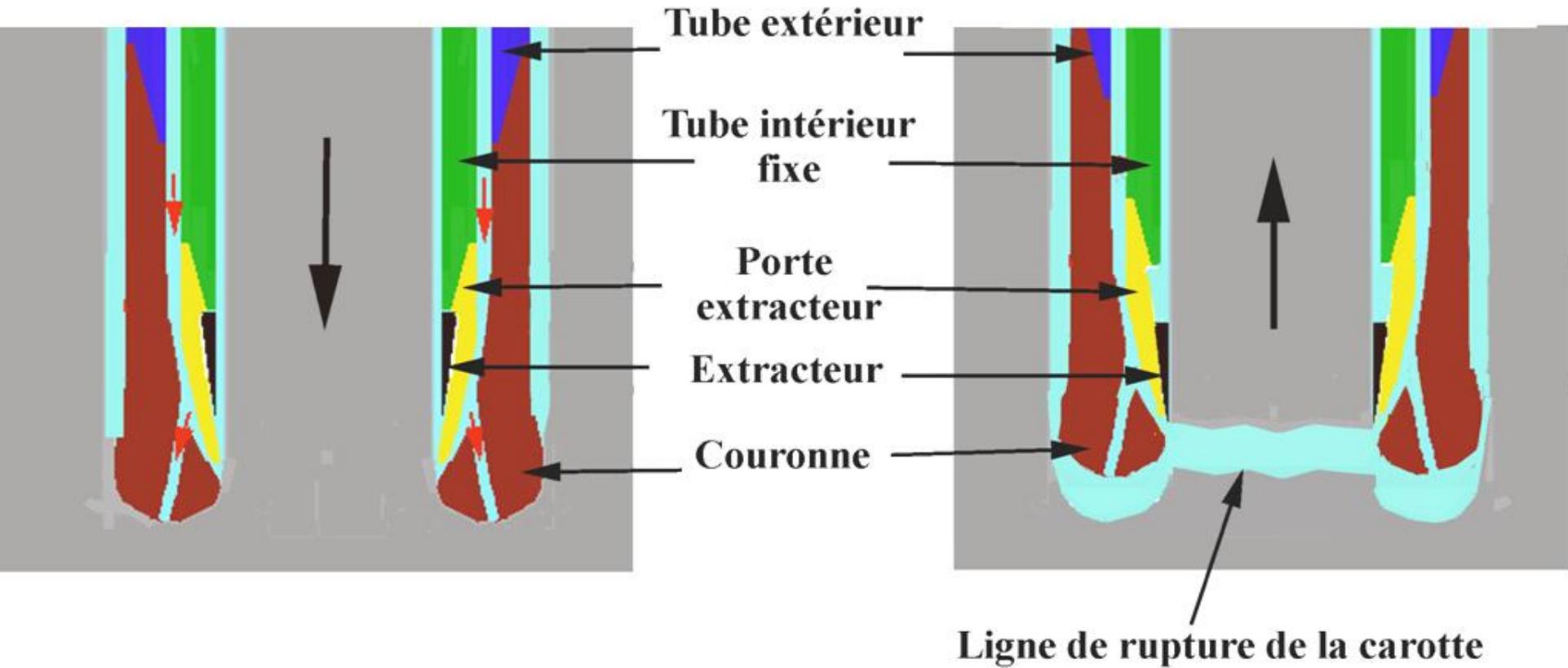
# Pivot entre le tube intérieur et le tube extérieur du carottier



