

# Frogmew

Introduction à la notion d'hormone



# Frogmew

---

## FROGMEW

**Programme de simulation expérimentale à vocation pédagogique.**

**Objet :** Etude du mécanisme hormonal déclenchant la métamorphose, chez le têtard d'amphibien. Initiation à l'endocrinologie.

**Niveau d'études concerné :**

Enseignement secondaire général (5e année).

**Auteur :** Gérard Swinnen (7P Soft) - Verviers (Belgique).

**Matériel requis :** Ordinateur de type PC, fonctionnant sous MS-DOS, Windows<sup>®</sup> 3.X, 95, 98 ou NT.

(C) 1993 7P Soft / G.Swinnen & Inforef ASBL, Liège (Belgique).

Code Portions (C) 1982-1992 Microsoft Corporation. All rights reserved.

**Dépôt légal :** D/1993/5599/18

Première édition de ce logiciel en 1989 (SYMEA S.A.)

## 7P Soft

e-mail : [inforef@arcadis.be](mailto:inforef@arcadis.be)

<http://www.ulg.ac.be/cifen/inforef/swi>

*Le présent logiciel est le résultat de plusieurs années de recherches et d'expérimentations menées dans différentes classes de l'enseignement secondaire. Il a déjà fait l'objet de remaniements et d'adaptations en fonction des avis qui nous ont été communiqués, mais il ne peut évidemment pas prétendre à la perfection absolue. La mise au point d'un bon didacticiel est longue et difficile : c'est l'utilisation répétée avec des classes véritables qui permet d'en repérer les défauts résiduels et suggère des possibilités d'amélioration.*

*L'auteur se réserve donc le droit de continuer à apporter à ce logiciel toutes les modifications qu'il jugera utiles, sans préavis.*

*En conséquence, il peut se faire que les caractéristiques du programme que vous avez acquis soient légèrement différentes de celles qui sont décrites dans la présente documentation. Les modifications les plus importantes (s'il y en a) devraient être décrites dans un petit fichier annexe intitulé **READ\_ME.TXT** ou bien **LISEZ.MOI**.*

*Le logiciel que vous avez reçu a été personnalisé à votre nom. La diffusion illicite de copies de votre version du logiciel engagerait votre responsabilité au regard de la législation concernant la protection des droits d'auteur.*

*Ni l'auteur, ni l'éditeur ne consentent aucune garantie et ne prennent aucun engagement quant aux dommages directs, indirects, spéciaux, accessoires ou incidents pouvant résulter de l'utilisation du logiciel, ou de l'impossibilité éventuelle d'utiliser le logiciel ou même sa documentation.*

*L'acquéreur ne reçoit qu'une licence d'utilisation du logiciel, lequel reste de toute façon la propriété exclusive de son auteur.*

*Toute tentative de copie illicite sera considérée comme une violation des droits d'auteur du programme, déliera l'éditeur de tout accord de service après-vente éventuellement conclu avec l'acquéreur, et pourra entraîner des poursuites judiciaires.*

## Sommaire.

I. Introduction.....	6
II. Présentation du logiciel.....	7
A. Principe.....	7
B. Un peu de théorie.....	9
1. Métamorphose de la grenouille.....	9
2. La thyroïde.....	10
3. Nature des hormones thyroïdiennes.....	11
4. Régulation hormonale.....	11
5. La simulation proprement dite.....	12
C. Mise en route du logiciel sous MS-DOS.....	14
1. Souris ou Pseudo-souris.....	14
2. Options au lancement du programme.....	14
3. Problèmes à la mise en route.....	15
4. Disquettes de travail.....	15
III. Utilisation du logiciel.....	16
A. Fichier de mémorisation.....	16
B. Espace de travail.....	17
C. Fonctions du programme.....	18
1. Téléphone.....	18
a) Commande de têtards.....	18
b) Commande de produits chimiques.....	19
c) Mémorisation, Sortie du programme.....	19
d) Nettoyage de l'aquarium.....	19
e) Etat d'avancement de l'expérience en cours.....	20
f) Questionnaire - Guide de travail.....	20
2. Documentation.....	21
3. Aquarium.....	21
4. Thermostat.....	21
5. Accès aux produits chimiques.....	22

6. Capture d'un animal dans l'aquarium.....	23
a) Injections.....	24
b) Ablations et Greffes.....	24
c) Observations microscopiques.....	26
d) Mesure du taux de thyroxine circulante.....	27
7. Analyses chimiques.....	28
8. Calendrier.....	29
IV. Exploitation pédagogique du logiciel.....	30
V. Modification du questionnaire-guide.....	33
VI. Exemple de rapport.....	34
VII. Distribution du logiciel.....	38

## *I. Introduction*

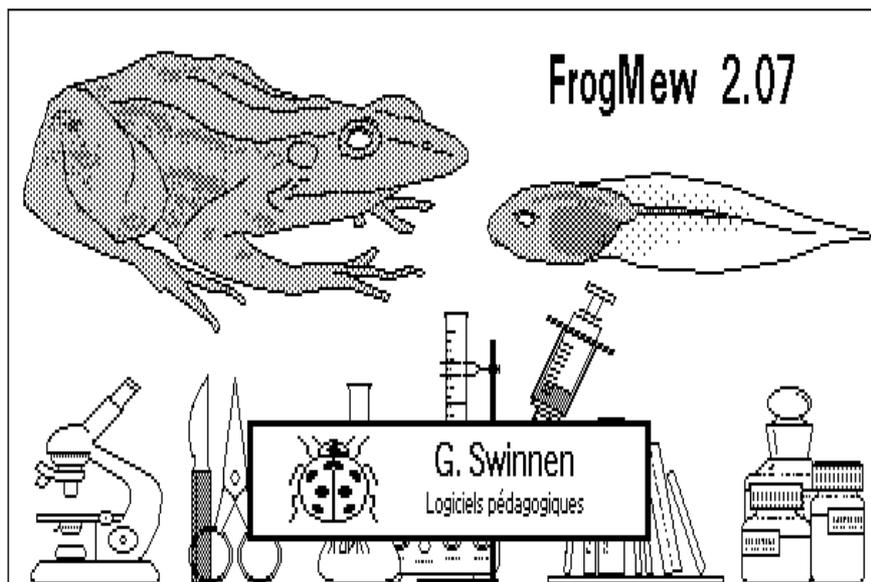
Parmi les quelques domaines d'application où les ordinateurs peuvent apporter un réel progrès pédagogique, les simulations d'expériences me semblent depuis toujours constituer l'une des démarches les plus profitables.

En effet : les professeurs qui enseignent des branches scientifiques savent bien que les méthodes pédagogiques les plus efficaces sont celles qui mobilisent au maximum l'activité de l'élève en classe, comme c'est le cas lors de séances de travaux pratiques, par exemple.

Or, l'élève utilisant un programme de simulation d'expérience bien conçu se trouve plongé dans une situation de travail très proche de celle qu'il peut vivre en laboratoire de sciences, mais avec ces différences que :

- Des expériences irréalisables concrètement pour des raisons diverses (coût trop élevé, durée d'expérimentation excessive, habileté des élèves insuffisante, etc.) deviennent possibles.
- La situation expérimentale peut être simplifiée. Encore que ce point mérite d'être débattu, les opérations à effectuer sont en tous cas plus faciles et plus rapides que dans une expérience concrète.
- Ni le matériel expérimental, ni l'expérimentateur lui-même ne courent des risques en cas de fausse manœuvre.
- Un véritable droit à l'erreur est instauré : l'étudiant peut décider lui-même sa stratégie expérimentale, procéder par tâtonnements, se tromper et recommencer éventuellement un grand nombre de fois ses tentatives, sans qu'il lui en coûte trop de temps ou d'argent.
- L'ordinateur peut guider l'élève et mémoriser le travail accompli.

## II. Présentation du logiciel



### A. Principe

**Frogmew** est un programme de simulation expérimentale, destiné à l'enseignement secondaire. Il permet la découverte active des notions d'hormone, de glande endocrine, de régulation hormonale, en proposant à son utilisateur une démarche très proche de l'expérimentation concrète sur l'animal, en laboratoire.

**Frogmew** simule un ensemble d'expériences concernant le mécanisme de la métamorphose chez la grenouille, expériences difficilement réalisables dans le cadre d'une classe-laboratoire d'école secondaire, les animaux sacrifiés dans ce but étant en outre menacés de disparition dans notre pays, et de ce fait protégés par la loi. L'intérêt d'une approche expérimentale ou pseudo-expérimentale de ce problème est néanmoins manifeste, surtout si l'élève peut disposer d'une grande autonomie dans la conduite de ses expériences, ce qui justifie la présente simulation.

