

## DES VOIES MÉTABOLIQUES EN INTERCONNEXION

### Thème

Thème 1 - La Terre, la vie et l'organisation du vivant.

### Note d'intention

Séquence permettant d'aborder l'interconnexion des voies métaboliques chez les plantes en mettant en avant la spirnalité des apprentissages et la démarche scientifique.

La séquence présentée n'a pas vocation à être modélisante : elle propose une façon d'aborder cette partie du programme. Les durées proposées sont indicatives et, selon les investigations menées, des démarches différentes peuvent être envisagées.

### Mots-clés

Métabolisme, autotrophe, hétérotrophe, organites, enzymes.

### Références au programme

L'organisation fonctionnelle du vivant – Le métabolisme des cellules.

### Connaissances

Montrer l'interconnexion entre les différentes voies métaboliques au sein d'une plante en localisant les différents métabolismes (photosynthèse, respiration cellulaire, synthèse amidon, synthèse de saccharose) et les échanges de matière entre les différentes parties de la plante via une molécule intermédiaire, le glucose. Les notions de cellules autotrophes et hétérotrophes et d'équipement enzymatique en lien avec la spécialisation des cellules seront abordées.

### Compétences

- Pratiquer des démarches scientifiques.
- Pratiquer des langages (communication scientifique à l'aide d'un schéma).
- Concevoir, créer, réaliser.

### *Des voies métaboliques en interconnexion*

#### Objectif et scénario

Cette séquence a pour objectif de mettre en évidence, à travers la mise en pratique d'une démarche scientifique, la dimension spiralaire des apprentissages en partant des acquis des cycles 3 et 4 sur la nutrition et la croissance des plantes pour arriver à la notion de cellules hétérotrophes et autotrophes en interconnexion métabolique au sein de la plante. Ce sera également l'occasion de construire un schéma-bilan en utilisant les acquis des cycles antérieurs et en le complétant avec de nouvelles notions.

Ce travail est prévu sur 2 semaines (2x1h30). Il est important de préciser que la démarche présentée ci-après peut être simplifiée, car le volume de travail à réaliser par les élèves est assez important.

Retrouvez éduscol sur :



La remobilisation des acquis de cycle 3 et 4 via la conception d'un schéma remobilise la fabrication de matière organique par la plante. Au fur et à mesure de la démarche, les élèves complètent leur schéma initial en mettant en évidence la nécessité d'un intermédiaire métabolique entre les cellules autotrophes et les cellules hétérotrophes de la plante.

Il est possible ensuite d'envisager une séquence poursuivant ce qui a été compris en étudiant un animal mangeant cette plante. Des notions de cycles 3 et 4 seront réutilisées (digestion, nutrition et croissance chez l'animal) pour ensuite suivre le trajet des nutriments et ici, identifier une nouvelle fois le glucose comme intermédiaire métabolique (circulation dans le sang, stockage/déstockage dans le foie/respiration cellulaire). Cela mettrait en évidence les échanges non seulement entre cellules, mais également entre organismes. Cet exemple pourra également illustrer la spécialisation des cellules dans leur fonctionnement enzymatique.

### Déroulement de l'activité

Les élèves ont vu que les organismes pluricellulaires sont formés d'un ensemble de cellules spécialisées. Ils ont étudié quelques voies métaboliques chez les levures (respiration cellulaire et fermentation).

- **La spécialisation des cellules chez les organismes pluricellulaires se retrouve-t-elle dans le fonctionnement de leurs cellules ?**

#### Lancement de la séquence : phase de remobilisation (15-20 minutes)

- Remobiliser les connaissances des cycles 3 et 4 sur la croissance des plantes.

Un document de rappel (DOCUMENT A) est proposé aux élèves qui doivent construire un schéma fonctionnel représentant un plant de pommes de terre en indiquant ce qu'ils savent des lieux de production de matière, de transport et de stockage, ainsi que les échanges que la plante opère avec son environnement.

Ce schéma sera complété plus tard dans la séquence en y intégrant les nouveaux acquis de Seconde.

- Remobiliser la compétence en lien avec les langages scientifiques : le schéma fonctionnel.

En prenant appui sur le DOCUMENT B (exemple de schéma attendu) : faire compléter les premiers schémas des élèves avec des flèches pour indiquer les flux de matière. L'idée est de redonner quelques conseils sur le(s) rôle(s) du schéma fonctionnel.

#### Investigation pour les nouveaux acquis à construire : proposition de démarche (20 minutes)

##### Problème

Comment la plante permet-elle à ses tubercules de stocker de plus en plus de matière organique ?

