

Données climatiques des stations

L'environnement de l'homme est très important, sa protection relève donc l'intérêt de tous. C'est après les catastrophes que l'on prend conscience des dégâts infligés par l'homme à l'environnement. (Bouffard, 2000). Cependant par notre industrie, nos habitudes de vie, notre agriculture, et plus généralement par toute notre activité, nous menaçons le monde dans le quel nous vivons. De ce fait, est née une nouvelle discipline en biologie : l'écotoxicologie, qui mit en charge l'identification et la lutte contre les pollutions du milieu naturel. C'est la science qui traite l'impact des composés chimiques sur les écosystèmes. Elle intègre la chimie, l'écologie et la toxicologie (Truhaut, 1997 ; Pelletier, 2004). Plusieurs travaux publiés depuis les années 1990 ont mis l'accent sur l'évaluation de l'impact des contaminants sur les écosystèmes (Landis & Yu, 1995 ; Wright & Welborn, 2002).

Le sol est également un écosystème à part entière réunissant une quantité et une variété immense d'organismes vivants ; Ces derniers remplissent des fonctions écologiques essentielles. Le sol est caractérisé par différents facteurs microbiologiques, physiques, chimiques et mécaniques, il est donc le support d'une activité biologique intense. Il en résulte que le sol est une ressource essentielle pour les sociétés humaines et les écosystèmes : une ressource économique pour la production alimentaire en étant à la base de 90% de l'alimentation humaine et animale, et comme un support de toute activité humaine. Le sol étant à des pressions de plus en plus importantes (production agricole, développement urbain et industriel, problèmes environnementaux naturels...). En effet, l'activité humaine produit de nombreux polluants de nature différente, qui résultent par conséquent plusieurs types de pollutions : physiques, chimiques, biologiques. La pollution du sol a comme origines principales : les activités agricoles via les engrais, les pesticides et les pratiques et la pollution atmosphérique. En fait, les polluants atmosphériques ne séjournent pas indéfiniment dans l'air. Les précipitations et les mécanismes de dépôt sec des particules les ramènent à la surface du sol.

La qualité d'un sol, (Eijsackers, 1983) peut être défini comme le système des caractéristiques abiotiques et biotiques qui assurent le fonctionnement de l'écosystème du sol. Ces caractéristiques doivent par conséquent, posséder un certain minimum au dessus du quel la qualité d'un sol variera en fonction de la phase de succession et du type d'écosystème du sol.

Un sol est considéré pollué lorsque la dégradation de sa qualité par l'apport anthropique d'élément toxique peut porter atteinte à la santé humaine ou/et à l'environnement.

La présence d'un polluant dans le sol n'est pas en soit un danger. Le risque apparaît dès que ce polluant peut être mobilisé et agit sur l'environnement (faune, flore) ou sur l'homme (Dubey et Dwividi, 1988).

En Avril 2002, la commission européenne a souligné et identifié les différents menaces (érosion, compaction, pollution, perte de matière organique et de biodiversité, imperméabilisation, salinisation et glissement de terrain) qui présent sur le sol et a décidé de mettre en place une réflexion scientifique, technique et politique afin de garantir la protection de sol et leur utilisation durable, pour mettre en place, suivre et assurer les actions de protection et de gestion, il convient de définir, d'identifier et de quantifier les perturbations et les transformations du sol . Les outils actuellement utilisés reposent sur des propriétés physiques et chimiques du sol alors que les paramètres biologiques intègrent l'ensemble de stress environnementaux (pollution chimique, état physique du sol, variations climatiques, modifications biologiques ...) renseignant ainsi sur l'état global du sol.

Par ailleurs les métaux qui contaminent le sol, sont d'origine naturelle ou sont issus de l'activité humaine, tout comme les pesticides employés dans l'agriculture, donc cette contamination désigne la présence anormale, ou par excès en éléments traces métalliques plus ou moins toxiques. Ces derniers sont les 68 éléments chimiques dont la concentration dans la croûte terrestre, et pour chacun d'entre eux inférieure à 0,1%, ils ne représentent que 0,6% du total (Alloway, 1995 ; Baize, 1997). Les micropolluants minéraux : métalliques et non métalliques les plus concentrés sont : le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb, le silicium, le zinc, l'arsenic, le molybdène, le cobalt, le bore et le thallium (Merian, 1991), certains micropolluants sont des oligoéléments rencontrés dans le règne végétal (B, Co, Cu, Mo, Ni, et Zn) et animal (As, Cu, Co, F, Mo, Ni, Se, Zn) ces éléments sont également désignés sous le terme « éléments potentiellement toxiques ». De fait, l'estimation de la biodisponibilité du métal dans les sols et les effets sur les organismes est une question cruciale dans l'écotoxicologie et la gestion de l'environnement parce que la relation et les rapports entre les concentrations et leurs effets subséquents différent selon la durée d'exposition, cette dernière est dépend à la fois de la physico-chimie du milieu et de la biologie de l'organisme considéré (Van Staalen et Van Gestel, 1998). La biodisponibilité des éléments traces métalliques (ETM) dans le sol est un concept complexe qui dépend de nombreux facteurs chimiques, physiques et biologiques (Philips et Kainbow, 1993 ; Peijnenburg *et al.*, 1997), elle est actuellement en cours de discussion entre chimistes, biologistes, animaux ou végétaux ou écotoxicologues.