## Frogmew

---

L'élève utilisant **Frogmew** est placé dans la même ambiance de travail que celle qui règne au cours de travaux pratiques réels. Il se trouve dans un laboratoire, qu'il gère à sa convenance. Il commande des têtards en pré-métamorphose chez un éleveur spécialisé, puis effectue différentes interventions qu'il décide librement, sur les têtards eux-mêmes (dissections, observations microscopiques, injections ...) ou bien sur les paramètres extérieurs (température, composition de l'eau d'élevage ...)

Il peut ensuite simuler un saut dans le temps (en avant seulement !) et observer, à terme, les effets de ses interventions sur la métamorphose : celle-ci sera tantôt anticipée, tantôt retardée suivant le cas.

Dans le cadre de ces expériences, il peut encore effectuer des analyses diverses, observer des préparations microscopiques de tissus glandulaires prélevés sur les animaux, et suivre l'évolution de certains paramètres au cours du temps.

Les animaux sont "animés" à l'écran : on voit les têtards nager parmi les plantes de leur aquarium, et se métamorphoser petit à petit.

Pour l'aider dans son travail, l'élève dispose en tout temps d'une documentation de référence, ainsi que d'un questionnaire-guide de travail, qui l'oriente dans ses recherches. Il peut répondre à ces questions par l'intermédiaire du clavier. Dans ce cas, ses réponses sont automatiquement mémorisées pour le professeur.

Le programme annexe **Frograp** permet par après à celui-ci d'obtenir des rapports détaillés sur imprimante.

Une autre aide disponible en permanence est la fonction "STATUS" qui permet de rappeler à l'écran l'état de l'expérience en cours : temps écoulé depuis le début de l'élevage, composition et température de l'eau, interventions déjà effectuées, indice d'avancement des phénomènes, etc.

## B. Un peu de théorie

### 1. Métamorphose de la grenouille

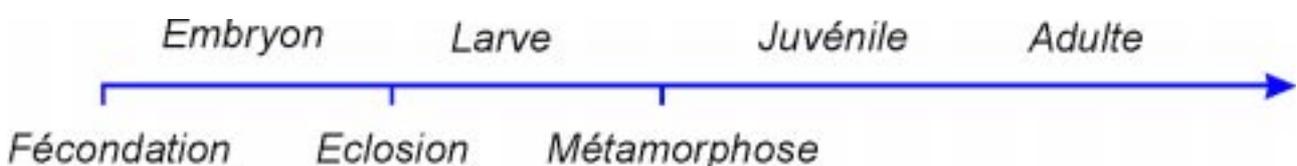
La grenouille fait partie de la classe des amphibiens, et de l'ordre des anoures (ce qui signifie que ces animaux sont dépourvus de queue).

C'est un vertébré tétrapode dont la température corporelle n'est pas contrôlée par un système de régulation comme chez les mammifères, et dont le développement comporte plusieurs étapes bien marquées.

L'animal mène le début de son existence sous la forme d'un embryon, qui grandit en utilisant les réserves alimentaires contenues dans l'oeuf.

A l'éclosion, il est devenu une larve nageuse libre, appelée **têtard** à cause de sa grosse tête fusionnée à un tronc globuleux. La période larvaire a une durée variable, qui dépend de nombreux facteurs - dont plusieurs sont d'ailleurs pris en compte dans la présente simulation - et elle se termine par une **METAMORPHOSE**.

Au cours de ce phénomène spectaculaire, l'animal subit une transformation radicale de son anatomie et de sa physiologie. D'aquatique qu'il était durant sa vie larvaire, il devient terrestre : la queue régresse, les membres se développent, les systèmes respiratoires, circulatoire, nerveux, etc., sont fortement remaniés. Au terme de la métamorphose, la larve est devenue un **juvénile**, qui possède dès lors les caractéristiques morphologiques de l'adulte.



Le but du travail proposé dans la présente simulation est de découvrir le mécanisme qui déclenche la métamorphose.

Les animaux que l'on étudie sont reçus au stade de têtards en début de pré-métamorphose. Cela signifie que dans des conditions naturelles normales, il leur faudrait encore environ 4 à 5 semaines de vie aquatique avant de commencer à se métamorphoser.

On peut alors observer le phénomène sans intervenir, le provoquer avant terme, ou l'empêcher, au contraire, en reproduisant en fait une série d'expériences dont les premières ont été réalisées vers 1912, lorsque Gudernatsch observa que des têtards nourris à l'aide de fragments de thyroïde de cheval présentaient une métamorphose anticipée.

## 2. La thyroïde

En tant que pièce anatomique, la thyroïde est connue chez l'homme depuis l'antiquité. C'est une glande molle, située à la base du cou, et dont la forme s'apparente un peu à celle d'un papillon.

Sa fonction véritable n'a cependant été découverte qu'au début du 19<sup>e</sup> siècle, quand on tenta les premières expériences d'ablation (Kocher, Suisse, 1933). On s'aperçut alors que l'absence de thyroïde - chez l'homme et les autres vertébrés à sang chaud - conduisait à un ralentissement très important de l'ensemble du métabolisme : diminution de la température corporelle, diminution des rythmes respiratoire et cardiaque, apathie, arrêt de la croissance, diminution des facultés mentales, etc.

On reconnut que l'ensemble de ces symptômes correspondait à une maladie connue depuis longtemps sous le nom de **crétinisme**.

Or, le crétinisme sévissait de façon endémique dans certaines populations, notamment celles de régions éloignées de la mer. Les médecins de l'époque tentèrent de soigner ces malades en leur prescrivant de simples extraits thyroïdiens, et cela réussit.

Cela démontrait donc la nature chimique du rôle joué par la thyroïde dans un organisme vivant : La thyroïde devait produire une ou plusieurs substances, vraisemblablement véhiculée(s) par le sang, et agissant de façon puissante sur de nombreux autres organes.

De telles substances ont depuis lors été baptisées **HORMONES**.

### 3. Nature des hormones thyroïdiennes

L'attention des chercheurs se porta ensuite sur les raisons qui font que certaines populations soient particulièrement touchées par le crétinisme.

L'analyse chimique élémentaire avait montré que les tissus thyroïdiens sont beaucoup plus riches en **iode** que tous les autres organes. On ne tarda pas à mettre ce fait en relation avec d'autres informations faisant état de ce que les populations les plus touchées par le crétinisme avaient un régime alimentaire pratiquement dépourvu d'iode, cet élément étant présent surtout dans les nourritures d'origine marine.

En fournissant de l'iode à ces populations, on parvint alors à y faire régresser le crétinisme de manière spectaculaire. A dater de cette époque, il est donc devenu évident que la thyroïde ne peut élaborer ses hormones que si elle peut disposer de l'élément iode.

Nous savons à présent que les hormones thyroïdiennes sont au nombre de deux : ce sont des molécules relativement complexes, apparentées à des acides aminés, respectivement appelées tri-iodo-thyronine (ou T3), et thyroxine (ou T4).

### 4. Régulation hormonale

Une autre question d'importance fut d'essayer de comprendre le mécanisme de **REGULATION** de la sécrétion thyroïdienne.

Comme déjà décrit plus haut, une production insuffisante de thyroxine par la thyroïde provoque le crétinisme, état pathologique grave que l'on désigne aussi par le terme d'hypothyroïdisme.

D'autre part, une trop grande sécrétion de la même hormone est également néfaste : l'individu atteint d'hyperthyroïdie se consume littéralement dans l'effort d'un métabolisme lancé à plein régime : sa température corporelle est élevée, son rythme cardiaque accéléré, son émotivité exacerbée, etc.

On sait également que dans certaines autres conditions, la thyroïde peut gonfler fortement et dilater le cou, ce que l'on appelle un **goitre**.

# Frogmew

---

Dans les conditions normales de l'existence, la sécrétion de la thyroïde est donc automatiquement ajustée à sa valeur idéale. **Comment ?**

Pour répondre à cette question, il faut réaliser de nombreuses expériences, et s'intéresser notamment à une autre glande endocrine, située à la base du cerveau et en relation étroite avec lui : l'hypophyse.

L'hypophyse secrète un certain nombre d'hormones différentes.