##### Alternatives

Comment expliquer (prouver) que le stockage de la matière organique se fasse au niveau des racines plutôt que directement dans les feuilles ou dans les tiges ?

Comment expliquer (prouver) que la production de la matière organique se fasse au niveau des feuilles plutôt que directement dans les racines ou dans les tiges ?

Retrouvez éduscol sur :



Le problème est ici directement posé par le professeur.

Pour répondre à ce problème, les élèves devront :

- identifier la nature de la matière organique stockée à l'échelle du tubercule : mise en évidence de l'amidon ;
- identifier le lieu de stockage de la matière organique à l'échelle cellulaire dans le tubercule pour poursuivre l'investigation sur la spécialisation des cellules ;
- identifier l'origine de la matière organique (via la photosynthèse dans les cellules des feuilles) ;
- identifier son mode de transport (sous forme de saccharose dans la sève élaborée).

En fonction du niveau et de l'autonomie de la classe, il est possible de construire les principales étapes de la démarche avec le groupe dans sa globalité ou par groupes de 2 à 4 élèves. Il est impératif pour les élèves d'utiliser leur schéma initial pour dégager les principaux axes de leur démarche. Il est possible également de gagner du temps en étant plus directif sur la nature et l'origine de la matière organique et centrer la démarche sur le mode de transport. C'est la partie de la séquence où le professeur adapte la démarche scientifique pour une mise en œuvre pertinente par les élèves.

Par la suite, les élèves construisent leur démarche par groupes de 2 ou 4. L'utilisation de tableaux blancs peut s'avérer efficace (1 par groupe). Les élèves se mettent plus facilement en action et osent plus. A la fin de cette phase d'élaboration de la démarche, on peut imaginer que tous les groupes ne résoudront pas le problème dans le même sens (dans le cas où l'on décide de les faire travailler sur la nature, l'origine et le transport de la matière organique).

Pour les aider dans la mise en place de leur démarche, le professeur peut mettre à leur disposition l'ensemble du matériel avec plus ou moins d'indications sur leur utilisation : les produits permettant la mise en évidence de différentes molécules avec leurs protocoles d'utilisation (DOCUMENT C), des microscopes avec lames et lamelles, des tubercules de pommes de terre, de l'élodée éclairée et non éclairée (pour mettre en évidence la synthèse d'amidon dans les chloroplastes), de la sève élaborée (ou à défaut, du sirop d'érable qui est de la sève brute récoltée au début du printemps chargée en saccharose issu de l'amidon stocké dans le tronc pendant l'hiver – DOCUMENT D).

Dans la mise en place de cette démarche, le rôle de l'enseignant est d'accompagner chaque groupe en veillant à ce que les hypothèses proposées soient recevables, c'est-à-dire plausibles, en lien avec le problème (ou la partie de problème traitée) et vérifiables par l'observation, la mesure ou l'expérimentation.

### Investigation pour les nouveaux acquis à construire : mise en œuvre de la démarche (40 minutes)

**Les 10 dernières minutes** sont utilisées pour faire le point avec chaque groupe sur l'avancée de leurs travaux et ce qu'ils prévoient de faire lors de la prochaine séance.

A un moment donné de leur démarche, les élèves doivent se retrouver face à un nouveau problème. Ils auront identifié la synthèse d'amidon dans les cellules chlorophylliennes des feuilles et son stockage dans les tubercules, mais également l'absence d'amidon dans la sève élaborée. En revanche, ils auront pu mettre en évidence du saccharose.

Les élèves doivent donc élaborer une nouvelle stratégie : comparer la composition de l'amidon et du saccharose (DOCUMENT E). Les élèves constatent que ces deux molécules sont composées de glucose. Il est possible également de fournir un document prouvant que

Retrouvez éducol sur :



le glucose est formé lors de la photosynthèse et que c'est lui qui est exporté (DOCUMENT F).

Compléter les observations des élèves avec un document donnant la définition d'une voie métabolique et des définitions de cellules autotrophes et hétérotrophes et un autre donnant la définition d'une enzyme et l'équipement enzymatique de différentes cellules (DOCUMENT G et DOCUMENT H).

Lors de la 2e séance, les élèves terminent leur démarche et complètent le schéma initial pour permettre une réponse montrant les échanges au sein de la plante et le rôle central du glucose.