Certaines espèces présentent un intérêt particulier dans le contexte de la surveillance de la de la qualité des milieux. Elles sont susceptibles d'être utilisées comme indicatrices de la présence et de la toxicité de certains contaminants, de façon plus globale comme indicateur de la santé de l'écosystème (Lower & Kendall, 1990 ; Beeby, 2001). Selon la définition générale de Spellerberg (2005), un bioindicateur biologique peut être défini comme une espèce reflétant l'état du milieu dans le quel il vit. Il doit pour cela répondre à un certain nombre de critères (Hopkin, 1993 ; Edward *et al.*, 1996) : participer activement au fonctionnement de l'écosystème ; être sédentaire, largement distribué et facile à identifier ; être bioaccumulateur, tolérant...).

L'utilisation des invertébrés pour l'évaluation des écosystèmes a une longue histoire dans les milieux aquatiques (Philips, 1977) et terrestres (Eijsackers, 1983). Les mollusques gastéropodes pulmonés terrestres sont reconnus comme des indicateurs écologiques pertinents (Berger et Dallinger, 1993 ; Cortet *et al.*, 1999), par leur grande capacité d'accumulation des ETM . Les ETM les plus fréquents à savoir le Cd, le Cu, le Pb et le Zn) ; cette propriété a été mise à profit pour utiliser les escargots comme bioindicateurs de la pollution par les ETM (Coughtrey et Martin, 1977 ; Berger et Dallinger, 1993 ; Gomot de Vaufleury et Pihan, 2000 ; Beeby et Richmond, 2002 ; Viard *et al.*, 2004a ; Notten *et al.*, 2005). De plus, l'effet toxique des substances organiques et inorganiques sur les escargots a été évalué par plusieurs chercheurs (Beeby & Richmond, 2002, 2003 ; Viard *et al.*, 2004 ; Regoli *et al.*, 2005 ; Achuba, 2008). Parmi ces espèces ; l'escargot *Helix aspersa* qui constitue un élément de la chaîne trophique et contribue au transfert des polluants du sol et/ou des plantes aux prédateurs (Beeby, 1985 ; Laskowski et Hopkin., 1996b ; Scheifler *et al.*, 2002a). Ainsi, il possède une capacité de bioaccumulation importante pour de nombreux polluants métalliques (Dallinger et Weiser, 1984a ; Brouks *et al.*, 1992 ; Gomot et Pihan, 1997 ; Menta et Parisi, 2001 ; Gomot de Vaufleury et Pihan, 2002 ; Viard *et al.*, 2004) et organiques (Cœurassier *et al.*, 2001 ; Sverdrup *et al.*, 2006).

Des études ont été menées sur les effets de la pollution par les ETM sur les caractères biologiques « life history traits » individuels d'*Helix aspersa* (coissance, fécondité, reproduction et mortalité) dans une approche populationnelle (Cœurassier, 2001 ; Laskowski et Hopkin, 1996a ; Gomot, 1997; Mandoz-Escande, 2005) ; les principaux résultats soulignent que le coefficient de croissance de la population est plus affecté par un retard de maturité sexuelle que par de forte inhibition de la fécondité.

L'accumulation des métaux est influencée par les facteurs environnementaux (saison, type de sol,...) et les paramètres biologiques des escargots (âge, espèces,...) (Beeby & Eaves, 1983).

Les biomarqueurs ont pour but de mettre en évidence de façon précoce une pollution (Van der Oost *et al.*, 2003). Un biomarqueur se définit comme un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique et cellulaire, de l'organisme (Peakall, 1994), de la population ou de l'écosystème qui peut être relié à une exposition ou à des effets toxiques des polluants chimiques environnementaux (Lagadic *et al.*, 1997 ; Galloway & Depledge, 2001 ; Van der Oost *et al.*, 2003). Les différents travaux scientifiques réalisés ont permis de classer les biomarqueurs suivant la spécificité de leur réponse à certaines molécules polluantes ou à un type d'effet. Ainsi, classiquement, les auteurs distinguent les biomarqueurs d'expositions et les biomarqueurs d'effet et les biomarqueurs de sensibilité (Lagadic *et al.*, 1997 ; Kammenga *et al.*, 2000). Ces changements sont plus sensibles que les paramètres mesurés à un niveau supérieur d'organisation biologique tel que l'organe, l'individu ou la population et sont de meilleurs candidats pour tenter d'établir un lien entre la santé des organismes et les niveaux de pollution. Parmi les biomarqueurs on peut citer l'acétylcholinestérase (Lionetto *et al.*, 2003 ; Abes, 2004 ; Coeurdassier *et al.*, 2001) et le glutathion (Regoli & Principato, 1995 ; Casni *et al.*, 1999 ; Drarja-Beldi & Soltani, 2003 ; Souissi *et al.*, 2008).