# Extrémité du carottier avec couronne diamantée



# Phases de carottage



**Phase de carottage**

**Phase de rupture et de remontée de la carotte**

# Dévisserie du manchon porte-couronne au bout du carottier



Carottier

Pied de la carotte

## Extraction de la carotte du tube intérieur

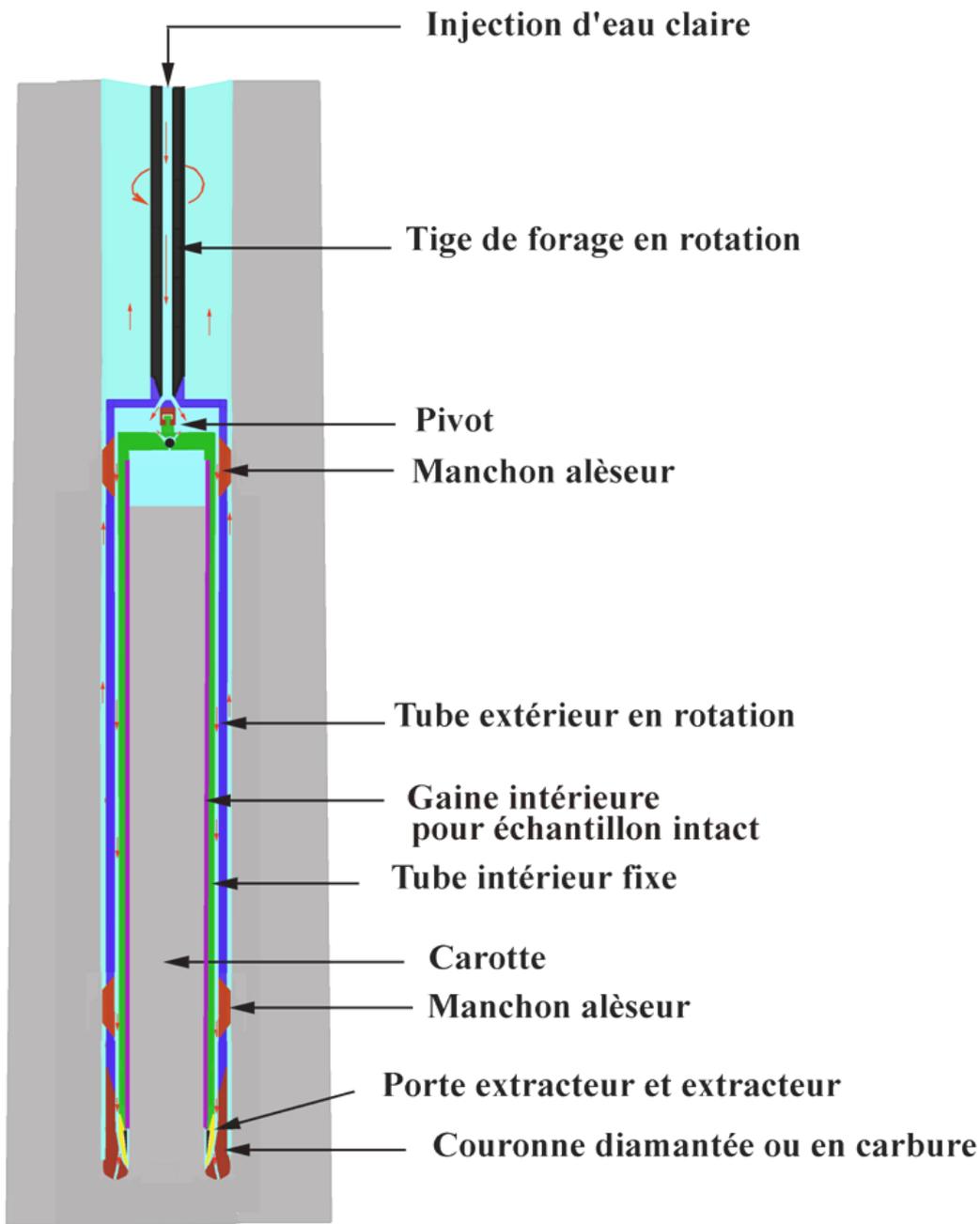


# Carottes des terrains superficiels (limons)



# Carottes de terrains de socle





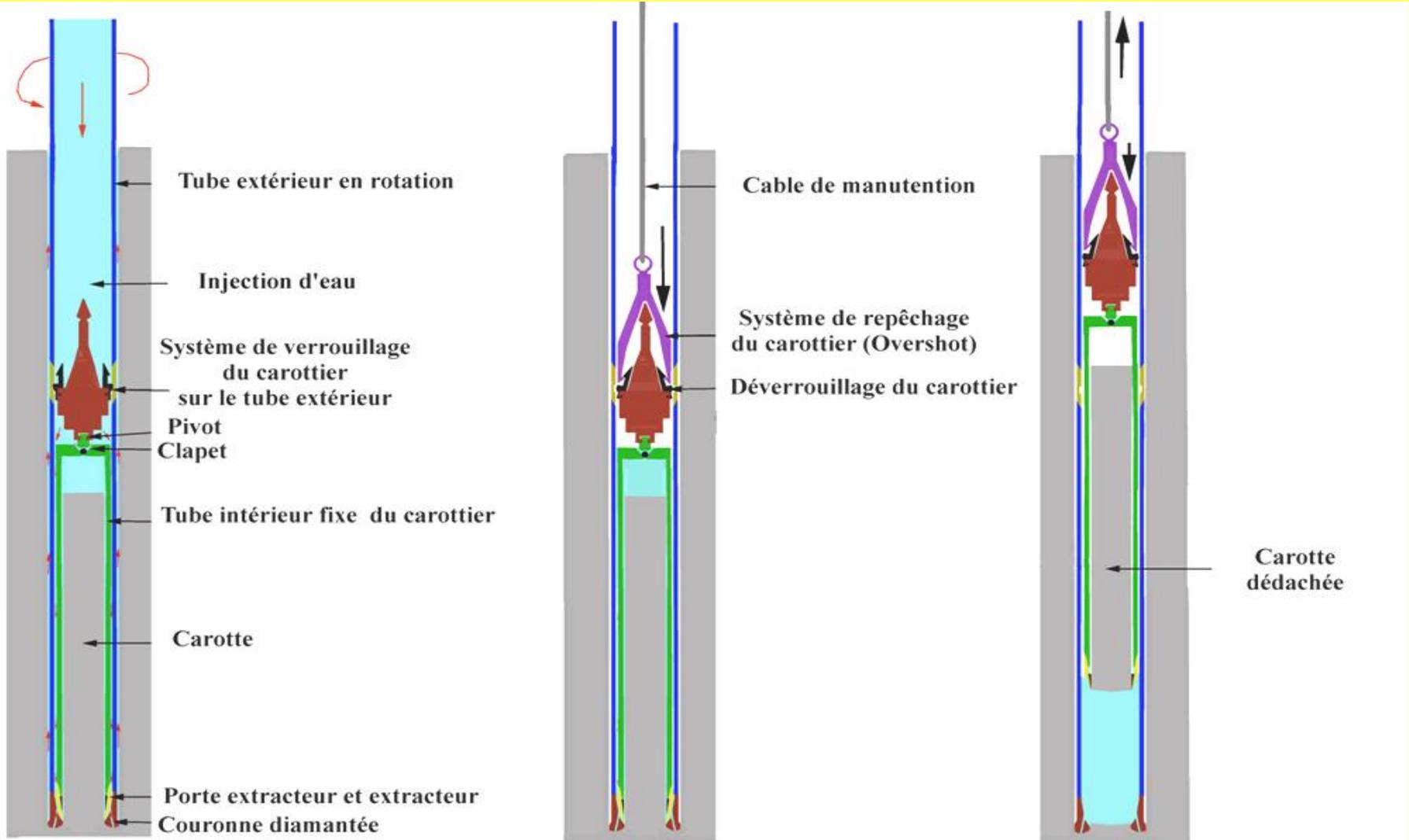
# Carottier triple pivotant

Une gaine en métal ou en pvc tapisse le tube intérieur afin de récupérer une carotte intacte de tout contact extérieur.

Ce type de carottier est souvent utilisé en reconnaissance géotechnique dans des terrains peu consolidés ou altérables pour réaliser des essais en laboratoire

# Le carottage au câble

Une méthode utilisée pour des carottages profonds afin d'éviter les remontées longues et fréquentes du carottier et du train de tiges.