Le schéma initial est complété : localisation de la photosynthèse, la respiration, la synthèse d'amidon, la synthèse de saccharose et mise en évidence du glucose comme molécule intermédiaire à toutes ces voies métaboliques. Il est possible également de rajouter que les différentes voies métaboliques dépendent de l'équipement enzymatique des cellules (DOCUMENT I).

Bilan fin de la séquence (10 minutes).

Retrouvez éduscol sur :



## Documents d'activité et ressources

### DOCUMENT A - : Exemple de document pour remobiliser les acquis des cycles 3 et 4

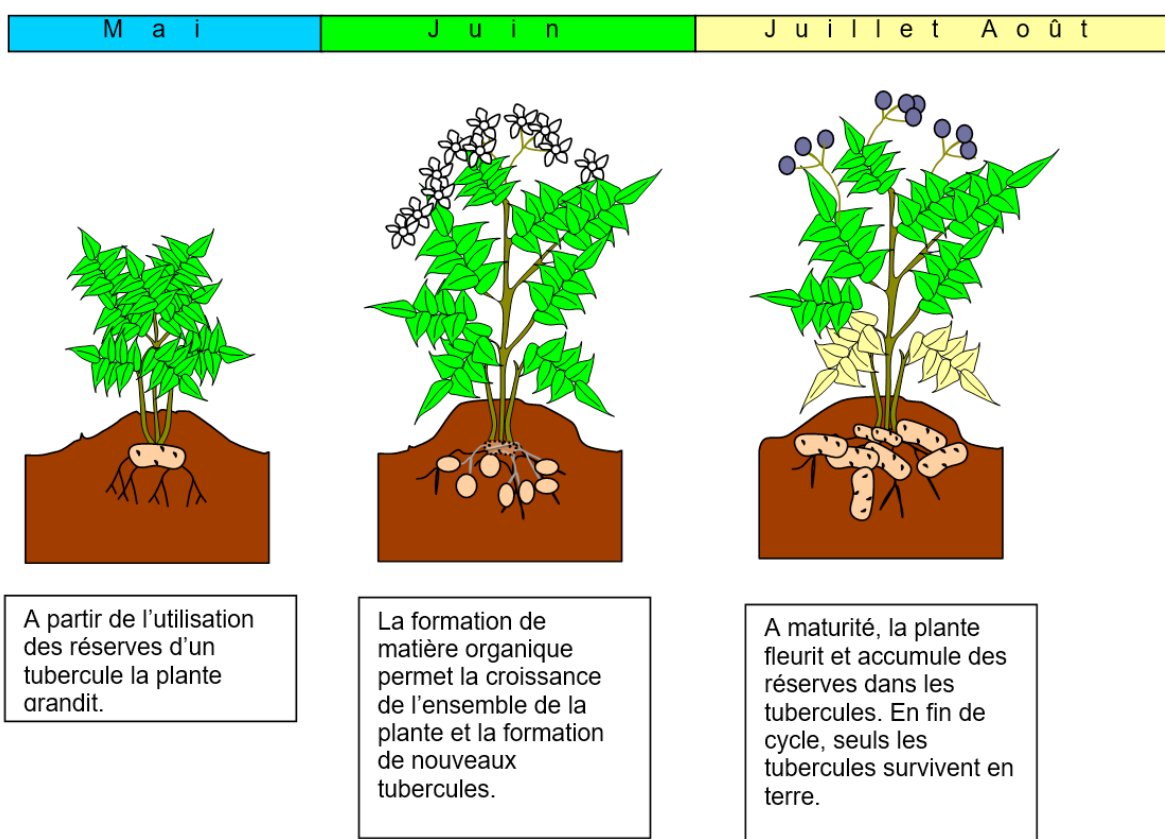
#### La production de matière organique par les plantes

« On prend un jeune Saule dont la masse est de 40 g (il s'agit de la masse à l'état sec, mesurée sur une plante identique). Il est planté dans un bac où se trouvent 15 kg de terre. On l'arrose avec de l'eau de pluie (eau sans minéraux). Au bout de quatre années, la masse du Saule est de 1240 g ; sa masse a été multipliée par 31.

La masse de la terre n'est plus que de 14 995,5 g, la plante y a donc puisé 4,5 g, ce qui représente 2 % de la masse du végétal. La matière vivante constituant le Saule ne peut provenir que de deux éléments, l'air et l'eau... »

D'après Van Helmont, poète et philosophe flamand (1577-1644).