L'étude vise à : 1/ établir un inventaire quantitatif et qualitatif des Gastéropodes Pulmonés Terrestres dans les sites (Parc National d'El Kala (PNEK), Guelma, Nechmaya, Sidi Ammar et El Bouni) de l'Est algérien choisir selon un trajet Nord-Sud afin de choisir une espèce bioindicatrice ; 2/ évaluer le stress environnemental par la mesure des deux biomarqueurs le Glutathion (dans l'hépatopancréas) et l'acétylcholinestérase (dans la tête) chez l'espèce la plus répondeuse, *Helix aspersa*. Et enfin de corrélérer les variations de ces deux biomarqueurs avec les caractéristiques physico-chimiques des sols T (°C), pH, conductivité électrique (ms /cm), humidité (%), matière organique (%), porosité (%) et calcaire (%) total et actif).

Matériel et Méthodes

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation des sites d'étude (Fig. 1)

Le Parc National d'El Kala :

L'Algérie a créé dix parcs nationaux dont nous citons le parc national d'El Kala (PNEK), il figure parmi les zones protégées les plus prestigieuses de la méditerranée. Il est servi par un ensemble de conditions naturelles éminemment favorable à une richesse biologique peu commune (Benyakoub et Chabi, 2000 cité par Nezzal A, 2007), considéré comme une entité de référence sur le plan de la biodiversité en Algérie qui a toujours attiré les naturalistes nationaux et internationaux pour étudier sa faune et sa flore (Telailia, 1990 ; Bouguessa, 1993 ; Semraoui *et al.*, 1993 ; Djeddi, 2004). Le PNEK est situé au Nord-est du pays. Ce site a de 76 438 ha (Wikipédia, 2009), également déclaré Réserve de la Biosphère dans le réseau des réserves du programme MAB (Man and Biosphère) de l'UNESCO (Benyakoub *et al.*, 1998) depuis 1991. Il borde la Mer Méditerranée et comprend une belle mosaïque d'habitats qui implique une grande diversité biologique notamment au niveau de la faune (Lazli, 2003): Zones humides (trois lacs), forêts de pins et de chênes (dont une rare forêt littorale de Pins d'Alep), zones montagneuses et écosystèmes marins. El Kala constitue en particulier la première zone d'hivernage algérienne pour les oiseaux migrateurs. Plusieurs espèces rares y nichent, comme le Balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*), l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) ou le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) (Wikipédia, 2009). Il abrite aussi de nombreux mammifères rares et protégés tels que le Cerf de Barbarie., 840 espèces de plantes (De Belair, 1990 cité par Lazli, 2003), dont 27 % sont des espèces rares et très rares et dont 26 sont protégées par décret.

Guelma:

Elle se situe au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, entourée de montagnes (Maouna, Dbegh, Houara) ce qui lui donne le nom de ville assiette, sa région bénéficie d'une grande fertilité grâce notamment à la Sybouse et d'un grand barrage qui assure un vaste périmètre d'irrigation. Sa qualité de carrefour dans la région Nord-Est de l'Algérie, reliant le littoral des Wilaya de Annaba, EI Tarf et Skikda, aux régions intérieures (Constantine, Oum El Bouagui et Souk-Ahras). Elle a une superficie de 4 101km² et une population de 190 461 hab en 2008. Ses Coordonnées géographiques sont : 36° 27' 58" N et 07° 26' 02"E ; un Climat humide et sub-humide (Wikipédia, 2009) ; Elle compte au pôle industriel :

- CYCMA (Complexe de fabrication cycles et cyclomoteurs).
- Raffinerie de sucre.
- Unité de céramique et vaisselle (ECVE).
- Conserverie Amor Benamor (CAB) pour la Harissa.
- Les Moulins Benamor : Semoulerie.

Néchmaya :

elle est située, entre Guelma et Ain El Berda, c'est parmi les principales communes de Guelma, s'éloigne de quelques vingtaines de kilometres à la ville de Guelma, une region se caracterise par les activités agricoles.

Annaba :

Elle est située à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, entre l'Oued Seybouse et la frontière tunisienne. Elle est limitée géographiquement par La Méditerranée, au nord, la Willaya de Guelma au sud, la Willaya d'El Taref, à l'est, la Willaya de Skikda à l'Ouest. Elle comptait 640 050 hab en 2008. Elle s'étend sur 1 439 km² soit 0,06% du territoire national (Wikipédia, 2009). La région est richement arrosée (650 à 1000 mm/an). Elle possède un lac, le Fezzara et l'Oued Seybouse. Annaba abrite un important pôle industriel avec :

- Le complexe sidérurgique d'El-Hadjar.
- Le complexe phosphatier de la Sébouse.
- Le complexe métallurgique d'Allelik. (Wikipédia, 2009).

El Bouni :

Située à environ 8 Km au sud de la ville d'Annaba, la commune d'El Bouni se trouve au contre bas du pied montagne de l'Edough, encadré par le Nord d'Annaba et de Seraidi, par le Sud d'El Hadjar, de Berrahel et de Sidi Ammar .l'Est par El Taref et par l'Ouest d'Oued Aneb, elle est considérée comme la 2éme commune de la Willaya d'Annaba.. El Bouni est caractérisée par un ensemble d'activités industrielles (le complexe phosphaté, Asmidal, le complexe de sidérurgique d'ISPAT...) qui sont considérés comme des sources principales de la pollution.