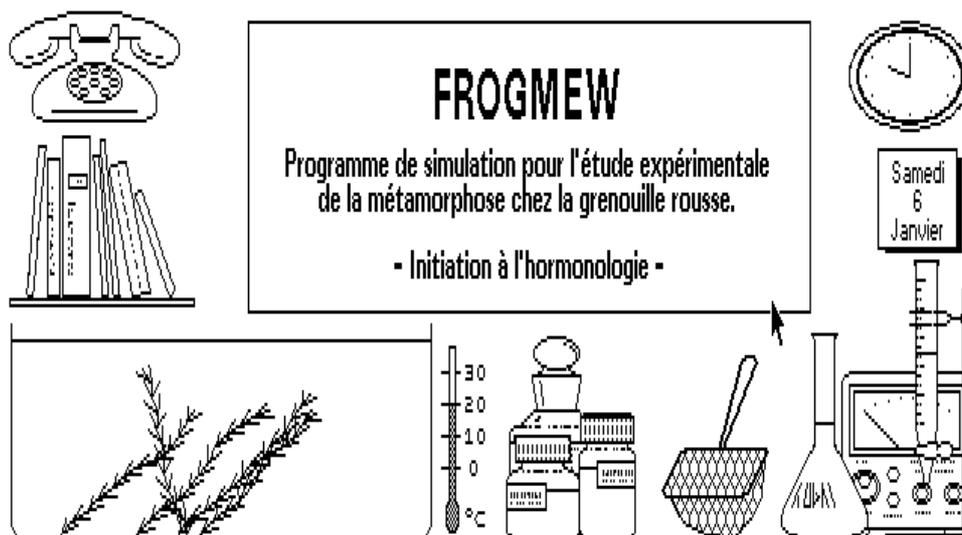
Celle qui nous intéresse ici s'appelle la thyroïdo-stimuline hypophysaire, ou **TSH**. Comme son nom l'indique, cette hormone agit sur la thyroïde, et intervient donc dans son mécanisme régulateur.

L'utilisateur du programme **Frogmew** est invité à étudier le système de régulation de la sécrétion thyroïdienne, en intervenant au niveau de la thyroïde elle-même, ou bien au niveau de l'axe hypothalamus-hypophyse. Les interventions peuvent être des ablations ou des greffes de tissu glandulaire, des injections d'hormones ou d'inhibiteurs.

## 5. La simulation proprement dite

**Frogmew** permet de simuler un ensemble de phénomènes liés à la sécrétion thyroïdienne, mais dans le cas particulier de la grenouille.

(C) G. Swinnen 1989-1993. · CGA Mode. · Program licensed to T. Lacerda & A.J. Vieira · P4700 BRAGA



Il faut faire remarquer d'emblée que la fonction de la thyroïde n'est pas la même chez l'homme et cet animal "à sang froid". Il y a évidemment des similitudes, mais aussi des différences importantes :

Le crétinisme et l'hyperthyroïdie n'existent pas en tant que tels chez les amphibiens. La thyroïde ne sert donc pas à contrôler le métabolisme de base, chez ces animaux. D'autre part, il y a chez eux ce phénomène spectaculaire qu'est la métamorphose. En fait, c'est en étudiant en détail le mécanisme de la métamorphose que l'on peut comprendre la fonction thyroïdienne chez les amphibiens. Les informations fournies dans les paragraphes précédents à propos du rôle de la thyroïde chez l'homme ne sont donc que des indications, qui permettront d'orienter le travail.

### **Simplifications apportées par la simulation sur ordinateur :**

Même complexe, une simulation reste infiniment plus simple que la situation expérimentale concrète. Il faut attirer l'attention des utilisateurs du programme sur le fait que ce genre de travail ne donne qu'une idée très approximative de ce qui se passe réellement quand on réalise les expériences "en vrai". Nous admettons entre autres :

- que tous les paramètres non cités sont normaux et maintenus constants (éclairage, pH de l'eau, densité de population ...)
- que les animaux d'expérience ne sont sujets à aucune maladie, malformation, tare héréditaire ...
- que le régime alimentaire est équilibré, mais **dépourvu d'iode**, ainsi d'ailleurs que l'eau utilisée pour remplir l'aquarium.
- que les dessins représentant les animaux ou leurs organes comportent nécessairement quelques imprécisions ou inexactitudes, notamment en ce qui concerne la taille. Comme les schémas accompagnant les ouvrages scientifiques, les dessins apparaissant sur l'écran d'un ordinateur ne sont que des modèles, destinés à faire comprendre un principe sous-jacent.

## C. Mise en route du logiciel sous MS-DOS

**Note** : *Ce paragraphe concerne uniquement l'utilisation de Frogmew sous MS-DOS seul (ordinateurs anciens de type PC XT, AT). Sous Windows, il vous suffit de cliquer sur l'icône du logiciel pour le faire démarrer.*

### 1. Souris ou Pseudo-souris.

Pour pouvoir utiliser **Frogmew** dans les meilleures conditions, il est très souhaitable que vous puissiez disposer d'une souris. Cette souris doit être une souris "compatible Microsoft®", et il faut qu'un gestionnaire de souris approprié ait été chargé en mémoire, à la mise en marche de l'ordinateur.

**Frogmew** mettra automatiquement à votre disposition une "souris de secours", si aucun gestionnaire de souris n'est détecté, ou si la souris elle-même est débranchée ou incompatible.

Pour déplacer cette souris de secours sur l'écran, utilisez les touches d'édition du clavier (touches "fléchées"). Le rôle des boutons gauche et droit de cette "pseudosouris" est tenu par :

- la touche [Enter] ou la touche [-] pour le bouton de gauche,
- la touche [+] ou la touche [Space] pour le bouton de droite.

**Note** : *Les touches fléchées ordinaires (touches grises) provoquent des déplacements importants (rapides) du pointeur. Vous pouvez obtenir des déplacements plus faibles (et donc positionner plus précisément le pointeur) en utilisant les touches 2, 4, 6, 8 de votre clavier numérique, qui sont également marquées de flèches.*

### 2. Options disponibles au lancement du programme :

Si votre ordinateur est équipé d'une carte vidéo **VGA** ou **EGA**, mais que votre moniteur est de type monochrome, vous avez peut-être intérêt à lancer le programme de telle manière qu'il soit forcé d'afficher des images en noir et blanc uniquement.

Pour ce faire, lancez le programme en frappant : **Frogmew/M**

### 3. Problèmes à la mise en route.

En cas d'erreur au démarrage, vérifiez bien les points suivants :

Votre ordinateur doit accepter l'un des trois modes d'affichage vidéo **CGA**, **EGA**, ou **VGA**. Tout autre mode d'affichage (Hercules, MDPA...) est incompatible. Les images apparaissant à l'écran ne seront colorées, toutefois, que si la carte graphique est de type **EGA** ou **VGA**.

Tous les fichiers de travail du programme doivent être accessibles, c.à.d. se trouver dans le lecteur (ou le répertoire) courant. Si cette condition n'est pas réalisée, le programme s'interrompt.

La disquette de travail ne peut pas être "protégée en écriture" (puisque le programme mémorise votre travail).

**Note** : *Des problèmes d'affichage peuvent parfois se manifester avec des ordinateurs équipés de certaines cartes graphiques **VGA** connectées à un moniteur monochrome. Si ce problème se présente, il faut essayer la commande MSDOS : **MODE CO80** avant de lancer le programme.*

### 4. Disquettes de travail

Rappelons ici que vous êtes autorisé à faire des copies du logiciel sur des disquettes de travail, mais seulement pour le nombre d'ordinateurs destinés à travailler en parallèle dans un même local. Vous ne pouvez pas distribuer le programme à d'autres professeurs, même au sein de votre institution scolaire. Veillez aussi à ce que les élèves vous rendent ces disquettes de travail à la fin de chaque séance : votre responsabilité est engagée. N'abandonnez pas non plus le logiciel sur le disque dur de machines accessibles à d'autres que vous.

Vous réalisez des disquettes de travail en copiant tous les fichiers de votre disquette d'origine sur des disquettes vierges.

Vous pouvez également créer un répertoire de travail sur le disque dur de votre ordinateur, et y copier le contenu de votre disquette d'origine.

## Frogmew

---

Si les ordinateurs dont vous disposez sont équipés **EGA** ou **VGA**, le programme trouve ses dessins dans les fichiers dont les noms se terminent par **\*\*\*\*\*4.PIC** (Dessins en 16 couleurs).

Si vos ordinateurs sont équipés d'une carte graphique de type **CGA**, le programme utilise automatiquement une autre série de fichiers, dont les noms se terminent par **\*\*\*\*\*2.PIC** (Dessins en 2 couleurs).

C'est ce qui se produit également si vous lancez le programme avec l'option **/M** (Voir page précédente).

Suivant les machines dont vous disposez, vous pouvez donc décider de ne garder que l'une ou l'autre de ces séries de fichiers sur vos disquettes de travail : cela laissera davantage de place sur celles-ci pour l'enregistrement des données des élèves.

### ***III. Utilisation du logiciel***

#### **A. Fichier de mémorisation**

Après la page de présentation et les messages de Copyright, vous êtes invité à fournir un nom pour le fichier de mémorisation. Vous devez en outre fournir vos coordonnées personnelles.