Le cycle de vie d'un plant de pommes de terre



Source : Modifié à partir du site SVT de l'académie de Dijon

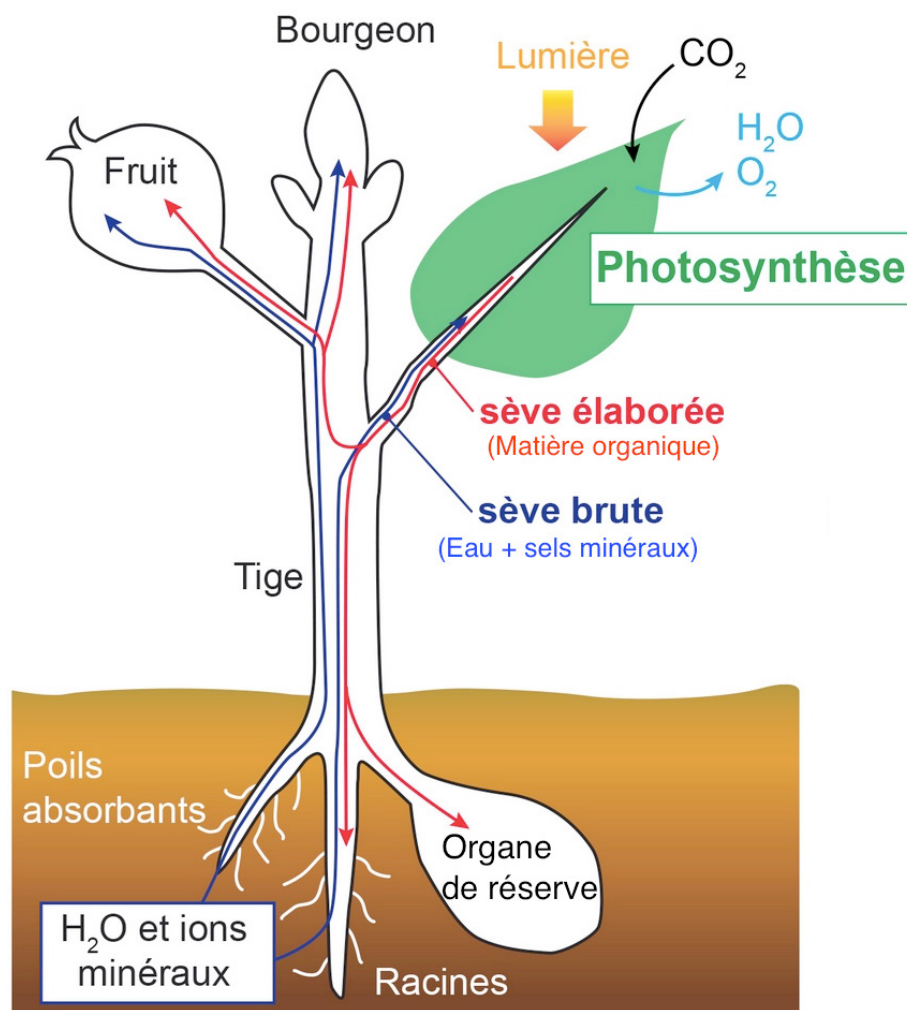
#### Consignes

- construire un schéma fonctionnel représentant un plant de pommes de terre en indiquant les lieux :
  - de production de matière ;
  - de transport ;
  - de stockage.
- Indiquez également les échanges que la plante réalise avec son environnement.

Retrouvez éduscol sur :



## DOCUMENT B - Exemple de schéma initial attendu



Source : modifié d'après [graine de SVT](#)

## DOCUMENT C - Tests de mise en évidence de lipides, glucides, protides

## Test avec le réactif de Biuret → Mise en évidence des protides

**Protocole**

Couper l'échantillon à tester en mélangeant avec 6 mL d'eau distillée. Placer dans un tube à essai, ajouter 3 mL de réactif de Biuret et 2,5 mL de NaOH (soude). Laisser agir 5-10 minutes.  
→ L'apparition d'une coloration violette caractérise la présence de protides.

## Test à l'eau iodée → Mise en évidence d'un glucide particulier : l'amidon (glucide complexe)

**Protocole**

Couper l'échantillon à tester puis déposer quelques gouttes d'eau iodée dessus.  
→ L'apparition d'une coloration marron foncé caractérise la présence d'amidon.

Retrouvez éduscol sur :



### Test à la liqueur de Fehling → Mise en évidence de glucides simples comme le glucose et le saccharose

#### Protocole

Couper l'échantillon à tester puis le placer dans un tube à essai et recouvrir de liqueur de Fehling. Faire chauffer au bec électrique en agitant constamment et en penchant le tube en direction de la fenêtre ou du mur.