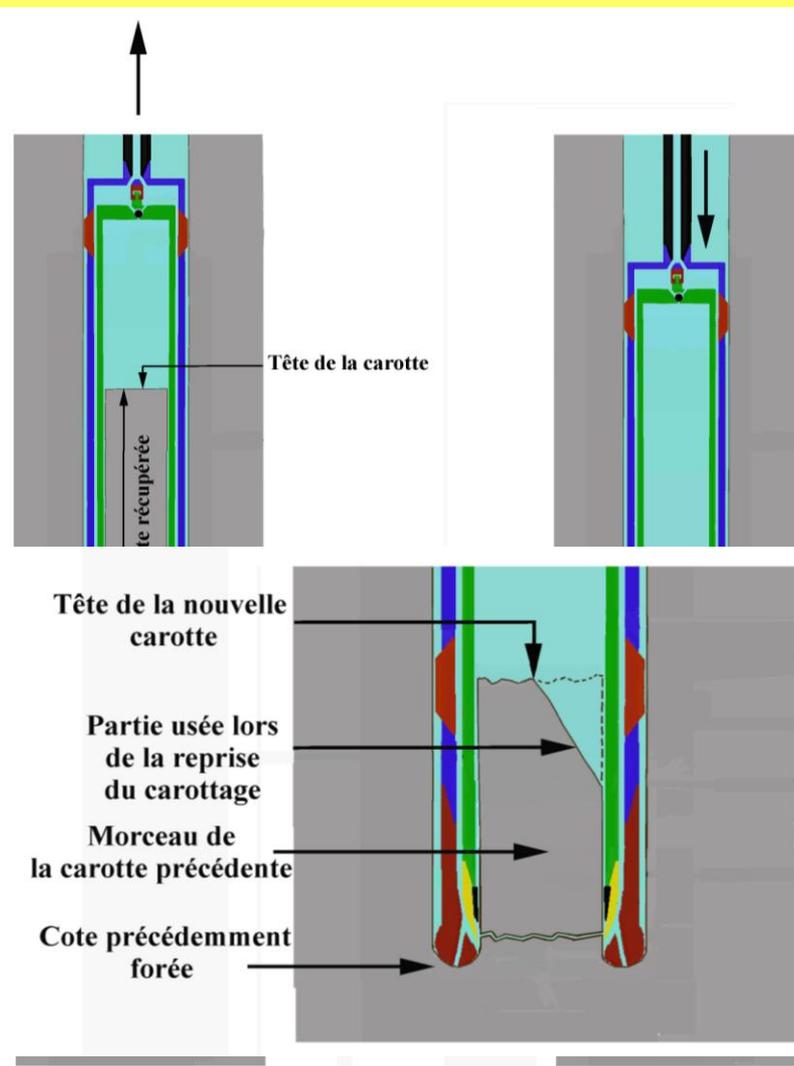
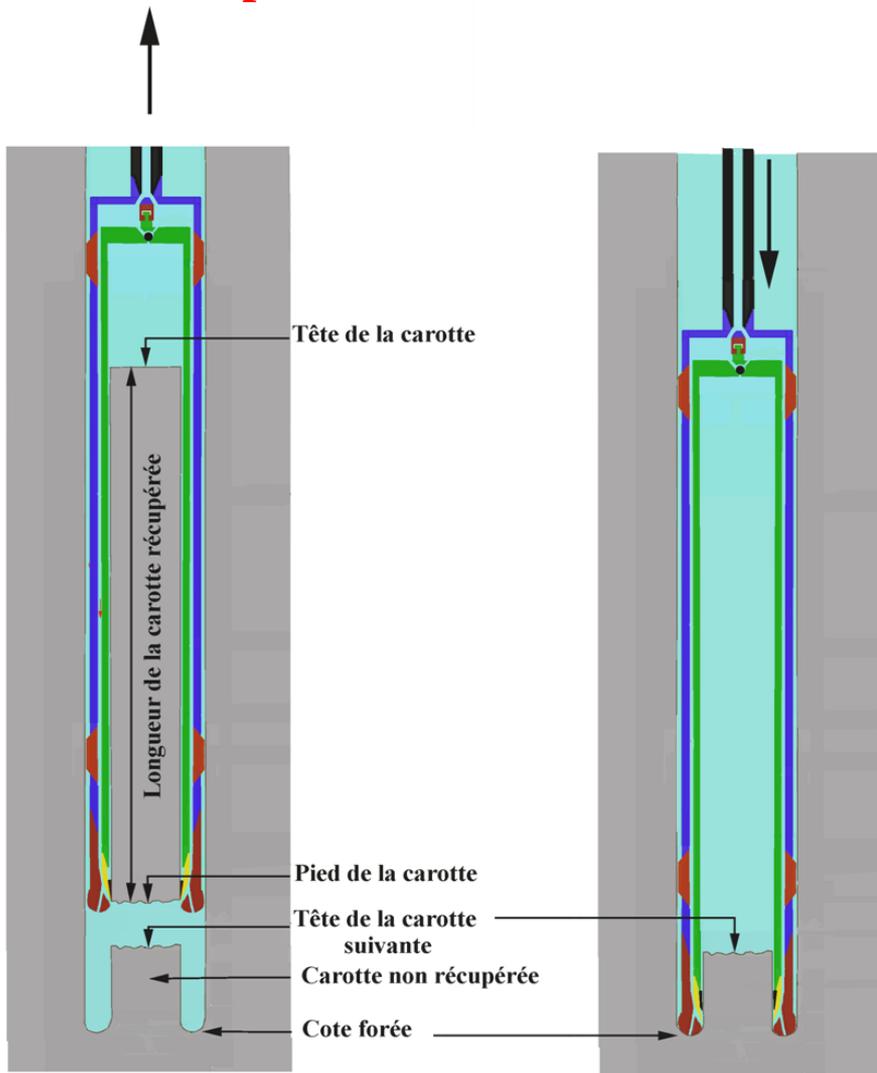
# Les incidents de carottage