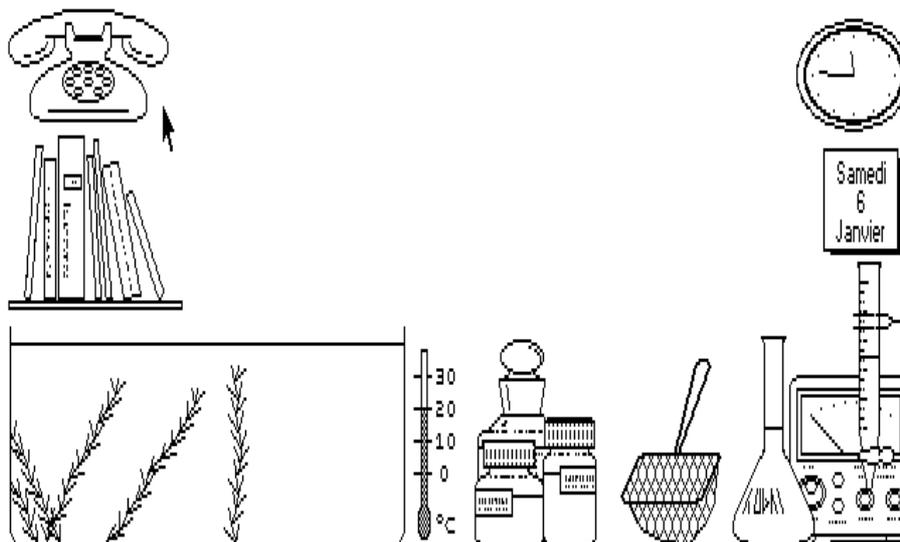
Ce fichier sert essentiellement à mémoriser les réponses fournies par l'utilisateur aux questions du guide de travail. Si vous ne répondez pas à ces questions (par l'intermédiaire du clavier), la mémorisation ne sert presque à rien, et vous ne devez donc pas en tenir compte. Si vous répondez aux questions, le professeur peut obtenir et imprimer un état de votre travail, en faisant appel au programme annexe **FROGRAP**.

Si vous entrez un nouveau nom de fichier, veillez à respecter la règle suivante : Un nom de fichier ne peut comporter que huit caractères au maximum, et uniquement des lettres non accentuées. Il peut éventuellement comporter aussi des chiffres, mais doit obligatoirement commencer par une lettre. Pas d'accents donc, ni de cédilles, etc.

## B. Espace de travail

Une fois le programme lancé, vous vous trouvez dans un laboratoire de Biologie, avec à votre disposition immédiate tout un ensemble d'"objets" (ce sont plutôt des symboles) que vous pouvez sélectionner en amenant sur eux une sorte de pointeur (ou de curseur) en forme de flèche. Vous pilotez ce pointeur à l'aide de la souris, ou encore à l'aide des touches d'édition (touches fléchées) de votre clavier.

Pointez ce téléphone pour obtenir de l'aide, des têtards, etc ...



Quand le pointeur atteint un symbole, vous activez la fonction correspondante en enfonçant l'un des boutons de la souris (En général, celui de gauche. Le bouton droit donne accès à quelques messages explicatifs)..

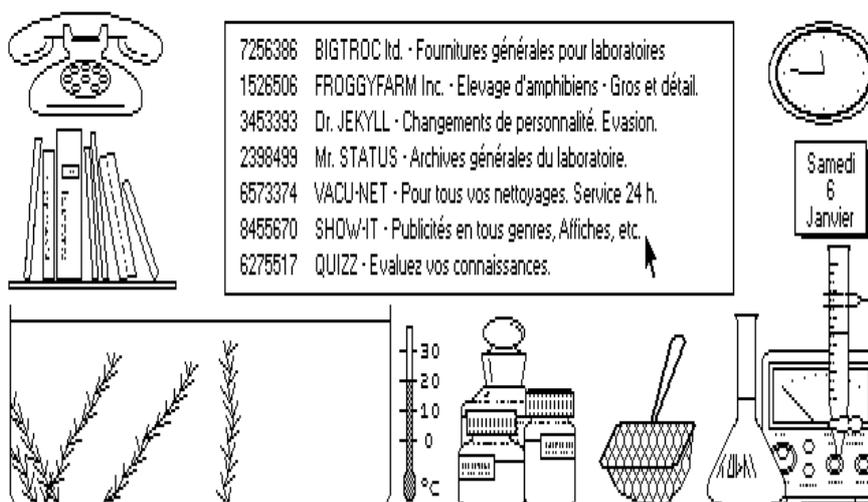
Chaque symbole ainsi sélectionné est représentatif de l'une des fonction du programme. Toutes ces fonctions sont décrites ci-après.

## C. Fonctions du programme

### 1. Téléphone.

Quand vous pointez le téléphone, vous voyez apparaître au centre de l'écran la liste des numéros de téléphone que vous pouvez "appeler".

Ci-dessous la reproduction d'un petit extrait de l'annuaire téléphonique.  
Pointez le numéro que vous désirez appeler :



Pour appeler un numéro, il suffit de cliquer dessus à l'aide de la souris. Vous choisissez ainsi l'une ou l'autre des fonctions correspondantes, décrites ci-après :

#### a. Commande de têtards.

Pointez le numéro de **FROGGYFARM Inc.**

A chaque nouvelle commande de têtards, **Frogmew** considère que vous souhaitez commencer une nouvelle expérience. Les animaux présents dans l'aquarium sont éliminés, et les tableaux de mesures effacés, **mais l'eau de l'aquarium n'est pas renouvelée d'office.**

Vous pouvez donc recommencer une nouvelle expérience sur la base de la précédente. Si vous désirez au contraire repartir de zéro, avec de l'eau pure, il faut demander un nettoyage de l'aquarium.

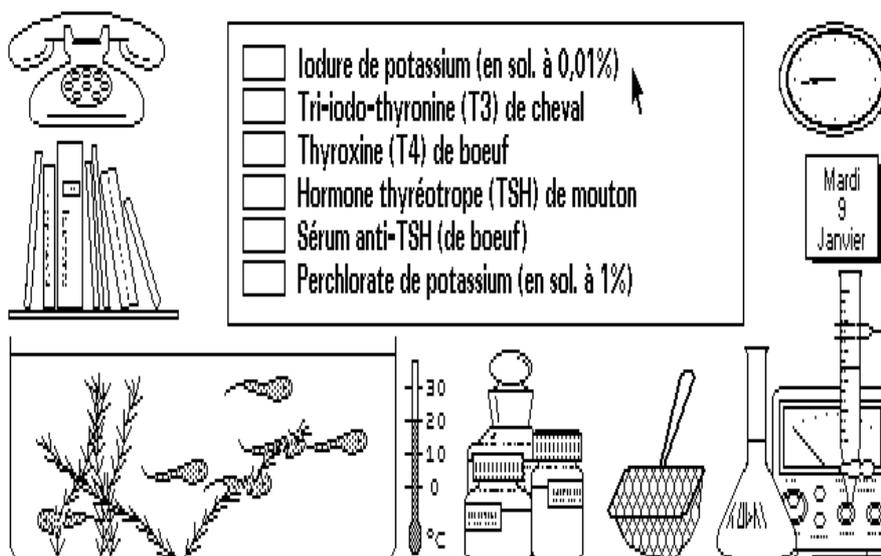
## b. Commande de produits chimiques.

Pointez le numéro de **BIGTROC Ltd.**

Vous devez réaliser cette petite opération pour être autorisé ensuite à incorporer des substances diverses à l'eau de l'aquarium, à faire des injections d'hormones, à réaliser des analyses chimiques.

Addition d'une substance chimique à l'eau de l'aquarium :

Les substances ci-dessous sont disponibles :



## c. Mémorisation, Sortie du programme.

Pointez le numéro du **Dr. JEKYLL.**

Cette option vous permet de changer (éventuellement) le nom du fichier de sauvegarde, de sauvegarder les réponses déjà fournies aux questions du guide de travail, ou de terminer. Si vous choisissez "Terminer", une sauvegarde a lieu automatiquement.

## d. Nettoyage de l'aquarium.

Pointez le numéro de **VACU-NET.**

L'expérience en cours est suspendue. Les animaux présents dans l'aquarium sont éliminés. L'eau de l'aquarium est remplacée par de l'eau pure (dépourvue d'iode). Il s'agit donc d'une fonction de réinitialisation.

### e. Etat d'avancement de l'expérience en cours.

Pointez le numéro de **Mr. STATUS**.

Cette fonction vous renseigne sur l'état d'avancement de votre expérience, vous rappelle les interventions que vous avez déjà réalisées, le temps écoulé, la composition de l'eau de l'aquarium, etc. Utile surtout si vous avez un doute concernant les actions déjà effectuées.

