

Exercices complémentaires TP 27 :

Recherchons les caractéristiques structurales et fonctionnelles développées par les plantes pour faire face aux contraintes de la vie fixée

D'autres exemples de résolution de contraintes

Exemple N°1 : LA MORT ANNONCEE DES ANTILOPES KOUDOU

Dans une réserve du Transvaal, en Afrique du sud, vivent paisiblement des antilopes koudou. Bien en sécurité derrière leurs clôtures, leur principal souci est de se nourrir des Acacias qui pullulent autour d'elles et représentent de plus une véritable friandise ; le troupeau grandit au fil des nombreuses naissances et tout semble pour le mieux dans le meilleur des mondes. De l'autre côté de la clôture gambadent des girafes, se délectant des autres acacias de la savane sauvage.

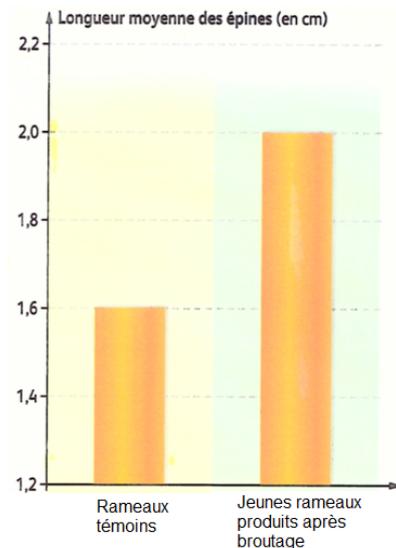
Un matin, l'un des gardes débarque dans la réserve ; une vision d'horreur s'impose alors à lui : des dizaines d'antilopes jonchent le sol, mortes ou agonisantes ; seule une moitié du troupeau semble encore en bonne santé. Il alerte immédiatement tous les responsables, les vétérinaires, les scientifiques de la réserve ; on autopsie, on herborise, on analyse, on cherche la cause de ce carnage...

À partir de l'étude des documents, expliquez aux gardes comment les acacias se défendent contre leurs prédateurs et proposez une explication à la mystérieuse et brutale disparition des Koudous dans la réserve.



Document 1 : les structures défensives des acacias.

Les feuilles des acacias sont particulièrement appréciées par les antilopes, girafes et éléphants des savanes africaines. Pendant la saison sèche, ces arbres sont intensément broutés. Ils survivent pourtant, grâce à diverses adaptations évolutives leur permettant de limiter le prélèvement de leurs feuilles. Les branches sont recouvertes d'épines très longues, dures et pointues. On a étudié la longueur moyenne des épines produites après broutage par des antilopes.



Document 2 : LES TANINS, REDOUTABLES POISONS

1a- La réponse des acacias à l'agression des Koudous.

Les koudous sont de robustes gazelles qui se nourrissent de feuilles de *l'Acacia caffra*, un arbre des savanes d'Afrique du Sud. L'Acacia est un arbre avec des ramures couvertes d'épines acérées possédant des racines profondes pour forer le sol jusqu'aux ressources en eau.

Lorsqu'un koudou affamé s'approche d'un acacia et commence à en brouter les feuilles, tout va bien pour lui au début ; il mange pendant quelques minutes, puis, bien avant d'être rassasié, il se détourne du premier acacia pour se diriger vers un autre acacia appartenant à la même espèce et continue de s'alimenter. Si les koudous ne sont pas plus nombreux que 3 pour 100 hectares, les deux espèces coexistent.

Dans les années 1980, les fermiers ont découpé dans la savane des ranchs de dimensions variées, clôturés avec du barbelé. Très vite les premiers koudous décédés ont été signalés, leur état semblait inexplicable ; pas de plaies, aucune trace de parasites, ils étaient excessivement maigres et visiblement morts de

faim. Le nombre de koudous décédés était proportionnel à leur densité. Pour comprendre ces morts mystérieuses, les fermiers font appel au professeur Van Hoven, de l'université de Pretoria.