Glissement et rupture tardive du pied

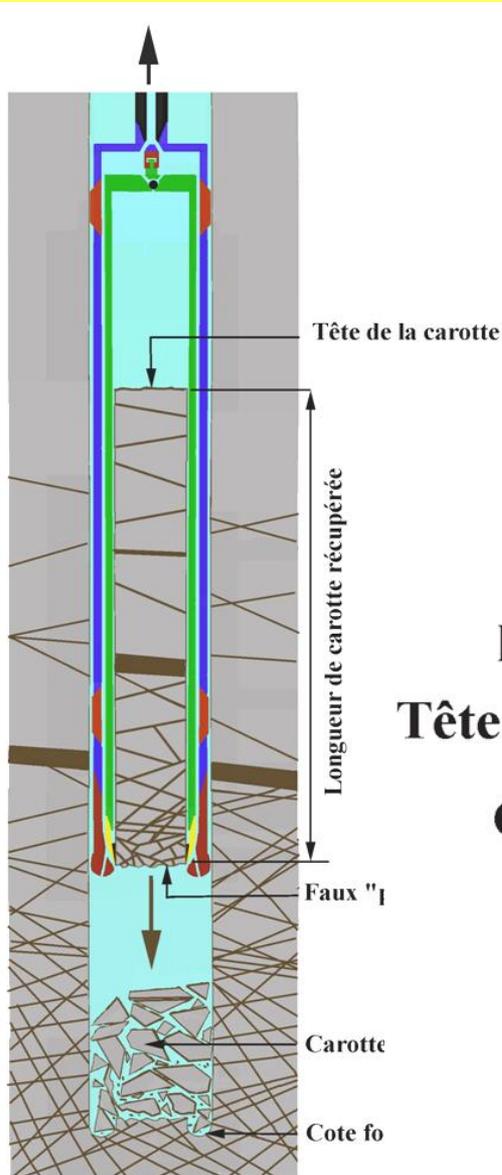
Reprise aisée du trou

Chute d'une partie de la carotte

Reprise difficile du trou



# Carottage en milieu fissuré



Déblais de la carotte précédente

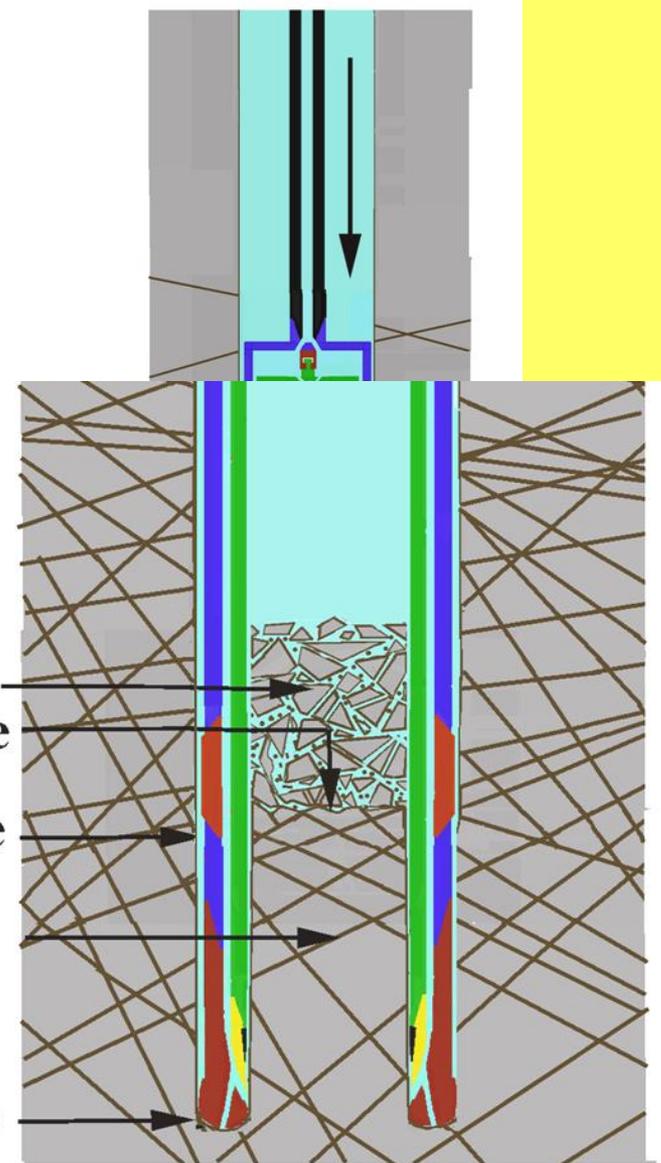
Tête de la nouvelle carotte

Cote forée précédente

Nouvelle carotte

Nouvelle cote forée

This text block provides labels for the different stages and components of the coring process. The labels are arranged vertically and correspond to the diagrams on either side. The labels are: 'Déblais de la carotte précédente' (Debris of the previous core), 'Tête de la nouvelle carotte' (Head of the new core), 'Cote forée précédente' (Previous drilling depth), 'Nouvelle carotte' (New core), and 'Nouvelle cote forée' (New drilling depth).



# **Forage au marteau fond de trou**

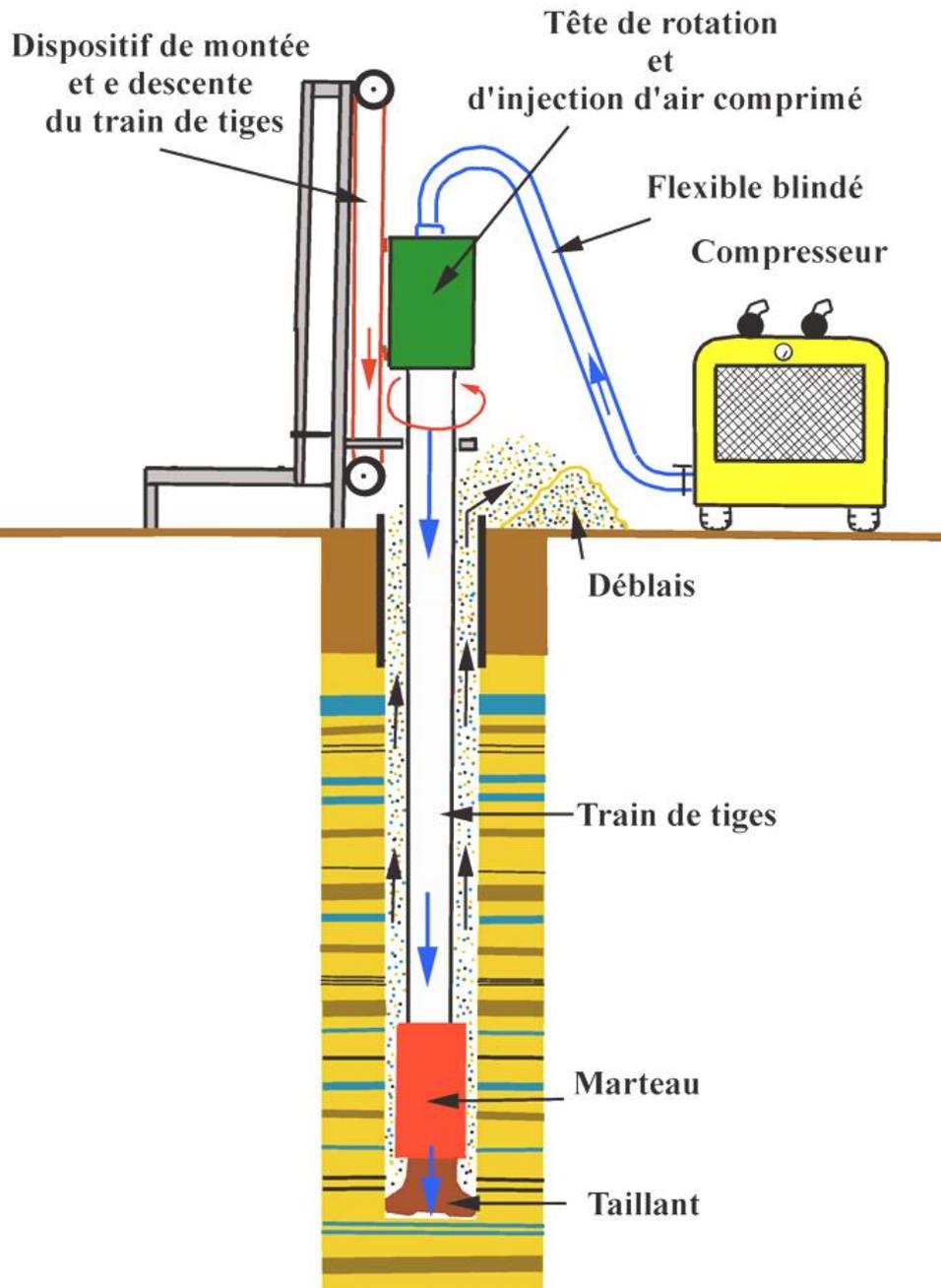
**Technique de forage utilisant l'air comprimé à haute pression pour alimenter un marteau avec taillant disposé en bas des tiges.**

**L'échappement de l'air à la base du marteau fait remonter les éléments rocheux en surface et le cas échéant l'eau souterraine.**

**C'est une méthode rapide de forage pour explorer les milieux rocheux durs et fissurés jusqu'à 400 m de profondeur.**

**Le forage au marteau fond de trou est particulièrement bien adaptée à la recherche et à l'exploitation des eaux souterraine dans les roches dures comme les calcaires et les granites**