#### \*\*\* STATUS \*\*\*

Expérience # 4

Jour courant : 78 - Température : 20°C

Temps écoulé depuis le début de l'expérience : 11 jours

Stade d'avancement de l'expérience (de 0 à 9) : 5

Composition de l'eau :

iode ( ions iodure I<sup>-</sup> ) : 293 µg/l

Injections effectuées :

thyroestimuline (TSH)

La thyroïde des animaux est anormalement gonflée (goître)

### f. Questionnaire - Guide de travail.

Pointez le numéro de **QUIZZ**.

Vous devez faire appel à ce questionnaire pour orienter vos recherches. En effet : pour pouvoir répondre aux questions posées, vous serez amené à effectuer des expériences et à observer leur résultat. Le questionnaire est donc surtout un guide qui vous donne des indications sur le travail à réaliser. Il est disponible à tout moment. Si vous le désirez, vous pouvez ne répondre qu'à quelques questions à la fois et sauter les autres.

Vous pouvez également fournir des réponses provisoires, que vous modifiez ensuite au fur et à mesure de l'évolution de votre travail.

Votre professeur vous fournira peut-être aussi ce questionnaire sur une feuille d'accompagnement, pour vous permettre d'avancer plus vite.

#### Récupération des réponses déjà mémorisées :

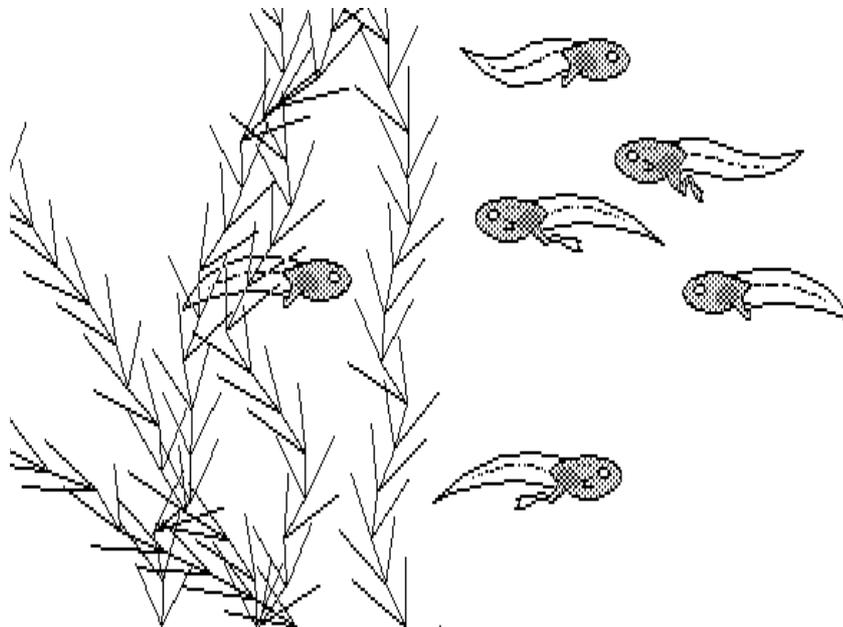
A la fin de la séance de travail, vos réponses seront mémorisées sur le disque dur ou la disquette. Vous les récupérez automatiquement lors de la séance de travail suivante, et vous pouvez alors continuer à les modifier si nécessaire.

## 2. Documentation

La documentation disponible ici peut servir d'introduction à votre travail. Il vous faudra bien sûr consulter d'autres références bibliographiques, afin de disposer de renseignements complets et détaillés.

## 3. Aquarium

Si vous pointez l'aquarium, vous en obtenez une image agrandie : vous voyez alors évoluer les animaux sur tout l'écran.



## 4. Thermostat

Il est possible de modifier le paramètre [Température]. Pour ce faire, cliquez sur le thermomètre, et puis réglez la température à votre convenance à l'aide des boutons gauche et droit de la souris.

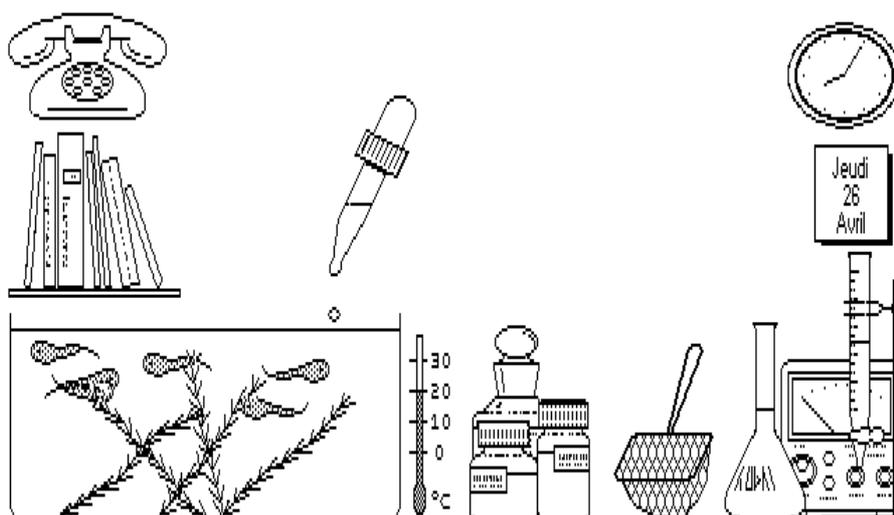
La métamorphose dépend de ce paramètre dans une mesure assez large, car la grenouille est un animal sans régulation thermique. La vitesse de son métabolisme peut donc varier beaucoup en fonction de la température de son environnement. Si la température est très basse, il se peut même que la métamorphose ne se déclenche pas.

## 5. Accès aux produits chimiques

Les hormones sont des substances chimiques. Vous pouvez utiliser ces substances, ainsi que d'autres intervenant dans les mécanismes hormonaux de la métamorphose, de deux manières différentes :

- En cliquant sur le symbole [Petits flacons] situé à droite de l'aquarium, vous activez la fonction qui vous permet d'ajouter une substance à l'eau de cet aquarium.

Iodure de potassium (en sol. à 0,01%) :



- En cliquant sur la seringue qui apparaît quand vous avez capturé un têtard (voir plus loin), vous activez la fonction qui vous permet d'injecter une substance aux animaux eux-mêmes. Certaines substances (qui sont détruites au cours de la digestion, par exemple, ou sont tout simplement très coûteuses) doivent en effet être injectées.

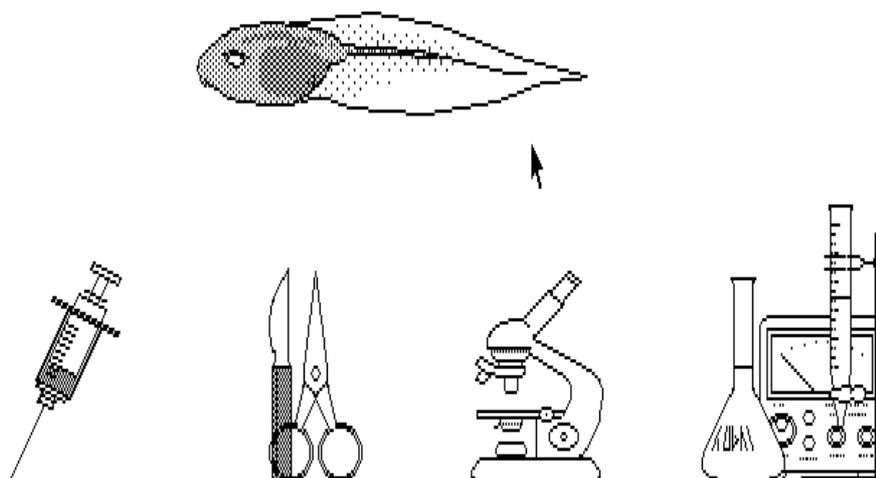
**Remarque** : l'eau de l'aquarium n'est pas automatiquement renouvelée chaque fois que l'on commande de nouveaux têtards. Cela vous permet d'effectuer facilement plusieurs expériences en gardant une même composition pour l'eau d'élevage.

## 6. Capture d'un animal dans l'aquarium

En cliquant sur le symbole qui représente une épaisse, vous capturez un animal au hasard (têtard ou grenouille) dans l'aquarium.

Si vous procédez à cela en début d'expérience, vous êtes alors autorisé à effectuer sur cet animal une série d'interventions :

- Animal pêché au hasard dans l'aquarium -



- a. Injection de différentes substances (hormones, poisons ...).
- b. Dissection (ablation de glandes ou d'autres organes).
- c. Observation de coupes microscopiques de thyroïde.
- d. Mesure des taux plasmatiques de thyroxine et TSH.