L'autopsie des koudous révéla qu'ils avaient la panse pleine de feuilles d'acacia. Le taux de tanins de ces feuilles était 3 à 4 fois supérieur à celui des feuilles d'acacias non soumis à la prédation.

Dans des conditions de vie sauvage, les acacias produisent des tanins (molécules au goût amer) qui entravent la digestion des herbivores, mais cependant à des doses qui dissuadent seulement les prédateurs, sans entraîner leur mort. Ces acacias émettent également de fortes quantités d'éthylène, un gaz volatil, qui se répand dans leur environnement proche et déclenche, chez les acacias voisins, la production de tanins.

Source : p 164 du livre de F. HALLE *Éloge de la plante*, Sciences ouvertes, Seuil (1999)

1b- Expériences menées par le professeur Van Hoven

Van Hoven et ses étudiants reproduisent la prédation naturelle des koudous sur des acacias en cueillant ou en endommageant les feuilles d'un acacia comme le font les koudous sur une durée de 2 à 3 heures. Ils prélèvent alors des feuilles toutes les ½ heures et analysent le taux de tanins.

Résultats :

Temps depuis le début de l'expérience	0h	1/2h	1h	1h30	2h	2h30	3h
Taux de tanins	Faible +	++	+++	++++	+++++	++++++	+++++++

En prélevant des feuilles sur des arbres voisins non endommagés, on s'aperçoit que ces feuilles contiennent plus de tanins au bout de 2 ou 3h.

Source : p 164 du livre de F. HALLE *Éloge de la plante*, Sciences ouvertes, Seuil (1999)

1c- L'action des tanins

Il provoque une baisse d'appétence chez le bétail et surtout une diminution de la digestibilité. La synthèse des tanins est dans certains cas induite par la perception de stress et déclenchée par des mécanismes de signalisation impliquant l'éthylène.

Exemple N°2 : Comment un arbre mène des fourmis à l'esclavage



Le mutualisme, ce n'est pas qu'une histoire de banque et d'assurance. En biologie, ce terme désigne une association équilibrée entre deux partenaires qui en tirent un bénéfice. Un accord gagnant-gagnant, pour reprendre une expression de l'époque. Un des cas les plus cités est celui de la mycorhize, une symbiose entre les racines des plantes et le mycélium des champignons, c'est-à-dire leur réseau de filaments souterrains : le champignon sert en quelque sorte d'extension aux racines de la plante et lui apporte de l'eau ou des éléments comme le phosphore tandis qu'en contrepartie, son partenaire l'alimente en sucres par exemple. Il se peut aussi que le mutualisme associe un végétal et un animal, comme dans le cas instructif de l'acacia et des fourmis.

L'acacia a besoin de défenseurs, soit contre les herbivores que ses épines n'effraient pas, soit contre les plantes qui viennent pousser trop près de lui. Défenseur, c'est donc le rôle que les fourmis ont endossé en échange du vivre et du couvert. Le vivre est constitué par du nectar sucré et de minuscules nodosités riches en protéines et en lipides tandis que le

couvert se matérialise par les épines creuses où les insectes installent leurs colonies. Pour leur part, les fourmis attaquent impitoyablement les herbivores qui veulent se nourrir de la plante et sont d'une efficacité si redoutable qu'en Afrique, même [les éléphants se détournent d'une espèce d'acacia](#) tant ils craignent les morsures des fourmis qui la protègent !

Le cas d'un acacia d'Amérique centrale, l'acacia corne de boeuf, semble encore plus raffiné. Son hôte, la fourmi *Pseudomyrmex ferrugineus*, est en effet affectée d'une petite carence digestive. Adulte, elle ne sécrète quasiment pas une enzyme, l'invertase, qui brise la molécule du saccharose (celle qui compose le sucre du commerce), en deux molécules plus petites, une de glucose et une de fructose qui, elles, sont ensuite assimilées aisément par l'organisme. Pour le dire autrement, cette fourmi ne digère pas le sucre de table. Eh bien, la plante pousse l'amabilité jusqu'à synthétiser elle-même de l'invertase et ne propose donc dans son nectar que du fructose et du glucose, que ses insectes locataires-défenseurs peuvent manger sans problème.