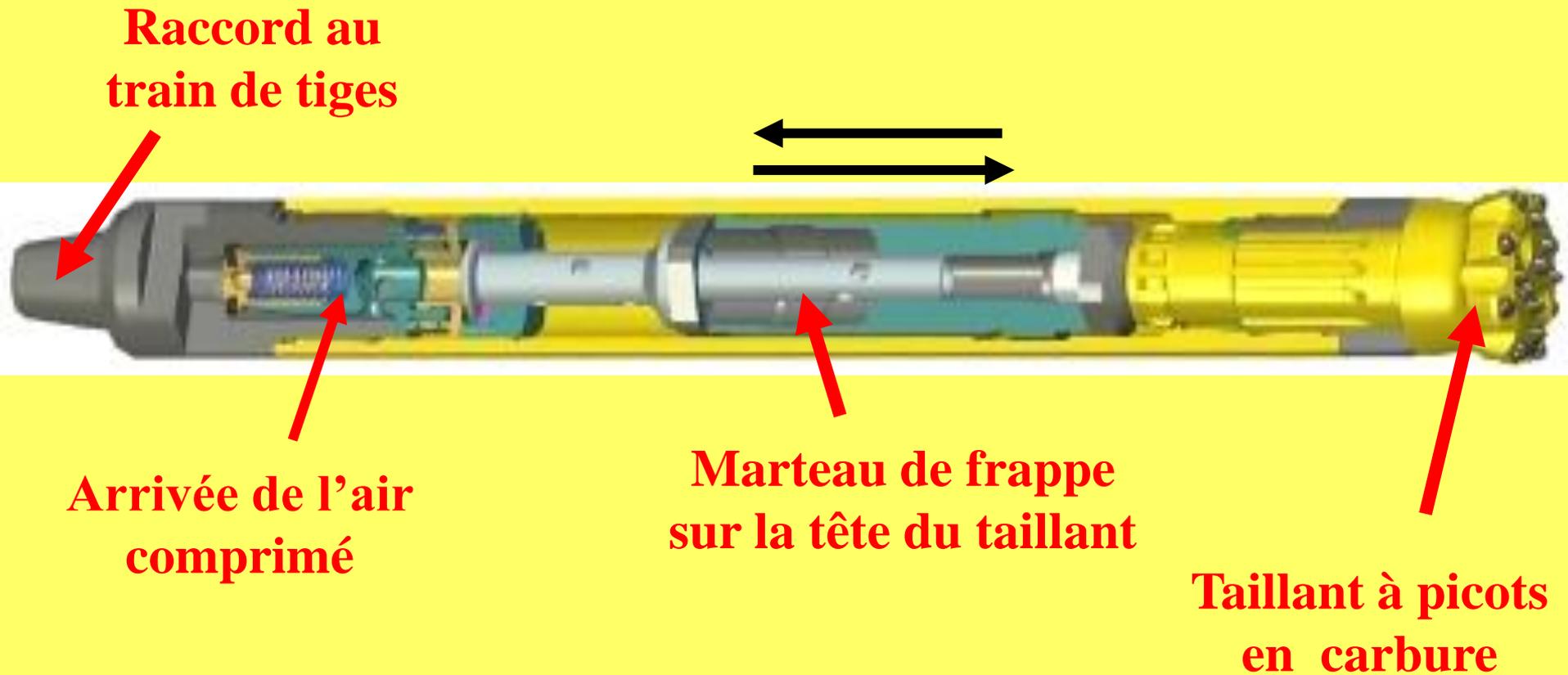
**Le marteau fond de trou peut être utilisé pour des forages obliques ou horizontaux**



# Matériel de forage au marteau fond de trou

C'est la puissance du compresseur (pression – débit d'air comprimé) qui limite la profondeur du forage, surtout lorsqu'il y a de l'eau souterraine