Sidi Ammar :

Située à 12 Km de la ville d'Annaba près du complexe sidérurgique d'El Hadjar, elle couvre 45 km², soit 3 % de la superficie de la Wilaya d'Annaba et 12 % de sa population, donc Sidi Ammar est parmi les principales communes de la Wilaya.

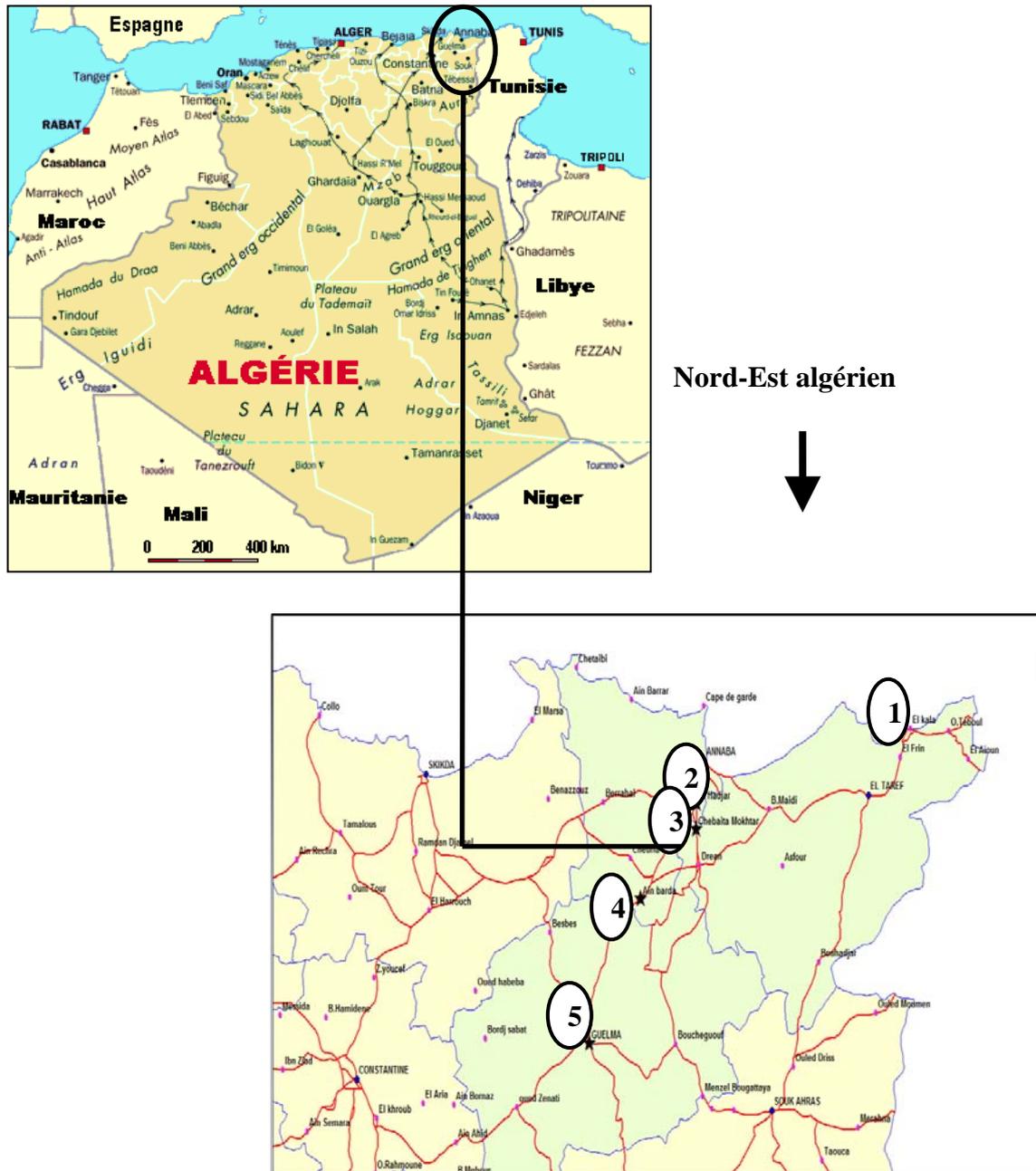


Figure. 1 Localisation géographique des sites d'échantillonnage. (1: El Kala, 2: El Bouni, 3: Sidi Ammar, 4: Néchmaya et 5: Guelma). (www.google.fr).

2.1.1. Données climatiques des stations d'étude :

L'impact des facteurs du milieu se manifeste sur le peuplement des Gastéropodes terrestres avec en priorité les facteurs physiques, l'humidité et la température. En effet, les facteurs climatiques interviennent dans la croissance et la distribution des populations locales

des mollusques. Les Gastéropodes présentent un polymorphisme du point de vue couleur en rapport avec le rayonnement photo solaire (Damerdji *et al.*, 2006). Ces facteurs en excès ou en baisse déclenchent les phénomènes d'estivation ou d'hibernation.