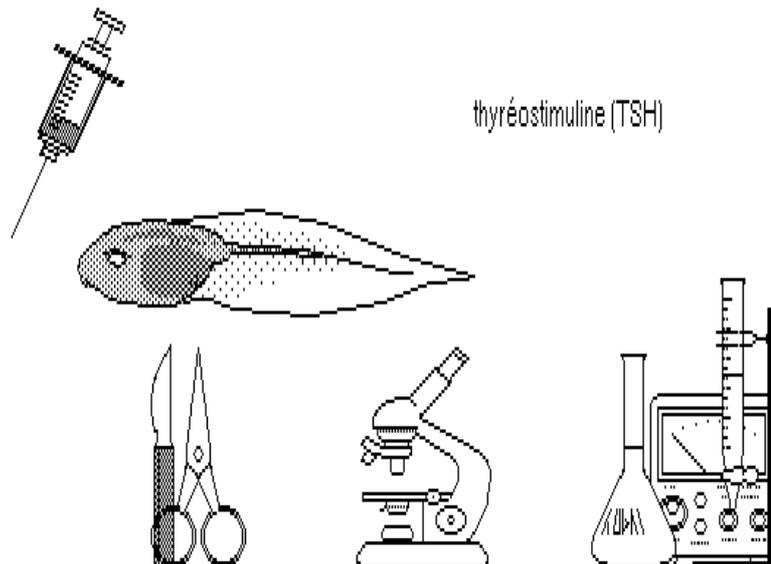
**Remarque :** Une fois l'expérience commencée, vous ne pouvez plus en modifier les paramètres. L'expérience est considérée comme telle, quelques jours après l'installation de nouveaux têtards dans l'aquarium (cette durée varie avec la température), et surtout dès que la métamorphose s'est déclenchée. A partir de ce moment, seules les options c) et d) de la fonction sont encore fonctionnelles.

## a. Injections.

Cliquez sur le symbole représentant une seringue.

Vous devez d'abord choisir la substance à injecter : si la réserve de produits est épuisée, il faut téléphoner au fournisseur (BIGTROC Ltd.).

Pointez l'endroit du corps où vous voulez injecter. (Annulation = Bouton droit)



Ensuite, vous constatez que la seringue devient mobile : vous la pilotez alors (à l'aide de la souris) jusqu'à un emplacement adéquat, et vous cliquez à nouveau. L'injection est effectuée.

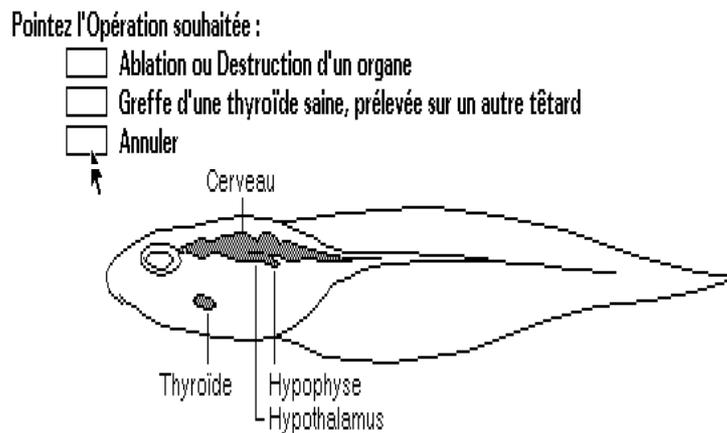
**Remarque :** A partir de ce moment, tous les têtards présents dans l'aquarium sont supposés avoir reçu la même injection. Vous ne devez donc pas les pêcher tous !

## b. Ablations et Greffes.

Il est envisageable de réaliser quelques interventions de type chirurgical sur les animaux d'expérience. Il va de soi que les seules opérations proposées sont en relation directe avec le but de la simulation, à savoir comprendre ce qui déclenche la métamorphose. Il n'est pas permis de disséquer une patte, par exemple. Dans le même ordre d'idées, les seuls effets produits par les dites interventions consistent à inhiber ou déclencher le phénomène.

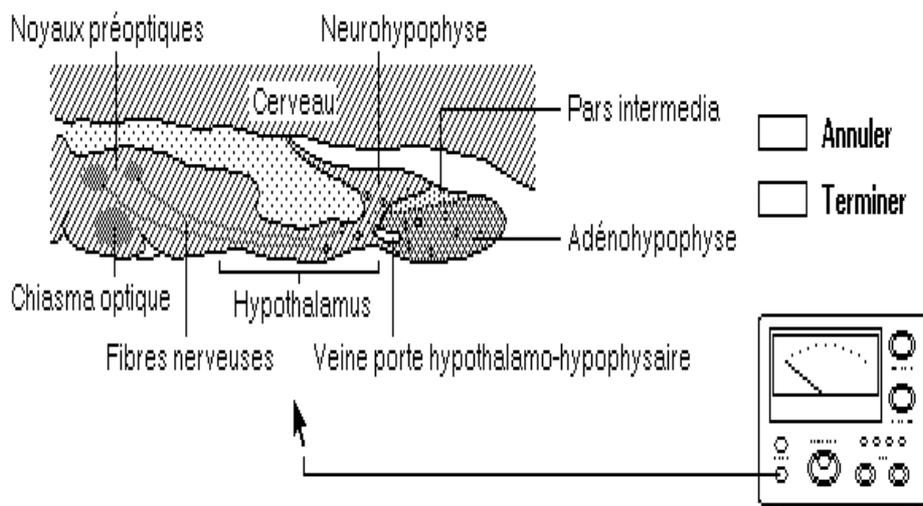
D'autre part, les organes du têtard étant fort petits, certaines interventions sont considérées comme impossibles (greffe d'hypophyse, par exemple).

Cliquez sur le symbole représentant un bistouri et des ciseaux.  
Vous obtenez une première image agrandie et légendée de l'animal :



Vous pouvez alors choisir, soit de greffer à l'animal une thyroïde saine, prélevée sur un têtard en bonne santé, soit de détruire certains organes du têtard, tels la thyroïde ou la région hypothalamo-hypophysaire.  
Si vous pointez la région Hypothalamus-Hypophyse, vous obtenez une nouvelle image, encore plus agrandie, de la région considérée :

Ces organes sont minuscules, chez le têtard.  
Pour les détruire, vous devez les brûler à l'aide d'une microélectrode  
(sorte de bistouri électrique miniaturisé)



# Frogmew

---

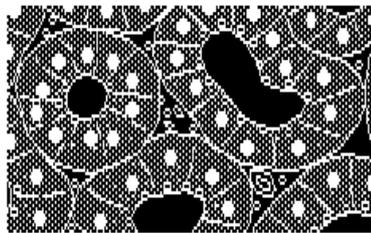
Le choix de la région à détruire se fait alors en commandant le déplacement d'une micro-électrode.

**Frogmew** ne distingue pas différents effets suivant l'endroit exact qui est détruit par l'utilisateur dans cette région : les organes présentés sont d'ailleurs tellement minuscules, chez le têtard, qu'il est illusoire d'espérer distinguer les rôles précis de chacun d'entre eux, pour le contrôle de la métamorphose en tous cas. L'axe hypothalamo-hypophysaire est donc considéré ici comme un ensemble.

L'utilité de l'image affichée est d'ordre documentaire : le professeur pourra utilement attirer l'attention de ses élèves sur l'importance cruciale de cette région anatomique, les rôles multiples de l'hypophyse, sa connexion avec le système nerveux central, etc.

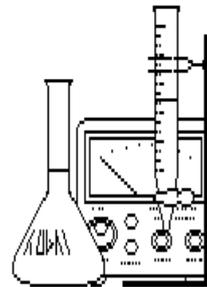
**Remarque** : A partir du moment où vous avez réalisé une greffe ou une destruction d'organe, tous les têtards présents dans l'aquarium sont supposés avoir reçu le même traitement, comme pour les injections déjà citées. Encore une fois, vous ne devez donc pas les pêcher tous !

## c. Observations microscopiques.



(G 500x)

Observation de follicules thyroïdiens au microscope



Cliquez sur le symbole représentant un microscope. En pointant cette option, vous pourrez suivre l'évolution du tissu thyroïdien au cours de la métamorphose. La thyroïde contient de nombreuses petites cavités entourées de cellules sécrétrices : on les appelle des **follicules**.

Les hormones thyroïdiennes (T3 et T4) s'accumulent dans ces cavités avant de passer dans le sang. Quand la thyroïde est active, le cytoplasme des cellules sécrétrices gonfle très nettement.

### d. Mesure du taux de thyroxine circulante.

Cliquez sur le symbole représentant des appareils de laboratoire.