Magnifique ? Pas si simple. Une équipe de chercheurs allemands et mexicains a été intriguée par le fait que l'évolution ait conduit cette fourmi à "perdre" l'invertase, alors qu'il lui arrive, lorsqu'elle s'en prend aux plantes voisines, d'être en contact avec du miel ou de sève sucrée. Pourquoi se priver de cette source facile de sucres ? Leurs soupçons ont été éveillés lorsqu'ils se sont aperçus que les larves de fourmis produisaient normalement de l'invertase et ils se sont posé la question suivante : et si l'acacia n'était pas aussi serviable qu'il y paraissait de prime abord ? Et s'il manipulait le métabolisme de la fourmi adulte pour l'empêcher de synthétiser l'enzyme et la retenir prisonnière ?

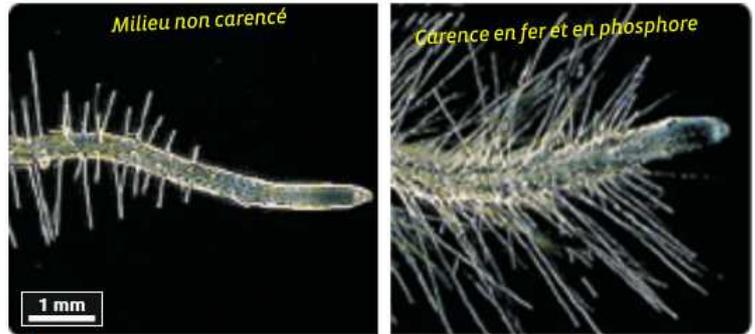
Dans leur étude passionnante, [publiée le 4 novembre par *Ecology Letters*](#), ces chercheurs ont non seulement confirmé que les larves sécrétaient bien de l'invertase mais aussi que si les insectes quittant cet état larvaire pouvaient, si on leur proposait comme premier repas d'adulte un sirop au saccharose, le digérer sans aucun problème. En revanche, si le nectar d'acacia était au menu du premier repas, la fourmi refusait par la suite l'eau sucrée, comme si elle était devenue "accro" au nectar. La réalité est diabolique : dans ce fameux nectar se trouve une autre enzyme, la chitinase, qui, par un mécanisme qui reste à préciser, inhibe la fabrication de l'invertase chez la fourmi et la rend donc intolérante au saccharose.

L'article d'Ecology Letters précise : *"Une fois que la jeune ouvrière s'est nourrie de nectar, son taux d'invertase diminue, elle commence à sélectionner une alimentation sans saccharose et, par conséquent, continue de se nourrir de ce nectar sans saccharose, ce qui renforce l'inhibition de l'invertase."* En bref, quand le mécanisme est lancé, rien ne l'arrête. Et, ainsi que le soulignent les chercheurs, comme il y a toutes les chances que, pour son premier repas d'adulte, la fourmi *"se nourrisse de nectar ou en reçoive de la part de ses compagnons de nid via le nourrissage social"*, l'acacia tient les insectes sous son emprise. Les fourmis sont comme réduites en esclavage, contraintes de rester sur l'arbre sous peine de mourir de faim. De la même manière, elles ont doublement intérêt à défendre la plante car sa mort signifierait leur mort. La symbiose certes existe mais elle est forcée.

Comme l'a expliqué au National Geographic Martin Heil, le premier auteur de cette étude, *"cela a été une surprise pour moi de constater que la plante immobile, "passive", pouvait manipuler son partenaire de toute évidence bien plus actif, la fourmi"*. Le chercheur allemand ajoute que cette découverte pourrait changer la manière dont les biologistes envisagent le phénomène du mutualisme : *"La manipulation du partenaire pourrait jouer un rôle dans plusieurs types différents de mutualismes."* Il en faut en effet peu pour déséquilibrer la balance et passer d'une association gagnant-gagnant à une exploitation pure et simple...