# Marteau fond de trou

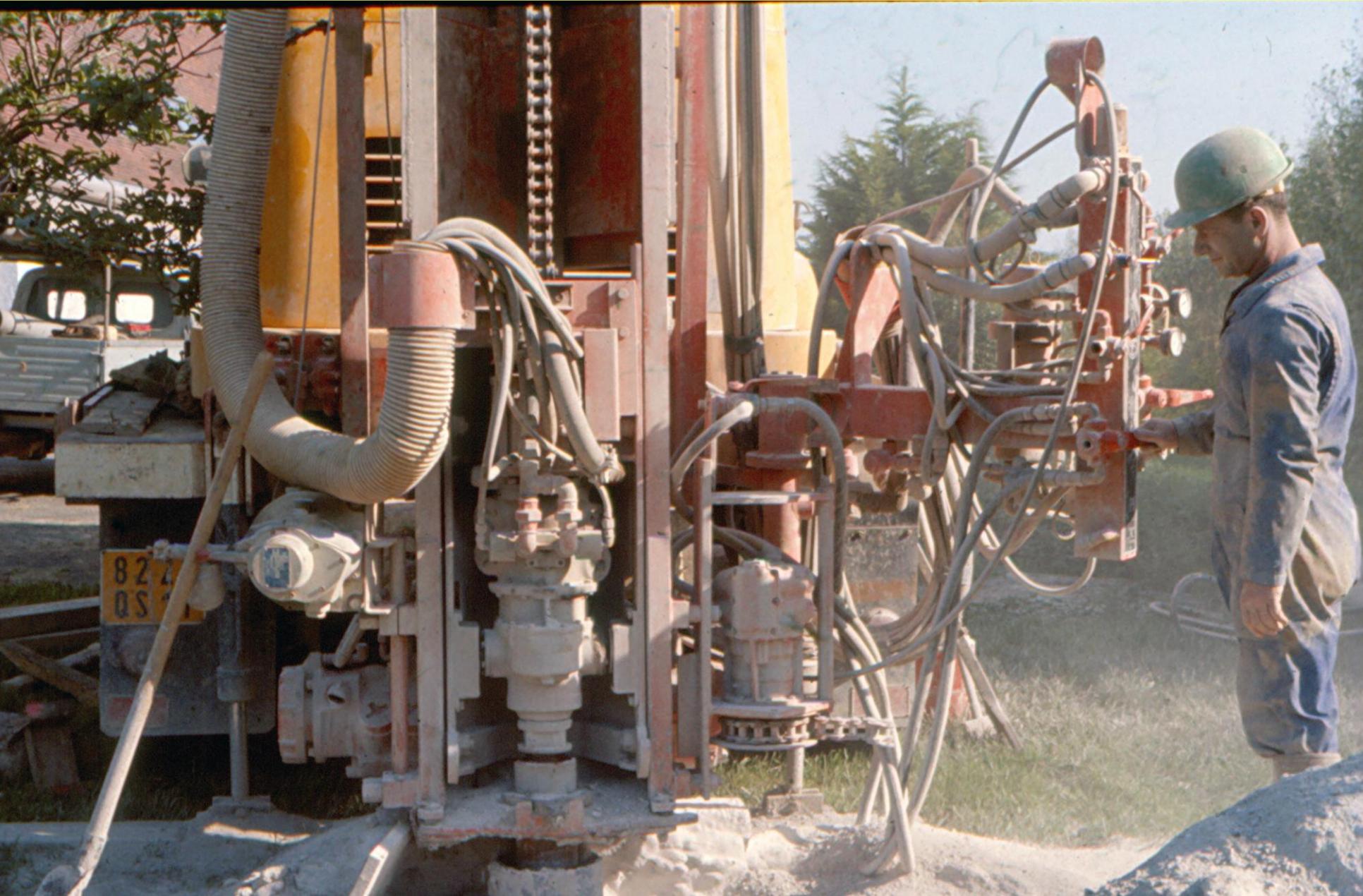


# Les taillants pour marteau fond de trou



# Forage au marteau fond de trou dans la plaine calcaire de Luçon





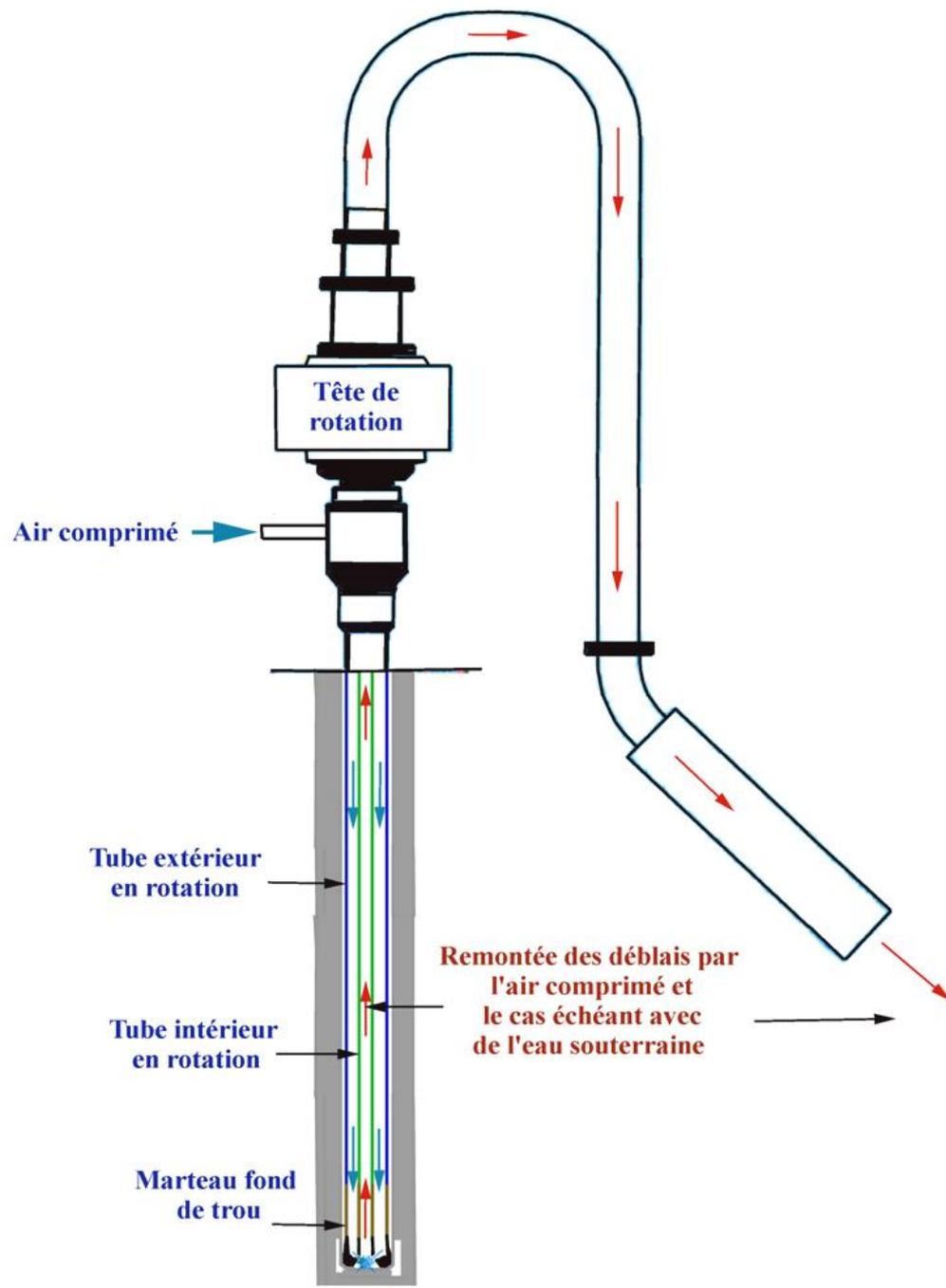


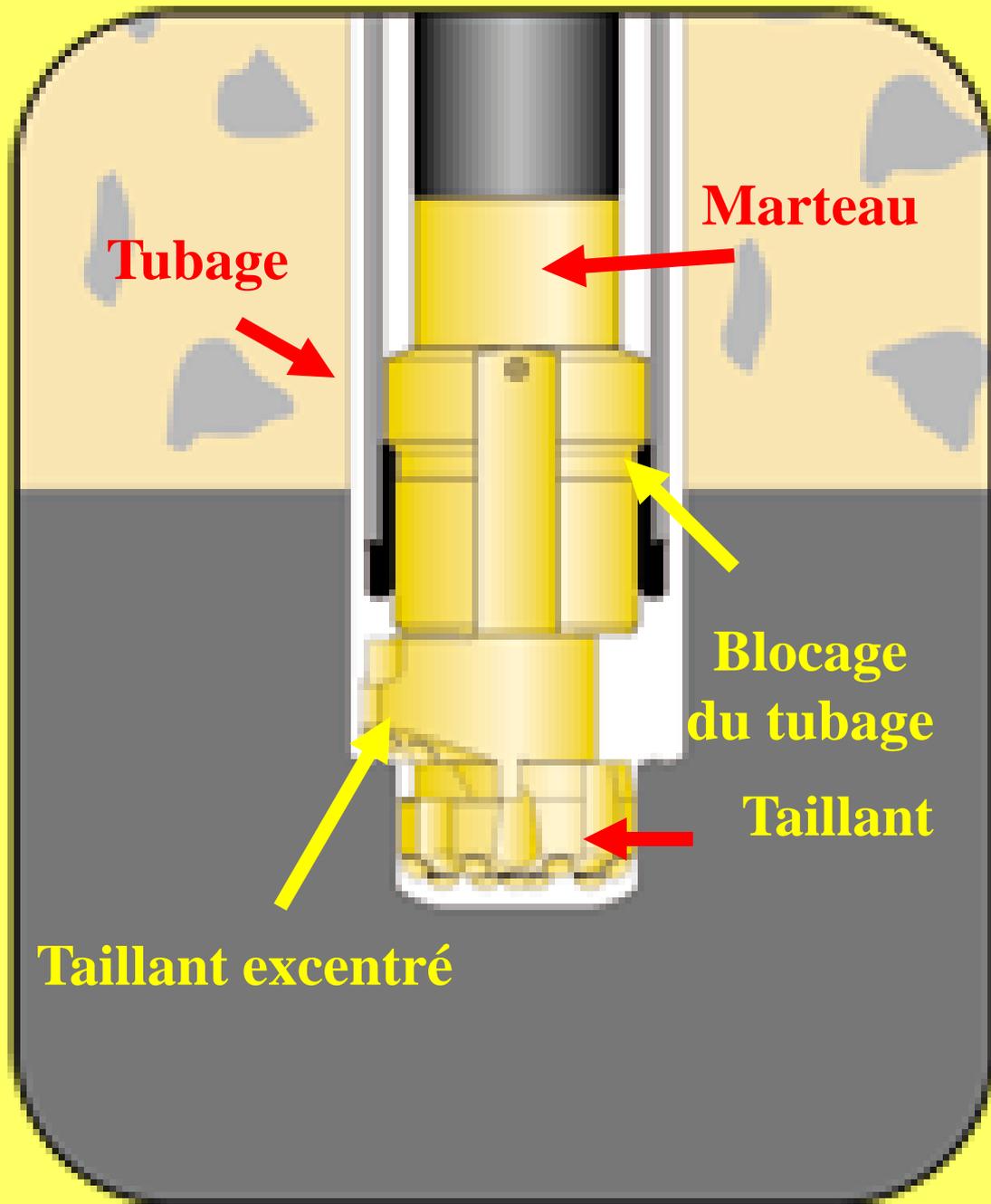
# Marteau fond de trou en gros diamètre (jusqu'à 800 mm)