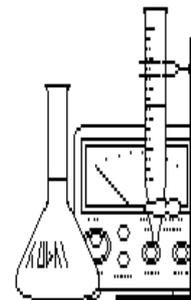
Il est très difficile de mesurer le taux des hormones circulantes, dans le sang d'un animal aussi petit que le têtard.  
La seule méthode praticable consiste à faire un dosage radioimmunologique.

Taux de thyroxine mesuré : 110 nanogrammes / 100 ml (incertitude = 10 %).

Taux de TSH : - Non mesurable -

#### Remarque :

Les valeurs mesurées sont mémorisées pour chaque jour qui passe.  
Vous pouvez en obtenir une représentation graphique en faisant appel à la fonction <mesures>, au niveau fondamental du programme.



Vous obtenez les résultats d'analyses effectuées sur le sang des têtards. On y mesure le taux de thyroxine circulante, et on essaie aussi de déceler la présence de l'hormone TSH. Celle-ci étant produite en quantité infime, dans un animal lui-même minuscule, il n'est pas possible de mesurer véritablement le taux de cette hormone : **Frogmew** considère que l'hormone est détectable (à l'état de traces) quand elle est fonctionnellement présente.

Si vous activez régulièrement, au cours du déroulement de votre expérience, la fonction "analyse sanguine" décrite ici, les mesures successives du taux de thyroxine circulante sont mémorisées.

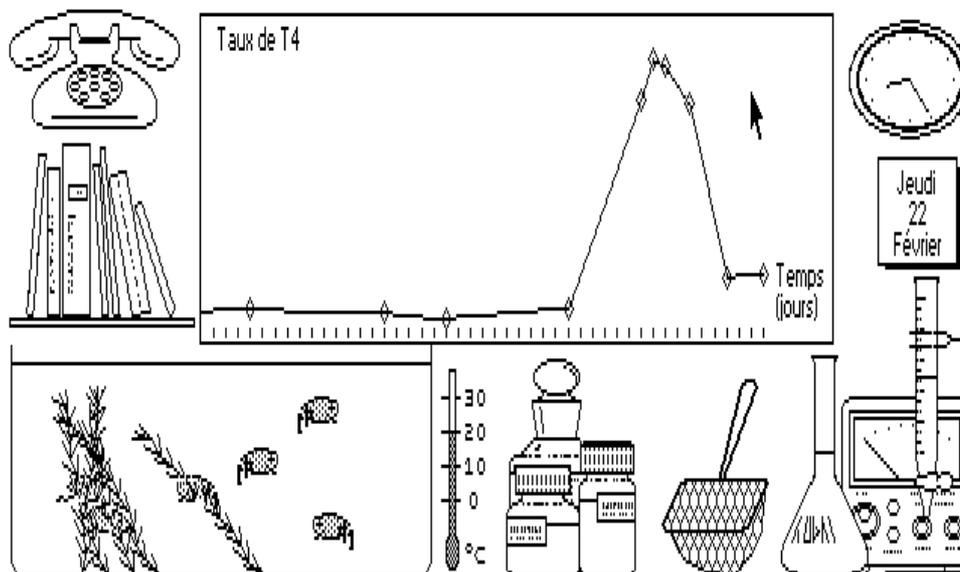
A la fin de l'expérience, vous pouvez alors obtenir une représentation graphique de l'évolution de ce paramètre au cours du temps, en cliquant sur ce même symbole "analyses", accessible également au niveau de fonctionnement central du programme (Voir ci-après).

## 7. Analyses chimiques

Cette option vous permet d'effectuer des mesures du taux de certaines substances présentes dans l'eau de l'aquarium.

Elle vous permet aussi d'obtenir une représentation graphique de l'évolution du taux plasmatique de thyroxine au cours du temps (si toutefois vous avez effectué les mesures correspondantes !).

Le tableau ci-dessous décrit l'évolution du taux de thyroxine circulante au cours du temps :  
(Pour lister les valeurs mémorisées correspondantes, enfoncez un bouton)



## 8. Calendrier

Pour étudier la métamorphose normale, il faut observer les têtards pendant une assez longue période de temps (2 mois environ).

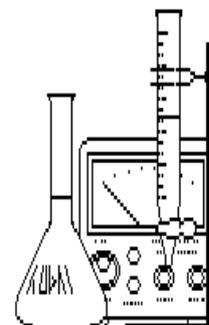
La simulation sur ordinateur autorise ce petit miracle, qui est de vous donner la liberté de voyager rapidement dans l'avenir, pour observer les effets des actions que vous avez entreprises. Cliquez sur le calendrier, et frappez le nombre de jours à "sauter".

Attention, cependant : le retour en arrière n'est pas possible, et on ne peut pas non plus modifier les paramètres d'une expérience en cours.

▪ Animal pêché au hasard dans l'aquarium ▪



A noter : présence d'un goître.



### *IV. Exploitation pédagogique du logiciel*

Nous pensons que l'utilisation de ce logiciel par nos élèves peut les aider à découvrir les principaux mécanismes endocriniens d'une manière très active et attrayante, et aussi attirer leur attention sur la nécessité de bien organiser son travail quand on pratique une recherche expérimentale.

Confronté pour la première fois à un programme de simulation de ce type, l'élève moyen fait l'erreur de commander d'emblée de nombreuses interventions, dont les effets ne sont évidemment pas interprétables, puisqu'il ne dispose d'aucun cadre de référence.

Il faut donc généralement que le professeur intervienne, pour lui faire remarquer qu'il convient d'observer en premier lieu le déroulement d'une métamorphose normale, les animaux n'étant soumis à aucun traitement spécial, avant de tenter diverses interventions pour la modifier.

Il nous semble important de rappeler ici que la métamorphose ne se produira que si les animaux disposent d'un peu d'iode. Etant donné que le logiciel permet d'étudier ce qui se passe quand les têtards sont élevés dans un environnement où cet élément fait défaut, il faut penser à l'ajouter à l'eau de l'aquarium (sous forme d'iodure de potassium, par exemple), pour obtenir l'évolution de référence.

Pour ce point encore, il arrivera fréquemment que l'intervention du professeur se révèle nécessaire, ainsi d'ailleurs qu'à d'autres étapes de la recherche ultérieure. Bien que **Frogmew** ait été conçu de manière à autoriser un maximum d'autonomie aux élèves qui l'utilisent, la présence active du professeur reste indispensable.

Il serait cependant bien dommage d'en conclure qu'il faille fournir à l'élève une foule de directives avant de commencer : le principal intérêt pédagogique d'une simulation telle que celle-ci étant que l'on y permet à l'élève un cheminement de découverte par essais et erreurs, il est essentiel que le professeur se montre aussi peu directif que possible.

C'est surtout par ses propres erreurs que l'élève devra comprendre la nécessité de décider une méthode de progression rigoureuse, dans laquelle il s'efforcera de ne modifier qu'un seul paramètre à la fois, etc.

Un fil conducteur existe, de toute façon, sous la forme du questionnaire-guide de travail. Si le professeur estime celui-ci insuffisant, il peut le modifier à sa guise (voir chapitre suivant).

Une autre particularité essentielle de ce programme, est que les résultats obtenus à la suite d'interventions diverses sont **montrés**, et non **décrits**. Ceci constitue un élément très important de la philosophie pédagogique sous-jacente, parce que cela signifie que l'élève doit donc obligatoirement faire l'effort d'**analyser** l'image qui lui est présentée à l'écran pour essayer de comprendre ce qui se passe, tout à fait comme dans une véritable expérience de laboratoire.

Nous pensons en effet qu'une simulation comme celle-ci doit absolument éviter de présenter à l'élève des **conclusions**. C'est l'élève qui doit les tirer lui-même, quitte à ce qu'il se trompe ! Un logiciel à vocation pédagogique doit obliger l'élève à réfléchir, et non réfléchir à sa place.

Il serait évidemment très facile de faire afficher par l'ordinateur des messages du genre :

*“ La métamorphose ne s'est pas produite : vous obtenez d'énormes têtards à la place des grenouilles attendues. Recommencez en ajoutant de l'iode à l'eau de l'aquarium. ... etc ... ”*

Nous pensons que procéder de la sorte constituerait une faute pédagogique grave, et que l'élève se désintéresserait d'ailleurs assez vite d'un programme de simulation doté d'un tel comportement.

Le déroulement des opérations est déjà beaucoup plus rapide au cours d'une simulation qu'au cours d'une véritable expérience. Il ne faudrait pas que le souci d'obtenir rapidement des résultats conduise à escamoter la recherche d'une compréhension personnelle des phénomènes, ainsi que l'apprentissage d'une vraie démarche scientifique. C'est en effet là le but primordial d'une démarche pédagogique comme celle-ci, les notions acquises en cours de travail ne constituant qu'un objectif secondaire.