Etat hygrométrique:

Les mollusques terrestres présentent une teneur en eau de leurs tissus en relation directe avec la température et l'humidité du milieu ambiant (Bigot, 1957). Tous les pulmonés ont besoin d'eau et d'air humide. La pluviométrie est un facteur important de l'activité (Ricou, 1964). La majorité des limaces et des Escargots n'étant actifs que si l'humidité du milieu est suffisante (Bachelier, 1978). Selon Charrier et Daguzan, l'humidité préférentielle des escargots est de 75 à 95 % (Daguzan, 1981).

Température:

Chaque espèce de pulmonés possède son optimum thermique ; elle peut supporter des variations de faible ou de forte amplitude. Des températures basses provoquent la congélation des tissus alors que celles qui sont élevées entraînent la coagulation (Pelseneer, 1935). Les escargots ressentent toujours directement les températures du milieu et meurent dès que celles-ci descendent au-dessous de zéro ou atteignent des valeurs trop élevées (Sacchi, 1971).

Tableau 1: Moyennes mensuelles de : Température (°C), Humidité (%) et Précipitations (mm) enregistrées à El Kala (Novembre 2008-Avril 2009) (Station météorologique d'El Kala).

Mois						
Paramètres	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Température (°C)	16,00	12,3	11,8	11,3	10,1	15,3
Humidité (%)	76	80	81	80	78	82
Précipitations (mm)	114	140	187	184	186	172

2: Moyennes mensuelles de : Température (°C), Humidité (%) et Précipitations (mm) enregistrées à la Wilaya d'Annaba (Novembre 2008-Avril 2009) (Station météorologique d'Annaba).

Mois Paramètres	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Température (°C)	14,8	11	11	10,5	12,1	14,4
Humidité (%)	71	79	80,1	75	51	79
Précipitations (mm)	40,5	87,3	217	83	91	127

Tableau 3: Moyennes mensuelles de : Température (°C), Humidité (%) et Précipitations (mm) enregistrées à la Wilaya de Guelma (Novembre 2008-Avril 2009) (Station météorologique de Guelma).

Mois Paramètres	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Température (°C)	13,7	10,1	10	9,3	11,8	13,8
Humidité (%)	68	75	79	71	73	78
Précipitations (mm)	70,5	35,7	160,4	67,1	98	134,2

2.1.2. Inventaire de la flore dans les cinq sites d'étude:

Les escargots sont des végétariens, ils préfèrent les végétaux frais, la salade fraîche, les feuilles fraîches, les champignons, la carotte et la tomate.... Il est indispensable d'identifier préalablement les végétaux naturellement consommés par l'escargot. Dans les sites d'étude on a recensé les espèces des végétaux suivantes, utilisées comme sources de nutrition ces espèces sont déterminées par Mr ZAAFOUR (Université d'Annaba) (Tableau 4).

Tableau 4: Les espèces botaniques recensées dans les cinq sites d'études. (Novembre 2008 à juin 2009).

Famille botanique	Espèce botanique
Asteraceae	<i>Picris inermis</i>
Asteraceae	<i>Urospermum dalichampii</i>
Poaceae (Gramineae)	<i>Deschampsia cespitosa subsp. cespitosa</i>
Europhobiaceae	<i>Euphorbia terracina</i>

2.2. Inventaire des gastéropodes et clés d'identification :

Les Mollusques sont des animaux dépourvus d'axe vertébral. Ils possèdent une coquille, qui peut cependant manquer dans des groupes importants. Par ailleurs, ils présentent une symétrie bilatérale primitive, mais susceptible de se trouver profondément altérée dans certain groupes (Gaillard, 1991). Le corps des Mollusques est mou, non segmenté, dépourvu d'appendices articulés, et se divise en cinq grandes régions (Grasse, 1960). Les Gastéropodes regroupent 80 000 espèces caractérisées par une coquille univalve spiralée, un pied aplati dont la face inférieure sert à la locomotion, une tête bien distincte ou s'ouvre la bouche et portant organes sensoriels, et par une masse viscérale située dorsalement, enveloppée par le manteau et protégée par la coquille (Gaillard, 1991). Il en résulte une position en U du tractus digestif et du système nerveux (Purves & Heller, 1992). Sur le plan de la systématique, la classe des Gastéropodes se divise en trois sous-classes (Gaillard, 1991 ; Grzimek & Fontaine, 1973).

-les Prosobranches, qui constituent la quasi-totalité des Gastéropodes marins à coquille (Gaillard, 1991).

- les Opisthobranches, qui constituent la totalité des Gastéropodes marins adaptés à la vie benthique littorale ou à la vie pélagique. Certains possèdent une coquille, mais la grande majorité est d'aspect limaciforme (Grzimek & Fontaine, 1973).