# Forage au marteau fond de trou en circulation inverse

Cette méthode est  
particulièrement bien adaptée  
aux terrains mal consolidés ou  
friables.





# Forage au marteau fond de trou avec taillant Odex

Procédé utilisé avec  
tubage à l'avancement  
dans les terrains peu  
consolidés

# Taillant Odex



# **Forage au marteau hors du trou**

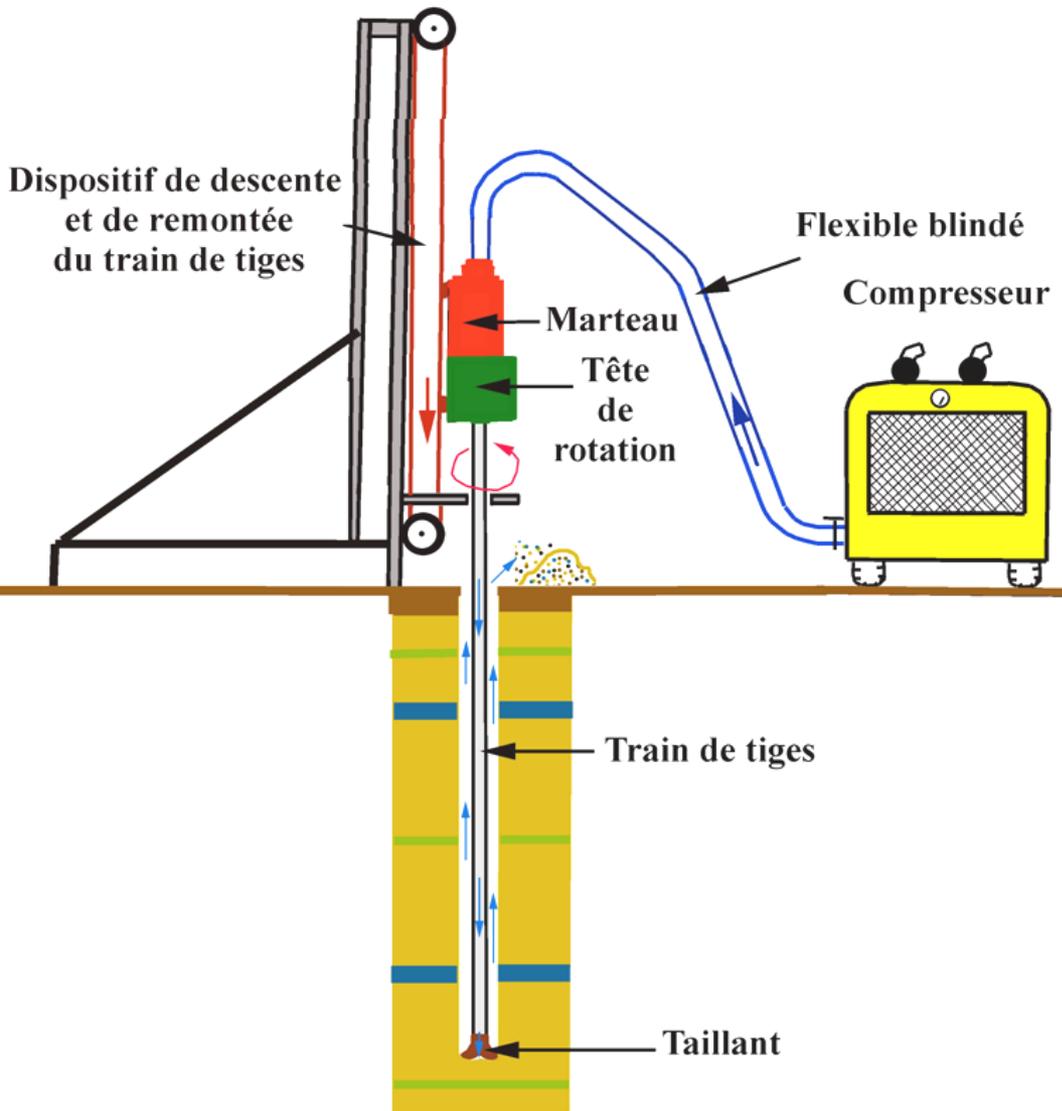
**Méthode de forage rapide mais limité en diamètre de taillant  
(inférieur à 150mm)**

**Forage impossible dans les terrains non consolidés**

**Utilisé en carrière pour forer les trous de mines, en prospection minière rapide et dans la pose de tirants dans les rochers.**