D'un autre côté, il ne faut pas non plus entretenir l'illusion que la démarche expérimentale est un processus évident, automatique en quelque sorte. Il faut au contraire apprendre à nos élèves que l'élaboration d'une expérience implique la prise en compte de nombreux petits problèmes secondaires (vaisselle, rangement, intendance ...) et souvent un gros effort d'imagination.

Pour que tous ces concepts soient bien mis en évidence, cependant, et aussi pour qu'ils puissent être suffisamment structurés en vue de leur mémorisation, il importe de donner à l'élève quelques conseils.

Le professeur devra notamment insister beaucoup sur l'importance de la prise de notes en cours de travail : il faut noter les observations, les hypothèses à vérifier, les actions entreprises, ainsi que leur résultat.

Il nous semble essentiel que l'élève soit tenu de rédiger **un rapport de travail**. En effet, si l'on veut exploiter convenablement les potentialités du logiciel, il faut laisser aux élèves la possibilité de travailler plusieurs heures avec **Frogmew**. Ce long travail doit se concrétiser dans la rédaction d'un texte, ne serait-ce que pour prouver que les heures consacrées à cette activité ont été profitables.

Nous sommes convaincus qu'il est important d'apprendre à nos élèves à produire de tels rapports, de les vouloir assez ambitieux, d'en exiger une présentation soignée. Ce genre de travail est valorisant en lui-même pour l'élève, et le professeur ne devra pas craindre de lui attribuer une importance suffisante dans son évaluation finale, au bulletin.

Les élèves doivent pouvoir utiliser le logiciel de manière très libre : il faut en effet leur laisser réellement découvrir et explorer la simulation.

Il sera bon, toutefois, d'entrecouper ces séances d'expérimentation libre aux commandes du logiciel, de quelques mises en commun (ou synthèses) sous la direction du professeur.

## ***V. Modification du questionnaire-guide***

Le questionnaire de travail fait partie d'un fichier ASCII distinct du corps du programme, et donc aisément modifiable au gré du professeur, pour autant que celui-ci possède quelque'expérience du traitement de texte.

Le fichier s'appelle **FROQUESF.TXT** . Les questions doivent être constituées de lignes de moins de 80 caractères se terminant chacune par un [Retour chariot] (pour qu'il n'y ait pas de mots coupés à l'écran), et être séparées les unes des autres par le symbole \ .

(Prendre exemple sur le fichier existant).

On peut ajouter ou retrancher des questions à volonté : leur nombre ne peut cependant dépasser 30. Terminer par un caractère \.

En lançant le programme annexe **FROGRAP**, le professeur peut imprimer des rapports partiels, contenant les réponses fournies aux questions du guide de travail, si toutefois les élèves ont pris la peine d'entrer ces réponses au cours de leur simulation.

Les pages qui suivent sont un exemple du type de rapport ainsi élaboré.

**Lycée J. Ferry - NANTES - Classe 5e TQ date = 28-10-1993**

Rapport concernant le travail de simulation effectué à l'aide du programme FROGMEW : Etude du mécanisme hormonal provoquant la métamorphose chez la grenouille rousse.

Nom de l'élève, ou du groupe : Jacques Dupond

Nombre total d'expériences effectuées : 4

Fonctions employées, avec leur nombre d'utilisations :

Téléphone.....	15
Documentation.....	2
Aquarium.....	2
Thermostat.....	1
Subst. chimiques.....	2
Epuisette.....	4
Analyses.....	1
Calendrier.....	6
Total.....	33

## **Réponses aux questions du guide de travail :**

1) Quelle substance chimique des têtards normaux (c.à.d. n'ayant subi aucune intervention) doivent-ils pouvoir trouver dans leur environnement pour être capables de se métamorphoser ?

**Réponse proposée :**

*Il leur faut de l'iode.*

2) Que se passe-t-il si cette substance fait défaut ?

**Réponse proposée :**

*La métamorphose n'a pas lieu. On obtient d'énormes têtards.*

3) Quel est le rôle joué par la thyroïde dans la métamorphose des grenouilles ?

**Réponse proposée :**

*Elle produit une hormone qui déclenche la métamorphose.*

4) Quelle intervention faut-il réaliser pour provoquer la métamorphose de têtards thyroïdectomisés (c.à.d. privés de leur thyroïde) ?

**Réponse proposée :**

*Leur injecter de la thyroxine.*

5) Qu'est-ce donc qui provoque la métamorphose de la grenouille ?

**Réponse proposée :**

*La thyroxine, hormone thyroïdienne.*

6) La thyroïde fonctionne-t-elle de façon autonome, ou bien est-elle soumise au contrôle d'(un) autre(s) organe(s) ? le(s)quel(s) ?

**Réponse proposée :**

*Elle est contrôlée par l'hypophyse.*

7) Quel est le rôle de la TSH ?

**Réponse proposée :**

*La TSH stimule la sécrétion de thyroxine par la thyroïde.*

8) Par quel organe est-elle sécrétée ?

**Réponse proposée :**

*La TSH est sécrétée par l'hypophyse.*

9) Qu'arrive-t-il si l'on injecte de la TSH à des têtards thyroïdectomisés (c.à.d. privés de leur thyroïde) ?

**Réponse proposée :**

*La métamorphose n'a pas lieu.*

10) Quel est le résultat d'une injection de TSH à des têtards hypophysectomisés (c.à.d. privés de leur hypophyse) ?

**Réponse proposée :**

*La métamorphose a lieu à peu près normalement.*

11) Quel est le rôle de l'hypophyse ?

**Réponse proposée :**

*L'hypophyse sécrète la TSH, qui stimule la thyroïde.*

12) Certaines des substances disponibles au cours du travail sont des POISONS. Laquelle de ces substances peut-elle bloquer le fonctionnement de la thyroïde ?

**Réponse proposée :**

*Le perchlorate de potassium.*

13) Laquelle empêche l'hypophyse de jouer son rôle ?

**Réponse proposée :**

*Le sérum anti-TSH.*

14) Quel est le rôle de l'hypothalamus ?

**Réponse proposée :**

*Il commande l'hypophyse.*

15) Qu'est-ce qu'un goitre ? Qu'est-ce qui le provoque ?

**Réponse proposée :**

*C'est la thyroïde qui gonfle. Cela se produit si la thyroïde est stimulée à l'excès, quand l'hypophyse produit trop de TSH.*

16) Pourquoi L'absence de l'élément iode provoque-t-elle ce phénomène ?

**Réponse proposée :**

*L'absence d'iode empêche la fabrication de la thyroxine par la thyroïde. L'absence de thyroxine circulante, détectée au niveau de l'hypothalamus, entraîne à son tour une forte libération de TSH par l'hypophyse, ce qui produit un gonflement de la thyroïde.*

17) Quelle doit donc être l'action des hormones T3 et T4 (thyroxine) sur l'hypophyse ?

**Réponse proposée :**

*Une action inhibitrice : limiter la sécrétion de TSH.*

18) Quelle est l'influence de la température sur le déroulement de la métamorphose ?

**Réponse proposée :**

*La métamorphose est retardée si la température est basse. Elle peut même être inhibée si le froid est suffisamment vif.*

## *VI. Distribution du logiciel*

### **En France :**

Génération 5  
82, Rue du Bon Pasteur, 73000 Chambéry  
Tél. : +33 479969959 Fax : +33 479969653  
<http://www.generation5.fr>

### **En Belgique :**

Inforef A.S.B.L.  
Rue E. Wacken, 1B, 4000 Liège  
Tél. : +32 42210465 Fax : +32 42370997  
<http://www.ulg.ac.be/cifen/inforef/swi>

### **Au Canada :**

Diffusion Multimedia Inc.  
1200, avenue Papineau, bureau 321  
Montréal (Québec) H2K 4R5  
Tél. : (514) 527 0606 Fax : (514) 527 4646  
<http://www.diffm.com>

## **Autres logiciels 7P Soft disponibles :**

<b>ECOJOB :</b>	Gestion simulée d'un écosystème.
<b>BACTOLAB:</b>	Simulation d'un laboratoire de bactériologie.
<b>REFLEXARC:</b>	Etude des fonctions nerveuses élémentaires.
<b>DROSOLAB :</b>	Initiation à la génétique par la réalisation de croisements de drosophiles.
<b>COLORKIT :</b>	Etude de la théorie trichromique des mélanges colorés.
<b>GRAVILAB :</b>	Etude expérimentale de la gravitation.
<b>VOLTAKIT :</b>	Etude des circuits à courant continu.
<b>WAVELAB :</b>	Etude du comportement d'ondes matérielles dans un milieu à deux dimensions (cuve à ondes).
<b>COVALION :</b>	Jeu éducatif sur les liaisons chimiques fondamentales
<b>DIDAKIT :</b>	L'assistant didactique : gestion du journal de classe, des interrogations, du carnet de notes, des bulletins.