→ L'apparition d'une coloration rouge brique caractérise la présence de glucides.

### Test au rouge soudan → Mise en évidence des lipides

#### Protocole

Mettre l'échantillon à tester en solution dans un tube à essai avec de l'eau distillée ou dans un verre de montre.

Ajouter quelques gouttes de rouge Soudan III.

Monter éventuellement entre lame et lamelle pour une observation au microscope.

→ Le rouge Soudan III met en évidence les lipides par une coloration rouge.

### DOCUMENT D - Mise en évidence du saccharose

#### 1<sup>ère</sup> possibilité

Réaliser un test à l'eau iodée pour mettre en évidence l'absence d'amidon et un test à la liqueur de Fehling pour mettre en évidence la présence de sucres réducteurs. Il est possible également de poursuivre l'investigation avec un test à la bandelette test de glucose pour montrer l'absence de glucose et justifier la présence de saccharose.

#### 2<sup>e</sup> possibilité

Réaliser une chromatographie des sucres de la sève élaborée.

#### Matériel nécessaire

- papier à chromatographie : gel de silice sur aluminium (format 7 x 9 cm), **il ne faut pas toucher la face blanche sur laquelle se feront les dépôts,**
- bécher de 250 mL,
- solvant à chromatographie des glucides,
- film plastique transparent,
- sèche-cheveux,
- révélateur à préparer au dernier moment,
- cuvette à révélation,
- une grosse pince,
- 5 micropipettes,
- sève élaborée extraite d'un végétal (courgette),
- solutions pures de glucose, de saccharose, de lactose, maltose à 20 g/l.

Retrouvez éducol sur :



### Préparation des produits

#### Préparation du solvant :

60 % de méthyl-éthyl-cétone,  
20 % d'acide acétique glacial,  
20 % de méthanol.

#### Préparation du révélateur (mélanger les deux produits au dernier moment) :

1 volume de permanganate de potassium à 2 %,  
1 volume de carbonate anhydre de sodium à 4 %.

### Produits à tester

- Empois d'amidon
- Solution de saccharose
- Solution de glucose
- Sève élaborée

### Extraction de la sève

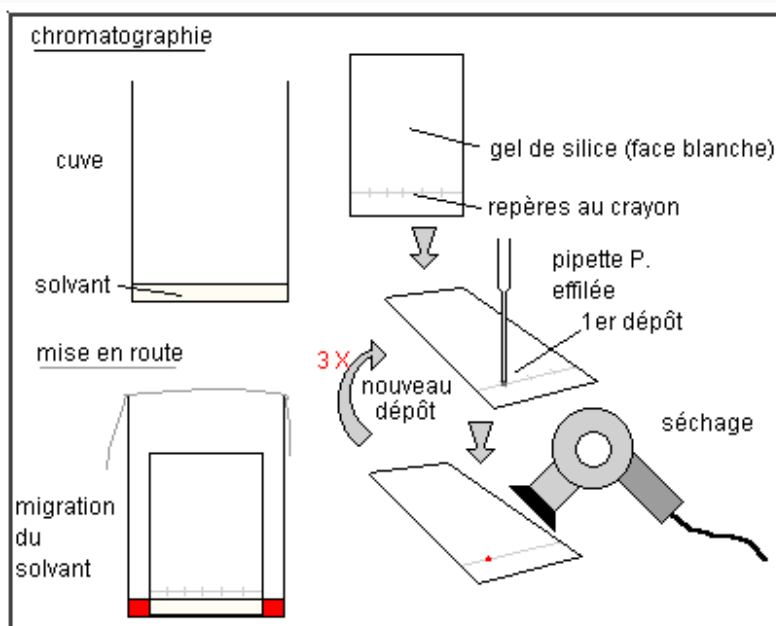
(NB : la courgette est utilisée ici comme source de sève élaborée en précisant aux élèves que la sève élaborée du plant de pommes de terre est de composition similaire. Il est possible également d'utiliser le cas échéant, du sirop d'érable qui est de la sève brute récoltée au début du printemps chargée en saccharose issu de l'amidon stocké dans le tronc pendant l'hiver).

Presser doucement le pédoncule de la courgette très fraîche et simultanément, aspirer à l'aide d'une micropipette le liquide qui en sort : la sève élaborée (extraire le liquide au dernier moment).

### Montage de la chromatographie

Sur la plaque de gel de silice, tracer un trait au crayon à 1 cm du bord inférieur et placer 5 repères équidistants.