**Possibilité de forer dans n'importe quelle direction.**

# Matériel avec marteau hors du trou

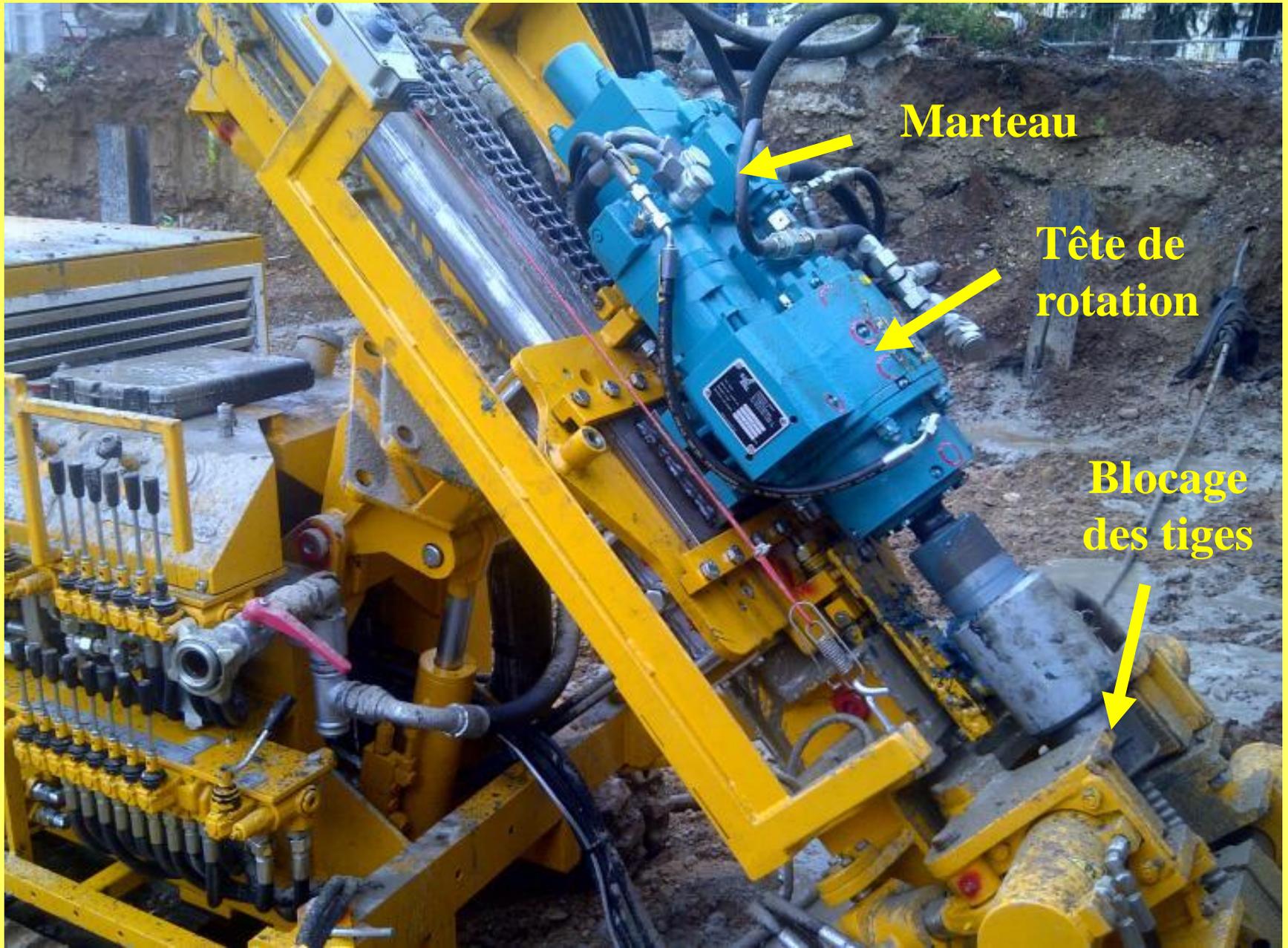


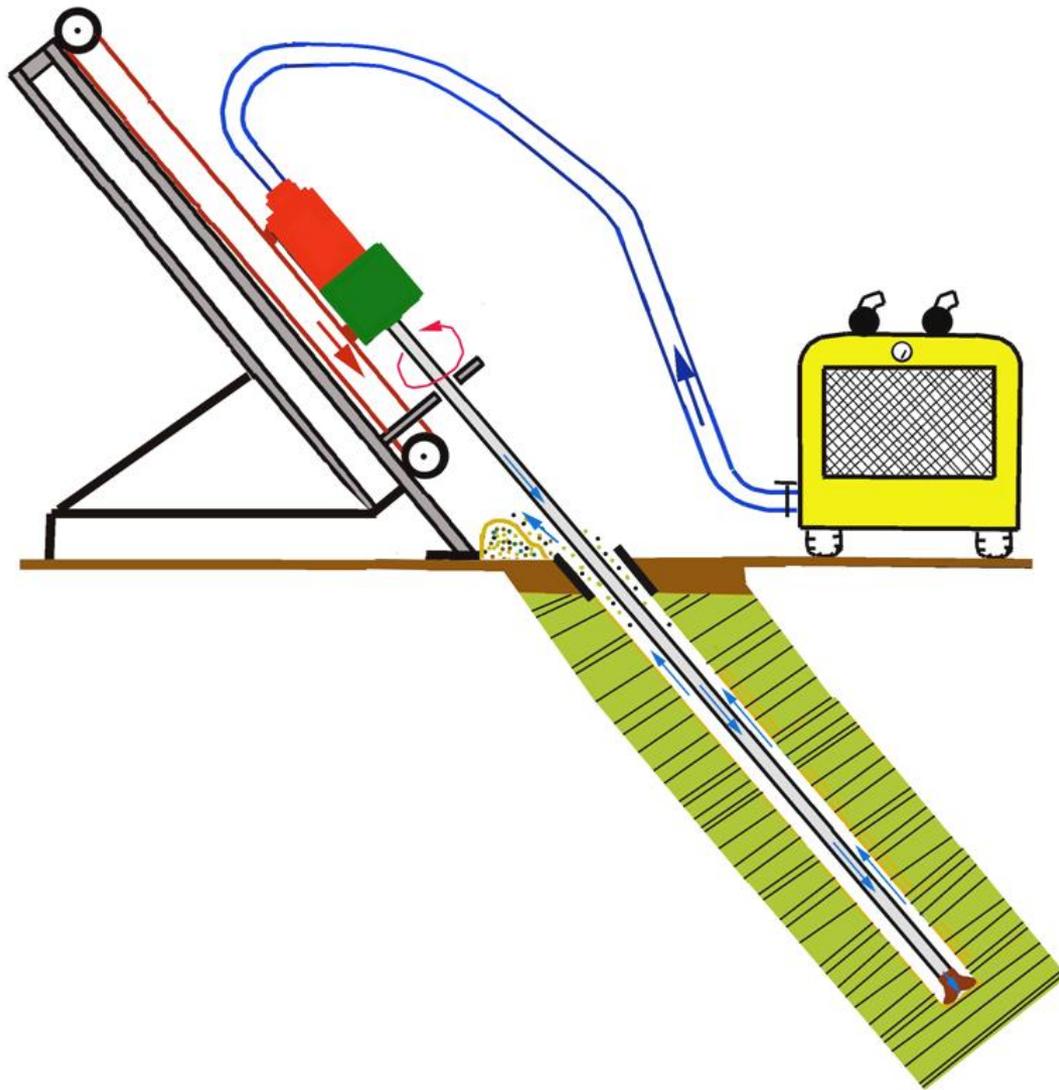
Le matériel utilisé est souvent très léger et rapide à mettre en œuvre sur le terrain.

Certaines foreuses comprennent un barillet de tiges qui rend facile leur ajout en cours de forage.

L'inconvénient de cette méthode est souvent la déviation importante du forage liée à la structure des terrains traversés.

# Tête de forage au marteau hors du trou





# **Forage oblique au marteau hors du trou**

**Forage utilisé en  
prospection minière dans  
les terrains de socle**

**En cours de forage,  
l'outil à la base du trou  
aura toujours tendance à  
attaquer la roche  
perpendiculairement à sa  
foliation ou à sa  
fissuration, d'où des  
déviations possibles  
suivant les variations de  
ces dernières.**

# Forage de trous de mines en carrière



**Je vous remercie  
de votre attention**