-les Pulmonés, qui constituent la quasi-totalité des Gastéropodes, avec ou sans coquille, habitant les domaines terrestres et les eaux douces (Gaillard, 1991). Se sont les seuls Mollusques bénéficiant d'une respiration pulmonaire. Ils sont fréquemment hermaphrodites (Grzimek & Fontaine, 1973).

Les méthodes d'identification décrites par Bonnet *et al.* (1990) et Chevallier (1992) se basent sur le nombre de bandes spirales au niveau des coquilles ainsi que la couleur et la forme de ces dernières.

Pour les variétés d'*Helix aspersa* :

- * la variété *typica* caractérisée par une coquille de coloration générale foncée, possède quatre bandes chagrinées, les bandes n° 2 et 3 étant confondues, sa formule s'écrivant : 1.(2.3).4.5*.
- *la variété *lutescens* qui correspond également à quatre bandes de formule 1. (2.3).4.5, mais de coloration générale claire.
- *la variété *fasciata*: coquille foncée à cinq bandes.
- *la variété *zonata*: coquille claire à cinq bandes.
- *la variété *unicolor*: coquille sans bandes de couleur ocre ou fauve.
- *la variété *obscurata*: coquille très foncée à bandes délayées.
- *la variété *flammea*:coquille claire à bandes délayées se traduisant par des flammules verticales brun clair.
- *la variété *exalbida*: coquille jaune verdâtre très pale à bandes estompées par l'albinisme.
- *la variété sans bandes ou *unicolore*: coquille sans bandes et marron.

2.3. Modèle biologique

2.3.1. Présentation et classification de l'espèce (*Helix aspersa*)

Helix aspersa ou le petit gris, est un escargot appartient à l'embranchement des Mollusques, animaux à corps mou et dépourvu de squelette, sa masse viscérale présente une torsion de 180° par rapport au pied d'où une asymétrie de certains de ses organes (Bonnet *et al.*, 1990) : Il fait partie de la classe des Gastropodes, il possède un poumon (ou cavité palléale), ce qui le situe dans la sous classe des Pulmonés, il appartient au sous ordre des Stylomatophores, caractérisés par le port des yeux à l'extrémité des tentacules oculaires. Sa coquille enroulée caractérise la famille des Hélicidés ; sa spirale tourne généralement dans le sens des aiguilles d'une montre, pouvant contenir tout son corps. La masse viscérale étant retenue dans la coquille par le muscle columbaire. *Helix aspersa* est une espèce polymorphique et polytypique, sa variabilité concernant la taille des animaux peut se résumer dans le Tableau 5.

5: Classification de la variabilité de la taille d' *Helix aspersa* (selon Chevalier, 1977 ; 1980 ; 1992).

Dénomination de la forme ou de la classe de taille		Diamètre de la coquille (mm)	Poids vif de l'animal (g)
minor		< 28	< 6
Nemoralis	Petite taille	28 à 32	6 à 7
Nemoralis	taille moyenne	32 à 35	7 à 10
Nemoralis	belle taille	35 à 39	10 à 14
Major		39 à 43	14 à 20
Maxima		> 43	20 à 40

A la fin de la croissance l'escargot dit « Bordé », mesure de 28 à 35 mm pour un poids adulte de 7 à 15 g, il est sourd et quasiment aveugle mais ses tentacules sont équipés de l'épithélium olfactif. L'escargot se déplace par reptation, grâce à son pied, en secrétant de la bave pour mieux glisser, sa vitesse moyenne est de 7,5 cm / mn (Cadart, 1975).

Il peut vivre entre 5 et 10 ans, (Auguste, 1838); s'il n'est pas dévoré par ses prédateurs ; il est nuisible aux cultures.

La plupart de l'activité de l'escargot (y compris ses repas) a lieu de nuit avec un pic 2 à 3 heures après la tombée de la nuit, la fraîcheur nocturne, et la rosée facilitent leur déplacement. L'escargot est un animal à sang froid, il s'adapte aux différentes saisons pour réguler sa température. En hiver, il entre en hibernation ; en été son activité est réduite par les conditions climatiques défavorables, donc il entre en estivation pour se réhydrater. Dans ces deux périodes, il se rétracte à l'intérieur de sa coquille qu'il obture par un voile muqueux (courte inactivité), imprégné de calcaire durcit en séchant c'est l'épiphragme. L'escargot reprend son activité quand les conditions climatiques seront favorables. *Helix aspersa* est un hermaphrodite, mais doit s'accoupler car il ne peut pas s'autoféconder (Bertrand *et al.*, 2004).

L'Homme apprécie l'escargot comme alimentation, ainsi sa bave peut être utilisée pour cicatriser les plaies, arrêter les hémorragies, aussi elle sert en cosmétologie, en neurologie ; De plus cette espèce sert à dépolluer l'environnement, et mesurer le degré de pollution, il a la particularité de concentrer dans ses tissus les substances chimiques présentes dans le sol, l'air et les plantes de son environnement.

Classification

Helix aspersa (Müller, 1774) est un Mollusque gastropode, pulmoné terrestre, aussi nommé *Cantareus aspersus*, *Cornu aspersum*, *Criptomphalus aspersus* dans la nomenclature récente (Barker, 2001) ou le petit gris.