Verser un peu moins d'un centimètre de solvant au fond du bécher et fermer la cuve à l'aide du film transparent.



Retrouvez éducol sur :





**Réalisation des dépôts et mise en route de la chromatographie**

- Sur les repères tracés précédemment, déposer à la micropipette 3 fois une goutte de chaque solution de sucre et de sève extraite afin que chaque dépôt soit suffisamment concentré.
- Entre chaque dépôt, sécher au sèche-cheveux ou laisser sécher.
- Mettre la plaque dans la cuve : les dépôts doivent être au-dessus du solvant.
- Fermer la cuve à l'aide du film et laisser migrer le solvant pendant 3/4 d'heure, 1 heure.

**Révélation**

- Sortir la plaque, la sécher au sèche-cheveux jusqu'à disparition complète de l'odeur d'acide acétique.
- Plonger la plaque dans le révélateur (qui vient d'être mélangé) en recouvrant le gel de silice, pendant 10 secondes environ.
- Sécher à nouveau.

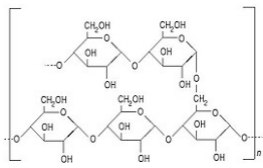
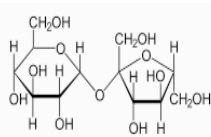
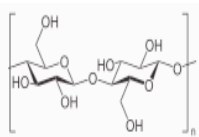
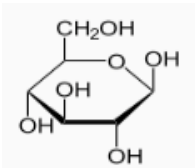
**Compréhension du résultat**

Les taches jaunes qui apparaissent correspondent à la réduction du permanganate par les fonctions alcool des sucres.

Chaque sucre ayant migré plus ou moins haut sur le gel, il est identifiable par sa position dans le sens vertical.

Source : [académie de Lyon](http://academie.de.lyon)

**DOCUMENT E - Présentation de quelques glucides**

Nom de la molécule	Amidon	Saccharose	Cellulose	Glucose
Composition	 <p>Formé d'un grand nombre de molécules de glucose</p>	 <p>Formé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose</p>	 <p>Formé d'un grand nombre de molécules de glucose</p>	
Rôle	Grosse molécule permettant la mise en réserve de glucose	Molécule de transport du glucose	Grosse molécule composant la paroi des cellules végétales	Molécule formée par la photosynthèse. Son oxydation via la respiration cellulaire fournit l'énergie indispensable au bon fonctionnement des cellules.
Mise en évidence	Coloration bleue nuit avec l'eau iodée	Précipité rouge brique avec liqueur de Fehling	Coloration en rouge avec du carmin-vert d'iode	Précipité rouge brique avec liqueur de Fehling Bandelettes test glucose

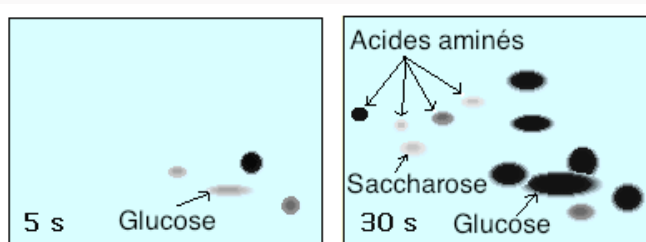
Retrouvez éducol sur :



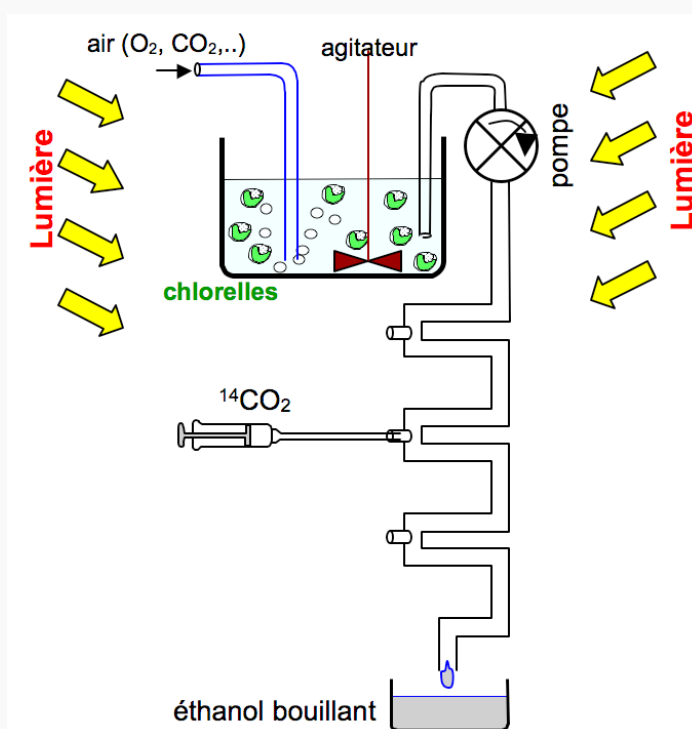
## DOCUMENT F - Expériences de suivi de l'incorporation de carbone lors de la photosynthèse