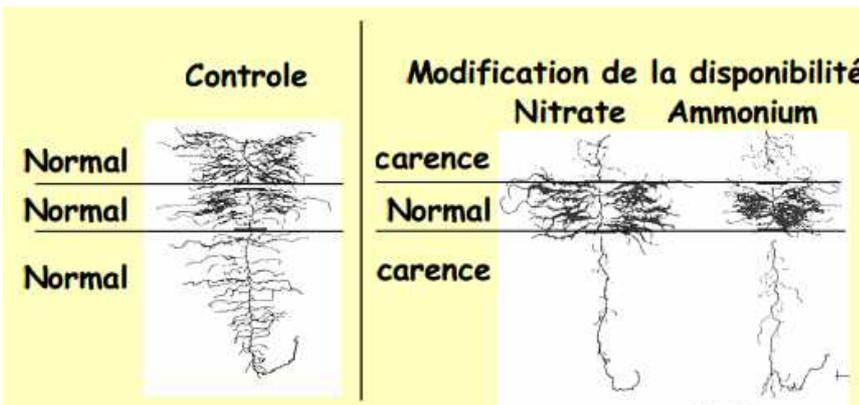
À partir de l'étude des documents, expliquez comment l'acacia se protège des herbivores et des adventives (plantes en concurrence avec lui).

Exemple N°3 : Utilisez les informations apportées par les différents documents pour expliquer comment les plantes s'adaptent aux situations de carence en eau et ions minéraux



5 La zone pilifère de racines d'arabettes des dames placées dans deux conditions de culture (vue au MO). Les plants d'arabette ont été cultivés soit dans un milieu équilibré en éléments minéraux, soit dans un milieu carencé en fer et en phosphore.

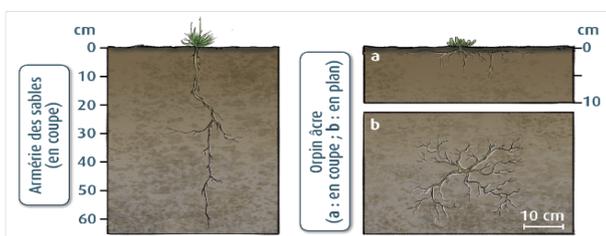
6 Le système racinaire d'arabettes des dames placées dans deux conditions de culture. Les plants d'arabette ont été cultivés dans un milieu nutritionnel soit enrichi en azote, soit carencé en azote.



7 L'étude du système racinaire de deux plantes

Observer et raisonner

L'armérie des sables et l'orpin âcre sont deux plantes herbacées xérophiles, c'est à dire adaptées à des milieux secs. La première vit dans des sols sablonneux, très poreux, alors que la seconde colonise les pierres et les vieux murs et ne reçoit que l'eau de pluie et de ruissellement. Le système racinaire de ces deux plantes est schématisé doc. 1.



1. Système racinaire de l'orpin âcre et de l'armérie des sables.



● Déterminez les adaptations du système racinaire de l'orpin âcre et de l'armérie des sables aux contraintes imposées par leur milieu de vie.

Néanmoins, chez la plupart des plantes sauvages, l'observation des racines montrent une absence totale de poils absorbants, remplacés par un manchon jaune/orangé autour des racines les plus fines. Il s'agit des mycorhizes : ce sont des associations entre des champignons de la litière (sol) et les racines des végétaux. Il y a bénéfice réciproque pour les 2 partenaires : le champignon absorbe l'eau très efficacement et en donne une grande partie à la plante tandis que la plante produit la matière organique qu'elle retourne au champignon : c'est une symbiose.

principaux types mycorhiziens actuels représentés sur une coupe transversale de racine
 modifié d'après de F. Le Tacon, INRA Nancy- La Recherche n° 166 mai 1985
 repris dans l'excellent livre de F. HALLE AUX ORIGINES DES PLANTES éditions Fayard 2008