Selon Bonnet et Vrillon (1990) sa position systématique est la suivante:

Règne:	Animalia
Embranchement :	Mollusca
Classe :	Gastéropoda
Sous -classe :	Pulmonés
Ordre :	Stylomatophora
Super-famille :	Helicacea
Famille:	Helicidae
Genre :	<i>Helix</i>
Espèce :	<i>aspersa</i>
Sous-espèce :	<i>aspersa</i>

2.3.2. Distribution géographique

Grâce à ses pouvoirs adaptatifs aux variations climatiques, *Helix aspersa* est très commun ; se trouve dans ses zones habituelles de répartition : jardins, buissons, haies, champs, rochers, et vignobles, généralement, il est très commun au niveau de la région méditerranéenne, dans le monde, il se distribue selon l'Université de Flauride (2009) comme suit:

Afrique : le nord d'Afrique (Algérie) et l'Afrique du sud.

Asie : Turquie, rives de la mer noire.

Pacifique : Australie (Queens land, Tasmanie), nouvelle Zélande.

Europe : Grande-Bretagne (principalement les régions du sud et côtières), Belgique ,France, Allemagne, Grèce, Irlande, Italie, Portugal, Espagne.

Îles : les Canaries, Haïti.

Amérique du nord : Mexique, Etats-Unis (AZ-,CA,HI,ID,LA,NM,NV,OR,TX,UT,WA).

Amérique du sud : Argentine, Chili.

2.3.3. Anatomie générale de l'escargot

2.3.3.1. Anatomie externe de l'escargot

Le corps : est mou, visqueux en raison de la présence du mucus. Il est constitué de trois parties : la tête, le pied et la masse viscérale (Bonnet *et al.*, 1990). (Fig. 2 (A)).

La tête : comporte la bouche qui s'ouvre vers le bas et les organes des sens constitués de deux paires de tentacules. Les tentacules inférieures, tactiles, sont dirigés vers le bas, les tentacules supérieures, oculaires, portant un œil simple et un organe olfactif, qui sont dirigés vers le haut (Bonnet *et al.*, 1990).

Le pied : est musculeux, large et plat, il supporte une coquille calcaire formée d'une seule pièce en forme de spirale. Sa face inférieure, en contact avec le sol, forme une sole de reptation, lorsque l'escargot se déplace, elle laisse une trace brillante formée de mucus

La masse viscérale: dont la plus grande partie est enfermée dans la coquille (Chevalier, 1987), contenant presque tous les organes: poumon, glande digestive, cœur..., elle est richement vascularisée.

Trois orifices impairs: se sont bien visibles sur le corps de l'animal qui sont: L'orifice génital situé en arrière du tentacule oculaire droit; l'orifice respiratoire, situé sur le côté droit du bourrelet qui sépare la coquille du pied (bourrelet palléal), et qui s'ouvre et se ferme rythmiquement ; l'anus, situé à proximité de l'orifice respiratoire, qui se révèle par l'apparition d'un petit cordon d'excréments verdâtres.

Un quatrième orifice, l'orifice urinaire, situé à proximité de l'anus, est généralement indétectable en raison de sa petite taille (Vallardi, 1971).

La coquille: est une squelette externe secrétée par la face dorsale et le bord libre du manteau, elle est globoïde, spirale, a un enroulement dextre, son ouverture est évasée, descendante; son bord externe est appelé: péristome ; la forme, l'épaisseur et la couleur du péristome ont souvent une grande importance dans l'identification des espèces des gastéropodes. La coquille protège les organes. Elle est composée de:

-une partie organique: trame protéique, représentant 1 à 2% de la coquille.

-une partie minérale: carbonate de calcium sous forme de calcite et d'aragonite représentant 98% de la coquille. Elle est constituée de trois couches distinctes:

-couche externe appelée: le périostracum .

-couche moyenne appelée : l'ostracum .

-couche interne appelée : l'hypostracum (Vallardi, 1971).



A



B

Figure 2. Anatomie externe (A) et interne (B) de l'escargot.(www.google.fr).

2.3.3.2. Anatomie interne de l'escargot: (Fig. 2 (B))

Appareil digestif :

En raison de la torsion 180° du corps de l'escargot, le tube digestif forme une boucle ramenant l'anus vers l'avant. La bouche se prolonge par un bulbe buccal à l'intérieur duquel se trouve une langue musculaire recouverte d'une lame cornée: la radula, son rôle est de broyer les aliments. Dans la partie postérieure du bulbe buccal on trouve deux glandes salivaires. Ce bulbe se prolonge par un œsophage qui se renfle en un estomac, lui-même prolongé par un intestin formant une double circonvolution autour de hépatopancréas et aboutissant à l'anus.

Système nerveux:

Le système nerveux sympathique est constitué par une paire de ganglions buccaux situés sous le bulbe buccal. Ils sont reliés par deux cordons nerveux aux ganglions cérébroïdes et innervent la plus grande partie du tube digestif. Le système nerveux central est situé dans la région céphalique. Il est formé d'une chaîne de ganglions formant un double collier péri œsophagien complexe.