### Expérience 1 - Expérience de Calvin et Benson

Calvin et Benson ont étudié les premières étapes de la fixation du  $\text{CO}_2$  lors de la photosynthèse. Des algues unicellulaires sont cultivées dans une cuve reliée à un serpentin. Pendant l'expérience, la suspension d'algues s'écoule à travers le serpentin et le débit, contrôlé très précisément, détermine le temps de parcours. Du  $^{14}\text{CO}_2$  est injecté à un certain niveau du serpentin. A la sortie, les algues sont immédiatement tuées et fixées par du méthanol bouillant. On connaît donc précisément la durée pendant laquelle elles ont été en contact avec du  $^{14}\text{CO}_2$ . Les molécules organiques sont extraites puis séparées par chromatographie bidimensionnelle. Celles ayant incorporé  $^{14}\text{C}$  sont localisées par autoradiographie. Elles sont identifiées par comparaison avec des substances témoin.



Source : modifié d'après manuel TS Spécialité Belin 2012 – p.22 et le site SNV Jussieu



Source : SVT [académie de Dijon](http://academie.de.dijon)

Retrouvez éducol sur :



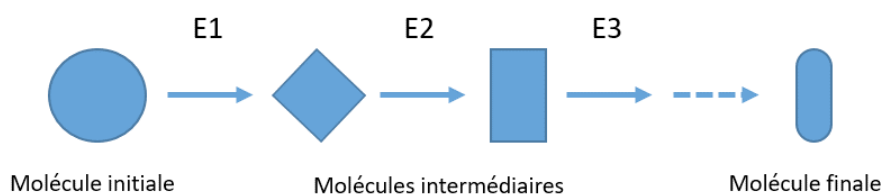
## Expérience 2 - Résultats du suivi de la migration des produits de la photosynthèse

Une feuille (FD) d'un jeune plant de châtaigne d'eau est placée un certain temps dans une enceinte contenant du  $^{14}\text{CO}_2$ . On réalise ensuite, à l'aide de cette plante, une autoradiographie. La photographie b présente les résultats observés (notons que les zones radioactives sont claires, car ici c'est le négatif de l'autoradiographie qui est présenté).

Source : Manuel TS Spécialité Bordas 2002 – p.204 et Sujet de Bac 2010

### DOCUMENT G - Quelques définitions

Le métabolisme est l'ensemble des réactions biochimiques qui se déroulent au sein d'un être vivant et plus spécifiquement dans ses cellules. Il peut s'agir de synthèses de nouvelles molécules, ces synthèses consommant le plus souvent de l'énergie, ou de dégradations de molécules libérant de l'énergie. Cela s'effectue par étapes. Une voie métabolique est ainsi une succession de réactions qui s'enchainent, l'une étant à l'origine de la suivante. La réalisation de ces réactions nécessite l'intervention d'enzymes. Elles accélèrent le déroulement des réactions dans les conditions cellulaires. On parle de catalyseurs biologiques.



E1, E2, E3 : enzymes indispensables à la réalisation des réactions chimiques

Schéma d'une voie métabolique

On distingue deux grands types de cellules en fonction de leur capacité à produire leur propre matière organique :

- Les **cellules autotrophes** sont capables de produire leur propre matière organique à partir de matière minérale et d'énergie ;
- Les **cellules hétérotrophes** ne peuvent produire leur propre matière organique qu'à partir de matières organiques préexistantes (consommées ou produites par l'organisme) et d'énergie.

Certains êtres vivants sont composés de cellules autotrophes et hétérotrophes (les plantes) alors que d'autres ne sont composés que de cellules hétérotrophes (les animaux).