Appareil génital

L'escargot est hermaphrodite. Cette particularité explique la complexité de l'appareil, formé d'organes à la fois mâles et femelles et d'organes uniquement mâles ou femelles.

Il comprend:

- un ovotestis, où se forment ovules et spermatozoïdes située à l'extrémité postérieure de

l'hépatopancréas.

- un canal hermaphrodite servant l'évacuation des gamètes.
- une glande de l'albumine qui élabore les réserves vitellines.
- un ovospermiducte (Bonnet *et al.*, 1990).

Puis l'appareil se divise en deux voies :

- la voie mâle comprenant un spermiducte où les spermatozoïdes s'accumulent en un spermatophore ainsi qu'un organe copulateur, le pénis.
- la voie femelle comprend la poche qui sécrète le dard calcaire lors de l'accouplement, le vagin et l'orifice génital .

Appareil circulatoire:

Se compose essentiellement d'un cœur, est constitué d'une oreillette antérieure et d'un ventricule postérieur. Le sang ou hémolymphe contient un pigment, l'hémocyanine. Il est incolore sous sa forme désoxydée et bleu sous sa forme oxydée. Le sang est propulsé dans le réseau artériel via deux aortes.

L'aorte antérieure irrigue le pied et la postérieure le tortillon. Le sang revient au cœur par un système de veines et de sinus veineux.

Appareil respiratoire:

Le poumon est une poche formée de l'épithélium palléal, irrigué par les vaisseaux Pulmonaires (Bonnet *et al.*, 1990), situé entre la masse viscérale et le manteau qui recouvre l'intérieur de la coquille. Il s'ouvre à l'extérieur par l'orifice respiratoire dont on peut observer aisément les mouvements rythmiques d'ouverture et de fermeture (Bonnet *et al.*, 1990). L'air y circule au travers du pneumostome par des mouvements de contraction de son ouverture.

2.3.4. Reproduction:

Helix aspersa est un hermaphrodite, il possède à la fois des lignées germinales mâles et femelles, l'accouplement est ce pendant nécessaire pour la fécondation (Bertrand *et al.*, 2004). Le printemps est la pleine saison de la reproduction, une fois fécondée la glande hermaphrodite se modifie: la partie mâle se résorbe d'elle même et la partie femelle se développe. L'accouplement se fait une fois au printemps et une fois en été. Les escargots, possèdent un spermathèque lorsqu'une nouvelle portée d'œufs arrivent, ceux sont donc fécondés par un mélange de spermatozoïdes provenant de différents mâles. Cela favorise le

brassage génétique indispensable à toute population .

2.3.4.1. L'accouplement

Dans la nature, L'accouplement est nocturne, dure de quatre à douze heures de nuit, lors de l'accouplement, les spermatozoïdes collectés peuvent être conservés plusieurs mois ou années avant d'être utilisés pour fertiliser des ovaires, pendant la copulation, l'escargot plante un dard calcaire dans son conjoint afin de favoriser la survie des millions de spermatozoïdes transmis, le dard calcaire contient un mucus contractant temporairement le système reproducteur femelle de l'escargot récepteur qui peut ainsi stoker un plus grand nombre de spermatozoïdes dans sa zone de stockage . L'accouplement et la ponte sont très dépendant de la photopériode, l'accouplement débute lorsqu'il y a au moins 10 heures de lumière par jour (Wikipédia, 2009).

2.3.4.2. La ponte

L'intervalle entre l'accouplement et la ponte est variable, en conditions constantes de température et d'hygrométrie (20°C et 85%) les durées moyennes sont de 10 à 15 jours, *Helix aspersa* peut pondre jusqu'à trois fois entre Mars et Octobre (wikipédia, 2009). Pour pondre, l'escargot creuse dans la terre un nid de ponte, de 4 à 5 cm de profondeur et pond de 80 à 130 œufs par ponte . Ces œufs sont blancs et sphériques de 4 mm de diamètre et pesant 3 à 4 mg, La ponte dure 12 à 48 heures, La basse température et un faible degré d'humidité réduisent la fréquence de l'oviposition.

2.3.4.3. Incubation, éclosion :

Après la ponte, dès les premiers jours d'incubation, l'embryon élabore une coquille protéique qui se calcifie au cours de son développement. En conditions naturelles l'incubation varie de 15 à 30 jours, il se libère (s'écloso) par répture de la membrane externe de l'œuf qu'il consomme . Le nouveau né a une petite coquille transparente, il attend qu'elle jaunisse et solidifiée dans le nid de ponte de 6 à 10 jours (Bertrand, 2004) ; puis il remonte jusqu'à la surface du sol. Il pèse alors de 10 à 40 mg , mesure 2 à 4 mm de diamètre ; il est apte à se nourrir de la végétation qu'il trouve .

le taux de maturation étant déterminé par la concentration de calcaire dans le milieu. Cette espèce peut survivre à -10°C et devient active entre 4,5°C et 21,5°C. Donc on peut souligner l'importance de la lumière, l'hygrométrie et la température dans le déterminisme de la reproduction ainsi que la nécessité d'une hibernation suffisante préalable .