Retrouvez éduscol sur :



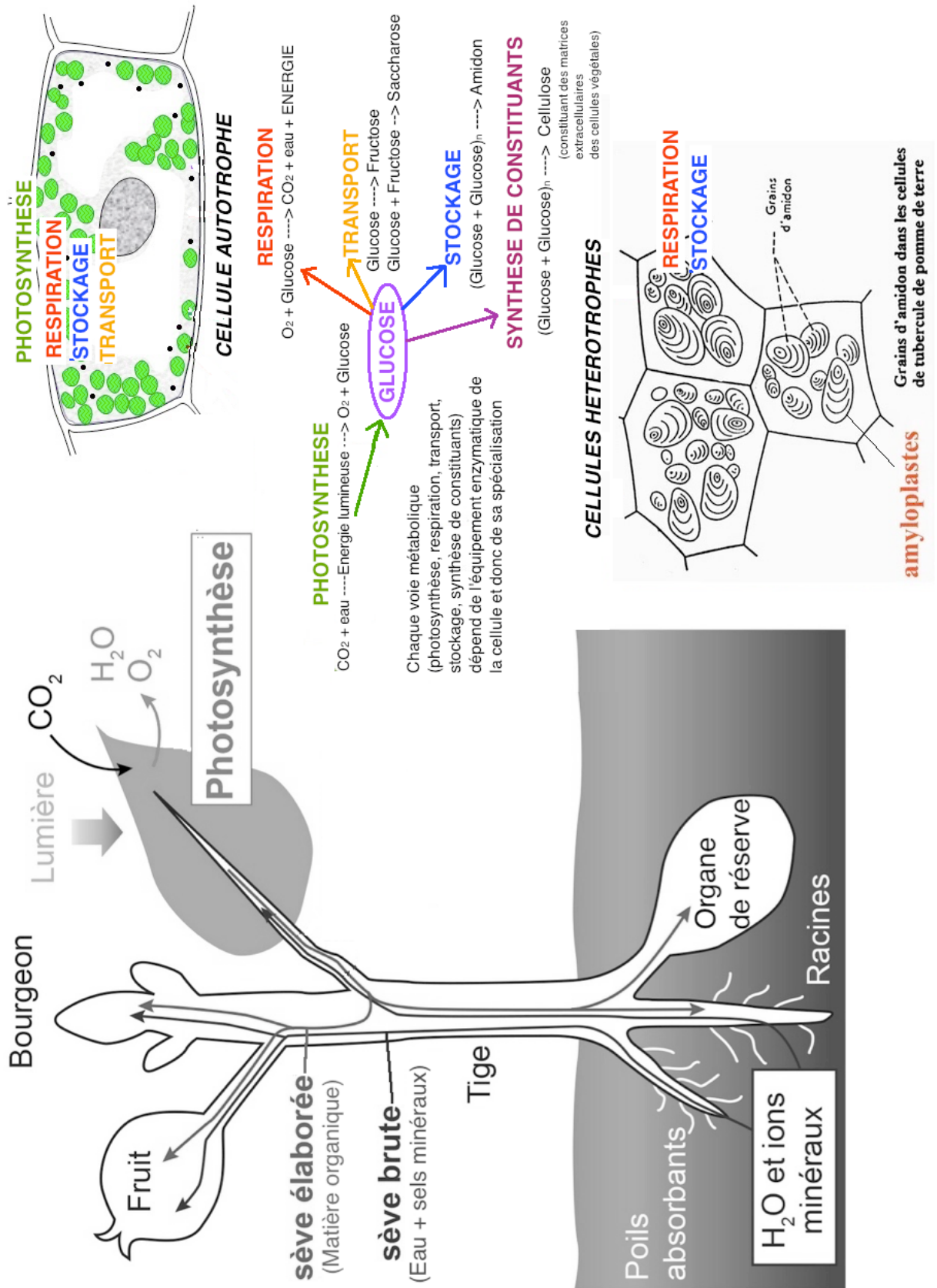
## DOCUMENT I - L'équipement enzymatique de quelques cellules végétales

Enzyme	Localisation	Rôle
Pyruvate déshydrogénase	mitochondries	respiration cellulaire
Hexokinase	cytoplasme	synthèse d'amidon et respiration cellulaire
Phosphofructokinase	cytoplasme	respiration cellulaire
Amidon synthétase	chloroplastes amyloplast	synthèse d'amidon
Rubisco	chloroplastes	photosynthèse
Cellulose synthétase	membrane plasmique	synthèse de cellulose
Saccharose phosphate synthase	cytoplasme	synthèse de saccharose

Retrouvez éduscol sur :



DOCUMENT H - Exemple de Schéma-bilan attendu (en nuance de gris les notions de départ)



Retrouvez éducol sur :

